

A
TRAVERS L'INDUSTRIE

35086. — IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, rue de Fleurus, 9

PAUL POIRÉ

A

TRAVERS L'INDUSTRIE

OUVRAGE ILLUSTRÉ DE QUATRE CENTS GRAVURES

DEUXIÈME ÉDITION



PARIS

LIBRAIRIE HACHETTE ET C^{IE}

79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

1897

TRAVERS L'INDUSTRIE

CHAPITRE I

LA HOUILLE

La puissance industrielle de la France, le développement si régulier de la fortune publique, n'ont pas pour seules causes le travail des habitants et les ressources si variées et si fécondes du génie national; il faut y ajouter encore la richesse du *sol* français. Nous comprenons dans ce mot non seulement la *terre arable*, qui, grâce à notre climat tempéré, permet à nos agriculteurs de produire les matières premières nécessaires à l'industrie, mais aussi le *sous-sol*, dont les richesses minérales sont un des facteurs les plus importants de notre prospérité. De Dunkerque à Toulon, l'agriculteur cultive presque toutes les plantes utiles à l'homme; le blé, la betterave, les plantes oléagineuses, le lin, le mûrier, le maïs, la vigne, etc., fournissent les éléments essentiels de l'alimentation publique et de ces industries nombreuses qui concourent, dans une admirable harmonie, à la satisfaction de nos besoins matériels et intellectuels. Audessous de la couche peu profonde que remuent nos machines agricoles, que fécondent des engrais empruntés soit à nos fermes, soit à nos fabriques de produits chimiques, est le sous-sol où nos mineurs vont chercher les matériaux nécessaires aux constructions : la pierre à bâtir, le sulfate de chaux destiné à la fabrication du plâtre, le granit, le marbre, les ardoises, la houille, la tourbe, les minerais de fer, de plomb, de zinc, de cuivre, les argiles employées à la fabrication des poteries, le sable qui entre dans la constitution du verre et du cristal, etc.

Parmi toutes ces richesses minérales, que la nature nous a presque prodiguées, apparaissent en première ligne la *houille* et le *fer*, que sir Robert Peel, dans un discours à la Chambre des communes, appelait les *nerfs* et les

muscles de l'industrie. Si la parole du grand homme d'État anglais était vraie à l'époque où elle fut prononcée, elle l'est plus encore aujourd'hui que les applications de ces deux substances sont devenues plus nombreuses et se multiplient chaque jour. C'est donc par elles que nous croyons devoir commencer ce livre, puisqu'on peut dire qu'il n'est pas d'industrie qui n'emploie la houille et le fer.

On donne le nom de *houille* ou de *charbon de terre* à une substance carbonneuse qui se trouve en masses considérables dans le sein de la terre, et qui est, pour l'industrie comme pour l'économie domestique, un précieux combustible.



Fig. 1. — Végétaux de l'époque houillère.

Elle peut être considérée comme la source du mouvement et de la vie dans nos usines, puisque c'est avec la chaleur dégagée par sa combustion que l'on produit la vapeur d'eau, qui sert de moteur aux machines si nombreuses et si variées auxquelles l'industrie doit ses plus beaux triomphes. Elle rivalise d'importance avec le fer, qui est presque exclusivement employé à la construction de ces machines.

La houille se trouve dans les terrains de transition, et les géologues expliquent sa formation de la manière suivante. A l'époque de végétation luxuriante (fig. 1), où la croûte terrestre était encore très mince, il se produisait, à sa

surface, de fréquents affaissements qui enfouissaient sous les eaux des forêts entières. Les végétaux subissaient alors au milieu de l'eau un phénomène de décomposition analogue à celui que nous observons encore de nos jours et qui donne naissance à la tourbe. La houille ne serait donc qu'une espèce de tourbe, d'origine très ancienne. Elle ne s'est pas formée d'une manière continue; dans les intervalles de temps qui séparaient les affaissements, se déposaient, au milieu des eaux, des roches sédimentaires plus tard recouvertes par de nouvelles couches de houille (fig. 2). C'est ainsi que l'on explique la superposition de veines quel-

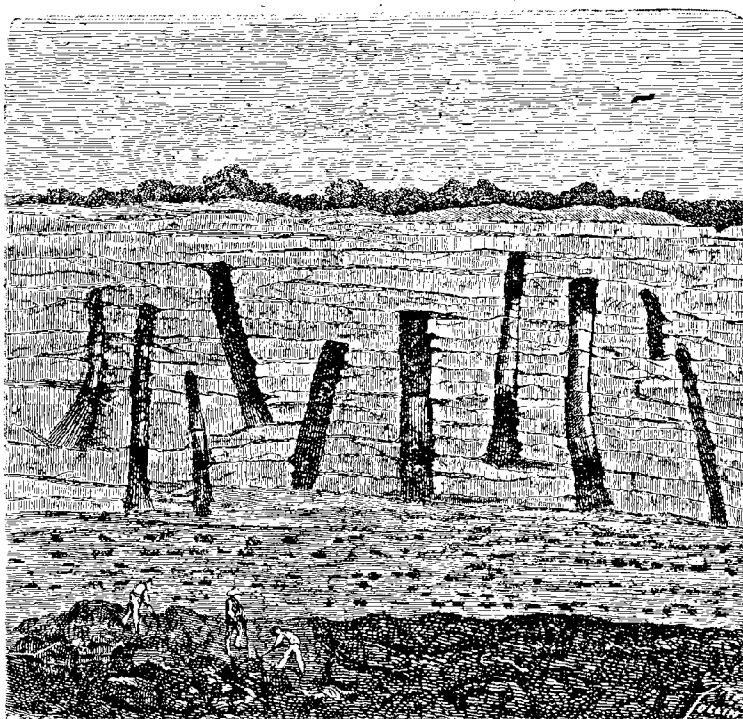


Fig. 2. — Débris d'arbres fossiles dans les mines de Treuille.

quefois très nombreuses en un même lieu et séparées par des roches sédimentaires.

La compacité de la houille et les différences qu'elle présente avec la tourbe s'expliquent par les actions ignées qu'elle a subies postérieurement à sa formation. C'est aussi à la différence d'intensité de ces actions qu'est due la variété des houilles que nous rencontrons dans le sein de la terre; celles qui sont d'origine plus ancienne, et qui étaient plus voisines du centre, ont subi davantage l'action de la chaleur centrale et ont été modifiées dans leur composition plus que celles qui se trouvaient à des étages supérieurs. Ainsi l'antracite, espèce beaucoup plus compacte, plus dure que la houille ordinaire et de formation plus ancienne, a dû être soumise à des actions ignées beaucoup plus intenses, qui ont plus profondément modifié sa nature primitive. Le lignite au contraire serait un intermédiaire entre la houille et la

tourbe; d'une origine plus récente que la houille, il a subi dans une moindre proportion l'action du feu central.

Les couches de houille sont très souvent sinueuses; ces accidents de stratification sont encore dus à des dislocations postérieures à la formation, dislocations qui ont eu pour effet de plisser les couches à un tel point, qu'un puits creusé verticalement dans le sol rencontre souvent plusieurs fois la même couche.

Sans être aussi riche en houille que l'Angleterre, la France est cependant encore un des pays les plus privilégiés pour la quantité de ce précieux combustible que renferme son sol.

Voici le détail de la production annuelle dans les diverses parties du monde :

Europe.	296 669 000 tonnes
Asie (Indes, Japon, etc.)	1 733 000 —
Afrique (le Cap, etc.).	9 000 —
Amérique	102 918 000 —
Océanie (Australie, etc.)	3 423 000 —
Total pour le monde entier.	404 752 000 tonnes

En Europe la Grande-Bretagne tient la tête de cette production avec 100 millions de tonnes, puis viennent la Prusse avec 64 millions, la France avec 24 millions de tonnes, l'Autriche et la Belgique avec une production à peu près équivalente pour chacune à 17 millions de tonnes. La surface totale des terrains houillers exploités en Angleterre est de 1 800 000 hectares, en France de 400 000 hectares.

La production totale de la France a été en 1889, d'après les derniers documents officiels, de 24 139 406 tonnes, ainsi réparties dans les différents bassins houillers :

Nord et Pas-de-Calais	15 455 984 tonnes
Loire.	3 451 788 —
Gard.	1 998 164 —
Bourgogne et Nivernais	1 718 246 —
Tarn et Aveyron	1 233 635 —
Bourbonnais.	945 953 —
Auvergne	338 616 —
Hérault.	504 556 —
Vosges méridionales.	221 740 —
Creuse et Corrèze.	201 915 —
Alpes occidentales	146 295 —
Ouest.	140 754 —
Alpes-Maritimes, Var	1 760 —
Total.	24 139 406 tonnes

La plus importante des Compagnies houillères de France est celle d'Anzin, qui remonte à 1716, époque où ont commencé les premiers travaux de recherche du vicomte Jacques Desandrouin, bailli de Charleroi, sur le territoire de Fresnes. La formation de la Compagnie ne date que de 1757. A cette époque, le prince de Croy-Solre, le marquis de Cernay et Jacques Desandrouin s'associèrent avec quelques ingénieurs et formèrent un contrat qui régit encore la Compagnie. La Société n'a pas d'assemblées d'actionnaires; elle est administrée par un Conseil de régie formé de six personnes; quand l'un des régisseurs vient à disparaître, les cinq autres choisissent pour le remplacer celui des actionnaires qu'ils croient le plus capable de remplir cette importante fonction. La Compagnie possède aujourd'hui huit concessions, dont l'étendue superficielle excède 28000 hectares et qui s'étend depuis Somain jusqu'à la frontière belge. En 1757, avec 26 puits elle n'extrait que 102000 tonnes de houille; aujourd'hui, elle a 18 puits et sa production en 1889 a été de 2857613 tonnes.

EXTRACTION DE LA HOUILLE

L'extraction de la houille exige des travaux considérables; leur exécution immobilise des capitaux dont l'importance va chaque jour en croissant et que l'on peut évaluer en France à plus de 500 millions de francs. Les limites et le but de cet ouvrage ne nous permettent pas d'entrer dans la description détaillée des travaux exécutés dans les houillères; nous n'en étudierons que les points principaux.

On peut les diviser en travaux préparatoires et travaux d'exploitation proprement dits, mais les uns et les autres doivent être précédés de travaux de recherche.

Lorsque les considérations géologiques tirées de l'observation des couches du sol font supposer l'existence de la houille en un lieu donné, il faut, avant de commencer les travaux préparatoires, s'assurer de l'existence des gites et recueillir autant de données que possible sur leur nature, leur profondeur et leur puissance. A cet effet on opère des sondages, que l'on poursuit jusqu'à ce qu'on rencontre le terrain houiller, ou que l'apparition de couches inférieures démontre l'absence de ce terrain. C'est ce qui constitue les *travaux de recherche*.

Le sondage se fait à l'aide d'appareils connus sous le nom de *sondes*. Ils se composent d'un anneau tournant, appelé *tête*, auquel on suspend des tiges de fer ou de bois qui le relient aux outils chargés d'attaquer et de briser

la roche. Ces tiges sont assemblées bout à bout, et leur nombre va croissant à mesure que la profondeur du trou augmente. On se sert d'outils agissant soit par percussion, soit par rotation.

Ceux qui agissent par percussion sont exclusivement réservés pour traverser les roches ayant une certaine dureté; on leur donne le nom de *trépans*, *burins* ou *ciseaux* (fig. 3). La partie supérieure du trépan est vissée dans la dernière tige : un balancier, mû par une machine à vapeur ou par tout autre moteur, soulève les tiges et le burin (fig. 7); lorsque celui-ci est arrivé à une certaine

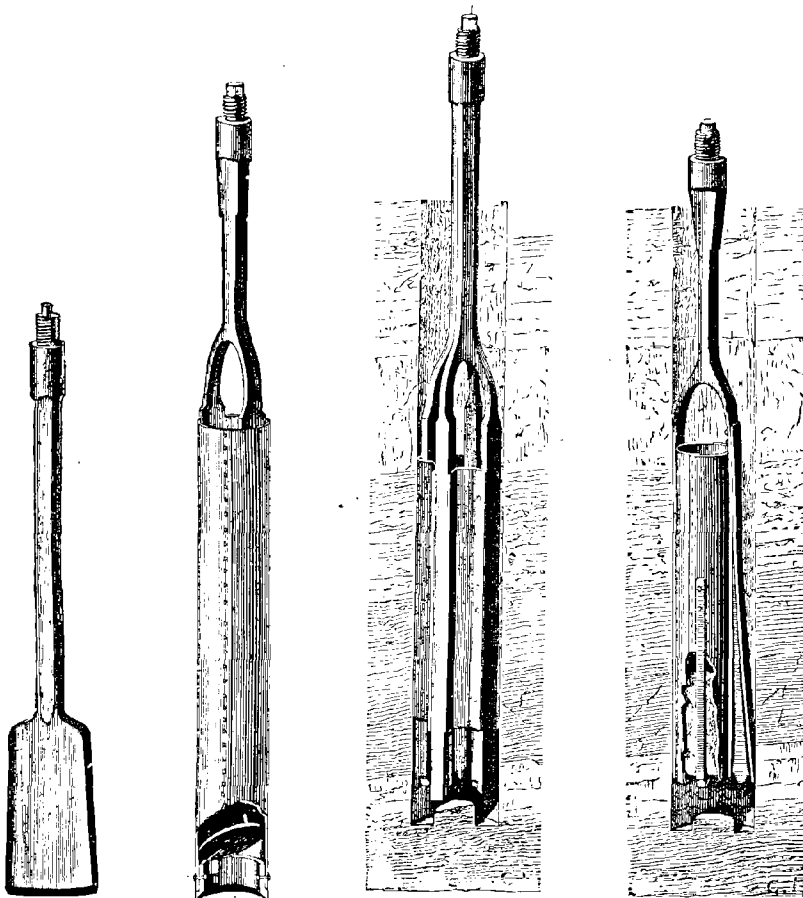


Fig. 3.
Trépan ou burin.

Fig. 4.
Emporte-pièce.

Fig. 5.
Trépan découpeur.

Fig. 6.
Trépan à soupape.

hauteur, il est abandonné à lui-même, tombe et vient heurter de tout son poids le fond du trou, qu'il entaille. Le balancier redescend alors; les tiges, par un mécanisme spécial, ressaisissent le burin, qui s'élève de nouveau pour retomber encore. A chaque mouvement, l'ouvrier qui dirige la tige la fait tourner d'un certain angle pour que le burin ne tombe pas toujours à la même place. Les débris de roche broyés forment, avec l'eau que l'on entretient toujours au fond du trou, des boues, qui s'enlèvent à l'aide d'un cylindre à soupape semblable à celui que représente la figure 4.

Pour pouvoir bien juger de la nature des terrains que l'on traverse, on a intérêt à retirer du trou des fragments de roche un peu gros. On se sert pour

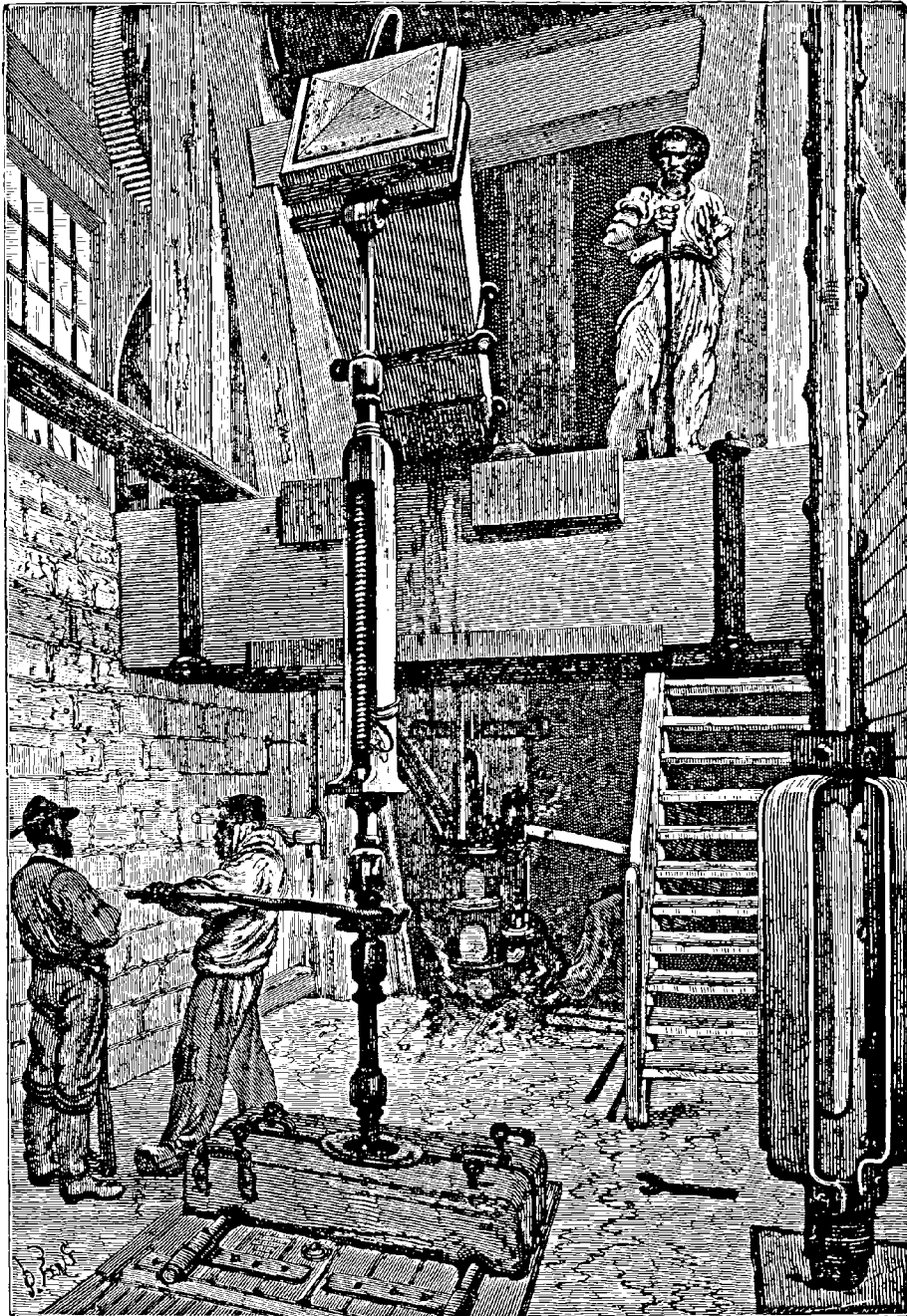


Fig. 7. — Sondage.

cela d'un trépan en forme de cylindre creux (fig. 5), muni à sa base d'une rangée de dents ou seulement de quatre ou six couteaux; il se manœuvre comme le trépan ordinaire et isole un cylindre que les ouvriers appellent *carotte*,

on le brise à sa base avec une espèce de pince à ressort qui le saisit (fig. 6) et on le remonte à la surface.

Dans les terrains tendres et friables on se sert quelquefois d'outils agissant par rotation; ce sont des *tarières*, qui font l'effet de vrilles ou de vilebrequins.

Les sondages durent quelquefois très longtemps, par suite de la rupture des trépan qui s'engagent dans la roche et dont on ne retire souvent les débris qu'avec une grande difficulté et à l'aide d'outils spéciaux.

Quand les travaux de recherche ont établi l'existence de la houille en un point donné, on peut commencer les travaux préparatoires, qui comprennent le percement des puits et des galeries qu'il faut creuser pour arriver à la couche de houille.

Les puits sont des trous presque toujours verticaux, quelquefois inclinés, dont le diamètre varie et va souvent jusqu'à 5 mètres. Ils sont de forme rectangulaire, circulaire ou elliptique. Ils servent à la circulation des ouvriers qui descendent dans la mine ou en remontent, à celle des wagonnets ou berlines qui portent au jour la houille extraite de la couche, enfin au passage du courant d'air qui ventile les galeries de la mine et y entretient une atmosphère respirable.

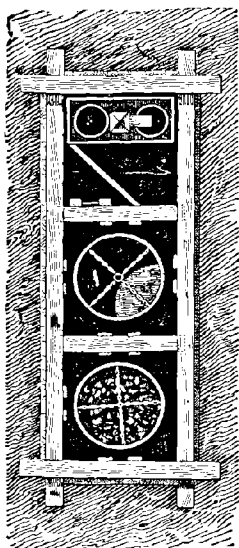


Fig. 8. — Puits boisés.

Le percement des puits se fait par plusieurs procédés. Quand le terrain est compact et résistant, comme ceux qui sont formés par les calcaires et les grès, le travail est long; mais il consiste seulement dans l'abatage de la roche, qui se fait à la poudre par des coups de mine inclinés ou avec des pics, des coins et des masses. Les parois des trous se soutiennent d'elles-mêmes et n'ont pas besoin de revêtement et d'étais.

Mais lorsque la roche est éboulieuse et friable, comme certains grès et la plupart des schistes, il faut soutenir les parois du puits pour les empêcher de s'ébouler; on y parvient à l'aide de boisages et de muraillements.

Le boisage se fait en plaçant, dans l'intérieur du puits et de distance en distance, des cadres de bois, dont les côtés longs, appelés *pièces porteuses*, sont engagés dans des entailles, ou *potelles*, pratiquées dans la roche. On réunit ces cadres par des planches qui assurent la solidité de tout le boisage.

On divise souvent les puits en plusieurs compartiments pour les besoins du service. Cette division augmente encore la solidité du boisage.

Quand un puits doit servir pendant longtemps, il est préférable d'en soutenir les parois par une maçonnerie, qui est d'un établissement plus coûteux, mais offre plus de résistance. Les puits muraillés sont ordinairement ronds ou elliptiques. La méthode la plus simple de construction consiste à creuser le puits jusqu'à la profondeur qu'il doit avoir en soutenant les parois par un boisage provisoire, puis à élever le muraillement à partir du fond.

Lorsqu'on a à traverser des terrains meubles, on se sert, pour éviter les éboulements, d'un moyen très ingénieux qui consiste à faire descendre dans le puits, et par leur propre poids, des tours de maçonnerie ou de fonte. Voici comment on opère : sur la surface bien nivelée de la couche meuble on dispose un cadre de bois ou de fonte, qui a la forme du puits et dont la base est taillée en biseau de manière à pouvoir pénétrer dans le sol. Sur ce bâti on construit d'abord une certaine hauteur de maçonnerie, un mètre par exemple. Les ouvriers placés dans l'intérieur du cadre sapent le terrain sur lequel il repose et rejettent les déblais en dehors; à mesure qu'ils travaillent, les parties de la couche meuble qui se trouvent au-dessous du cadre s'éboulent dans l'intérieur; le cadre descend, ainsi que la maçonnerie qu'il supporte, et pénètre dans le sol en maintenant les terres mouvantes qui l'entourent. On construit alors une nouvelle portion de maçonnerie au-dessus de la première, et les mineurs recommencent leur travail de manière à faire descendre la tour d'une quantité correspondante à celle qui a été construite. On fait ainsi pénétrer dans les terrains meubles une tour qui s'édifie à sa partie supérieure, à mesure qu'elle descend. Cette tour s'appelle *trousse coupante*. Quand elle est arrivée à fond, la maçonnerie a pu souffrir par suite du mouvement et des frottements latéraux; on la double alors d'un nouveau revêtement intérieur.

Il peut encore se présenter dans le fonçage des puits des difficultés plus grandes que celles dont nous venons de parler : il existe dans les entrailles de la terre des nappes d'eau, des sources, qui envahissent souvent les travaux. Plusieurs moyens peuvent être employés pour exécuter dans ces conditions le fonçage des puits et traverser les couches envahies par les eaux.

Nous citerons d'abord l'appareil de M. Triger, dont l'invention remonte déjà à près de cinquante ans. M. Triger, pour refouler les eaux, eut l'idée d'utiliser la force élastique de l'air comprimé et parvint, par le procédé que nous allons décrire, à creuser un puits dans le lit même de la Loire.

Un cylindre de tôle, servant de trousse coupante, fut enfoncé dans les alluvions; il était séparé en trois parties (fig. 9) par des cloisons horizontales, où se trouvaient des portes destinées à établir ou à fermer les communications entre les trois chambres. Le compartiment supérieur restait toujours ouvert et le compartiment inférieur recevait par un tube, représenté à droite de la figure, de l'air comprimé que refoulait une machine à vapeur. La pression de cet air s'exerçant sur le fond du puits empêchait la nappe liquide d'arriver dans le compartiment inférieur et faisait remonter, par un autre tube débouchant à l'extérieur, le peu d'eau qui parvenait à passer. L'ouvrier mineur placé dans le compartiment le plus bas y travaille avec autant de facilité qu'à l'air libre; à mesure qu'il déblaye les matériaux, ils sont enlevés à l'aide de seaux et de cordes par un ouvrier placé dans la chambre du milieu. Celui-ci, après avoir refermé et calfeutré la porte qui a laissé passer les débris, ouvre celle qui lui permet de communiquer avec la chambre supérieure, et un troisième ouvrier, placé en haut de l'appareil, enlève à son tour les matériaux pour les

rejeter au dehors. On comprend que l'appareil doit descendre par son poids à mesure que les travaux avancent.

Les ouvriers plongés dans l'air comprimé n'y éprouvent en général aucun malaise : un léger bourdonnement dans les oreilles, un peu d'accélération dans le pouls, la voix qui devient criarde, sont les seuls phénomènes observés sur la plupart; nous devons dire toutefois que ceux qui ont la membrane du tympan très délicate ou qui ont l'habitude de s'enivrer, ne peuvent prolonger leur

séjour au milieu de cette atmosphère à haute pression. Ajoutons aussi que, pour écarter toute chance d'accident, il faut faire entrer et sortir les ouvriers avec précaution et éviter les variations trop brusques dans la pression.

Il est évident que les puits ainsi percés dans les terrains aquifères doivent être ensuite cuvelés, c'est-à-dire revêtus d'un boisage solide et imperméable, qui puisse résister à la fois à l'infiltration et à la pression des eaux.

L'invention de M. Triger est passée dans la pratique; c'est par son procédé qu'ont été établies les fondations de certains ponts, de celui de Kehl, par exemple, jeté sur le Rhin en 1862. Ce procédé ne peut pas, du reste, être employé à de grandes profondeurs.

Depuis cette époque, de nouveaux progrès ont été réalisés : MM. Kind et Chaudron ont exécuté, dans la Moselle, de remarquables travaux, qui leur ont permis de creuser le puits d'ex-

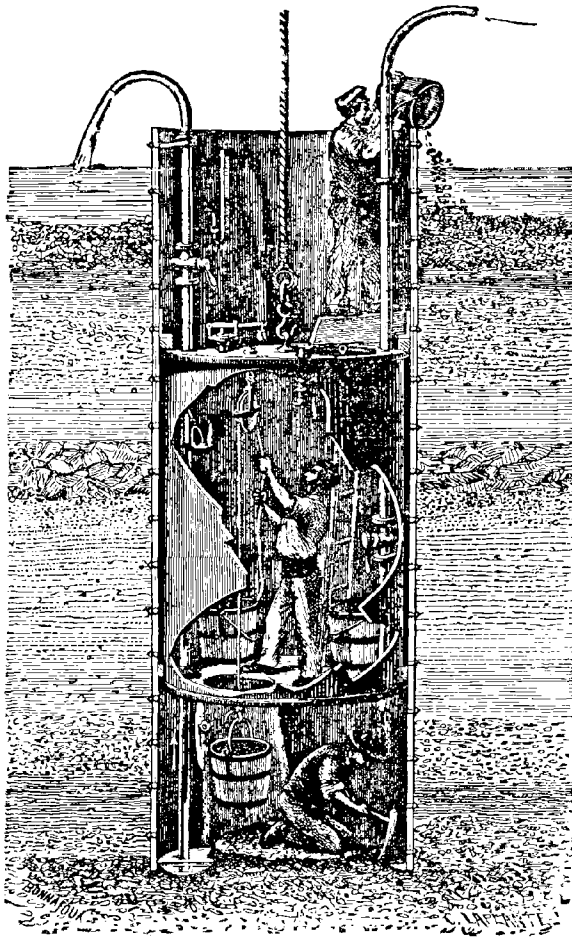


Fig. 9. — Appareil Triger pour le fonçage des puits.

traction de la houillère de Saint-Avold au milieu de couches aquifères où le travail avait été, jusqu'à eux, regardé comme impossible.

La difficulté ou plutôt l'impossibilité d'épuiser les eaux à l'aide de pompes et de maintenir les travailleurs à sec a décidé MM. Kind et Chaudron à creuser mécaniquement le puits et à le percer à l'aide de la sonde, comme on le fait d'un trou de sonde ordinaire. Ils employèrent successivement des trépan de diamètre croissant et parvinrent à traverser les nappes aquifères : le puits d'extraction de Saint-Avold a été foré au diamètre de 4 m. 10, celui d'aérage à 2 m. 56.

Une fois le fonçage poussé au delà des nappes aquifères, le puits se trouvait évidemment envahi par les eaux. Il n'y avait pas à songer à l'épuiser par la pompe, car la nappe était trop abondante et aurait fourni plus d'eau qu'on ne pouvait en enlever. MM. Kind et Chaudron imaginèrent alors d'isoler la nappe elle-même et les couches perméables qui formaient les parois du puits, de l'eau que celui-ci renfermait. Pour cela, à l'aide de vis verticales mues par des engrenages, on procéda à la descente d'un cuvelage formé d'anneaux de fonte à faces de joint parfaitement dressées. Le poids total du cuvelage était de 640 000 kilogrammes pour le grand puits et 258 000 kilogrammes pour le puits d'aéragé. A la base de l'anneau inférieur, appelé *boîte à mousse*, se trouvait une épaisseur de mousse de 1 m. 80 de hauteur, maintenue par un filet. Lorsque le cuvelage fut arrivé sur une banquette circulaire, que la sonde avait ménagée au fond du puits, on l'abandonna à son poids qui, pesant sur la couche de mousse, la réduisit à une épaisseur de 0 m. 25 et en fit un joint capable de résister à l'eau qui s'échappait des terres environnantes. On coula ensuite, entre le terrain et le cuvelage, une couche de béton qu'on laissa durcir pendant six semaines; puis, à l'aide de pompes, on épuisa l'eau qui remplissait l'intérieur du puits. Le puits de Saint-Avoid a été foncé à 160 mètres de profondeur; le travail a duré, pour le grand puits, 814 jours, y compris 80 jours de chômage, et a coûté 480 000 francs.

Lorsque le forage des puits a permis de descendre au niveau de la couche de houille que l'on veut exploiter, il faut arriver jusqu'à elle; c'est ce qui se fait en perçant des *galeries* ou conduits souterrains qui la mettent en communication avec les puits. Ces galeries sont quelquefois creusées dans la couche elle-même et descendent avec elle, ayant le même *mur* et le même *toit*¹. Quand une galerie sert au transport de la houille, on l'appelle *galerie de roulage*; à la circulation de l'air, *galerie d'aéragé*; à la sortie des eaux, *galerie d'écoulement*.

On rencontre dans le percement de ces conduits souterrains les mêmes difficultés que dans le fonçage des puits : elles se trouvent augmentées par la pression des couches supérieures.

On emploie, pour soutenir les galeries, les mêmes procédés que pour les puits : on opère tantôt par muraillements, tantôt par boisages. Quand elles doivent avoir une longue durée et que le terrain traversé n'est pas résistant, on le revêt d'une maçonnerie; c'est ce que l'on doit faire chaque fois qu'un ouvrage doit durer plus de dix ans. Le muraillement complet d'une galerie se compose (fig. 10) d'une voûte circulaire ou ovale; la partie supérieure est destinée à soutenir le *toit*, la partie inférieure à empêcher le gonflement du sol et à permettre l'établissement d'un plancher au-dessous duquel les eaux puissent s'écouler.

1. On appelle *mur* ou *sol* d'une couche le banc sur lequel elle repose, et *toit* celui qui la surmonte.

Ce plancher reçoit ordinairement des rails sur lesquels circulent des wagonnets remplis de houille. Quand le sol n'est pas de nature à se gonfler, on donne à la maçonnerie la forme que représente la figure 11.

Le boisage s'applique surtout aux galeries ordinaires qui sont percées dans un terrain de consistance moyenne et qui ne doivent pas avoir une longue

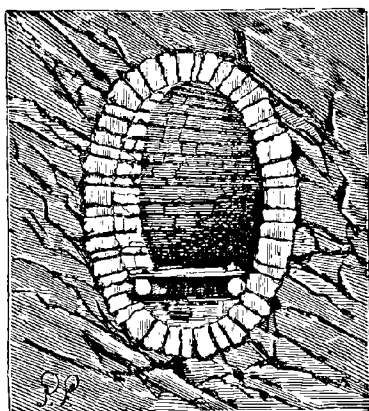


Fig. 10.

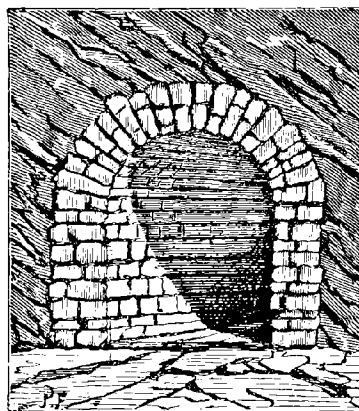


Fig. 11.

Galeries muraiïlées.

durée. Il est d'une exécution prompte et facile et se prête à toutes les exigences des percements. Quand les quatre faces de la galerie ont besoin d'être contenues, on établit un *boisage complet*, composé de cadres et de garnissages. Chaque cadre complet est formé de quatre pièces : un *chapeau*, ou corniche, placé au faite de



Fig. 12.



Fig. 13.

Galeries boisées.

la galerie, deux montants un peu inclinés pour soutenir le chapeau et en diminuer la portée, une *semelle* ou *sole*, servant de base aux montants (fig. 12). Les parties de roches laissées à découvert entre les cadres sont soutenues au moyen de bois de garnissage allant d'un cadre à l'autre. Quand le sol n'est pas de nature à se gonfler, on se dispense de poser une semelle (fig. 13).

Quand le forage des puits et le percement des galeries ont conduit le mineur jusqu'à la couche à exploiter, on commence les travaux d'*exploitation proprement dite*, qui ont pour but l'extraction même de la houille; la direction qu'on leur donne dépend des gîtes, de l'épaisseur et de l'inclinaison des couches.

Sous ce rapport, l'industrie houillère a fait depuis un certain nombre d'années de remarquables progrès. La nécessité de produire la houille à bon marché, le besoin de faire rendre aux couches exploitées tout ce qu'elles contiennent d'un combustible si précieux, et enfin le désir d'apporter dans la condition de l'ouvrier mineur des améliorations aussi profitables pour lui que pour les compagnies qui l'emploient, ont transformé complètement cette importante industrie.

Le mode d'exploitation des couches de houille varie suivant les circonstances,

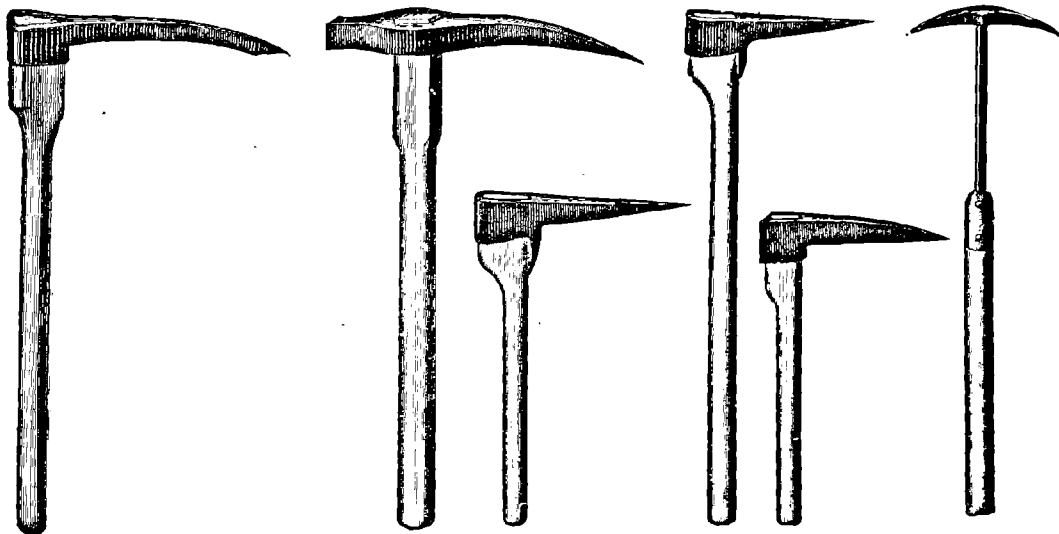


Fig. 14. — Pic des houillères de Saint-Chamond.

Fig. 15 et 16.

Pics de divers modèles pour roches tendres.

Fig. 17 et 18.

Fig. 19.

l'épaisseur, l'inclinaison des couches. Nous laisserons de côté la description des différentes méthodes employées. Quelle que soit d'ailleurs la méthode, on a toujours soin d'étayer les travaux pour empêcher les éboulements, ou de laisser des piliers de houille qui soutiennent les couches et que l'on enlève ensuite en étayant au fur et à mesure.

L'abatage de la houille se fait à l'aide de pics de formes diverses; leur poids ne dépasse pas en général 2 kilogr. 75, y compris le manche. La figure 14 représente le pic des houillères de Saint-Chamond, les figures 15, 16, 17, 18, 19, des pics de divers modèles, mais servant tous à l'extraction des roches tendres. Ces outils sont de forme assez simple; ils sont, comme on le voit, formés d'un morceau de fer pointu à l'une de ses extrémités et percé à l'autre d'une ouverture dans laquelle entre le manche qui permet de les manier. Souvent les pics sont à deux pointes (fig. 20), tels sont, par exemple, le pic à deux pointes des

mines de Blanzky (fig. 21) et la rivelaine des houillères du Nord (fig. 22). Cet outil est destiné à creuser dans le bas de la couche de houille une entaille qui la fait porter à vide et qui facilitera l'abatage.

Les pointes des pics s'usent très rapidement; lorsqu'elles sont émoussées, ou lorsque la partie en acier est usée, il faut renvoyer l'outil à la forge pour être réparé. Aussi les mineurs se servent-ils souvent d'un outil appelé *pointerolle* (fig. 23) qui, en cas d'accident, est facilement réparable sur place. La pointerolle est un petit pic à tête, de 0 m. 15 à 0 m. 20 de longueur, avec un manche de 0 m. 25 placé au milieu. Il est en acier ou aciéré à la fois à sa pointe et à sa tête. L'ouvrier s'en sert en plaçant la pointe contre les saillies de la roche et

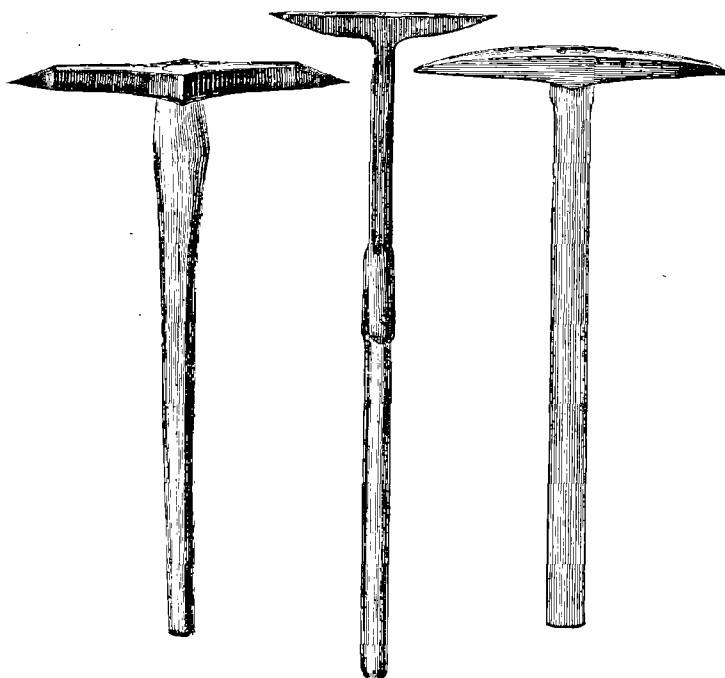


Fig. 20. — Pic à deux pointes.

Fig. 21. — Pic à deux pointes de Blanzky.

Fig. 22. — Pic des houillères du Nord ou rivelaine.

en frappant sur la tête avec une massette de fer, de manière à faire sauter des éclats. Quand une *pointerolle* est émoussée, le mineur la démonte et monte sur le manche une autre *pointerolle* choisie dans une trousse, où un certain nombre d'outils sont enfilés six par six (fig. 24).

Dans les mines du nord de la France, on emploie des pics d'un modèle spécial, entre autres un pic à deux pointes, appelé *rivelaine* (fig. 22). La *rivelaine* sert à pratiquer le *havage*, c'est-à-dire une entaille qui dégage la veine. Ce *havage* se fait au mur, quand celui-ci est facile à entamer, et, à mesure que le travail avance, le mineur soutient la couche par de petits étais pour l'empêcher de tomber brusquement : quand le *havage* est fait, l'ouvrier pratique deux

entailles latérales qui isolent le bloc à abattre, puis, à l'aide de coins et de masses, il le fait tomber (fig. 25 et 26). L'ouvrier mineur doit tendre à abattre



Fig. 23. — Pointerolle.

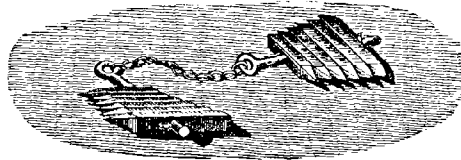


Fig. 24. — Trousses de pointerolles.

des morceaux aussi gros que possible et à faire peu de *menu* ou *poussier*, ce poussier ayant une valeur moindre que la houille en gros fragments. Il doit, à

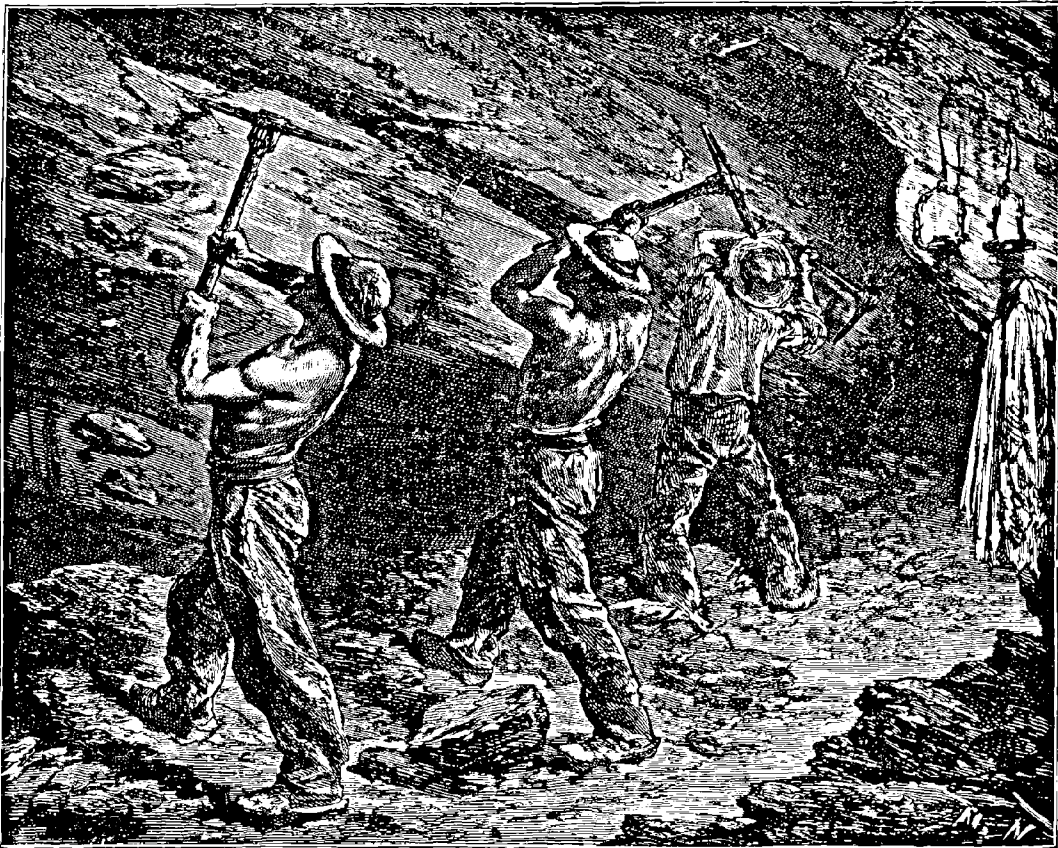


Fig. 25. — Les mineurs abattant le charbon. — Dessin d'A. de Neuville.

mesure qu'il abat la houille, faire le triage et séparer du combustible les pierres que l'on y rencontre. Ces pierres servent aux remblayeurs pour exécuter les remblais.

La houille une fois triée doit être transportée de la taille, où elle a été abattue, jusqu'au puits d'extraction. Ce transport s'effectue de diverses manières. Quelquefois il se fait à dos d'homme, ou dans des brouettes, mais c'est là une exception. Dans presque toutes les houillères, on emploie maintenant soit de

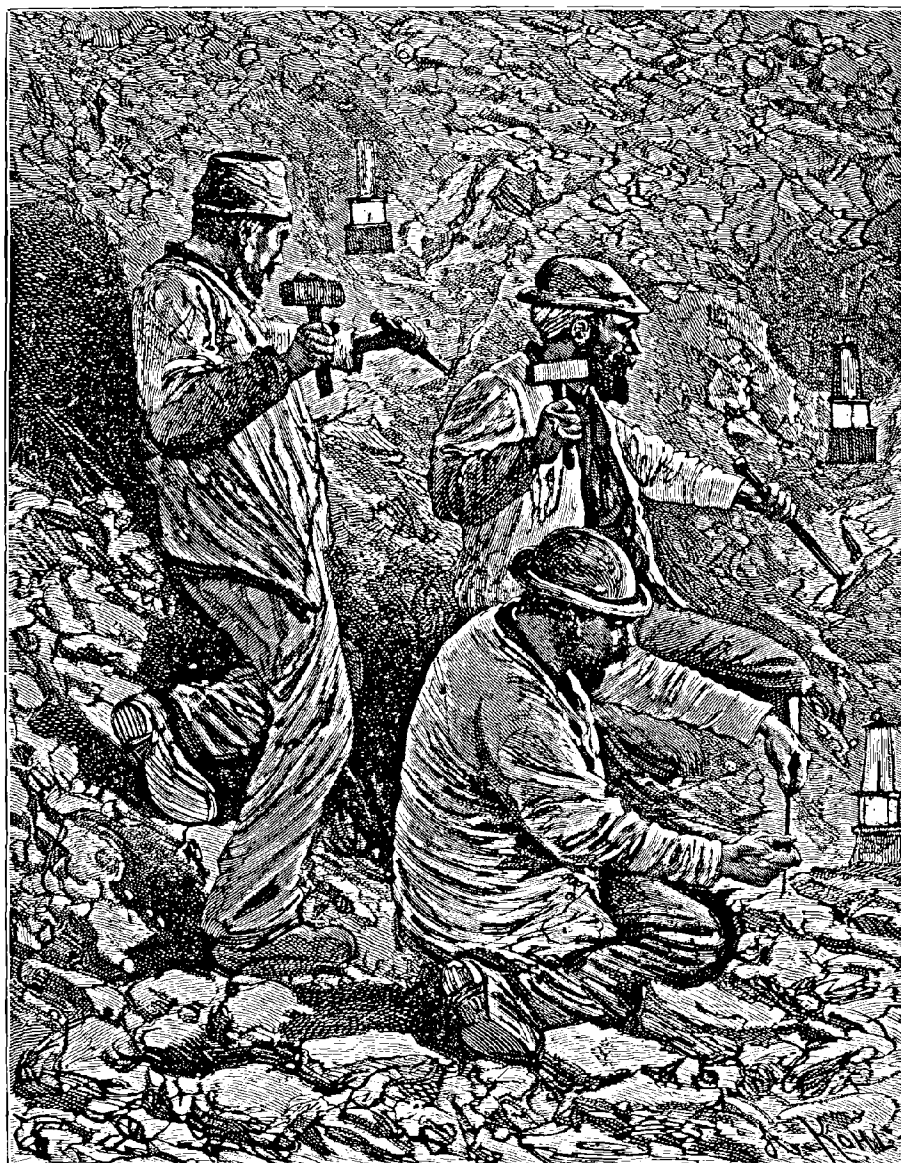


Fig. 26. — Mineurs extrayant le charbon dans la veine. — Dessin de Féral, d'après une photographie.

petits wagons ou berlines, soit des bennes ou tonnes portées sur des plateformes munies de roues, soit des appareils roulants appelés *courriots* sur lesquels on place des paniers ou *couffins* (fig. 27). Le roulage s'effectue sur des rails disposés sur le sol des galeries : la pente de celui-ci est ménagée de manière à faciliter le transport des wagons pleins de houille. Des ouvriers appelés

rouleurs ou *hercheurs* s'attellent aux wagons à l'aide d'une bricole et les traînent jusqu'à ce qu'ils soient arrivés à des galeries assez hautes pour permettre la circulation des chevaux (fig. 28). Le travail des hercheurs est souvent pénible, car lorsqu'on approche de la taille, dans les couches de faible épaisseur, les galeries deviennent très basses et l'ouvrier est obligé de marcher presque plié en deux; du reste, nous devons faire remarquer qu'ils s'habituent assez vite à ce genre de travail et acquièrent une grande dextérité et une souplesse remarquable. Nous avons été frappé, en visitant les houillères, de l'agilité avec laquelle hommes et enfants circulent dans ces galeries souterraines souvent très basses, où nous n'avancions nous-même que difficilement et au prix d'une grande fatigue.

Quand les veines sont très inclinées, l'inclinaison des cheminées ou descenderies ne permet pas le traînage de wagons; on se sert alors de plans automoteurs. Ces plans se composent de deux voies en fer et d'une poulie de renvoi placée à la partie supérieure du plan. Un câble passe sur cette poulie; il est

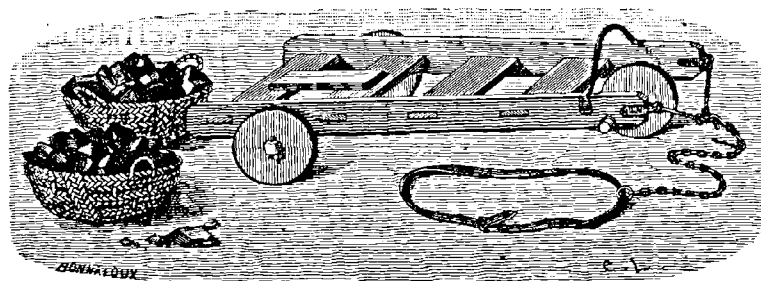


Fig. 27. — Couriots et couffins.

attaché par une de ses extrémités aux wagons pleins de houille qui se trouvent en haut de la pente, et par l'autre extrémité aux wagons vides qui se trouvent en bas. Les wagons pleins sont abandonnés sur la pente, qu'ils descendent pour aller trouver les galeries de roulage, tandis que les wagons vides remontent pour aller recevoir une nouvelle charge. Un frein, qui serre plus ou moins la poulie de renvoi, modère à volonté la rapidité des wagons.

Lorsque la houille est arrivée aux galeries hautes, on se sert de chevaux pour traîner les wagons (fig. 29); on forme des convois qui sont conduits jusqu'aux puits d'extraction. Les convois sont ordinairement dirigés par un conducteur qui est en tête et par un enfant ou *galibeau* qui se tient à l'arrière (fig. 30). Les chevaux ne travaillent qu'une partie de la journée; aux heures de repos, on les conduit dans des écuries très bien installées à l'intérieur de la mine; ces animaux, qui ne remontent au jour que lorsqu'ils sont malades ou hors de service, acquièrent bientôt une très grande habitude de ce genre de travail, qu'ils exécutent avec une docilité remarquable.

La visite d'une houillère laisse des souvenirs impérissables. Rien n'est plus

intéressant à observer que l'activité de ce peuple de travailleurs, qui circulent

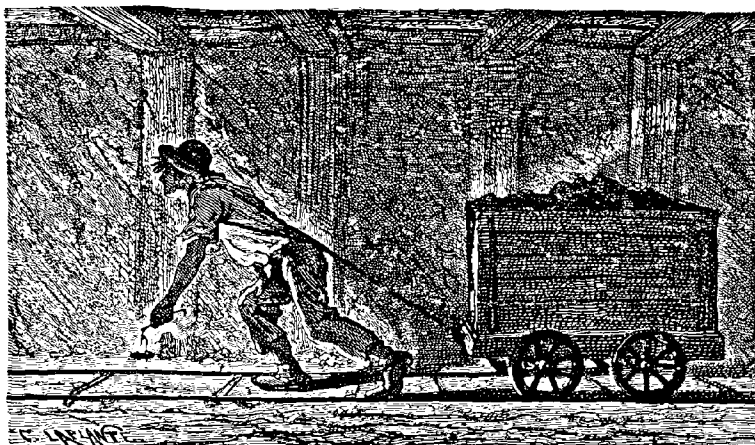


Fig. 28. — Transport de la houille en wagons trainés par des hommes.

dans ces dédales souterrains, en s'éclairant par une lampe attachée soit au chapeau, soit à la ceinture. Tout s'y fait avec ordre, on pourrait dire avec ardeur;

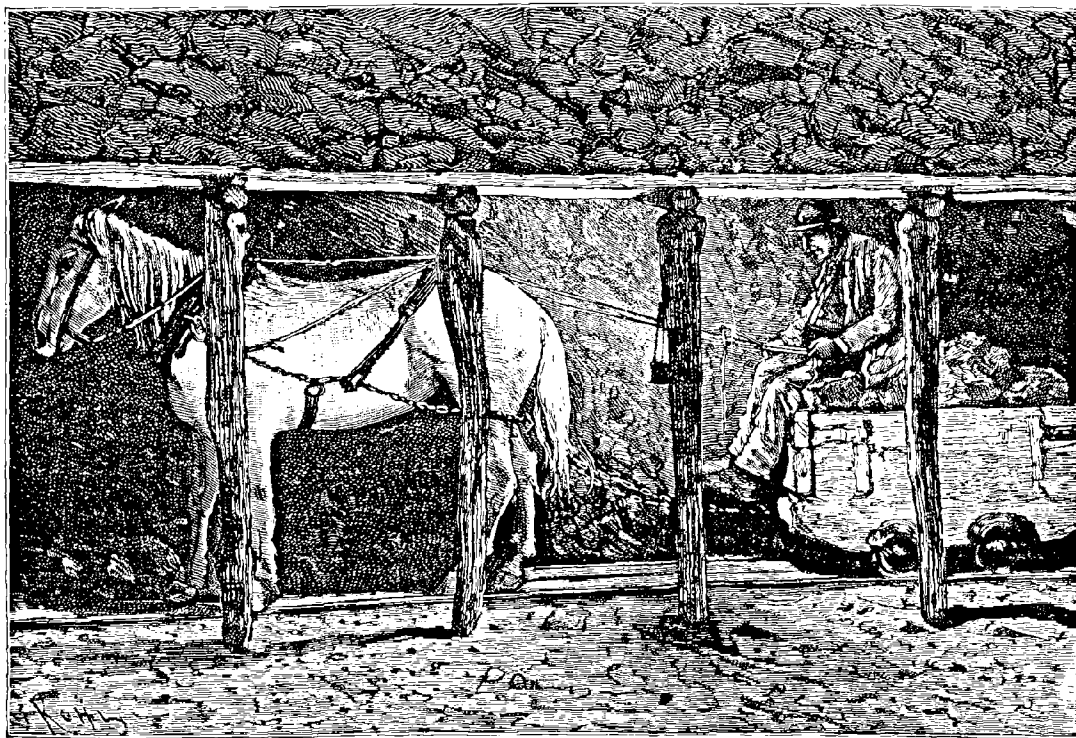


Fig. 29. — Transport de la houille en wagons trainés par des chevaux.

car il n'est peut-être pas de profession qui passionne plus que celle du mineur. Depuis le maître porion jusqu'au galibeau, tous aiment leur métier et l'exercent

avec passion. Aussi rencontre-t-on peu d'ouvriers travaillant avec nonchalance; la circulation est active, l'animation est grande dans les galeries, où se croisent les convois, où brillent au loin les lampes des mineurs, où résonnent les cris des conducteurs s'avertissant à distance de l'arrivée des trains.

La houille une fois extraite et amenée au puits d'extraction, il faut la remonter au jour; autrefois on la versait dans des bennes ou tonnes attachées à un câble qui s'élevait dans le puits et qui en sortait pour aller s'enrouler sur un tambour mis en mouvement par un moteur quelconque. Les bennes servaient aussi au transport des ouvriers. Ce procédé présentait de graves inconvénients; il était dangereux et peu expéditif, aussi l'a-t-on abandonné pour des moyens meilleurs.

On a d'abord cherché à éviter le transbordement dont nous venons de parler, et qui a pour inconvénient de briser les morceaux et d'augmenter la proportion de menu. Pour cela, au lieu de charger la houille dans les bennes, on accrochait au câble les wagons eux-mêmes ou les bennes roulantes. Dans la plupart des mines on emploie maintenant un système meilleur encore. On suspend au câble de grandes cages à deux ou trois étages (fig. 31). Ces cages

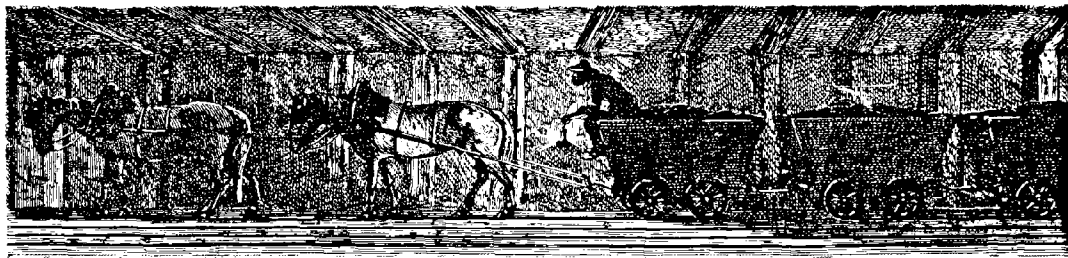


Fig. 30. — Train trainé par des chevaux.

portent des patins ou glissières qui guident le mouvement, en s'appuyant sur d'énormes poteaux de bois, ou longuerines, installés sur les parois opposées du puits. La cage est descendue au fond du puits, et des ouvriers appelés *accrocheurs* y installent les wagons. Cette opération est très simple, car on manœuvre l'appareil de manière que le sol de chaque étage vienne successivement se mettre au niveau d'une chambre située sur l'un des côtés du puits et dans laquelle aboutissent les galeries de roulage. C'est dans cette chambre que se tiennent les accrocheurs, qui n'ont qu'à rouler les wagons dans les cages. Les ouvriers du fond du puits et le mécanicien qui conduit la machine motrice destinée à produire l'enroulement du câble correspondent à l'aide d'une sonnette et se donnent le signal des différentes manœuvres (fig. 32).

Les cages que nous venons de décrire servent aussi au transport des ouvriers (fig. 35); aussi a-t-on cherché à les munir d'appareils appelés *parachutes*, destinés à conjurer les dangers effrayants qui résulteraient de la rupture des câbles. Ces câbles sont ordinairement faits en chanvre ou en fil de fer; ils sont ronds ou plats, et malgré leur solidité ils sont sujets à se rompre.

On a inventé plusieurs espèces de parachutes destinés à arrêter les cages dans leur chute, lorsque le câble vient à casser. Nous ne décrivons que celui qui a été inventé par M. Fontaine, chef d'atelier aux mines d'Anzin.

Le parachute Fontaine se compose (fig. 33) de deux bras de fer inclinés, terminés à l'une de leurs extrémités par une griffe aciérée, et articulés, à l'autre extrémité, avec une chape horizontale invariablement fixée sur la tige verticale à laquelle est accroché le câble. Cette tige prolongée passe au milieu d'une traverse horizontale, terminée par des fourchettes sur lesquelles s'ap-

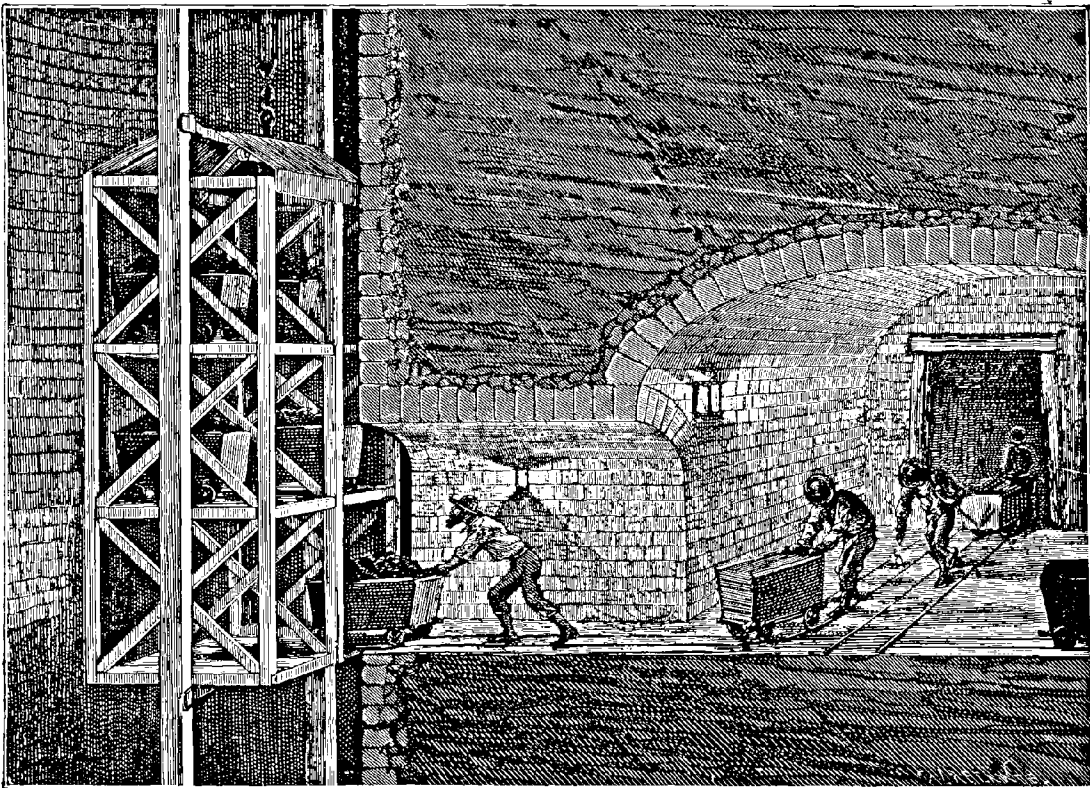


Fig. 34. — Cage pour l'extraction de la houille.

puient les bras inclinés. Contre cette traverse vient battre un ressort à boudin logé dans une boîte à coulisse dont le fond est formé par un écrou fixé à la tige verticale.

Quand la cage d'extraction est suspendue au câble, le ressort se trouve comprimé et les bras ont la position représentée par la figure 33. Quand le câble vient à casser (fig. 34), le ressort se détend, pousse l'écrou de haut en bas; par suite la tige descend ainsi que la chape : mais alors les bras à griffes, qui sont appuyés sur les fourchettes, tournent sur leur articulation, et les griffes, entrant dans les longuerines, arrêtent la chute de la cage. Nous

ajouterons qu'un toit placé au-dessus du parachute protège les ouvriers contre les corps qui pourraient tomber du haut du puits.

M. Nyst a aussi inventé un parachute, ayant sur celui que nous venons de décrire l'avantage de produire un arrêt moins brusque.

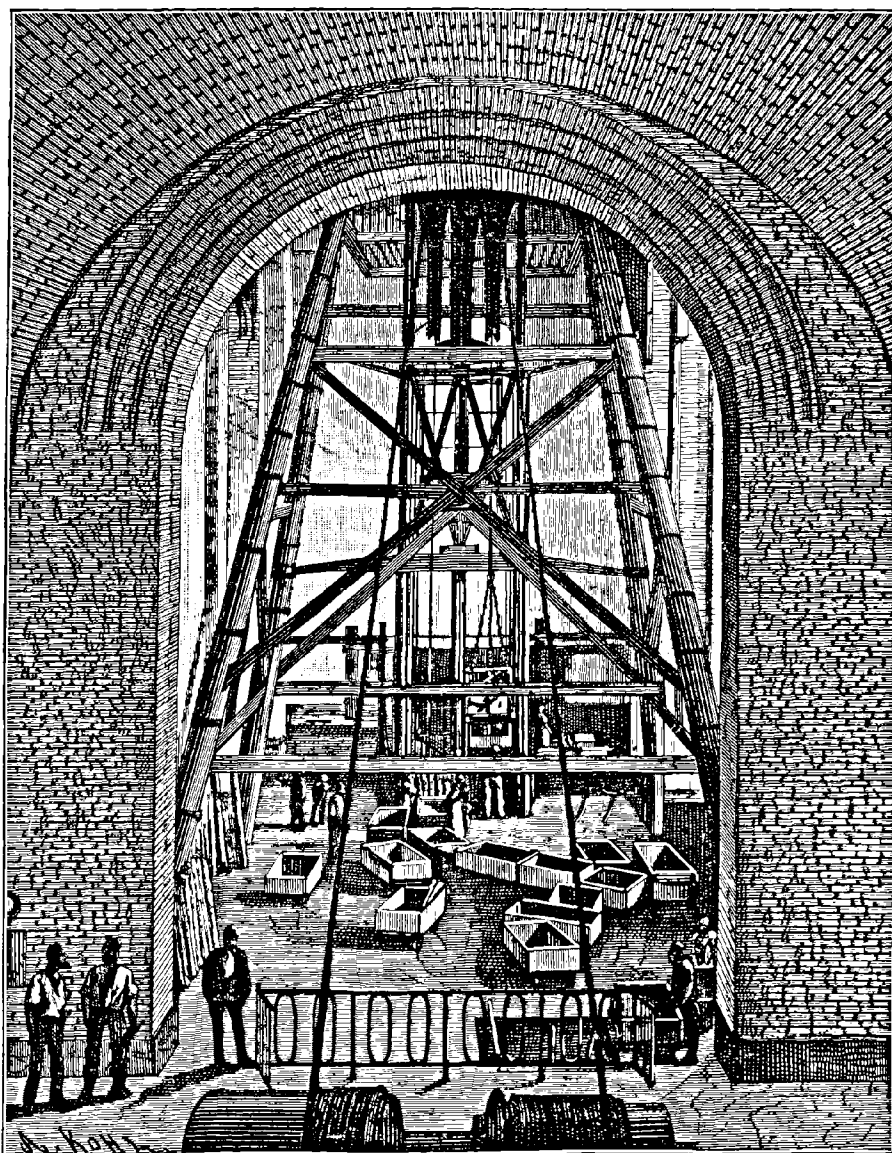


Fig. 32. — Puits d'extraction. — Dessin de Férat d'après une photographie.

Lorsque la houille arrive au jour et qu'elle doit être vendue à l'état où elle sort de la mine, c'est-à-dire comme *tout venant*, comprenant les gros, les petits morceaux et le poussier, elle est chargée dans des bateaux ou dans des wagons qui l'emmènent au lieu de destination. Mais souvent elle subit un triage destiné à ne fournir aux consommateurs que des morceaux d'une grosseur déter-

minée. On opère ce triage en la faisant glisser sur plusieurs claies inclinées, dont les barreaux de fer sont plus ou moins espacés, et sur lesquels les ouvriers la manœuvrent avec des râtaux; ils font en même temps le triage des pierres qui ont pu échapper à l'attention des mineurs. Ce criblage donne lieu à trois catégories : 1° la *grosse gailleterie*, composée de morceaux dont la taille est comprise entre 40 et 20 centimètres; 2° la *petite gailleterie*, ou



Fig. 33. — Parachute Fontaine avant la rupture du câble.



Fig. 34. — Parachute Fontaine après la rupture du câble.

morceaux dont la grosseur varie entre 4 centimètres et 17 millimètres; 3° le *poussier*, qui sert à faire des briquettes.

Nous avons décrit les moyens employés pour l'extraction de la houille, et nous n'avons plus qu'à donner quelques détails sur des parties accessoires mais très importantes de cette industrie : l'aérage des mines, l'éclairage et l'épuisement des eaux.

Le travail dans les houillères ne peut être effectué qu'à condition qu'on établisse un courant d'air qui renouvelle l'atmosphère des chantiers, des

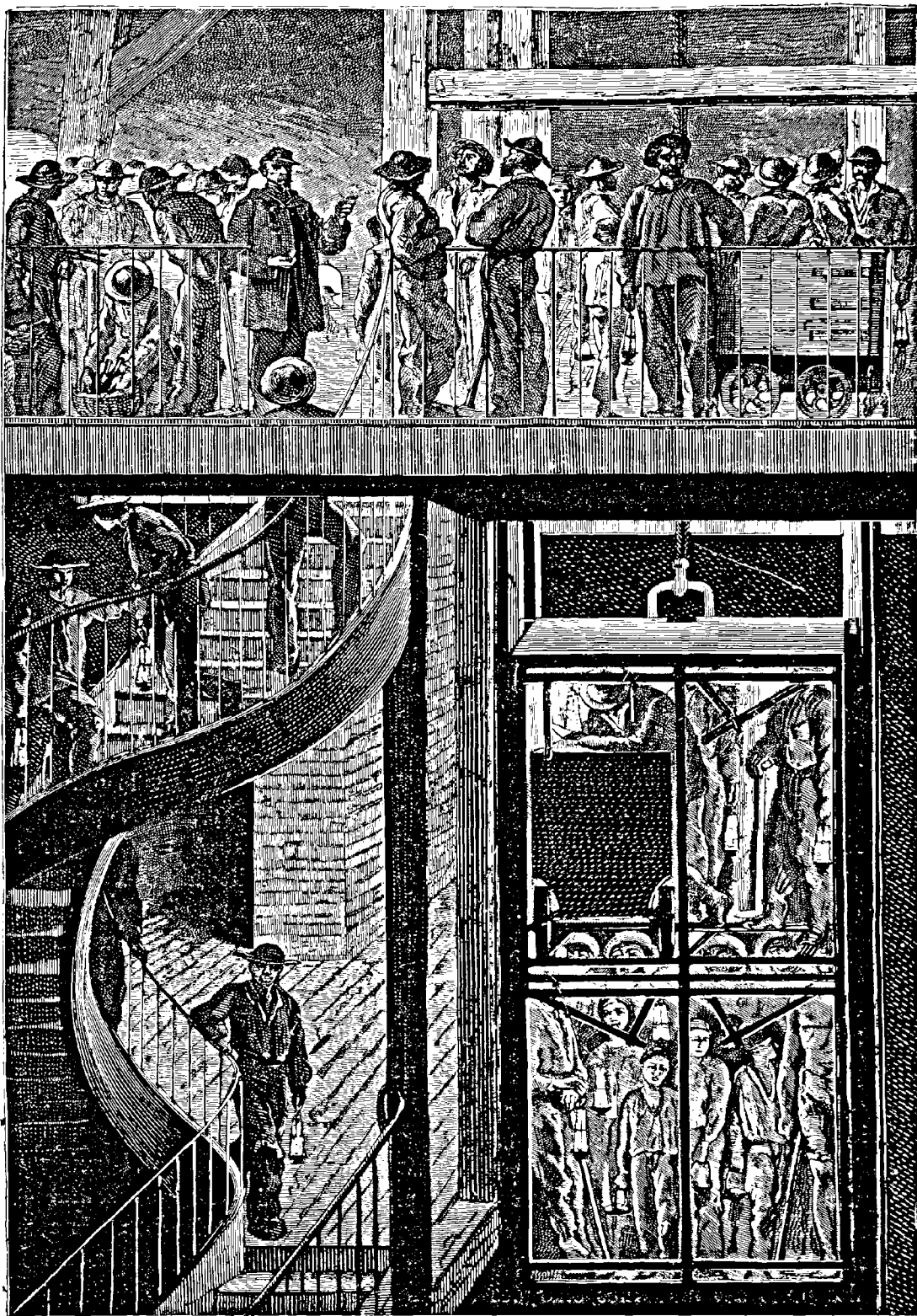


Fig. 35. — La descente des mineurs par la cage, vue prise au Creusot.
Dessin d'A. de Neuville d'après F. Bonhomme.

puits et des galeries. Cette atmosphère se vicie constamment par la respiration des ouvriers, par la combustion des lampes, et enfin par les gaz qui se dégagent des roches, de la houille et des bois en décomposition. Ces gaz peuvent souvent constituer avec l'air des mélanges explosifs.

L'aérage peut être spontané ou artificiel. Il est spontané lorsque deux puits

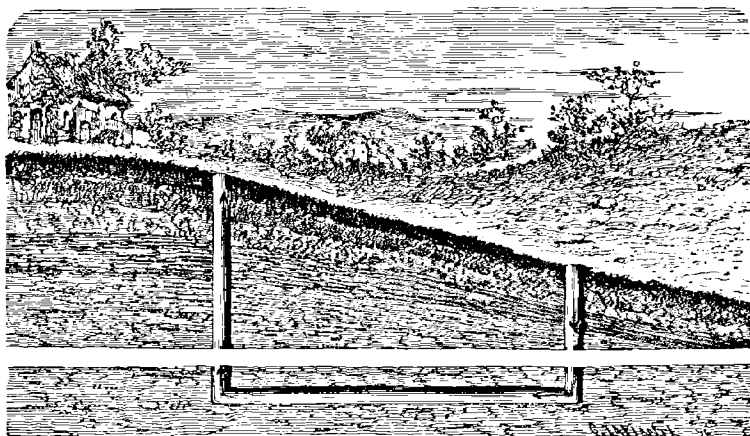


Fig. 36. — Aérage naturel des mines.

sont mis en communication par les galeries souterraines et ont des orifices situés à des niveaux différents (fig. 36). La température est plus élevée

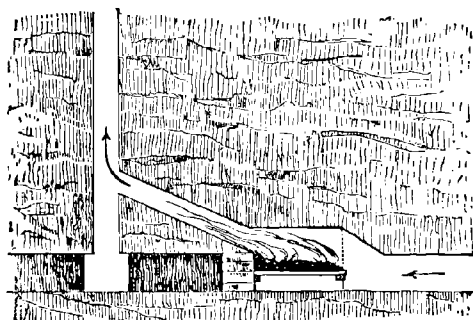


Fig. 37. — Aérage des puits par foyer.

dans les galeries qu'à l'extérieur; l'air chaud qu'elles renferment, étant plus léger, s'élève à travers le puits le plus haut et se trouve bientôt remplacé par l'air qui vient du dehors et pénètre par le petit puits. Il s'établit alors un courant d'air spontané dans cette espèce de siphon renversé. Cette circulation se produit encore alors même que les puits ont leurs orifices au même niveau, parce que la température et, par suite, la densité de l'air ne sont jamais parfaitement égales

dans l'un et dans l'autre, et sont presque toujours différentes de celles de l'air extérieur.

L'aérage spontané ne suffit pas ordinairement pour ventiler les chantiers et les galeries; la ventilation doit alors être produite artificiellement. Tantôt on dispose sur le côté du puits un foyer dans lequel on brûle du charbon : la combustion détermine alors un tirage qui ventile la mine; tantôt on installe sur le bord des puits des machines chargées de produire cette ventilation.

Les foyers peuvent être alimentés avec l'air des galeries lorsqu'il ne se dégage pas de gaz inflammable dans la mine (fig. 37); dans le cas contraire,

il n'y a plus moyen d'employer cet air à l'alimentation, puisqu'on irait ainsi au-devant du danger que l'on veut conjurer; il faut alors mettre le foyer F en communication par un conduit spécial *ccc* avec l'air extérieur. C'est la disposition que représente la figure 38.

Les appareils employés à l'aération sont ou des ventilateurs ou des machines pneumatiques. Les ventilateurs sont munis de palettes mises en mouvement par une machine à vapeur. La rotation rapide de ces palettes détermine une aspiration de l'air dans l'un des puits, dans les galeries, et, par suite, la rentrée de l'air extérieur par un autre puits. Ces ventilateurs sont souvent remplacés par de puissantes machines pneumatiques qui, en faisant le vide dans le puits, au bord duquel elles sont installées, déterminent la circulation de l'air. Quelles que soient les machines employées pour l'aérage, les conditions auxquelles elles doivent satisfaire sont ainsi résumées par M. Combes : 1° déplacer des volumes d'air considérables; 2° n'imprimer à ces masses d'air que de petites vitesses; 3° n'augmenter que très peu la pression de l'air mis en mouvement.

Il ne suffit pas de créer dans une mine des moyens efficaces d'aérage, il faut encore assurer la distribution de l'air dans tous les travaux; sans quoi, le courant, suivant le chemin le plus court et le plus facile, ne pénétrerait pas dans les chantiers d'abatage, dans les petites galeries, et le but ne serait pas atteint. Pour assurer une ventilation générale et uniforme, on dispose, à l'entrée de certaines galeries, des cloisons et des portes qui empêchent le courant de s'y engager. La disposition de ces portes et de ces cloisons doit être telle, que le courant descende d'abord au bas des travaux, remonte par les voies de roulage, parcourt les chantiers d'abatage de bas en haut, et se rende au puits d'appel par une voie spéciale et non fréquentée.

Les ouvriers, pour s'éclairer dans les mines, se servent de lampes de différents modèles, comme celles que représentent les figures 39, 40, 41, 42, 43, 44.

Ces lampes ne peuvent être employées dans les mines à grisou, c'est-à-dire dans celles où se dégage de la houille un gaz appelé par les chimistes *hydrogène protocarboné* ou *formène*, par les mineurs *grisou*, et qui constitue avec l'air un mélange inflammable et détonant. Lorsque ce mélange vient à s'enflammer dans une mine au contact d'une lampe ou de toute autre source de chaleur, il en résulte une effroyable détonation, qui provoque souvent l'éboulement des galeries, qui

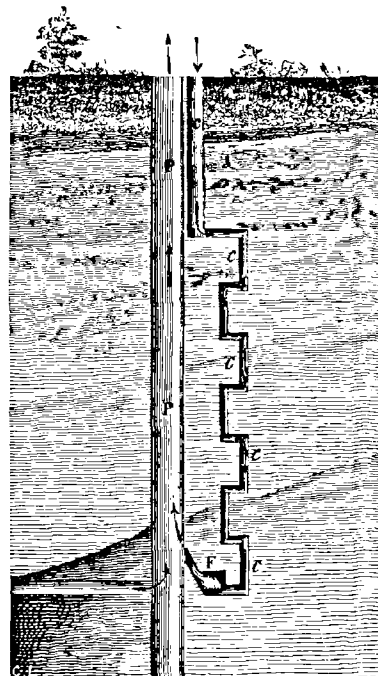


Fig. 38. — Aérage par foyer avec conduit spécial.

projette les ouvriers contre les parois et détermine, en un mot, de terribles catastrophes. Autrefois on laissait le mélange se produire, et l'on y mettait le feu en l'absence des ouvriers. A cet effet, un ouvrier appelé *pénitent*, couvert de vêtements de cuir mouillé, le visage protégé par un masque à lunettes, s'avancait en rampant dans les galeries, et, à l'aide d'une torche enflammée placée à l'extrémité d'une longue perche, mettait le feu au grisou. Cette

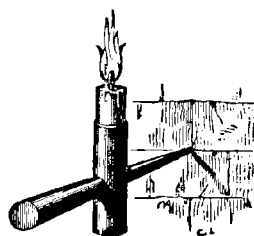


Fig. 39. — Chandelier.

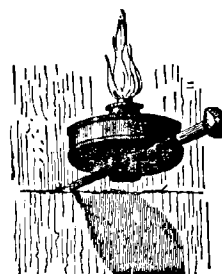
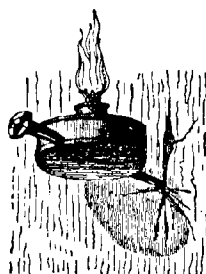


Fig. 40 et 41. — Lampes.

méthode, encore employée il y a soixante ans, dans le bassin de la Loire, avait de graves inconvénients : il arrivait souvent que l'ouvrier chargé de cette dangereuse mission payait de sa vie son dévouement aux intérêts de tous; le feu attaquait la houille et le boisage, l'explosion ébranlait les galeries et les remplissait de gaz qui viciaient l'atmosphère de la mine.

Le moyen des *lampes éternelles* était meilleur. Il consistait à suspendre, au toit des tailles, des lampes constamment allumées. Le grisou, à mesure qu'il

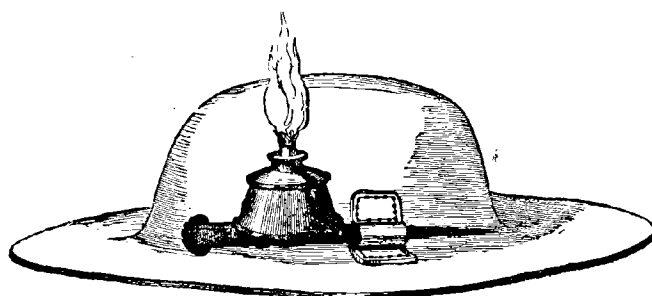


Fig. 42. — Lampe des mines d'Anzin portée au chapeau.

le dégageait, montait en vertu de sa légèreté et venait se brûler par petites parties au contact de la flamme. On renonça pourtant à ce procédé, parce que les gaz produits par la combustion du grisou viciaient l'atmosphère.

Les moyens que nous venons de décrire furent les seuls connus pendant songtemps pour diminuer les dangers occasionnés par le grisou; mais ils étaient insuffisants, et l'invention de la lampe de sûreté de Davy rendit un service signalé à l'industrie des houillères. Davy imagina d'entourer la lampe

du mineur d'une toile métallique; cette toile permet au grisou et à l'air d'entrer dans la lampe, le mélange vient brûler à l'intérieur, mais la conductibilité de la toile métallique détermine un refroidissement des gaz, qui empêche l'inflammation de se communiquer au dehors. La lampe inventée par Davy, et que représentent les figures 45, 46 et 47, avait l'inconvénient de ne donner qu'un éclairage insuffisant, puisque la lumière était en partie arrêtée par la toile métallique.

On l'a perfectionnée en entourant la flamme d'un cylindre de verre surmonté d'une toile métallique, et en adoptant un dispositif tel que l'ouvrier ne peut ouvrir sa lampe sans l'éteindre. (Les figures 48, 49 et 50 représentent divers modèles perfectionnés.)

Malgré cela, malgré la surveillance exercée sur les ouvriers, on a encore quelquefois à déplorer de terribles accidents causés par l'imprudence des mineurs, auxquels le désir de fumer fait oublier les recommandations faites par leurs chefs.

Il est un autre ennemi contre lequel il faut toujours être en garde dans l'exploitation des houillères : ce sont les eaux qui filtrent à travers les couches du sol et qui envahiraient les travaux, si l'on ne prenait le soin d'en ménager l'écoulement et de les aspirer au dehors à l'aide de pompes installées au bord des puits et mues par de puissantes machines.

Il est à peine nécessaire de citer les applications de la houille : elle sert au chauffage des machines à vapeur et au chauffage domestique; elle joue un rôle considérable dans les opérations métallurgiques soit à l'état de houille, soit à l'état de coke : elle sert à la fabrication du gaz d'éclairage. Les résidus de cette fabrication convenablement traités donnent le goudron, le brai, les huiles minérales, un grand nombre de matières colorantes qui, depuis vingt-cinq ans, ont pris une place importante dans la teinture et remplacent dans un grand nombre de cas les matières tinctoriales autrefois employées pour la coloration des tissus.

L'usage des différentes espèces de houille dépend de leurs qualités, qui varient beaucoup d'une espèce à l'autre. On distingue :

1° Les *houilles grasses maréchales*, qui éprouvent au feu une espèce de fusion pâteuse et donnent beaucoup de chaleur; brûlées sur une grille, elles fondent bientôt, leurs morceaux s'agglutinent et le tirage devient moins actif. Elles altèrent les barreaux des grilles. D'autre part, elles sont très convenables pour le travail de la forge, parce qu'elles donnent une chaleur immédiate et

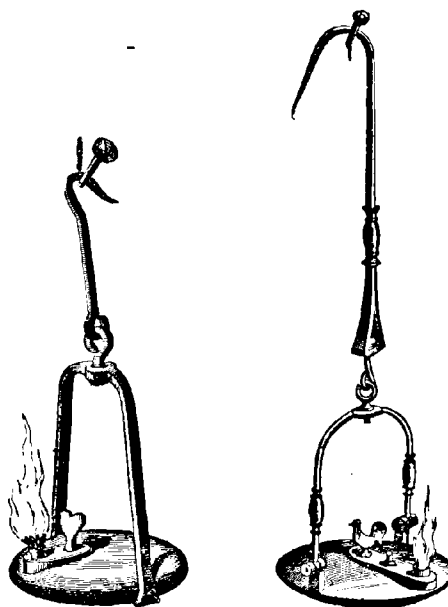


Fig. 45 et 44. — Lampes des mines de Saint-Étienne.

forte, qui se conserve sous les espèces de voûtes que les morceaux produisent en se boursouflant et en s'agglutinant. Ces voûtes ne s'écroulent pas lorsqu'on retire le fer pour le forger, et peuvent le recevoir de nouveau lorsque, refroidi par le forgeage, il doit être remis au feu pour la continuation du travail.

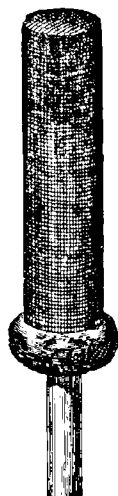


Fig. 45.

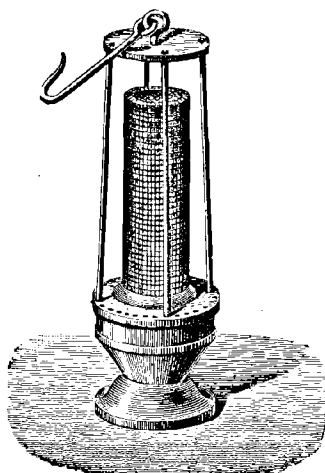
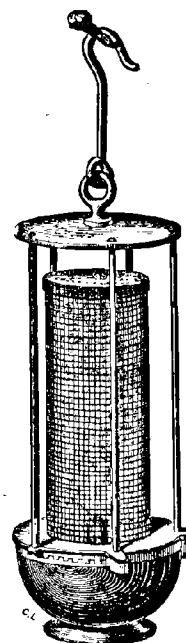
Fig. 46.
Lampes de Davy.

Fig. 47.

Les cloutiers, les serruriers, les forgerons préfèrent avec raison cette sorte de houille.

2° Les *houilles grasses et dures*. Elles sont moins fusibles que les précédentes et très estimées pour les opérations métallurgiques : telles sont celles d'Alais et de Rive-de-Gier.

3° Les *houilles grasses à longue flamme*, moins fusibles encore que les précédentes; elles altèrent moins les grilles. La houille de Mons, connue sous le nom de *flénue*, est la meilleure. Elles conviennent au chauffage domestique et à la fabrication du gaz d'éclairage.

4° Les *houilles sèches à longue flamme*. Elles ne se fondent pas, ne s'agglutinent point : bonnes encore pour le chauffage des chaudières, elles donnent moins de chaleur que les précédentes.

5° Les *houilles sèches qui brûlent sans flamme*. Elles brûlent difficilement et donnent un résidu pulvérulent. On les emploie à la cuisson de la chaux et des briques.

On vend actuellement pour le chauffage domestique des houilles sèches qui conviennent aux poêles à combustion lente et que l'on désigne improprement

sous le nom d'*anthracite*, nom qui avait été réservé jusqu'ici à une houille

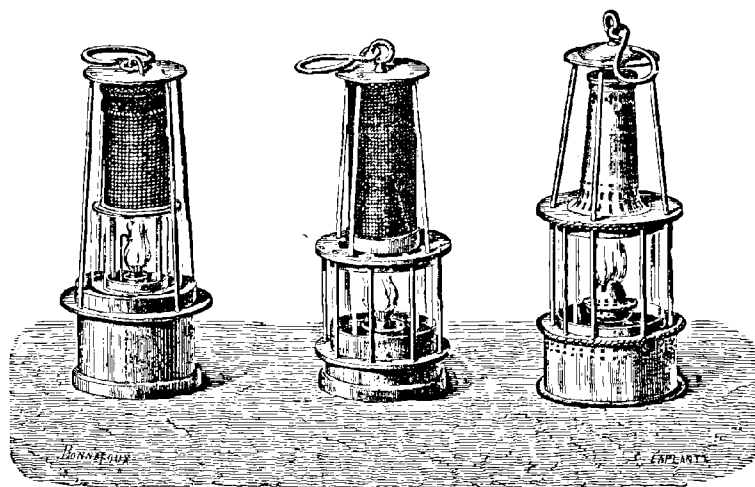


Fig. 48.

Fig. 49.

Fig. 50.

Lampes de Davy perfectionnées.

d'une combustion difficile et qui ne peut être employée que dans les cas où l'on dispose de moyens de tirage très énergiques.

FABRICATION DU COKE ET DES AGGLOMÉRÉS

Nous citerons, comme industries se rattachant à l'exploitation des houillères, la fabrication du coke et celle des agglomérés.

On appelle *coke* le résidu carbonneux que l'on obtient par la calcination de la houille en vase clos. Lorsqu'on chauffe la houille, il s'en dégage des produits très nombreux et, parmi eux, le gaz que nous employons à l'éclairage des villes. Le coke obtenu par les fabricants de gaz est un combustible de bonne qualité pour l'économie domestique; mais sa faible densité, son défaut d'agglomération, le rendent peu propre au chauffage des locomotives et aux opérations métallurgiques. Pour ce double usage, on fabrique le coke d'une manière spéciale à l'aide de fours, dans lesquels on charge la houille par des ouvertures pratiquées à leur partie supérieure. Dans certaines usines, on laisse perdre les gaz et les produits volatils auxquels donne lieu la distillation de la houille; dans d'autres, et ce système est préférable, on les emploie à chauffer les fours eux-mêmes en les faisant revenir sur la sole du four où ils s'enflamment. On emploie, pour cette fabrication, de la houille réduite en très petits morceaux, ce qui permet d'utiliser un produit d'une valeur

bien moindre que celle des gros morceaux. Pendant l'opération, ces menus fragments se ramollissent, se tassent, se soudent ensemble et fournissent un coke de densité convenable. On rencontre auprès d'un grand nombre de houillères des usines qui fabriquent le coke dont nous parlons.

Il en est de même de la fabrication des *agglomérés* ou *briquettes* qui servent au chauffage des locomotives. Ces agglomérés sont composés d'un mélange de poussier de charbon et de brai sec qui sert de ciment. (On appelle *brai* le résidu de la distillation du goudron.) Le mélange est malaxé dans une trémie où un chauffage à la vapeur détermine la fusion du brai; puis il est livré à des machines qui font les briquettes. Ces machines sont de diverses sortes : nous citerons celle qui a été inventée par M. Revollier et que nous avons vue fonctionner à Anzin et à Blanzky.

Elle se compose d'un chariot ou plateau horizontal qui est animé d'un mouvement circulaire de rotation. Ce chariot présente des cavités ou moules, dont le fond est mobile et qui ont la forme que l'on veut donner aux briquettes. Le mouvement de rotation est divisé en quatre temps, qui correspondent aux opérations suivantes : 1° les moules sont amenés à l'orifice du tube qui apporte la matière venant d'un mélangeur, et s'emplissent; 2° ils viennent s'arrêter devant un ouvrier qui complète et régularise leur remplissage; 3° une fois pleins, ils sont amenés sous un fort sommier de fonte qui leur sert, en quelque sorte, de couvercle supérieur; en même temps des pistons poussés par une presse hydraulique s'engagent, de bas en haut, dans les moules et compriment le mélange entre le sommier et le fond mobile dont nous avons parlé; par la compression, la matière s'agglomère et se transforme en briquettes; 4° les moules se dégagent ensuite du sommier et sont amenés avec leurs briquettes sous une deuxième presse. Celle-ci chasse dans leur intérieur des pistons qui, par le refoulement du fond mobile, font sortir la briquette et opèrent le démoulage.

On fabrique aussi maintenant et d'une manière analogue des briquettes percées de trous, qui servent au chauffage de nos appartements. Les trous ménagés dans les briquettes ont pour effet de faciliter la combustion de la masse charbonneuse. En les associant au bois on a un mode de chauffage économique et agréable par la flamme qu'il produit.

CHAPITRE II

LE FER ET LES MÉTAUX USUELS

La prospérité des différentes industries a les liens les plus étroits avec la production des métaux usuels, puisque c'est avec eux que l'on fabrique la plupart des instruments employés à la transformation des matières premières. N'est-ce pas avec le fer, la fonte et l'acier que l'on construit les machines à vapeur, les rails de nos chemins de fer et de nos tramways, avec le fer associé au cuivre et au bronze que l'on fait ces nombreuses machines destinées à remplacer la main de l'homme, avec le zinc que l'on couvre nos habitations, avec le plomb que l'on confectionne les tuyaux destinés à amener dans nos maisons l'eau et le gaz d'éclairage, avec des fils de fer et de cuivre que le télégraphe et le téléphone portent nos pensées à travers l'atmosphère ou les eaux de l'océan? N'est-ce pas avec le bronze (alliage de cuivre et d'étain) que l'on reproduit les œuvres d'art qui enrichissent nos musées et ornent nos appartements, avec l'or et l'argent que l'on frappe les monnaies destinées aux échanges commerciaux, que l'on fait les bijoux et les objets de luxe? La multiplicité des usages auxquels se prêtent les métaux explique que l'attention de l'homme ait été attirée sur eux dans les âges les plus reculés.

On n'a d'abord connu que ceux qui, comme l'or et l'argent, sont inaltérables par les agents atmosphériques et se présentent à l'état natif, c'est-à-dire presque à l'état de pureté. Les autres métaux se rencontrent dans la nature engagés dans des combinaisons plus ou moins complexes, le plus souvent avec le soufre et l'oxygène. Au temps de Moïse, les Égyptiens, dont la civilisation a été très avancée, ne connaissaient que six métaux, l'*or*, l'*argent*, le *cuivre*, le *plomb*, l'*étain* et le *fer*, et l'on a toute raison de croire que ces métaux devaient être très impurs. A notre époque, où les progrès de la chimie ont amené de si grands perfectionnements dans les industries métallurgiques, nous éprouvons encore les difficultés les plus sérieuses dans la préparation des métaux, pour les isoler des substances si variées auxquelles la nature les a associés.

Nous n'avons pas moyen de suivre dans l'histoire les progrès de la métallurgie. Ces progrès ont dû être très lents, par suite du défaut des connaissances chimiques. A l'âge de pierre l'homme ne connaissait pas l'usage des métaux

et empruntait à la terre les silex dont il armait ses lances et ses flèches. Ce n'est que plus tard qu'il fit la découverte du bronze, et l'on ne s'explique pas facilement comment il a pu y arriver, puisque le cuivre n'existe à l'état natif qu'en très petite quantité et que l'étain, qui est allié au cuivre dans le bronze, ne se rencontre pas dans la nature à l'état métallique, mais toujours à l'état de combinaison, ordinairement à l'état d'oxyde. Il est probable que l'on a découvert l'étain en chauffant son oxyde avec du charbon de bois, que l'on trouva au fond du fourneau des globules métalliques d'étain produits par l'action réductrice du charbon sur l'oxyde. Il a fallu ensuite que quelque chercheur eût l'idée de le fondre avec du cuivre pour constituer ce métal si utile que l'on a désigné sous le nom de *bronze* et d'*airain*. Quelle que soit son origine, il est certain qu'il a été connu dès les temps bibliques et que les anciens savaient le fondre, le couler et lui donner la trempe et le recuit convenables, et c'est avec ce métal que l'homme a fait ses premiers essais de métallurgie.

De tous les métaux, le fer est certainement le plus utile et celui qui se prête le mieux aux applications. C'est aujourd'hui le métal le moins cher, et cependant on peut dire que c'est le plus précieux par les services qu'il rend. Ces services sont si variés et si nombreux que l'on peut mesurer le degré de prospérité industrielle des nations par les quantités de fer qu'elles produisent et qu'elles consomment. Aussi étudierons-nous avec quelques détails les procédés employés aujourd'hui pour l'extraire des minerais.

FER

La découverte du fer et l'art de travailler ce métal remontent à une très haute antiquité. Les livres de Moïse attribuent cette découverte à Tubal-Cain, fils de Lameth, les Grecs à Cybèle, à Prométhée, aux Cyclopes de Crète, aux Dactyles du mont Ida en Phrygie. Mille ans au moins avant l'ère chrétienne on savait déjà le convertir en acier et le faire servir à la confection des outils et des instruments tranchants. Homère, dans l'*Odyssée*, en racontant qu'Ulysse creva l'œil au Cyclope Polyphème avec un pieu incandescent, dit qu'il « se fit entendre un sifflement semblable à celui que produit une hache rougie au feu et plongée dans l'eau froide; car c'est là *ce qui donne au fer la force et la dureté* ». Dans ces premiers âges de la métallurgie, le fer devait être assez rare, parce que l'on ne devait pas savoir l'extraire des minerais pauvres, qui sont les plus communs. Les procédés d'extraction étaient d'une grande simplicité : on plaçait dans un trou creusé en terre le minerais qui

était une combinaison de fer et d'oxygène et on ajoutait du bois. On mettait le feu; la combustion s'activait sous l'influence du courant d'air lancé par des soufflets, et le charbon de bois produit prenait l'oxygène au minerai et laissait le fer, qui se séparait des autres matières, ou *gangue*, existant dans le minerai. Pour que cette séparation s'effectuât dans de bonnes conditions, il fallait, vu l'imperfection des moyens de chauffage, que la gangue fût très fusible. Aussi les insuccès devaient-ils être fréquents : plus tard, on perfectionna cette méthode en mettant le mélange de bois et de minerai dans un foyer bas et en

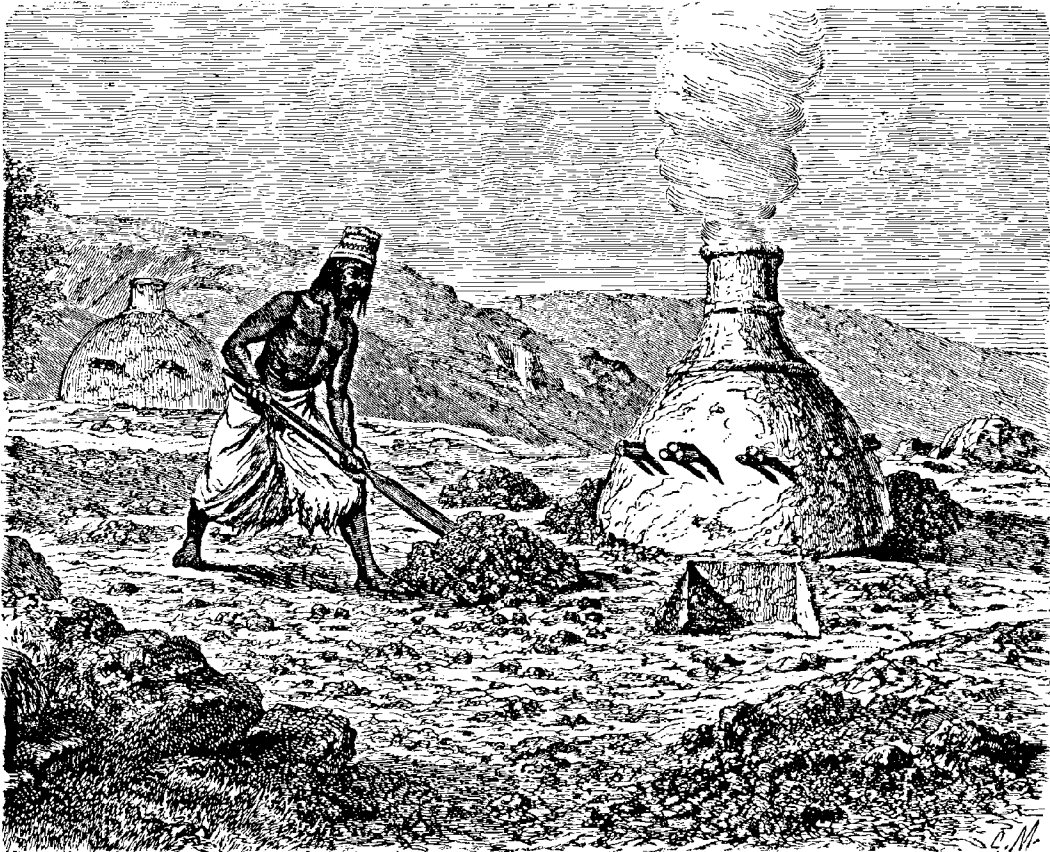


Fig. 51. — Fonte du minerai de fer au Fouta-Djalou. — Dessin de Hadamard d'après N. Lambert

y insufflant un courant d'air capable d'élever la température. C'est là l'origine du procédé encore désigné sous le nom de *méthode catalane*, et c'est encore le procédé aujourd'hui employé par les peuplades sauvages de l'Afrique (fig. 51).

Le fer est avec la houille la plus grande richesse minérale de la France; on l'y rencontre en assez grande abondance à l'état de minerai de composition et de qualités variables. Les variétés principales sont l'*oxyde de fer hydraté*, l'*oxyde rouge*, l'*oxyde magnétique*; l'*oxyde de fer carbonaté*.

Les mines de fer, par leur nombre et par l'importance de leurs produits,

occupent en France le premier rang après les mines de houille; elles ne fournissent cependant pas la majorité du minerai employé par nos usines à fer. Les nombreux gisements superficiels, désignés sous le nom de *minières*, concourent sans une plus large mesure à l'alimentation de nos forges.

Les détails que nous avons donnés sur les travaux exécutés dans les houillères nous dispenseront de revenir sur les travaux analogues pratiqués dans les mines de fer. Nous prendrons donc le minerai à la sortie de la mine et de la minière pour suivre les opérations qu'il va subir jusqu'à sa transformation en fer.

Les minerais de fer ne sont jamais soumis à des préparations préliminaires compliquées. Ils subissent ordinairement dans la mine un triage ayant pour but d'en séparer les matières stériles qui ont pu se mélanger avec lui pendant

l'extraction : ces matières stériles sont employées pour faire les remblais.

Après le triage, les minerais de fer ne sont soumis qu'à un simple *débouillage*; cette opération consiste à séparer par l'action de l'eau les matières terreuses qui accompagnent le minerai. Dans le Berry, où l'on exploite un oxyde de fer en grains, formant des espèces de poches à une faible profondeur au-dessous du sol, on extrait généralement le minerai à ciel ouvert pendant l'été, et on l'accumule sur le bord des trous, où l'action des agents atmosphériques tend à désagréger l'argile; puis, au printemps suivant, lorsque les trous sont remplis d'eau, on y lave le minerai en le mettant dans un panier à claire-voie dit *grappoir*, qui est suspendu à l'extrémité d'un levier à contrepoids, et que l'on fait osciller

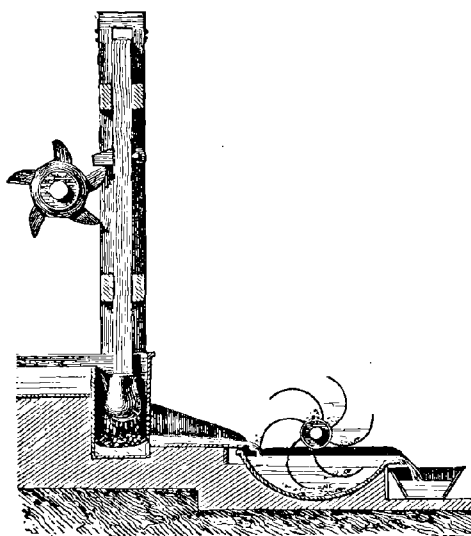


Fig. 52. — Bocard et patouillet.

de haut en bas dans l'eau. Le liquide pénétrant à travers la claire-voie désagrège les matières terreuses, qui se séparent, se déposent dans l'excavation qu'a produite l'exploitation, et servent à la remblayer.

On emploie aussi pour le lavage des minerais des appareils appelés *patouillots*, qui se composent (fig. 52) d'une cuve ayant la forme d'un demi-cylindre disposé horizontalement, et dans laquelle coule un courant d'eau; le minerai, constamment agité au milieu du liquide par l'action de bras courbes de fer, tournant autour d'un même axe, se sépare de l'argile qui l'enveloppe. L'eau bourbeuse s'écoule par un déversoir, et le fond de la cuve est muni d'une autre ouverture, fermée par une porte que l'on enlève de temps en temps pour retirer le minerai lavé.

Lorsque le minerai est en roche au lieu d'être en grains, il doit, avant le débouillage, être concassé à l'aide d'appareils appelés *bocards*, qui sont asso-

ciés aux patouillets et se composent de pilons verticaux en bois, terminés à leur extrémité inférieure par des socles de fonte. Ces pilons sont disposés verticalement à côté les uns des autres : un arbre horizontal, armé de saillies appelées *comes*, tourne derrière eux d'une manière continue. Les comes rencontrent dans ce mouvement des saillies ou *mentonnets* placés sur les pilons, qui sont ainsi soulevés à une certaine hauteur, où ils sont abandonnés pour retomber de tout leur poids sur le minerai placé dans des auges situées au-dessous d'eux.

Dans certaines régions, comme la Savoie et l'Aveyron, le minerai en roches est soumis à un grillage à l'air qui a pour but de le rendre moins dur, plus poreux, d'expulser l'eau et l'acide carbonique qu'il renferme.

Les minerais étant préparés, il faut maintenant en extraire le fer. Il nous est impossible, dans un ouvrage comme celui-ci, de supposer connus du lecteur les principes de chimie sur lesquels repose la métallurgie du fer, et d'étudier avec détails les réactions auxquelles elle donne lieu. Nous ferons donc un exposé très sommaire des uns et des autres.

Nous avons vu que les minerais employés à la fabrication du fer sont ou des *oxydes de fer*, c'est-à-dire des corps formés par l'union intime du fer avec un gaz que les chimistes appellent *oxygène*, ou un *carbonate d'oxyde de fer*, c'est-à-dire un corps formé par l'union intime de l'oxyde avec un gaz nommé *acide carbonique*. Le but que se propose le métallurgiste est d'enlever le fer aux corps avec lesquels il est combiné. Pour simplifier l'explication, nous dirons tout de suite que, lorsqu'on chauffe le carbonate d'oxyde de fer, il laisse dégager l'acide carbonique et se transforme en oxyde de fer, de telle sorte que nous pouvons supposer les choses réduites au cas unique où l'on emploie l'oxyde. Or, si l'on mélange de l'oxyde de fer avec du charbon, qu'on enflamme celui-ci et qu'on chauffe le tout dans un courant d'air actif, le charbon brûlera en produisant des gaz, qui, en s'élevant au milieu de la masse, prendront à l'oxyde l'oxygène qu'il renferme et le transformeront en fer métallique.

Mais le minerai employé n'est jamais pur : il est toujours mélangé à une quantité plus ou moins grande de matières terreuses que l'on a extraites du sol en même temps que lui, que l'on désigne sous le nom de *gangue*, et qui ne sont jamais séparées complètement par les préparations mécaniques dont nous avons parlé. Il faut donc isoler cette gangue qui se trouve mélangée au fer et empêcherait les particules métalliques de se réunir. Voici comment on y arrive dans la méthode dite des *hauts fourneaux*. On ajoute au mélange de charbon et de minerai une substance capable de former avec la gangue un corps fusible appelé *laitier*, qui surnagera au-dessus de la masse métallique et que l'on en séparera facilement¹. Mais, pour fondre le laitier, il faut

1. Lorsque la gangue du minerai est argileuse, la substance ajoutée est du calcaire et s'appelle *castine*; quand au contraire la gangue est calcaire, la substance ajoutée est de nature argileuse et s'appelle *erbue*.

arriver à une température très élevée, à laquelle le fer se combine lui-même avec une partie du charbon et forme avec lui le corps que l'on désigne sous le nom de *fonte*. Aussi la fonte, dans la méthode des hauts fourneaux, peut-elle être considérée comme un intermédiaire entre le minerai et le fer. Cette fonte, après sa fabrication, sera traitée à nouveau dans des fourneaux spéciaux où elle sera fondue, et, pendant qu'elle sera liquide, on fera passer à sa surface un courant d'air actif qui brûlera le charbon qu'elle renferme et la transformera en fer. Cette seconde opération est appelée *affinage de la fonte*.

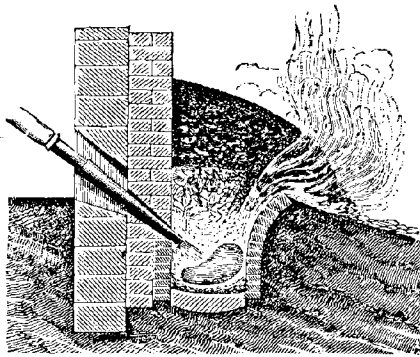


Fig. 53. — Feu catalan.

Dans les Pyrénées on suit une autre méthode, que l'on appelle *méthode catalane*, et qui permet de fabriquer le fer en une seule opération sans faire de fonte. On chauffe dans une forge un mélange de minerai et de charbon de bois, dans lequel on fait passer le courant d'air lancé par une machine soufflante (fig. 53). Cette méthode ne peut être employée que dans le cas où l'on a des minerais très riches, parce qu'alors, au lieu d'introduire une substance destinée à fondre la

gangue, on sacrifie à cet effet une partie de l'oxyde de fer lui-même. Mais le laitier fait avec la gangue et l'oxyde de fer étant beaucoup plus fusible que celui des hauts fourneaux, on n'est pas obligé d'élever autant la température, et le fer ne passe pas à l'état de fonte. On obtient ainsi une masse que l'on peut comparer à une éponge en fer ramolli et enfermant dans ses pores le laitier fondu; en battant ensuite cette éponge à l'aide de puissantes machines, on en exprime le laitier et l'on agglomère le fer. La méthode catalane donne un métal d'excellente qualité, mais elle est peu employée : la Corse et les départements de l'Ariège, des Pyrénées (Basses, Hautes et Orientales), sont les seuls où elle soit mise en pratique; la production des hauts fourneaux est plus de dix fois plus considérable que celle de la méthode catalane. Nous ne décrivons avec détails que la méthode des hauts fourneaux.

FABRICATION DE LA FONTE DANS LES HAUTS FOURNEAUX

On ne possède que des renseignements assez incertains sur l'origine de la méthode des hauts fourneaux. On croit qu'elle prit naissance en France ou en Allemagne à la fin du *xiv^e* siècle; on sait en tout cas, d'une manière

certaine, qu'un haut fourneau fonctionnait en 1409 à Riebach (Haut-Rhin), à Audincourt (Doubs) en 1440. L'Angleterre n'adopta cette méthode qu'en 1555, mais surpassa bientôt les autres nations par les développements qu'elle lui donna et les progrès qu'elle lui fit faire.

On appelle *haut fourneau* le fourneau dans lequel se fait la transformation du minerai en fonte. Il offre l'apparence (fig. 54) d'une tour ronde ou carrée d'une hauteur de 15 à 18 mètres. Cette tour, formée de trois enveloppes concentriques, dont l'intervalle est d'environ 10 centimètres, est garnie à son intérieur de briques réfractaires de qualité excellente. La cavité intérieure du haut fourneau a la forme de deux troncs de cône réunis par leur grande base. Le tronc de cône supérieur est appelé *cuve*. L'ouverture supérieure G de la cuve porte le nom de *gueulard*; elle est surmontée d'une cheminée, nommée *gueule*, percée de plusieurs portes servant au chargement du combustible et du minerai. Le tronc de cône inférieur s'appelle *étalage* et se continue par un espace prismatique O nommé *ouvrage*, à la partie inférieure duquel aboutissent des tuyères T qui lancent dans le haut fourneau un courant d'air actif. Au-dessous de l'ouvrage est le creuset H qui recevra la fonte liquide : l'une des parties du creuset est formée par une pièce A appelée *dame*, qui se termine au dehors par un plan incliné AC.

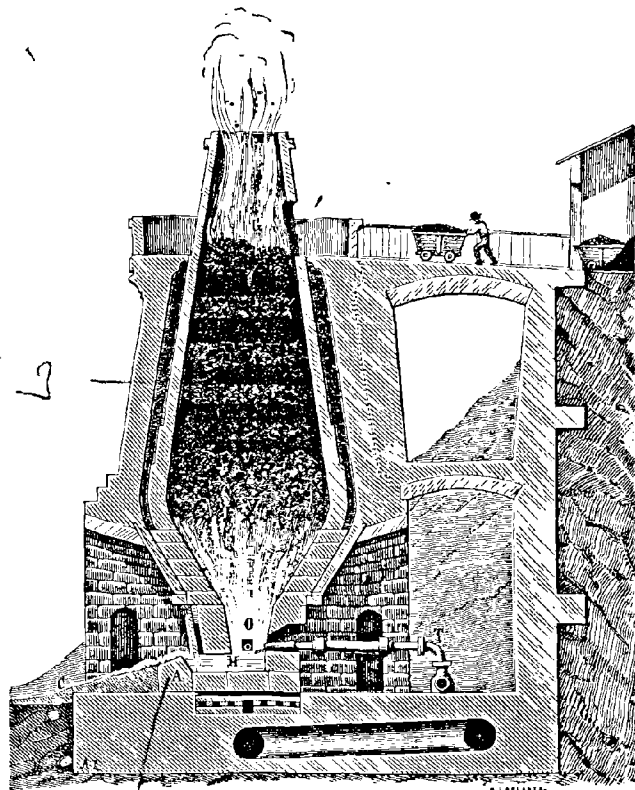


Fig. 54. — Haut fourneau.

Lorsque le haut fourneau n'a pas encore servi, on commence par le sécher parfaitement au dedans, en faisant pendant quinze ou vingt jours un feu assez vif à la partie inférieure. Lorsqu'on juge que la maçonnerie est suffisamment sèche, on emplit le fourneau jusqu'à 4 ou 5 mètres au-dessous du gueulard avec du coke, au-dessus avec des charges de minerai et de combustible; puis on met le feu à la masse par la partie inférieure, où se trouvent de la paille et des fascines. Au bout de quelques jours, on commence à voir la fonte en fusion tomber en gouttelettes dans le creuset; il est temps alors de poser les tuyères et de faire arriver le *vent*. Ce vent est de l'air chassé avec

une grande force par de puissantes machines soufflantes, qui dans certaines usines, au Creusot par exemple, atteignent des proportions colossales; il augmente l'activité de la combustion et élève par conséquent la température. Le minerai se dessèche et commence à se réduire dans la cuve, où il perd environ le tiers de l'oxygène qu'il renferme; il descend peu à peu, est remplacé par de nouvelles charges et arrive dans les étalages et dans l'ouvrage; c'est là qu'ont lieu surtout la décomposition du minerai et sa transformation en fer; mais c'est là aussi que le métal, se combinant avec le charbon, se change en fonte. La fonte liquide tombe dans le creuset, où arrive en même temps le laitier en fusion; celui-ci, en vertu de sa plus grande légèreté, flotte à la surface de la fonte et, lorsque son niveau a atteint le bord de la dame, s'écoule d'une manière continue sur le plan incliné AC dont nous avons parlé.

Dans certaines usines, le laitier tombe directement dans des wagons qui s'emplissent peu à peu et qui, une fois pleins, l'emportent au loin. Dans d'autres usines il s'écoule sur un lit de sable; des barres de fer tordues en crochets sont placées sur le chemin de la matière liquide, qui se solidifie autour d'elles; à ces crochets on fixe des chaînes, et au moyen d'un treuil on tire au dehors ces masses sans cesse renouvelées, que des wagons transportent sur les lieux où elles doivent servir à faire des remblais.

On est arrivé à faire, avec le laitier, des briques et des pavés d'un emploi avantageux.

La marche ou *allure* du haut fourneau est indiquée par l'aspect des laitiers. Ainsi, par exemple, s'ils coulent facilement, s'ils sont presque transparents ou d'un gris clair, l'allure est *bonne*. S'ils affectent une teinte bleue, jaune ou verte, ce qui indique qu'ils ont absorbé une certaine quantité d'oxyde de fer, on est averti que l'allure est *froide*, que la réduction du minerai est incomplète. Leur apparence la plus mauvaise est lorsqu'ils sont d'un brun foncé, presque noir, et qu'ils coulent en un jet large et boursoufflé; cela indique que la charge de combustible a été insuffisante pour produire la réduction complète du minerai.

Toutes les douze ou huit heures on procède à la coulée de la fonte. Pour cela, on enlève un tampon d'argile qui ferme une ouverture pratiquée au bas de la dame; la fonte s'élanche alors du creuset sous la forme d'un jet incandescent que l'on voit se diriger en serpentant dans les rigoles creusées au milieu du sable qui constitue le sol de l'usine au pied du haut fourneau. La fonte se refroidit peu à peu, et se présente, après la solidification, sous forme de lingots appelés *gueuses*. La coulée terminée, on rebouche le trou, et l'opération continue comme auparavant.

Après avoir exposé les principaux détails de la marche d'un haut fourneau, nous allons revenir sur quelques points essentiels que nous avons à dessein laissés de côté pour rendre l'exposition plus claire et plus rapide.

Le choix du combustible fixera d'abord notre attention; il est d'une très

grande importance dans la fabrication de la fonte et exerce une influence directe sur la qualité des produits.

Dans l'origine le charbon de bois était partout employé; sa pureté, comparée à celle des autres combustibles, l'énergie de ses affinités chimiques, et par suite la facilité avec laquelle il prend feu sont des qualités d'une grande valeur, quand on peut se le procurer en quantité considérable et à prix modéré; mais ces circonstances sont rares et son emploi devient de plus en plus restreint, quoique la fonte fabriquée avec le charbon de bois soit de qualité supérieure à celle que l'on obtient avec les autres combustibles.

Le coke est très employé dans la métallurgie du fer; il provient de la calcination de la houille en vase clos. Cette calcination a pour effet d'éliminer le soufre et les autres substances nuisibles aux qualités du métal.

Depuis que dans la plupart des usines on a substitué, comme nous le verrons, l'emploi de l'air chaud à celui de l'air froid, on ne regarde pas toujours comme nécessaire d'opérer à part la transformation de la houille en coke : on charge le haut fourneau avec de la houille, et, sous l'influence de l'élévation de température produite par l'emploi de l'air chaud, cette houille se transforme en coke dans la partie supérieure de l'appareil avant d'agir sur le minerai.

Le métallurgiste ne saurait apporter trop d'attention au choix des houilles; de leur qualité dépend celle des fontes et des fers fabriqués. Aussi, dans certaines usines, la houille est-elle concassée, lavée, triée avec soin et mélangée en proportions variables, suivant les provenances, avant d'être transformée en coke ou d'être livrée au fourneau. L'emploi de ce combustible devient chaque jour plus important. On le mélange quelquefois avec le charbon de bois. En 1889 la France a produit 1722480 tonnes de fer, ainsi réparties au point de vue du mode de chauffage : 1050401 tonnes de fonte au coke, 663056 tonnes de fonte au combustible mixte (coke et houille) et 9023 tonnes de fonte au charbon de bois.

L'ouverture supérieure du haut fourneau se trouvant en général à une assez grande hauteur au-dessus de sa base, on a dû se préoccuper de trouver des moyens commodes et économiques pour y transporter le combustible et le minerai.

Quand la situation de l'usine le permet, on adosse le haut fourneau à une colline au haut de laquelle arrivent le combustible et le minerai, qui se trouvent ainsi transportés au niveau du gueulard; quand cette disposition est impossible, on se sert d'appareils différents destinés à établir une communication entre le sol et le gueulard.

Le monte-charge appelé *balance d'eau* est souvent employé à cet effet. Il se compose de deux plateaux disposés de manière que, pendant que l'un monte, l'autre descende; l'un des plateaux reçoit les charges, l'autre est creux et présente l'aspect d'une caisse plus ou moins grande. Chacun d'eux est

attaché par une chaîne à un treuil commun, de telle sorte que, pendant que l'une des chaînes se déroule du treuil, l'autre s'y enroule. Supposons le plateau creux au haut de sa course. En y arrivant, il ouvre de lui-même un robinet qui laisse couler dans la caisse un courant d'eau. Dès que celle-ci en contient une quantité suffisante pour l'emporter sur le poids qu'il s'agit d'élever, elle commence à descendre en fermant d'abord elle-même, par un mécanisme très simple, le robinet d'alimentation. A mesure qu'elle descend, elle fait tourner le treuil auquel elle est attachée, et celui-ci élève l'autre plateau, sur lequel ont été disposés des wagonnets pleins de minerai ou de combustible. Parvenus à la partie supérieure, ces wagonnets sont vidés dans le gueulard et remis en place; mais, pendant ce temps, la caisse pleine d'eau en arrivant en bas est venue toucher un butoir qui a soulevé la soupape qu'elle porte à sa partie inférieure; elle se vide, et, devenue plus légère, elle remonte d'elle-même, tandis que l'autre plateau, plus lourd, redescend pour aller chercher de nouvelles charges.

Avant de quitter les hauts fourneaux, nous décrivons un dernier perfectionnement dont le traitement du fer a été l'objet. Pendant longtemps on a laissé perdre par la partie supérieure des hauts fourneaux les gaz provenant de la combustion du charbon et de la décomposition du minerai. Des expériences faites avec le plus grand soin ont conduit MM. Bunsen et Playfair à conclure qu'au haut fourneau d'Alfreton on perdait, sous forme de gaz, 81 pour 100 de matières combustibles encore utilisables, représentant par vingt-quatre heures 11 tonnes de charbon; que ces gaz, qui étaient inflammables, étaient capables en brûlant de produire une température assez élevée pour fondre le fer. Depuis cette époque, la plupart des métallurgistes ont soin de les recueillir et de les employer à chauffer soit des chaudières à vapeur, soit l'air injecté par les tuyères.

Aujourd'hui on se sert généralement d'appareils destinés à chauffer l'air des tuyères et appelés *récupérateurs Whitwell*.

La figure 55 représente la disposition adoptée dans un grand nombre d'usines. Le haut fourneau, construit en briques, est entouré d'une enveloppe de tôle; le gueulard peut être fermé par un couvercle que l'on soulève au moment de l'introduction du minerai et du combustible. A sa partie inférieure, il est enveloppé par une couronne creuse *ccc''* présentant quatre tubulures sur lesquelles s'ajustent les tuyères qui porteront l'air au haut fourneau. La couronne reçoit l'air lancé par des machines soufflantes. De part et d'autre du haut fourneau sont des cylindres R et R' appelés *récupérateurs Whitwell*. Ils sont en briques et recouverts d'un revêtement en tôle; leur diamètre est de 6 mètres, leur hauteur de 18 mètres. A leur intérieur sont disposées des cloisons verticales parallèles présentant alternativement des ouvertures à leurs parties supérieure et inférieure; ces ouvertures font communiquer les espaces compris entre les cloisons soit par le bas, soit par le haut, de sorte que

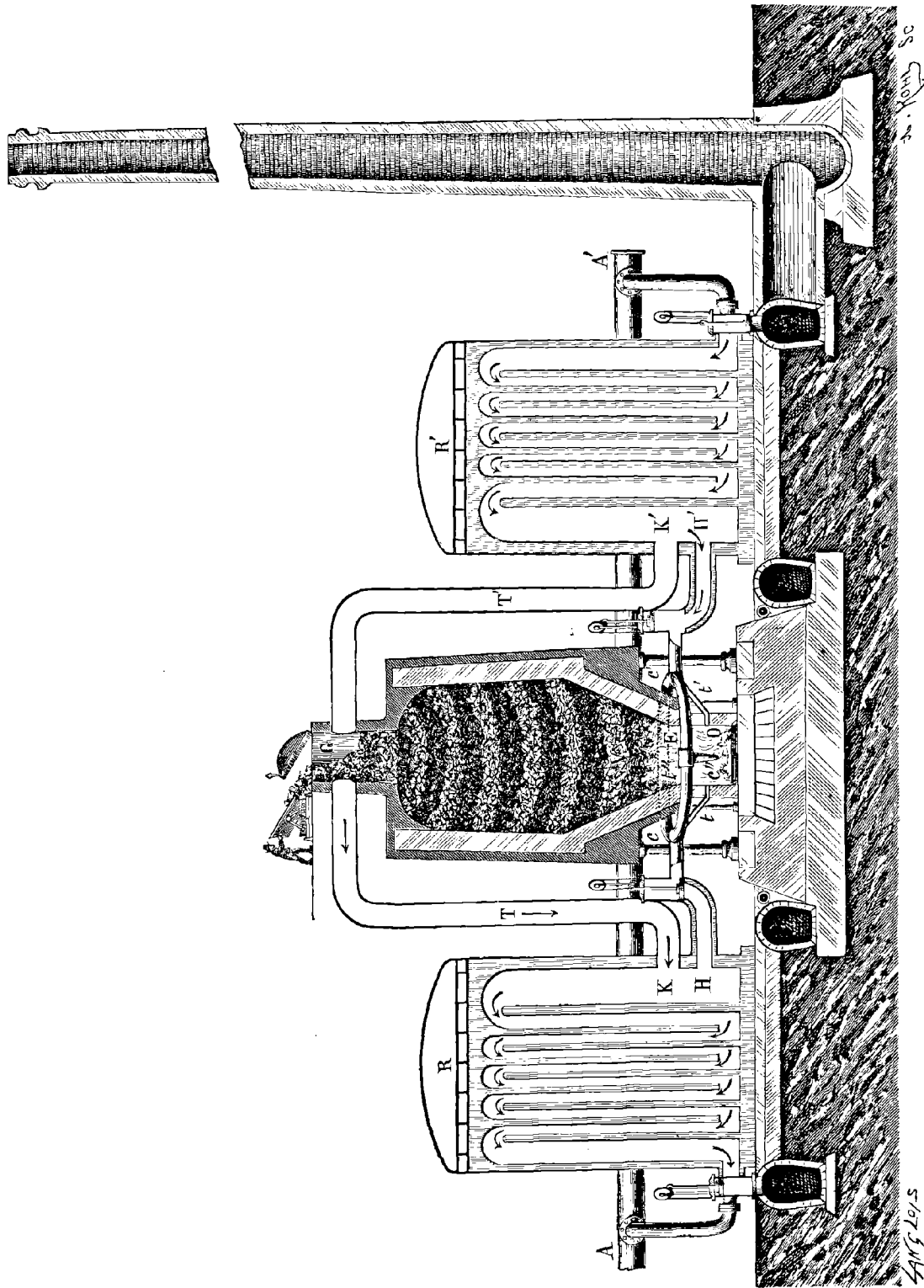


Fig. 55. — Haut fourneau avec récupérateurs Whitwell.

les gaz que l'on y fera passer y circulent en serpentant comme l'indiquent les flèches, et restent le plus longtemps possible en contact avec les cloisons. Supposons qu'à un moment donné on mette le récupérateur R en communication avec le gueulard d'une part, avec une cheminée d'appel d'autre part, les gaz du haut fourneau vont être appelés par le tirage dans le récupérateur. Si on les mélange à l'entrée avec une certaine quantité d'air, ils s'enflamment, brûlent dans le récupérateur et portent les cloisons à une température élevée (750° environ). Ajoutons que les gaz du haut fourneau ont passé dans un laveur, où ils ont déposé une grande partie de leurs poussières. Au bout de deux heures environ, le récupérateur R est assez chaud : on ferme sa communication avec le haut fourneau et on le met en communication avec les machines soufflantes; elles y lancent un courant d'air froid,

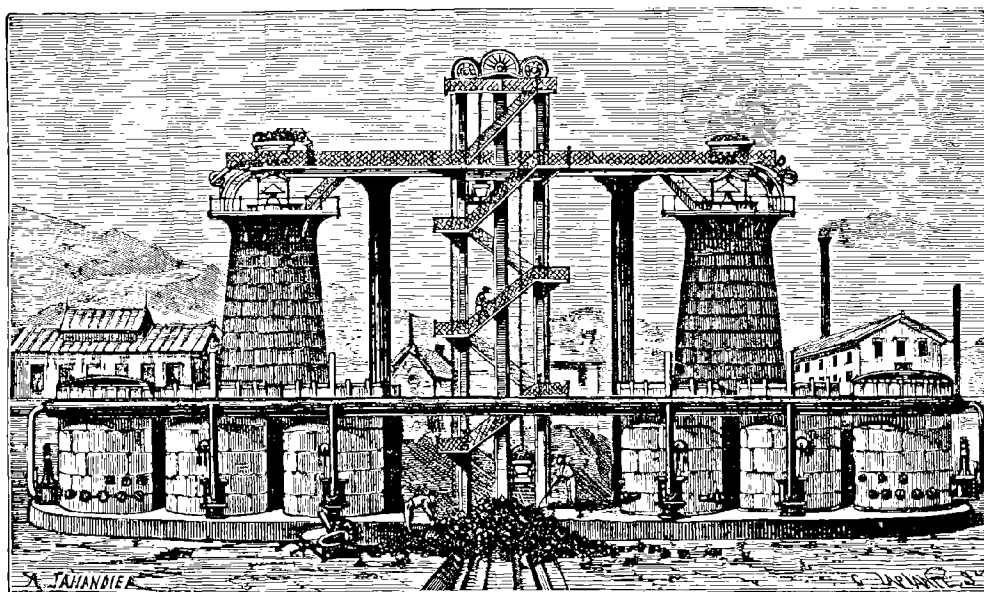


Fig. 56. — Hauts fourneaux des forges de Denain-Anzin.

qui s'échauffe au contact des cloisons et se rend aux tuyères. Le récupérateur R' fonctionne de la même manière : pendant que R reçoit les gaz du gueulard, R' reçoit de l'air froid qui s'échauffe au contact des cloisons et va dans les tuyères : c'est ce que représente la figure. Réciproquement, pendant que R reçoit de l'air froid, R' reçoit les gaz du gueulard. Les deux récupérateurs fonctionnent donc alternativement pour s'échauffer et échauffer l'air.

Les fontes produites par les hauts fourneaux sont des combinaisons de charbon et de fer formées d'environ 95 pour 100 de fer, de 2 à 5 pour 100 de charbon. Elles contiennent des proportions variables de silicium, de phosphore, de soufre et d'arsenic. On divise les fontes en *fontes grises*, *fontes blanches* et *fontes intermédiaires*.

1° Dans les fontes *grises* la proportion de charbon combinée au fer est relativement faible et une notable quantité de charbon est intercalée sous forme de paillettes de graphite dans les interstices des cristaux plus ou moins gros qui constituent la masse métallique; leur cassure varie du noir brillant, à grandes paillettes, à un grain gris, serré et uniforme, qui représente pour les fontes le maximum de résistance. Elles renferment une proportion de silicium variant de 2 à 5 pour 100. La fonte grise soumise à l'action d'un acide qui dissout le fer laisse un résidu de graphite ferrugineux noir.

2° Les fontes *blanches* ne contiennent que peu et même point de silicium (1 pour 100 au plus), pas de graphite : tout le carbone qu'elles renferment s'y trouve combiné au fer ou dissous dans la masse entière. Leur cassure est blanche, leur texture dépend de la proportion de carbone : quand cette proportion est faible, la texture est massive, sans fibres, ni grains apparents; quand elle est plus forte et approche de 4 à 5 pour 100, la texture devient fibreuse ou rayonnée. Traitées par un acide, les fontes blanches ne laissent pas de résidu charbonneux : le carbone combiné passe à l'état de carbure d'odeur fétide.

3° Les fontes *intermédiaires* sont des fontes qui sont tantôt *truitées* et présentent des taches grises sur fond blanc, ou des taches blanches sur fond gris, tantôt *rubanées*, c'est-à-dire présentant des couches grises et blanches nettement séparées.

L'obtention de ces diverses espèces de fontes dépend des circonstances dans lesquelles on opère, de la température et de la composition des charges introduites dans le haut fourneau. A température très élevée on obtient des fontes grises renfermant beaucoup de silicium provenant de la silice du laitier réduite par la fonte. A température plus basse on obtient de la fonte blanche qui contient beaucoup moins de silicium. Une surcharge en minerai, toutes choses égales d'ailleurs, donnera une fonte blanche, et une surcharge en coke produira de la fonte grise.

La fonte est employée soit à la fabrication du fer par affinage, soit au moulage d'un grand nombre d'objets servant à l'industrie et à l'économie domestique. Nous nous occuperons d'abord du premier usage.

TRANSFORMATION DE LA FONTE EN FER OU AFFINAGE

Pour transformer la fonte en fer, il faut l'*affiner*, c'est-à-dire lui enlever le charbon qu'elle contient ainsi que les autres matières étrangères, telles que le silicium, le soufre et le phosphore. Ces trois substances ont des origines différentes. Le silicium et le phosphore proviennent de la gangue qui se trou-

vaît mélangée aux minerais. Quant au soufre, il provient ordinairement de la houille ou du coke : s'il en existait dans les minerais, on devrait s'en débarrasser par un grillage préalable qui transformerait le soufre en gaz sulfureux. Ces trois substances nuisent à la qualité du fer, diminuent sa résistance et le rendent cassant; le charbon de bois ne pouvant introduire de soufre dans la fonte, il en résulte que les fers au bois sont meilleurs que les fers à la houille.

Le principe de l'affinage de la fonte est de la soumettre, pendant qu'on la maintient en fusion, à un courant d'air actif qui brûle les matières étrangères dont nous venons de parler : le charbon et le silicium sont faciles à enlever, le premier se transformant en gaz acide carbonique qui se dégage, le second en acide silicique qui s'unit à une certaine quantité d'oxyde de fer

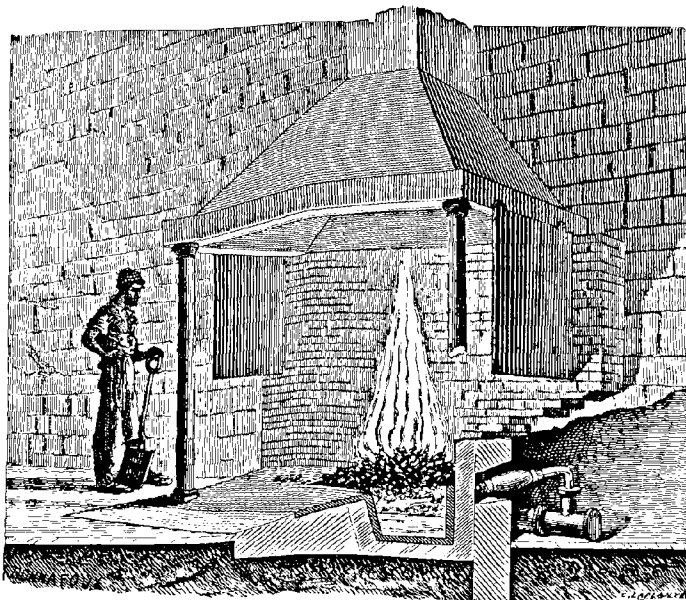


Fig. 57. — Affinage au petit foyer.

pour donner un silicate fusible, éliminé sous forme de *scorie* ou *laitier*. Quant au soufre et au phosphore, il est très difficile de les séparer : aussi les fontes qui en contiennent ne donnent-elles que des fers de qualité inférieure.

On affine la fonte de deux manières, soit au charbon de bois, soit à la houille.

L'affinage de la fonte par le charbon de bois a lieu dans un petit foyer quadrangulaire formé par des plaques de fer recouvertes d'argile, dans lequel le vent est amené par une tuyère légèrement inclinée (fig. 57). Le foyer étant rempli de charbon allumé, on place au-dessus du combustible la quantité de fonte qui doit être affinée. Elle entre en fusion et tombe en gouttelettes liquides, qui passent devant les tuyères et subissent l'action oxydante de l'air lancé par ces appareils; la silice provenant de l'oxydation

du silicium se combine avec une partie du fer et donne des scories fusibles, que l'on enlève de temps à autre. Au bout d'un certain temps, la fonte liquide a pris plus de consistance, ce qui indique un commencement d'affinage. L'ouvrier la soulève alors avec une barre de fer, nommée *ringard*, et la ramène au-dessus du combustible. C'est ce qu'on appelle *avaler la loupe*. On ajoute du charbon et l'on augmente la force du vent. Sous l'influence de cette action oxydante plus énergique, la fonte se transforme en fer.

Lorsque l'affinage est terminé, que le fer a *pris nature*, l'ouvrier retire la masse métallique du four, la bat avec son *ringard* et la livre à d'autres hommes qui la traînent encore incandescente sous une enclume, où elle reçoit les coups redoublés d'un marteau pesant de 300 à 600 kilogrammes et dont la tête est en fer aciéré (fig. 58); le marteau est soulevé par les saillies ou *comes* d'une roue mue mécaniquement, puis il retombe de tout son poids lorsque, dans la rotation, la came l'abandonne. Pendant que le mar-

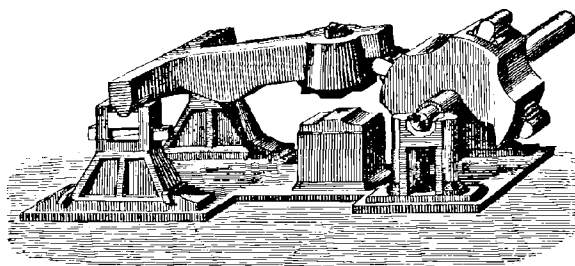


Fig. 58. — Marteau.

teau fonctionne, l'ouvrier retourne la loupe en tous sens pour qu'elle soit battue de tous les côtés. Sous l'influence de ces coups redoublés, les scories interposées dans le métal et encore liquides sont projetées au loin, et les parties métalliques se soudent ensemble. Cette opération porte le nom de *cinglage de la loupe*. Elle donne des barres de fer prismatiques que l'on coupe en morceaux plus petits appelés *lopins*. Chacun d'eux, après avoir été réchauffé au foyer, est forgé à nouveau avec un marteau plus petit appelé *martinet*, puis il est étiré en barres à l'aide de laminoirs que nous décrirons plus loin.

Ce procédé donne du fer de bonne qualité, que l'on appelle *fer au bois*. Mais chaque jour son importance diminue, par suite de la nécessité de produire des fers à bon marché, et on ne l'applique plus que dans les cas spéciaux. La production du fer au bois, tant par la méthode catalane, dont nous avons dit quelques mots, que par l'affinage au bois, a diminué, depuis 1864 jusqu'en 1889, de 58 476 à 9 912 tonnes. Le département du Doubs entre dans ce dernier nombre pour 2 303 tonnes, celui des Landes pour 2 181, la Côte-d'Or pour 1 131, la Savoie pour 1 010.

Pendant que l'affinage au bois diminue chaque jour d'importance, l'affinage à la houille se répand de plus en plus; ce procédé, qui est anglais, est appelé *puddlage* (du mot anglais *puddle* qui veut dire *brasser*). La théorie de l'opération est la même que pour l'affinage au bois : on oxyde les matières étrangères et l'on forme des scories avec le fer oxydé et la silice qui provient de

l'oxydation du silicium; mais le combustible et le four ne sont plus les mêmes. Les figures 59 et 60 représentent un four à puddler, la première en coupe verticale, la seconde en perspective. La houille est brûlée dans le foyer latéral, et la flamme qui s'en échappe passe dans le compartiment voisin, appelé *réverbère*, et le porte à une haute température.

La fonte est jetée en morceaux sur le fond de la sole D du réverbère; elle y entre en fusion, et, sous l'influence du courant d'air déterminé par la cheminée C, l'affinage se produit. Pendant cette fusion, l'ouvrier doit continuellement renouveler les surfaces de la masse métallique; aussi brasse-t-il le mélange avec un ringard qu'il passe par la porte, mais en l'ouvrant le moins possible (fig. 60), de peur qu'une trop grande quantité d'air ne pénètre dans le foyer et n'y détermine une trop forte oxydation du fer. Ce travail est très pénible et demande beaucoup d'habileté de la part de l'ouvrier, qui doit, à l'aspect de la masse métallique, juger du point où est arrivée l'opération.

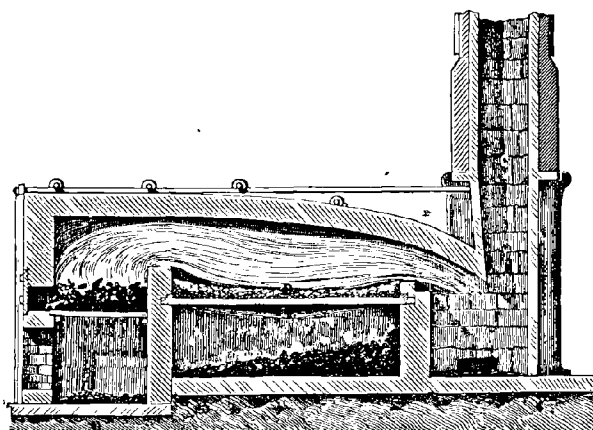


Fig. 59. — Puddlage de la fonte.

On a cherché à diminuer le rôle de l'ouvrier dans le puddlage et à faire mécaniquement le brassage des matières. MM. Duméril et Lemut ont inventé un système que nous avons vu employer dans quelques usines de l'est de la France. Il se compose de plusieurs leviers qui, mus par la vapeur, impriment au ringard des mouvements analogues à celui du brassage à la main et lui font parcourir successivement toutes les parties de la sole.

Lorsque l'ouvrier pense que l'affinage est suffisamment avancé, il fait écouler une partie des scories et rassemble avec son ringard les parties de fer affiné, qu'il soude entre elles en les comprimant. Il forme ainsi un noyau qu'il roule sur la sole du four pour augmenter son volume par la réunion de fragments de fer incandescent qui s'attachent à lui. Quand la boule ou *loupe* a acquis un volume suffisant, il la sort du four et la fait tomber sur de petits chariots, représentés par les figures 61 et 62. Un autre ouvrier entraîne immédiatement le chariot et porte la loupe au cinglage.

Le cinglage peut se faire avec le petit marteau que nous avons décrit à propos de l'affinage au bois; mais on se sert plus souvent d'un instrument appelé *marteau-pilon*, dont nous allons dire quelques mots.

Ce puissant appareil de percussion, qui est très employé maintenant dans les forges et dans les ateliers de construction, est représenté par la figure 63. Il se compose d'une masse en fonte dont le poids peut aller jusqu'à 100 tonnes,

et qui peut glisser entre des colonnes verticales. A sa partie supérieure est

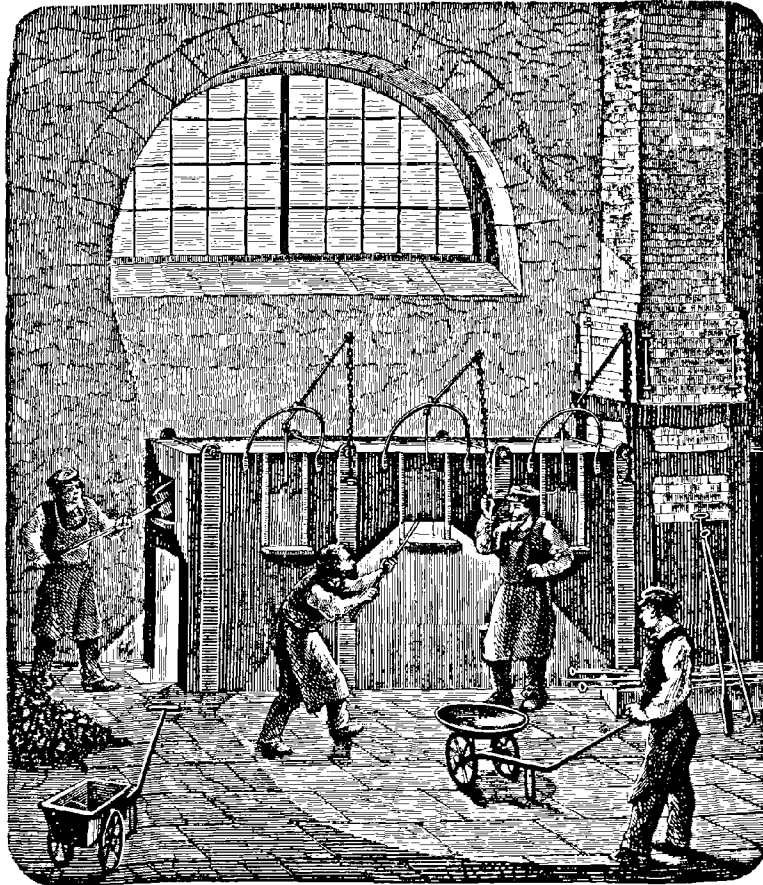


Fig. 60. — Four à puddler

adaptée une tige de fer qui est en même temps la tige du piston d'une petite

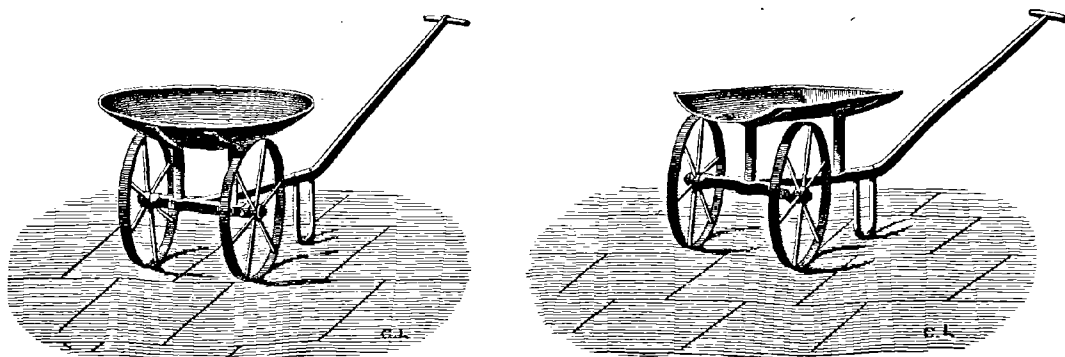


Fig. 61 et 62. — Chariots pour porter la loupe.

machine à vapeur superposée au bâti de l'appareil. Un levier, manœuvré par

un ouvrier spécial, permet de faire entrer la vapeur sous le piston. Par sa force élastique elle soulève le marteau, et lorsqu'il est arrivé au haut de sa course, l'ouvrier, agissant une seconde fois sur le levier, met la partie inférieure du cylindre en communication avec l'air extérieur. La vapeur s'échappe au dehors et le marteau retombe de tout son poids sur l'enclume où l'on place la loupe à cingler.

Le marteau-pilon constitue un outil remarquable par sa puissance, par la rapidité de son action et par la facilité avec laquelle on le gouverne. L'ouvrier

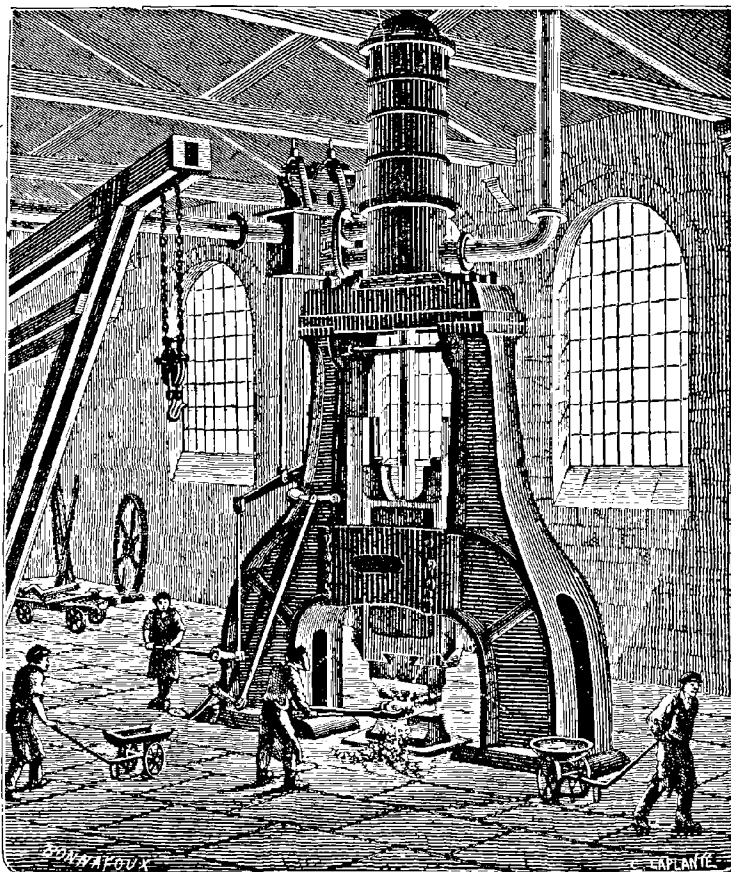


Fig. 63. — Marteau-pilon.

qui manœuvre le levier peut, en réglant la sortie de la vapeur, faire descendre le marteau avec la rapidité ou la lenteur nécessaire. Pour donner une idée de la sensibilité de cet appareil, nous dirons qu'il peut boucher, sans la briser, une bouteille de verre posée sur l'enclume.

L'ouvrier cingleur placé près du marteau-pilon saisit avec de fortes pinces la loupe apportée du four, la met sur l'enclume et la retourne en tous sens pendant que le marteau la frappe à coups redoublés. Le cingleur, pour se garantir des éclaboussures du laitier incandescent, porte une véritable armure :

il est muni de grandes bottes, de brassards de tôle, d'un masque de toile métallique et d'un épais tablier de cuir.

Rien n'est plus saisissant que l'aspect d'une forge importante, où l'on voit en circulation les chariots portant les loupes incandescentes : le feu jaillit de toutes parts; de robustes ouvriers, aux épaules athlétiques, manient avec aisance les masses de fer qu'ils façonnent peu à peu sous les coups répétés du marteau-pilon.

Après le cinglage, la loupe est immédiatement portée au laminoir, qui doit la transformer en barres. Le laminoir se compose d'une ou plusieurs paires

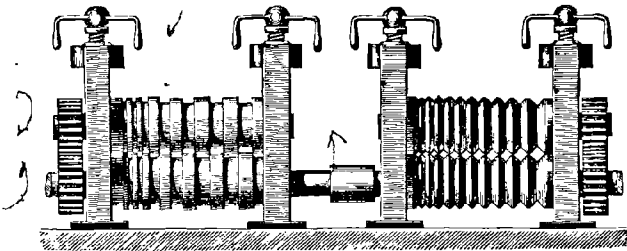


Fig. 64. — Laminoir.

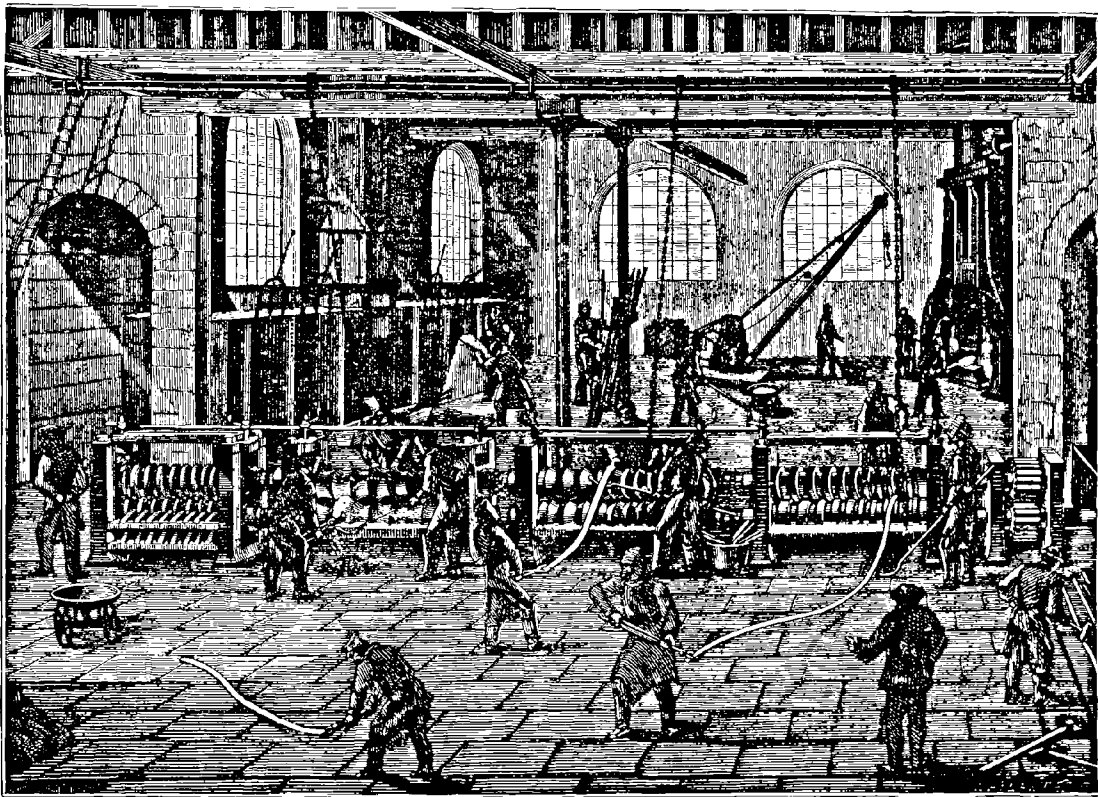


Fig. 65. — Intérieur d'usine. — Laminaires.

de cylindres (fig. 64) tournant au moyen d'engrenages à vapeur. Chaque train de laminoir comprend deux équipages, formés chacun par deux cylindres superposés, qui tournent en sens inverse et présentent à leur surface des cannelures de formes diverses. Le premier équipage, dit *dégrossisseur* et que l'on voit à

droite de la figure, est muni de cannelures à section ogivale dont les dimensions vont en diminuant progressivement; le second, ou *finisseur*, se compose aussi de deux cylindres : le cylindre inférieur porte des cannelures rectangulaires dans lesquelles pénètrent les saillies de même forme que l'on voit à la surface du cylindre supérieur. Les laminoirs sont faits avec des fontes d'excellente qualité et leur fabrication exige beaucoup de soin.

Lorsque la loupe déjà façonnée arrive au laminoir, l'ouvrier la saisit à l'aide de fortes pinces et présente une de ses extrémités à la cannelure la plus grosse de l'équipage dégrossisseur : les deux cylindres, en tournant, l'entraînent dans leur mouvement de rotation et la forcent à s'aplatir et à s'allonger, en même temps qu'elle prend la forme de la cannelure dans laquelle elle passe. Un ouvrier, placé de l'autre côté de l'appareil, saisit avec des pinces la barre ainsi formée, et, la sou-

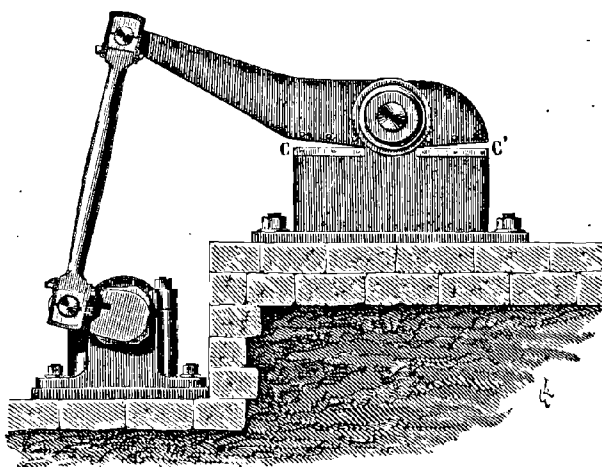


Fig. 66. — Cisaille.

levant par-dessus le laminoir, la repasse au premier ouvrier qui la présente à la seconde cannelure, et ainsi de suite. Lorsque la barre a passé dans toutes les cannelures ogivales, on la livre à l'équipage finisseur, qui la réduit en lames plates à section rectangulaire. On comprend qu'en écartant plus ou moins le cylindre supérieur du cylindre inférieur à l'aide de vis de commande, on augmentera ou l'on diminuera l'intervalle existant entre le fond des cannelures et la surface des saillies; par suite,

la barre qui passera dans ces intervalles sera plus ou moins épaisse.

La figure 65 représente l'intérieur d'une usine dans laquelle s'effectue le travail que nous venons de décrire.

Le fer que l'on obtient ainsi n'est pas du fer *marchand*, c'est encore du fer dont les parties sont mal soudées; il présente des défauts appelés *pailles*; en un mot, sa qualité médiocre ne le rend propre qu'à un petit nombre d'usages. Avant de pouvoir être employé dans l'industrie, il doit être soumis à une opération qu'on appelle *corroyage*. Pour cela, les barres de fer sont découpées en morceaux à l'aide de puissantes cisailles C, C' mues par la vapeur (fig. 66). En superposant ces morceaux et en les liant avec du fil de fer, on en fait des paquets, que l'on réchauffe dans un four à réverbère, appelé *four à souder*, qui diffère peu du four à puddler. Quand les paquets sont à la température du *blanc soudant*, c'est-à-dire à une température à laquelle les morceaux de fer ramollis pourront se souder entre eux par la pression, on les retire du four et on les fait passer dans des laminoirs exécutés avec plus de soin que ceux qui travaillent le fer

brut. Sous l'influence de la pression, les différentes pièces se soudent et l'on obtient des barres d'un fer très homogène et ne présentant plus les défauts du fer brut.

TÔLE

La tôle est du fer réduit en feuilles. On la fabrique généralement avec des barres plates de fer corroyé, découpées en morceaux appelés *bidons*. On les chauffe d'abord dans des fours et on les soumet ensuite à l'action de laminoirs dont les cylindres sont à surface unie et dont on diminue progressivement l'écartement, de manière à forcer le fer à s'étaler en lames de plus en plus minces. Après plusieurs passages, le métal s'est refroidi et doit être réchauffé : on met pour cela les plaques dans des *fours dormants*, ainsi nommés parce qu'ils sont presque sans tirage, l'introduction d'une trop grande quantité d'air pouvant avoir pour résultat d'oxyder les surfaces, de brûler et même de trouser les tôles. Les plaques réchauffées sont soumises de nouveau à l'action de laminoirs dont la surface est plus dure et plus finie que celle des précédents. Quand elles sont amenées aux dimensions voulues, les bords sont irréguliers et déchirés en festons : on dit alors qu'ils sont *criqués*; pour les rendre bien nets, on les rogne à la cisaille. Les tôles ainsi fabriquées sont appelées *tôles sur bidons*.

Lorsqu'on veut avoir des produits d'un prix moins élevé, on fait des tôles *directes*. Cette fabrication consiste à passer les paquets de fer brut dans le laminoir à cannelures plates, à découper les barres encore chaudes qui en sortent et à les livrer ensuite au laminoir à tôle. On évite ainsi le chauffage des bidons et par conséquent le déchet de fer et la consommation du combustible.

Quand on veut donner à la tôle de l'élasticité et en diminuer la dureté, on la *recuit*, c'est-à-dire qu'on la chauffe dans de grandes caisses de fer, hermétiquement fermées, d'où on ne la retire qu'après un refroidissement lent et complet.

La France a produit, en 1889, 793 558 tonnes de fer; dans ce total la production des tôles figure pour 117 741 tonnes et celle des rails pour 550 tonnes. Le fer puddlé a atteint un poids de 628 746 tonnes, le fer affiné au bois 9 912 tonnes, et le fer provenant de vieux fers réchauffés et de riblons 154 700 tonnes.

ACIER

On appelle *acier* une combinaison de fer et de carbone, moins riche en carbone que la fonte et capable d'acquies par la *trempe*, c'est-à-dire par immersion du métal chaud dans l'eau ou dans l'huile, des propriétés précieuses. Après la trempe l'acier a acquis une dureté extrême qui le rend propre à la confection des outils, une élasticité qui le fait employer à la fabrication des ressorts de toute espèce.

Pendant longtemps on n'a su fabriquer que des aciers renfermant 2 pour 100 de carbone, mais les procédés métallurgiques ont subi depuis trente ans et surtout depuis une quinzaine d'années des perfectionnements considérables, qui ont eu pour effet de diminuer la proportion de carbone et de donner un métal capable d'être *fondue et coulé en grandes masses*. Ce métal a pris une très large place dans l'industrie et sert maintenant à la confection des rails de chemins de fer, des chaudières à vapeur, des machines, etc.

Le carbone donne aux aciers de la rigidité et de l'élasticité : il les rend capables de supporter une plus forte charge à la traction sans se déformer d'une manière durable. Indépendamment du carbone, les aciers renferment aussi du manganèse, du chrome, du silicium, du soufre et du phosphore, dont les proportions font varier les qualités du métal. La fabrication des métaux intermédiaires entre le fer proprement dit et l'acier proprement dit, la décroissance très graduée de leurs propriétés de l'un à l'autre, avait amené dans le langage une véritable confusion, que les décisions du Congrès international de Philadelphie ont fait cesser.

On appelle maintenant *fer soudé* (*weld-iron* en anglais, *Schweiss-Eissen* en allemand) l'ancien fer doux, c'est-à-dire tout métal ferreux, malléable, obtenu par la réunion de masses pâteuses au moyen de tout autre procédé que la fusion et ne durcissant point par la trempe.

On appelle *acier soudé* (*weld-steel*, ou *Schweiss-Stahl*) tout corps analogue durcissant par la trempe et obtenu sans fusion, c'est le métal autrefois désigné sous les noms d'*acier naturel*, d'*acier de forge* ou *acier puddlé*.

On donne le nom de *fer fondu* (*ingot-iron* ou *Fluss-Eissen*) à tout métal ferreux ne durcissant point par la trempe et obtenu sans fusion.

Enfin tout corps analogue obtenu par fusion et durcissant par la trempe sera appelé *acier fondu* (*ingot-steel* ou *Fluss-Stahl*).

Les procédés de fabrication de l'acier se divisent en deux groupes : 1° ceux dans lesquels on décarbure partiellement la fonte; tels sont le procédé Siemens-Martin et ceux par lesquels on obtenait autrefois l'acier naturel, ou acier

d'alliage, et l'acier puddlé; 2° ceux dans lesquels on carbure le fer, telles sont la fabrication de l'acier de cémentation et celle de l'acier Bessemer. Dans ce dernier procédé on carbure du fer provenant de la fonte décarburée dans l'opération. Dans la grande industrie on obtient actuellement l'acier par le procédé Siemens-Martin et par le procédé Bessemer.

Dans le procédé Siemens-Martin on décarbure partiellement la fonte soit par du fer et de la ferraille, qui s'emparent d'une partie du carbone de la fonte employée, soit par du minerai (oxyde de fer) dont l'oxygène brûle une partie du carbone de la fonte, soit par un mélange de fer et de minerai. On se sert pour cela de fours à réverbère analogues à ceux que nous avons

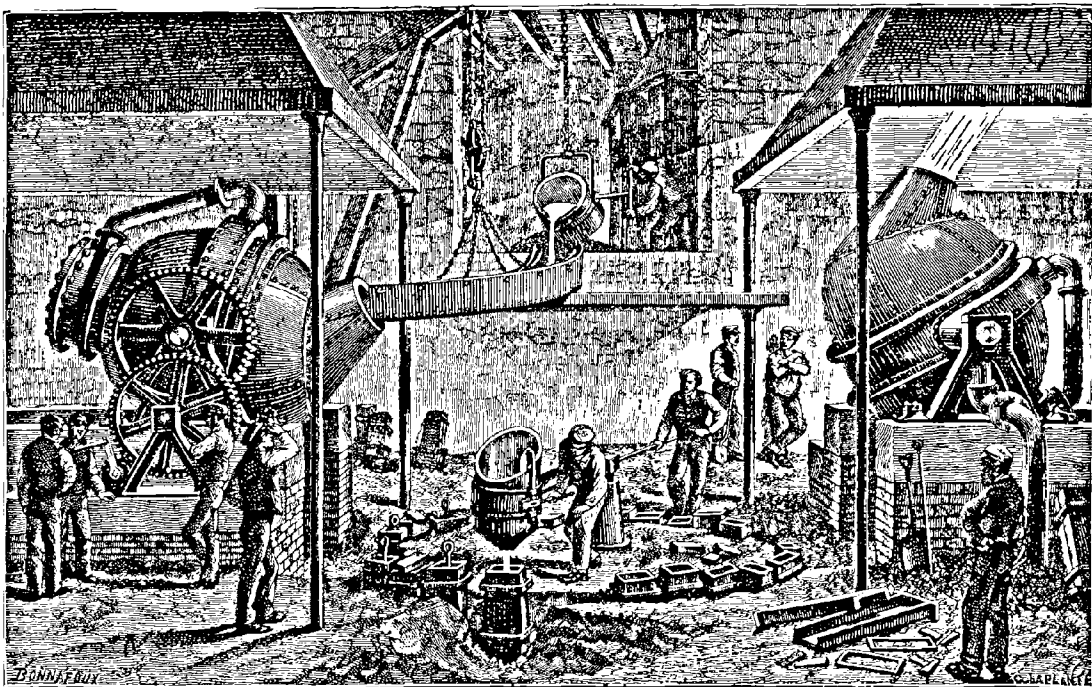


Fig. 67. — Fabrication de l'acier Bessemer.

vu employer pour le puddlage du fer et sur la sole desquels on jette la matière à traiter. Ces fours sont chauffés par la combustion de gaz produits dans des appareils spéciaux appelés *gazogènes*, dans lesquels on distille de la houille, tout en lui faisant subir une combustion incomplète. On chauffe ces gaz dans des appareils analogues aux récupérateurs Whitwell, que nous avons décrits à propos du fer; on les mélange à l'air et on les envoie brûler dans les fours, qu'ils portent à une température élevée ainsi que le mélange étalé sur la sole du four. Ce mélange fond, se décarbure, et quand il est arrivé au point voulu, on le coule par des procédés semblables à ceux que nous allons décrire à propos du procédé Bessemer.

C'est en 1856 que sir Henry Bessemer fit devant l'Association britannique,

réunie à Chaltenham, une conférence restée célèbre *sur la fabrication du fer et de l'acier sans combustible*. Il eut ensuite à lutter pendant longtemps pour convertir les métallurgistes à ses idées, qui depuis 1867 sont définitivement entrées dans la pratique.

La fabrication de l'acier Bessemer est encore un de ces spectacles importants dont l'industrie du fer nous a déjà donné quelques exemples. Elle se pratique dans de grandes cornues ou *convertisseurs* en terre réfractaire, recouvertes d'une tôle épaisse et fortement boulonnée. La cornue (fig. 67 et 68) peut pivoter autour de deux tourillons horizontaux, de manière à prendre différentes positions. Lorsque l'appareil est vertical, il présente le bec sous une hotte de tôle surmontée d'une cheminée. Le vent d'une machine soufflante arrive à l'appareil par un tuyau F (fig. 68), se répand dans l'espace D, de là, par le tuyau C, passe dans une boîte B; au-dessus de cette boîte se trouve un bouchon mobile *xx*, dans lequel sont des canaux en terre réfractaire, par lesquels l'air entre dans le convertisseur.

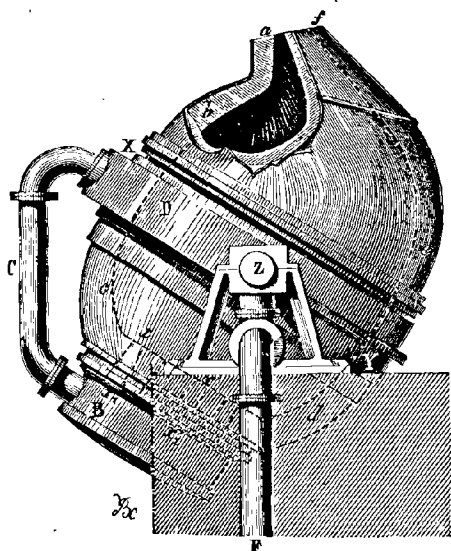


Fig. 68. — Convertisseur Bessemer.

La fonte destinée à l'affinage est fondue dans des fourneaux ou *cubilots*, situés à un niveau supérieur à celui du convertisseur, ou bien elle arrive directement du haut fourneau. On commence par faire brûler du coke dans le convertisseur pour le porter à une haute température. Quand il est assez chaud, on le fait basculer, de manière à mettre son ouverture en communication avec une rigole métallique que l'on installe depuis le fourneau de fusion de la fonte jusqu'à lui. On ouvre le trou de coulée du cubilot, et la fonte liquide

s'écoule dans le convertisseur. Quand il en a reçu une quantité suffisante, on le relève et on procède à l'affinage par l'action du courant d'air. Une flamme rougeâtre s'élançe au dehors; elle est accompagnée de brillantes gerbes d'étincelles. Peu à peu ces étincelles diminuent, la flamme devient plus blanche et plus vive, pour diminuer ensuite d'intensité et d'éclat. Cette décroissance annonce la fin de l'opération. On fait basculer de nouveau le convertisseur et l'on verse à l'aide d'une poche mobile la quantité de fonte en fusion destinée à produire l'aciération; cette addition de fonte produit un bouillonnement tumultueux, et au bout de peu de temps l'opération est terminée. La partie gauche de la figure 67 représente le moment où l'on ajoute la fonte. L'opération dure environ vingt minutes.

Il faut maintenant procéder à la coulée. Au pied du convertisseur se trouve en général une grande plate-forme circulaire; autour d'elle est creusé un

fossé, où l'on a placé les moules qui doivent recevoir l'acier. Au centre de cette plate-forme se dresse un cylindre creux; dans ce cylindre peut tourner et se mouvoir dans le sens vertical un autre cylindre, qui porte une longue tige soutenant à l'une de ses extrémités une poche garnie de terre réfractaire. Cette poche est entourée de tôle et son fond est muni d'une soupape que l'on peut ouvrir ou fermer du dehors. Le cylindre creux communique avec une presse hydraulique dont la pression servira à le soulever. Au moment de procéder à la coulée, on fait agir la presse hydraulique qui amène la poche de terre jusqu'au niveau du convertisseur, que l'on fait basculer pour la troisième fois; l'acier fondu coule dans la poche, et lorsqu'elle est remplie, on la laisse redescendre pour la promener ensuite au-dessus des différents moules; on l'arrête au-dessus de chacun d'eux et l'on soulève la soupape. Le métal liquide s'écoule et remplit le moule. Cette méthode permet de couler des pièces d'acier d'un volume considérable : les pièces d'un mètre cube se font d'une manière courante. Souvent aussi, au lieu de promener la poche au-dessus des moules, on la laisse fixe, suspendue à une certaine hauteur, et, à l'aide de puissantes machines hydrauliques, on amène au-dessous d'elles les moules destinés à recevoir le métal liquide.

On peut dire que la découverte de l'acier Bessemer a produit une véritable révolution. Il se substitue de plus en plus au fer, surtout depuis que les progrès accomplis par cette industrie permettent de fabriquer des aciers dont les propriétés varient graduellement depuis celles du fer le plus pur jusqu'à celles de l'acier le plus trempé.

Nous ne dirons que quelques mots de la fabrication des *aciers naturels*, des *aciers puddlés* et des *aciers de cémentation*, dont l'importance a beaucoup diminué depuis l'invention des procédés que nous venons de décrire.

On fabrique en général les *aciers naturels* en affinant la fonte dans des fourneaux au charbon de bois, semblables à ceux que l'on emploie dans la métallurgie du fer; la différence entre les deux opérations consiste en ce que, dans la fabrication de l'acier naturel, l'affinage n'est pas poussé aussi loin; on modère davantage l'action du vent et des scories sur la fonte en fusion. L'acier brut ainsi obtenu est ensuite *lanquetté*, c'est-à-dire aplati sous un laminoir et un martinet, qui le transforment en barres que l'on met en paquets et que l'on corroie.

L'acier *puddlé* se produit dans des fours à réverbère en y chauffant, au moyen de la houille, les fontes déposées sur un lit de scories, jusqu'à ce qu'elles entrent en fusion et commencent à s'affiner. Il est nécessaire d'éviter les fontes sulfureuses et phosphorées, car le soufre et le phosphore ne sont pas éliminés complètement par le puddlage, et leur présence dans l'acier nuit à la qualité du métal. Les aciers puddlés peuvent être employés non corroyés à la fabrication de beaucoup d'objets; mais si l'on veut les rendre plus homogènes, il faut les soumettre au corroyage.

Les *aciers cémentés* s'obtiennent en chauffant du fer de bonne qualité (fer

de Suède ou de Russie) avec du charbon en poudre, dans des caisses de briques réfractaires autour desquelles on fait circuler la flamme du foyer.

On peut, comme pour les précédents, en améliorer la qualité par le corroyage.

On emploie aussi, pour donner à l'acier l'homogénéité qu'exigent certaines applications, un moyen qui est plus efficace que le corroyage : c'est la fusion. La fusion de l'acier s'opère dans des creusets, à l'abri des gaz de la combustion; elle donne un métal excellent qui peut servir à la confection d'instruments tranchants d'une qualité supérieure.

L'invention de l'*acier fondu* date de 1740; elle est due à Benjamin Huntsman, qui éleva près de Sheffield un établissement important où il fit le premier l'acier fondu.

Quoique cette fabrication ait été bien perfectionnée depuis son origine, elle présentait encore de grandes difficultés quand on voulait obtenir des pièces d'un volume considérable : chaque creuset ne contenant environ que 40 à 50 kilogrammes de métal fondu, on n'arrivait que très difficilement à couler des objets d'un poids élevé.

La découverte des procédés Bessemer et Siemens-Martin a remédié à cet inconvénient, puisque par le procédé Martin la grandeur des fours est telle que l'on peut couler à la fois 6, 7, 8 et même jusqu'à 25 tonnes de métal. Quant aux convertisseurs Bessemer, il y en a de 10 et 12 tonnes.

La France a produit, en 1889, 529081 tonnes d'acier, ainsi réparties : acier Bessemer 304786 tonnes, acier Siemens-Martin 185100 tonnes, acier puddlé ou naturel 16759, acier cémenté 1581, acier fondu au creuset 11782, acier obtenu par réchauffage de vieil acier 11013 tonnes.

FABRICATION DES RAILS DE CHEMIN DE FER

Les compagnies de chemins de fer ont presque entièrement substitué les rails d'acier aux rails de fer; on estime qu'un rail de fer est mis hors de service lorsque la circulation des trains a fait passer sur lui un poids total de douze millions de tonnes. La résistance des rails d'acier peut être regardée comme six ou sept fois plus grande. La France a produit, en 1889, 145547 tonnes de rails d'acier et 550 tonnes de rails de fer.

Les rails d'acier sont fabriqués par le procédé suivant. On coule des lingots d'acier que l'on réchauffe et que l'on passe ensuite dans des laminaires (fig. 69) dont les cannelures ont pour profil celui que doit avoir le rail. On obtient ainsi de longues bandes d'acier, que l'on découpe à la longueur voulue. A la sortie du laminaire, le rail encore rouge est porté sur la machine qui le découpe



Fig. 69. — Fabrication des rails. Vue prise à l'ancienne forge du Creusot. Dessin de F. Bonhomme, d'après nature.

à longueur. Cette machine se compose essentiellement de deux scies circulaires tournant rapidement (fig. 70) et séparées par une longueur égale à

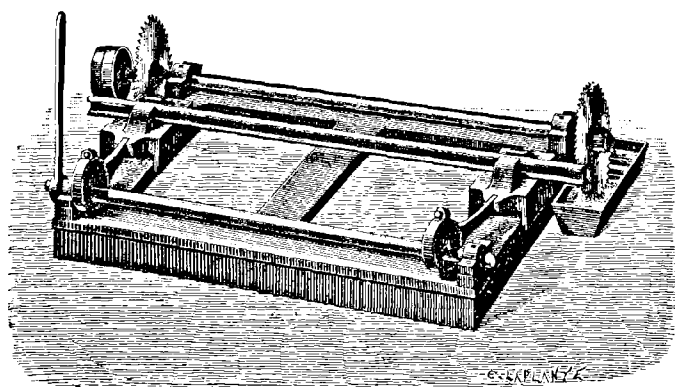


Fig. 70. — Découpage des rails.

celle que doit avoir le rail. Celui-ci est assujéti sur une plate-forme horizontale qui est mobile; la plate-forme, déplacée à l'aide d'un mécanisme que nous ne décrirons pas, s'avance à la rencontre de scies circulaires et vient présenter le métal à leur action. A mesure que le rail avance, la scie pénètre à son intérieur en projetant une gerbe de feu pro-

duite par les parcelles métalliques incandescentes. Quand le rail est coupé, il est ensuite dressé et paré. Cette dernière opération consiste à limer ses extrémités et à enlever les bavures qu'il présente. La fabrication des rails en fer est la même.

FIL DE FER

Le fil de fer ne se fabrique qu'avec des fers de bonne qualité. A cet effet, les barres de fer carrées, produites par les laminoirs ordinaires, sont découpées en morceaux que l'on réchauffe au blanc et que l'on passe ensuite dans les cannelures d'un laminoir à trois cylindres superposés, animé d'une grande vitesse. La première cannelure est ovale, les suivantes sont circulaires. La tige de fer, qui a de 25 à 30 centimètres de côté et de 60 centimètres à 1 mètre de long, passe en moins d'une minute dans dix de ces cannelures et en sort à l'état d'une tige ronde de 8 à 10 millimètres de diamètre et de 9 à 10 mètres de longueur. Ce spectacle est plein d'intérêt : le morceau de fer s'allonge à mesure que son diamètre diminue par le passage dans les cannelures de plus en plus petites; on voit alors le métal incandescent courir à la surface du sol sous forme de serpents de feu, dont les ouvriers doivent éviter les replis avec la plus grande attention. Pour empêcher les accidents et en même temps la confusion qui résulterait de l'entrelacement des différents morceaux, de jeunes ouvriers armés de crochets saisissent le fil incandescent à mesure qu'il sort du laminoir, s'éloignent en l'entraînant et guident ses mouvements à la surface du sol.

Lorsque le fer est arrivé au diamètre voulu, il est enroulé encore chaud sur des bobines manœuvrées à la main; les paquets circulaires qui résultent de cet enroulement sont, après leur refroidissement, placés dans des caisses de fonte bien lutées, que l'on chauffe au rouge sombre, pour les laisser ensuite se refroidir lentement. Cette opération, appelée *recuite*, a pour but de rendre au fer toute sa ductilité¹, qu'il a perdue en partie par l'action du laminoir et qui lui est nécessaire pour pouvoir subir l'étirage à la filière et être amené à un diamètre moindre.

On appelle *filière* une plaque d'acier trempé percée de trous de grandeurs décroissantes. En forçant un morceau de fer à passer successivement à travers ces différents trous, on diminue

de plus en plus le diamètre du morceau de métal, et l'on fait un fil qui va en s'allongeant à chaque passage. L'opération s'exécute sur un banc à tirer, ou table de tréfilerie, représenté par la figure 71.

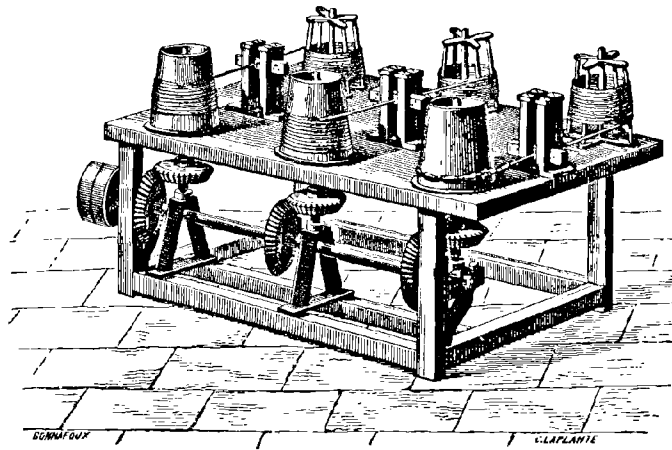


Fig. 71. — Tréfilerie.

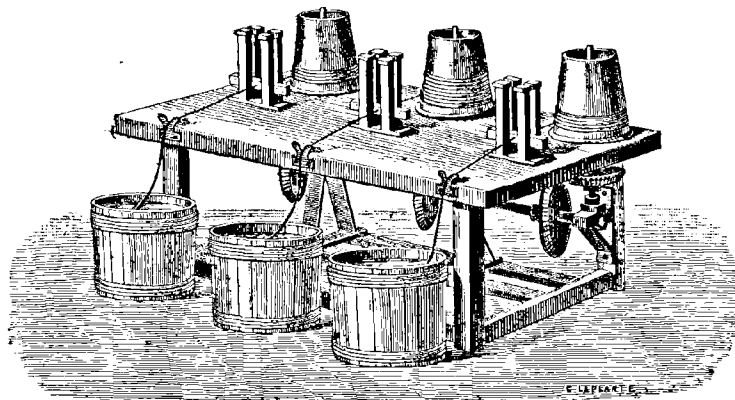


Fig. 72. — Décapage du fil de fer.

Sur une table sont fixées verticalement, de distance en distance, des filières placées entre des *montants verticaux*; derrière ces filières sont disposées des bobines sur lesquelles est enroulé le fil de fer à étirer, qui vient du laminoir et des fours à recuire; en avant on voit d'autres bobines pou-

1. On appelle *ductilité* la propriété qu'a un métal de se laisser étirer en fils.

vant tourner autour d'un axe vertical qu'une machine à vapeur met en mouvement. L'extrémité du rouleau de fil est amincie de manière à pouvoir passer dans l'un des trous de la filière, le plus gros par exemple; on l'y engage et elle est saisie de l'autre côté par une pince placée à la partie inférieure de la bobine correspondante; dès que celle-ci est mise en mouvement, elle entraîne le fil, le force à passer dans le trou et à s'enrouler ensuite sur elle. Quand tout le fil a passé dans le premier trou, on l'enroule de nouveau sur la première bobine, puis on appointe son extrémité et on l'engage dans le second trou. On continue ainsi jusqu'à ce qu'il ait le diamètre désiré; mais comme par ces passages successifs à la filière le fer devient très cassant, on lui rend sa ductilité en le recuisant de temps en temps. Ces recuites ont pour effet de l'oxyder; quand on veut que sa surface soit nette et brillante, on le décape en plaçant les paquets dans un bain d'acide sulfurique étendu d'eau, qui dissout l'oxyde. Pendant qu'ils sont dans le liquide, on prend une des extrémités que l'on passe dans la filière, et, à mesure que le fil sort décapé du bain acide, il subit un dernier étirage (fig. 72).

La France produit actuellement plus de 60000 tonnes de fil de fer.

FER-BLANC ET FER GALVANISÉ

Le fer exposé à l'air humide a la propriété de s'oxyder et de se couvrir d'une couche de rouille qui augmente incessamment, de telle sorte que les pièces peu épaisses ne tardent pas à se trouer. Aussi, pour obvier à cet inconvénient, on étame la tôle, c'est-à-dire qu'on fait adhérer à sa surface une couche d'étain qui la protège de l'oxydation. La tôle ainsi étamée est appelée *fer-blanc* et peut servir à une foule d'usages auxquels le fer ordinaire ne résisterait pas. Il y a deux sortes d'étamages : le premier, qu'on dit brillant, pour lequel on n'emploie que de l'étain pur; le second, qui est terne, est fait avec un alliage formé de $\frac{1}{4}$ d'étain et de $\frac{3}{4}$ de plomb. Voici comment sont fabriquées les lames de fer-blanc livrées au commerce :

On prend des lames de fer rectangulaires appelées *bidons*; on les chauffe à une température intermédiaire entre le blanc et le rouge cerise et on les lamine. Après un premier laminage, les bords, qui sont *criqués*, sont régularisés à la cisaille; puis on procède au *dérochage*, qui a pour but de dissoudre l'oxyde formé à la surface des lames de tôle par l'action de l'air et de la température à laquelle elles ont été portées. Ce dérochage se fait en les plongeant dans un bain d'eau acidulée avec $\frac{1}{4}$ d'acide chlorhydrique. Au bout de cinq minutes environ, on les retire pour les mettre dans des bâches

métalliques que l'on ferme hermétiquement et que l'on introduit dans un four. Après un séjour qui varie de six à trois heures, suivant le mode de chauffage, on les retire et on les polit en les faisant passer cinq ou six fois sous des cylindres lamineurs travaillés avec le plus grand soin. Après les avoir recuites et décapées encore une fois, on les trempe sans les sécher dans un bain de suif, qui a pour effet de détacher du métal la couche d'air adhérente à sa surface. Elles sont alors plongées dans un premier bain d'étain fondu, où elles restent deux minutes environ; puis elles passent dans un second bain d'étain, qui est moins chaud que le précédent. A la sortie de ce bain chaque lame est déjà recouverte d'une certaine épaisseur d'alliage; on enlève l'excès d'étain avec une brosse de laine, et on achève l'étamage en les plongeant, sans les y laisser séjourner, dans un bain d'étain qui n'a pas encore servi; ensuite on les place dans l'appareil que représente la figure 73 pour les faire égoutter dans un bain de suif. Mais, dans cet égouttage, l'étain s'accumule

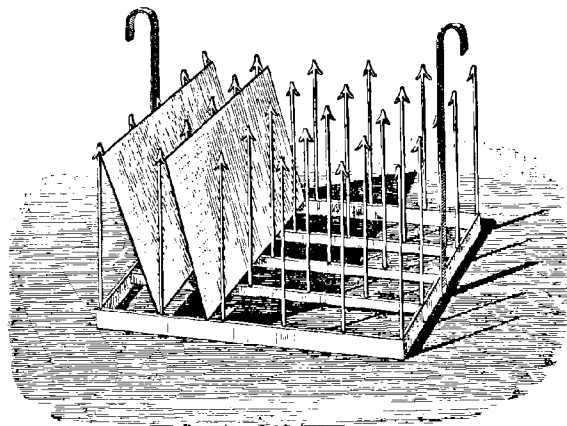


Fig. 73. — Égouttage du fer-blanc.

à la partie inférieure de chaque lame et forme un bourrelet, que l'on fait disparaître en le fondant dans un bain d'étain profond seulement de 7 à 8 millimètres. Enfin, on enlève la couche de suif qui reste à la surface des lames en les passant dans des caisses remplies de son.

On fabrique aussi, pour les besoins de l'industrie, du fil de fer que l'on recouvre d'une couche de zinc et qu'on appelle *fer galvanisé*.

La galvanisation se fait de la manière suivante; le fil de fer se déroule d'une bobine et passe dans un bain d'acide sulfurique étendu, puis dans un bain de chlorhydrate d'ammoniaque où il achève de se décaper. A la sortie de ces bains de décapage, il traverse un bain de zinc fondu, à la surface duquel on a mis une couche de petits morceaux de coke pour empêcher que le métal en fusion ne s'enflamme. Le fer s'allie au zinc et, à la sortie du bain, s'enroule sur une bobine.

EXTRACTION DES MÉTAUX USUELS AUTRES QUE LE FER

Nous insisterons fort peu sur les industries métallurgiques autres que la métallurgie du fer, attendu qu'elles n'ont en France qu'une assez minime importance; quelques-unes même n'y sont pas représentées.

PLOMB

Le plomb s'extrait d'un minerai que l'on désigne sous le nom de *galène* et qui est une combinaison de plomb et de soufre. La galène renferme souvent de l'argent; aussi le traitement qu'on lui fait subir a-t-il ordinairement un double but : l'extraction du plomb et celle de l'argent.

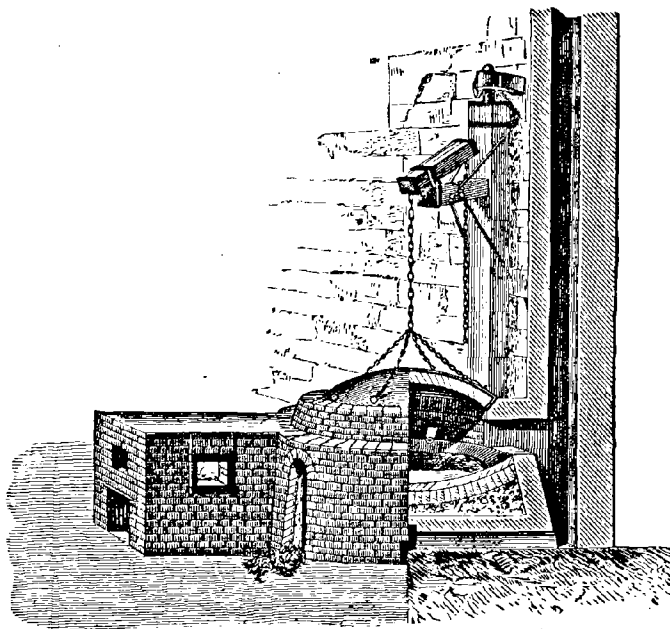


Fig. 74. — Fourneau de coupellation.

Si le minerai n'a pas une gangue trop siliceuse, on se contente de le griller dans un four où passe un courant d'air; le soufre brûlé par l'air se dégage sous forme de gaz, appelé *acide sulfureux*, et le plomb reste sur la sole du four; quand, au contraire, la gangue est siliceuse, cette méthode n'est pas applicable, parce qu'une partie du plomb se com-

binerait avec la silice de la gangue et passerait dans les scories à l'état de silicate de plomb. On chauffe alors dans des fours à sole inclinée le minerai mélangé

à une certaine quantité de fer; ce dernier métal décompose la galène et lui prend son soufre pour se transformer en sulfure de fer; quant au plomb mis en liberté, il s'écoule au dehors.

Le plomb obtenu par ces deux méthodes est appelé *plomb d'œuvre*; il contient le plus souvent une certaine quantité d'argent, que l'on extrait par une double opération. La première, appelée *pattinsonage*, du nom de son inventeur, M. Pattinson, consiste à fondre le plomb d'œuvre et à le laisser refroidir lentement; dans ce refroidissement, une partie du plomb pur se sépare en se solidifiant et se dépose au fond du bain, où on le prend avec des écumeurs; le reste du plomb forme avec l'argent un alliage qui demeure plus longtemps liquide. En répétant plusieurs fois cette opération, on arrive à concentrer la presque totalité de l'argent dans une masse de plomb plus petite, que l'on soumet à une seconde opération, nommée *affinage par coupellation*.

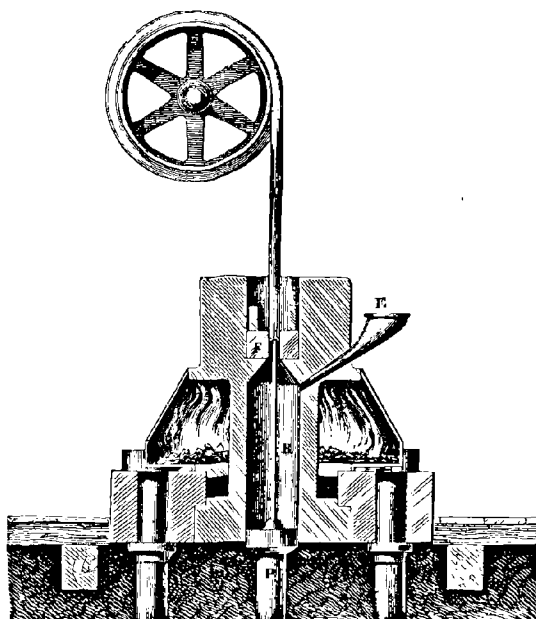


Fig. 75. — Fabrication des tuyaux de plomb.

L'affinage par coupellation consiste à fondre l'alliage métallique dans un fourneau (fig. 74) dont la sole, appelée *coupelle*, est concave et recouverte de marne; pendant la fusion on lance à la surface du bain un courant d'air qui oxyde le plomb et le transforme en un corps qu'on livre au commerce sous le nom de *litharge* et qui sert à la fabrication du minium. Quant à l'argent, il devient liquide ainsi que le plomb, mais n'éprouve aucune altération et reste au fond de la coupelle.

En France la galène se trouve à l'état de filons, d'où elle est extraite par exploitation souterraine. On la rencontre surtout dans le Puy-de-Dôme, dans le Finistère, dans les Hautes-Alpes et dans l'Isère. Les laminoirs et fonderies de Biache Saint-Vast, près d'Arras, exploitent des minerais étrangers.

Le plomb sert, à l'état de feuilles minces, pour la couverture des toits, pour les gouttières, pour garnir intérieurement les réservoirs. Il est aussi employé à la fabrication des fils dont se servent les jardiniers; il entre dans l'alliage fusible des caractères d'imprimerie, dans la soudure des plombiers. Il sert à la confection des balles, du plomb de chasse et des tuyaux destinés à la conduite des eaux et du gaz d'éclairage.

Pour fabriquer le plomb en feuilles, on coule d'abord le métal sur des tables, où il se solidifie en prenant la forme de plaques, que l'on passe

ensuite au laminoir. Quant aux tuyaux de plomb, leur fabrication se fait par un procédé très ingénieux.

Un piston P (fig. 75) peut être poussé de bas en haut par une presse hydraulique dans un réservoir R rempli de plomb fondu; ce piston est surmonté d'une tige qui passe à travers une plaque d'acier F, percée d'un trou dont le diamètre est égal au diamètre extérieur que doit avoir le tuyau; la tige a un diamètre égal au diamètre intérieur. Si l'on fait fonctionner la presse hydraulique, elle refoule le piston qui force le plomb à se réfugier dans l'espace annulaire laissé entre la tige et la plaque d'acier; à mesure que le métal fondu sort, il se solidifie contre la tige et s'enroule sous forme de tuyaux continus sur un cylindre placé au-dessus de l'appareil. On voit, sur les côtés de la figure, le foyer destiné à maintenir le plomb à l'état liquide, et en E le récipient qui le fournit au réservoir R.

CUIVRE

La métallurgie du cuivre en France est peu importante; la plus grande partie de ce métal nous vient du Chili ou de l'Angleterre. La fabrication du Chili a beaucoup augmenté depuis ces dernières années et ce développement a eu pour conséquence de nous affranchir du monopole de nos voisins d'outre-Manche.

Le principal minerai de cuivre est une pyrite cuivreuse, ou sulfure double de cuivre et de fer; l'oxyde de cuivre et le cuivre carbonaté constituent des minerais moins abondants.

Parmi les rares mines de cuivre que possède la France, nous citerons celles de Chessy et de Saint-Bel, près de Lyon, où l'on trouve la pyrite cuivreuse, l'oxyde de cuivre et le cuivre carbonaté.

Plusieurs usines, en France, se livrent à l'exploitation du minerai venu de l'étranger et particulièrement du Chili, ou à l'affinage du cuivre brut importé par les Chiliens. Nous citerons spécialement les usines des Ardennes, de la Seine-Inférieure, de l'Eure, du Pas-de-Calais, de l'Orne, de l'Aveyron, du Rhône.

La métallurgie du cuivre étant assez compliquée, nous n'en indiquerons que le principe. Quand il s'agit de cuivre oxydé ou de cuivre carbonaté, on le chauffe avec du charbon qui met le métal en liberté. Quand, au contraire, le minerai est la pyrite cuivreuse, c'est-à-dire le sulfure double de cuivre et de fer, on le soumet à une série de grillages et de fusions dont l'effet est d'éliminer peu à peu le fer, qui passe dans les scories, et de donner naissance à un produit appelé *matte blanche*, beaucoup plus riche en sulfure de cuivre que le minerai. Par le grillage et la fusion on transforme cette *matte* en *cuivre brut*, que l'on affine

ensuite dans un four où, sous l'action de l'air, tous les métaux étrangers s'oxydent et passent dans les scories. Le produit obtenu est nommé *cuivre rosette* : il contient encore un peu d'oxyde qui le rend cassant; une nouvelle fusion en présence du charbon l'en débarrasse et le transforme en cuivre rouge, que l'on coule dans des moules de fonte avant de le livrer à l'industrie.

On extrait aujourd'hui le cuivre à l'aide de procédés électriques que nous ne décrivons pas et qui se pratiquent, entre autres établissements, à l'usine de Biache Saint-Vast.

Le cuivre est, dans un grand nombre de cas, employé à l'état d'alliages, dont les plus importants sont le *laiton* ou *cuivre jaune* et le *bronze*.

Le cuivre jaune est un alliage de cuivre rouge et de zinc, qui remplace souvent le cuivre rouge : il est moins altérable à l'air. Le laiton destiné à être travaillé sur le tour doit être un peu sec, afin de ne pas graisser les outils; pour lui donner cette qualité, on y introduit un peu de plomb et d'étain (il se compose de 61 à 65 de cuivre, de 36 à 38 de zinc, de 2,15 à 2,5 de plomb et 0,25 à 0,40 d'étain). Celui qui doit être travaillé au marteau renferme environ 70 de cuivre et 30 de zinc.

Le laiton se prépare en fondant ensemble dans des creusets ou sur la sole d'un four à réverbère le mélange des métaux qui doivent entrer dans sa composition. Lorsque l'alliage est fondu, on le coule dans des moules de granit, dont l'intérieur est garni d'une couche d'argile grasse très mince.

Le cuivre pur se prête difficilement au moulage, parce qu'il se forme dans sa masse et à sa surface des soufflures qui gâtent la pièce coulée; on corrige ce défaut en l'alliant à l'étain. On a ainsi l'alliage qui porte le nom de *bronze*, et qui est employé pour la fabrication des objets d'art, des cloches, des canons, etc. Sa composition varie suivant sa destination; le bronze des canons contient 90 parties de cuivre et 10 d'étain, celui des cloches 78 de cuivre et 22 d'étain, etc. Le bronze destiné à l'art statuaire doit avoir un ensemble de qualités qu'on ne peut atteindre qu'en alliant ensemble le cuivre, le zinc et l'étain.

ZINC — ALUMINIUM — ÉTAİN — MERCURE — ARGENT OR ET PLATINE

Le zinc s'extrait de deux minerais, qui sont le sulfure de zinc (combinaison de soufre et de zinc, appelée *blende*) et le carbonate de zinc (combinaison d'acide carbonique et d'oxyde de zinc, appelée *calamine*). On les ramène tous deux à l'état d'oxyde de zinc, le premier par un grillage à l'air, qui brûle le

soufre et oxyde le métal, le second par une calcination, qui lui fait perdre son acide carbonique. L'oxyde de zinc provenant de l'une ou l'autre de ces opérations est mélangé au charbon, puis chauffé dans des cornues. Le charbon s'emparant de l'oxygène de l'oxyde forme avec lui des produits gazeux et met le zinc en liberté; le métal se vaporise et va se condenser dans un récipient communiquant avec la cornue. Le zinc obtenu par la réduction du minerai est dit *brut*; il doit être refondu avant d'être livré à l'industrie. La métallurgie du zinc est fort peu importante en France, qui en produit 15 000 tonnes environ. Le zinc est surtout employé à l'état de lames ou *tôle de zinc*, que l'on obtient par le laminage : il sert à couvrir nos habitations, nos terrasses et à faire un grand nombre d'objets utiles à l'industrie et à l'économie domestique (seaux, bacs, réservoirs, etc.).

L'aluminium a été préparé industriellement pour la première fois par H. Sainte-Claire Deville, qui décomposait par le sodium et sur la sole d'un four à réverbère un mélange de chlorure double d'aluminium et de sodium. On vient de découvrir un procédé qui permet de produire l'aluminium par la décomposition de l'oxyde d'aluminium, ou *alumine*, par le courant électrique. Ce procédé, dû à M. l'ingénieur Heroult, produit l'aluminium à un prix qui permet d'espérer que ce métal va prendre de l'essor dans les applications industrielles. Ce procédé est pratiqué dans l'usine de Froges (Isère).

L'étain nous est livré par l'Angleterre et la Hollande, qui l'extraient de l'oxyde d'étain par un traitement analogue à celui qui donne le zinc. Le mercure nous vient d'Illyrie ou d'Espagne. On l'extraît du sulfure de mercure ou cinabre. L'argent et l'or nous sont livrés principalement par les mines du Nouveau Monde. L'argent est extrait du sulfure d'argent; l'or se trouve à l'état natif dans des sables d'où on l'extraît par des lavages. Le platine nous est fourni par la Russie.

CHAPITRE III

FONDERIE — FORGEAGE — CONSTRUCTION DES MACHINES MACHINES-OUTILS

L'art du fondeur consiste à reproduire, avec des matières fusibles, des objets de forme plus ou moins compliquée, en fondant ces substances et en les coulant à l'état liquide dans des moules représentant tous les détails que l'on veut obtenir. Cet art a pris une très grande importance; c'est surtout la fonderie de fer qui s'est considérablement développée. Répandue dans toute la France, elle s'exerce principalement dans les grands centres industriels et dans les régions qui produisent le fer; elle donne lieu à la fabrication d'un nombre infini d'objets servant à l'économie domestique et à la construction des machines.

Les fontes employées en fonderie doivent avoir les qualités suivantes : 1° devenir assez fluides par la fusion pour bien remplir les moules dans lesquels on les verse; 2° ne pas prendre par le refroidissement un retrait trop considérable; 3° lorsqu'elles sont à l'état solide, elles doivent pouvoir se travailler facilement et satisfaire à toutes les conditions de ténacité qu'on peut en attendre. Ces différentes qualités se trouvent réunies à un plus haut degré dans les fontes grises que dans les fontes blanches; aussi ce sont celles qui servent en fonderie, et elles sont désignées sous le nom de *fontes de moulage*. On peut employer les fontes dans le moulage, soit en première fusion, à la sortie du haut fourneau, soit en seconde fusion, c'est-à-dire après les avoir refondues dans des fourneaux appelés *cubilots*. Les fontes de seconde fusion, ayant plus de ténacité, plus d'homogénéité, servent spécialement pour les pièces qui entrent dans la construction des machines; les fontes de première fusion, pour la poterie, les tuyaux, les pièces sans ajustage et pour tous les objets qui n'ont pas besoin d'une grande ténacité.

La fabrication d'un objet en fonte suppose trois opérations distinctes : la *fabrication du moule*, la *fusion du métal* et la *coulée*.

Les moules dans lesquels on coule la fonte liquide sont faits soit en sable, soit en terre.

Le sable ne doit pas contenir trop d'argile; quand on l'écrase dans la main, il ne doit pas coller aux doigts, ce qui indiquerait un excès de plasticité, qui ne serait pas sans danger. On le mélange à une certaine quantité de poussier de houille, puis on le broie sous des meules et souvent même on le tamise. L'introduction du poussier a pour but, comme nous le verrons plus tard, de faciliter la sortie des gaz. Le sable peut être employé à l'état de *sable vert* ou à l'état de *sable d'étuve*. La première dénomination s'applique aux cas où il n'est pas besoin, comme cela arrive pour les petites pièces, de dessécher le moule à l'étuve; la seconde correspond, au contraire, au cas où cette dessiccation est nécessaire, par exemple quand la pièce a une forme

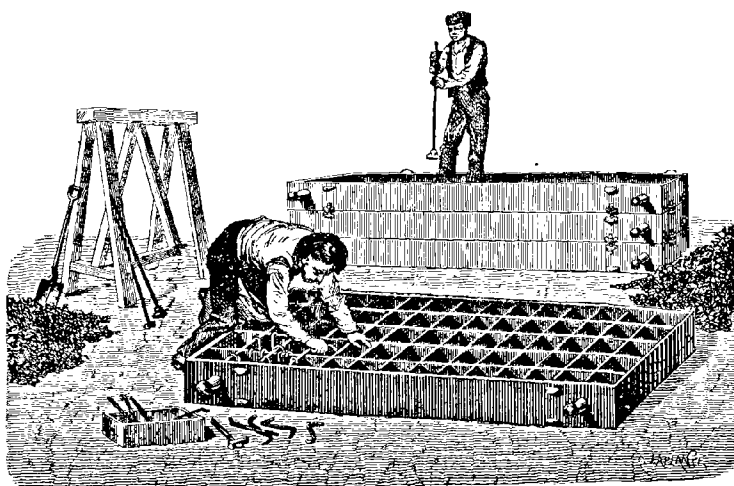


Fig. 76. — Châssis de fonte quadrillé

compliquée, lorsqu'il faut donner au moule une grande solidité et obtenir des surfaces parfaitement saines.

On se sert de terre, pour le moulage, principalement s'il s'agit d'objets qui peuvent se faire sans modèle et au moyen de ce que nous appellerons tout à l'heure *trousse* ou *trousseau*. La terre employée doit être assez grasse pour se lier parfaitement, mais ne doit pas cependant donner lieu à trop de retrait; on la mélange avec $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{5}$ de crottin de cheval ou de bourre hachée, dont la présence est indispensable pour empêcher les moules de se crevasser pendant le séchage et pour favoriser le passage des gaz.

Il y a deux méthodes principales pour la confection des moules :

1° le moulage *au châssis*; 2° le moulage *au trousseau*.

On appelle *châssis* des cadres de bois, mais le plus souvent de fonte, dans lesquels on confectionne le moule. Le fond de ces châssis est ordinairement traversé par des pièces de fonte quadrillées, destinées à soutenir le sable qu'on y comprime (fig. 76).

Supposons que le fondeur ait à faire une *chaise* (fig. 77), comme celles qui sont employées dans les usines pour supporter les transmissions¹.

Il fera d'abord exécuter un modèle en bois représentant exactement les formes et les dimensions de la chaise à reproduire. Ce modèle sera livré au mouleur qui s'en servira pour la confection des moules. A cet effet, il disposera sur le sol de l'atelier un châssis d'une grandeur convenable et commencera à y piler ou *fouler* du sable. Ce foulage, qui s'exécute avec des outils appelés *battes*, a pour résultat de donner au sable une certaine compacité et de relier entre elles toutes ses parties. Quand l'ouvrier a pilé une quantité suffisante de sable, il place le modèle à plat sur la couche ainsi obtenue, dont l'épaisseur devra être telle que la moitié de la chaise, suivant son épaisseur, sorte du châssis; c'est-à-dire que si la chaise doit avoir 10 centimètres d'épaisseur, le sable arrivera à 5 centimètres des bords supérieurs du châssis (fig. 78). Le modèle une fois placé, l'ouvrier pile, dans tous les vides, du sable, qu'il asperge de temps en temps pour lui donner un peu de plasticité. Quand le châssis est plein, le mouleur étend

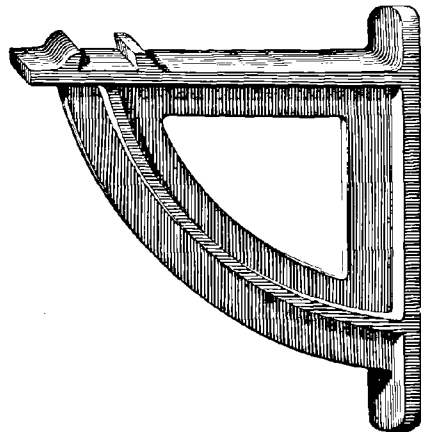


Fig. 77. — Châssis inférieur avec le modèle.

une couche de sable sec à la surface du sable humide; puis il procède à la confection de la seconde partie du moule. Pour cela, il pose sur le premier châssis un second châssis semblable et l'emplit de sable qu'il pilonne. Il est évident que le modèle va se trouver recouvert, et que lorsqu'il sera complètement enveloppé de sable, il aura imprimé ses formes, moitié dans le châssis inférieur, moitié dans le châssis supérieur.

L'ouvrier procède alors au *démoulage*. A cet effet, il enlève le châssis supérieur. Cette opération est facilitée par la couche de sable sec dont nous avons parlé; sans elle, les deux parties du moule auraient contracté une adhérence qui, au moment de la séparation, déterminerait un arrachement; puis le modèle en bois est lui-même enlevé. Dans ce démoulage il peut se produire quelques accidents; les arêtes du moule perdent de leur vivacité, certaines parties se trouvent écorchées : l'ouvrier, à l'aide d'outils spéciaux, répare ces avaries et lisse la surface du moule avec un peu de poussier de charbon humide. Enfin, après avoir fait sécher les moules soit à l'étuve, soit autrement, il replace le châssis supérieur sur le châssis inférieur. On comprend que l'ensemble formera un bloc de sable dans lequel se trouvera une cavité reproduisant exactement la chaise en question (fig. 79). Cette ca-

1. On appelle *transmissions* les arbres, poulies et engrenages qui transmettent aux différentes machines l'action du moteur de l'usine.

vitité est mise en relation avec le dehors par une ouverture qui servira tout à l'heure à introduire le métal fondu.

Quand les châssis sont grands, il serait bien difficile de les bouger sans s'exposer à briser la masse de sable qu'ils renferment. Pour augmenter la

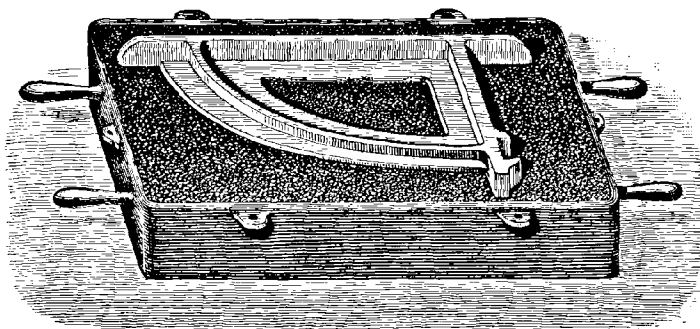


Fig. 78. — Châssis inférieur avec le modèle.

solidité de ce sable, les châssis présentent, comme nous l'avons dit, des cloisons quadrillées qui le soutiennent; on se sert aussi dans ce but de crochets de métal que l'on suspend aux parois des châssis et qui, tombant dans

l'intérieur, se trouvent entourés par le sable. Ce sont autant de points d'appui, de liens entre lui et les bords du châssis.

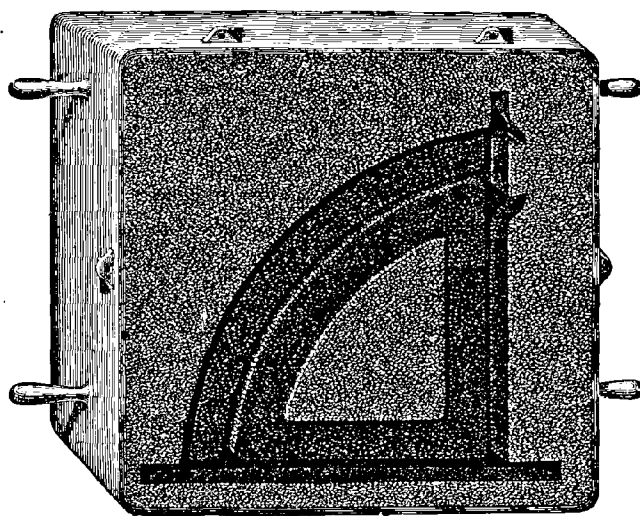


Fig. 79. — Châssis représentant l'empreinte de la chaise.

Nous ferons remarquer que nous avons choisi un cas simple, celui d'un objet pouvant se mouler en deux châssis; mais il arrive souvent qu'on est obligé d'en superposer un plus grand nombre.

Quand il s'agit de pièces très grandes, et représentant des solides de révolution, comme une portion de sphère, on emploie le *moulage*

au trousseau. Nous prendrons, pour en expliquer les détails, l'exemple d'une chaudière hémisphérique munie d'un cordon saillant sur son bord.

On commence par placer dans le sol de l'atelier une plaque de fonte B (fig. 80) sur laquelle on pose un arbre A vertical, pouvant tourner dans une cavité creusée dans cette plaque; autour de l'arbre et à une hauteur à peu près égale à la profondeur de la chaudière, on élève une maçonnerie M représentant grossièrement la forme hémisphérique. A sa surface extérieure,

on applique un revêtement de terre à crottin d'une certaine épaisseur, et l'on fixe à l'arbre A une cloison en bois P, qu'on aura découpée en lui donnant exactement la forme du profil extérieur de la chaudière. C'est ce qu'on appelle la *trousse* ou le *trousseau*. En faisant tourner l'arbre on promène le trousseau sur la surface de la couche de terre de manière à la racler et à lui donner exactement la forme extérieure de la chaudière. Ensuite on fait sécher, et, après avoir enlevé le trousseau, on entoure la masse de terre avec des châssis superposés, dans lesquels on foule du sable qui se modèle sur la demi-sphère en terre. Il est évident qu'après ce foulage l'ensemble de ces châssis, qu'on a eu soin de relier entre eux, offrira dans la masse de sable qu'ils renferment l'empreinte de la forme extérieure de la chaudière. Puis on enlève tous les châssis et l'on fixe sur l'arbre un autre trousseau, représentant le profil intérieur de la chaudière, et avec lequel on racle la couche de terre; si l'épaisseur de la chaudière doit être de 1 centimètre, le trousseau raclera 1 centimètre de terre. On aura ainsi une demi-sphère en terre qui reproduira exactement par son volume extérieur la capacité intérieure de la chaudière. Si l'on vient alors à replacer les châssis dans leur position primitive, il y aura un espace vide d'une épaisseur de 1 centimètre entre la demi-sphère modelée dans le sable des châssis et la demi-sphère de terre. La fonte coulée dans cet intervalle formera la chaudière commandée au fondeur. Il est presque inutile d'ajouter qu'avant la coulée il faudra enlever l'arbre et boucher le trou qu'il laissera.

Nous venons de prendre l'exemple d'une pièce qui devait rester creuse; la maçonnerie et la terre qui se trouvaient au centre pour ménager la cavité de la chaudière forment ce qu'on appelle le *noyau* du moule.

L'emploi des noyaux destinés à ménager des cavités est très fréquent en fonderie. Nous citerons un autre cas. Supposons que l'on veuille couler en fonte une colonne creuse; on fabriquera d'abord un modèle en bois représentant exactement la colonne, mais on réservera à son extrémité deux por-

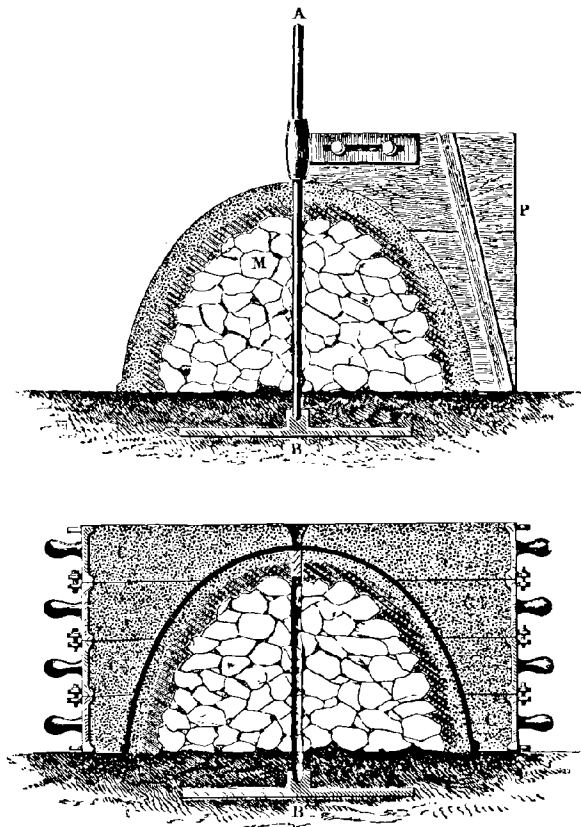


Fig. 80. — Moulage au trousseau.

tées (fig. 81); puis on fera le moule en deux châssis. Si l'on coulait sans autre précaution, on obtiendrait une colonne massive de la forme du modèle en bois; pour l'avoir creuse, il suffira de placer dans le moule un cylindre

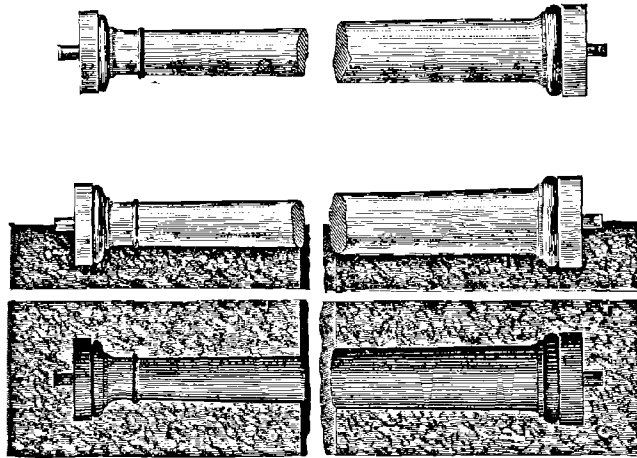


Fig. 81. — Modèle d'une colonne. — Modèle placé dans le sable. — Empreinte.

ou noyau d'un diamètre extérieur égal au diamètre intérieur de la colonne. Ce noyau est fabriqué sur une lanterne, c'est-à-dire sur un tuyau de terre ou de fonte percé de trous, que l'on entoure d'abord de paille tressée et que l'on recouvre ensuite de couches de terre à crottin. On ajoute de la terre jusqu'à ce

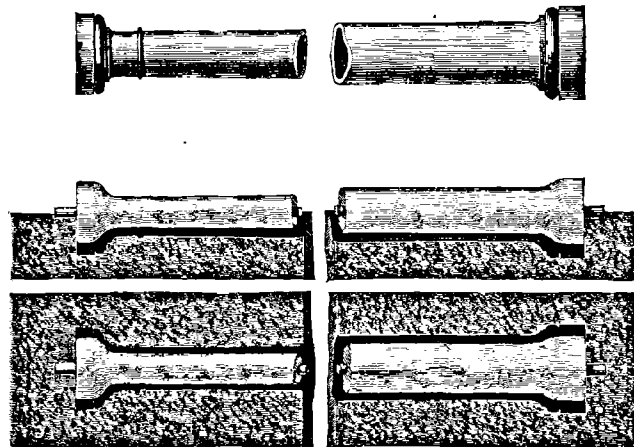


Fig. 82. — Colonne creuse. — Noyau. — Noyau placé dans le moule.

que le noyau ait le diamètre voulu; la surface doit être lisse et la terre séchée après l'addition de chaque couche. Ce noyau est placé dans le châssis inférieur, la lanterne reposant par ses extrémités dans les cavités que les portées du modèle ont faites dans le moule (fig. 82). On place ensuite le châssis supérieur.

Il est facile de comprendre que lorsqu'on coulera la fonte liquide, elle se répartira dans le moule en enveloppant le noyau; après refroidissement, on aura une colonne creuse dont la cavité sera remplie par le noyau, que le peu de solidité de la terre à crottin permettra d'enlever facilement.

Nous connaissons maintenant les principaux procédés employés pour la fabrication des moules; il nous reste à voir les moyens en usage pour fondre et couler le métal.

La fonte est liquéfiée dans des fourneaux appelés *cubilot* (fig. 83). Un cubilot se compose essentiellement d'un cylindre de fonte ou de tôle de 2 à 6 mètres de hauteur, dont l'intérieur est garni en sable réfractaire ou en briques. La fonte et le combustible, qui est ordinairement du coke, sont introduits à la partie supérieure; des tuyères lancent dans la masse un courant d'air actif qui élève la température et liquéfie le métal. Quand le moment

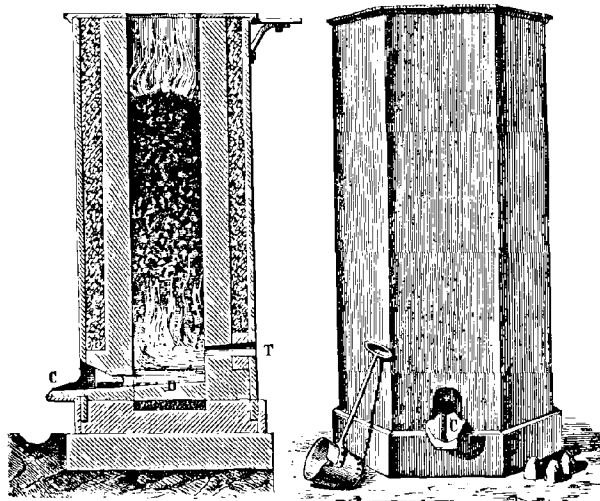


Fig. 83. — Cubilot.

de la coulée est venu, on ôte un tampon d'argile qui bouchait l'orifice C situé à la partie inférieure du cubilot; la fonte s'échappe liquide, incandescente, et on la reçoit dans des poches de tôle garnies à leur intérieur d'une couche d'argile (fig. 84). Souvent ces poches sont très lourdes et on les suspend à des grues qui les portent au-dessus des moules dans lesquels la coulée doit être faite.

La coulée exige des précautions dans le détail desquelles nous n'entrerons pas. Nous dirons seulement que la grande préoccupation du fondeur doit toujours être de ménager une issue facile aux gaz qui se dégagent du moule au moment où l'on y introduit le métal chaud. On comprend en effet que l'air qui se trouve enfermé dans le sable se dilate beaucoup, et, si on ne lui a pas ménagé des issues, il crève et fissure le moule. Le poussier de charbon mélangé au sable a pour but de faciliter le dégagement des gaz;

il divise le sable et crée, en brûlant, des vides qui deviennent autant d'issues ouvertes au gaz. Le mouleur fait aussi dans le moule des trous qui sont de véritables cheminées d'échappement; c'est dans le même but que les lanternes des pièces à noyau sont percées de trous. (Voyez fig. 85 l'intérieur d'une fonderie.)

• Nous ajouterons que lorsqu'on veut obtenir des objets à surface très dure, comme des cylindres de laminoir, on coule la fonte dans des moules de

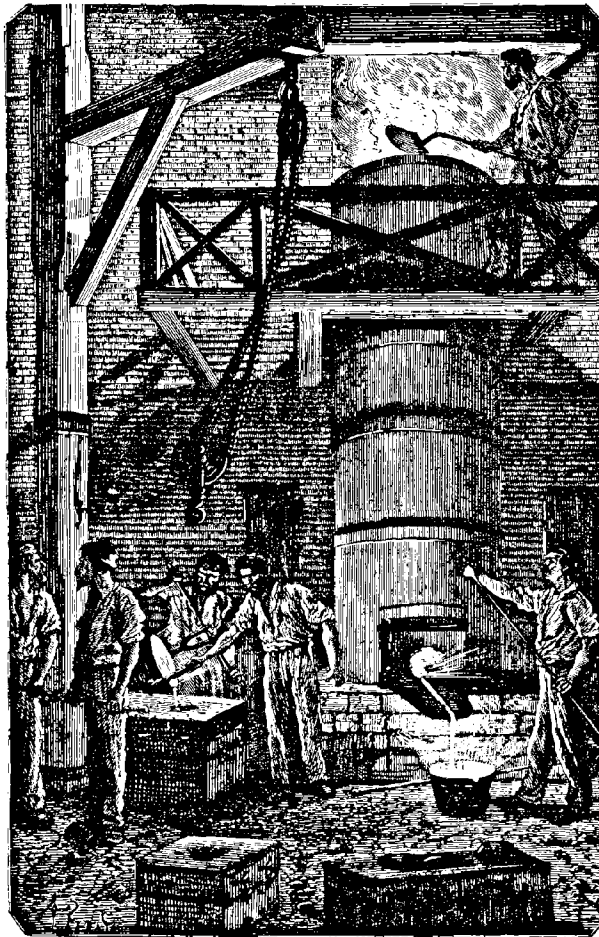


Fig. 84. — Cubilot.

métal qui produisent une espèce de trempe superficielle; c'est ce qu'on appelle *couler en coquilles*.

Lorsque la fonte sort du moule, elle présente quelques irrégularités, des bavures, qu'il faut enlever au burin; ce travail se fait à la main et s'appelle *ébarbage*; on lui donne le nom de *ciselage* quand il s'applique à des fontes artistiques qui doivent avoir plus de fini.

Le moulage des pièces de cuivre ou de bronze peut s'exécuter par les

mêmes procédés que celui des objets en fonte, mais on emploie plus généralement le moulage en sable d'étuve, qui donne des résultats meilleurs sous

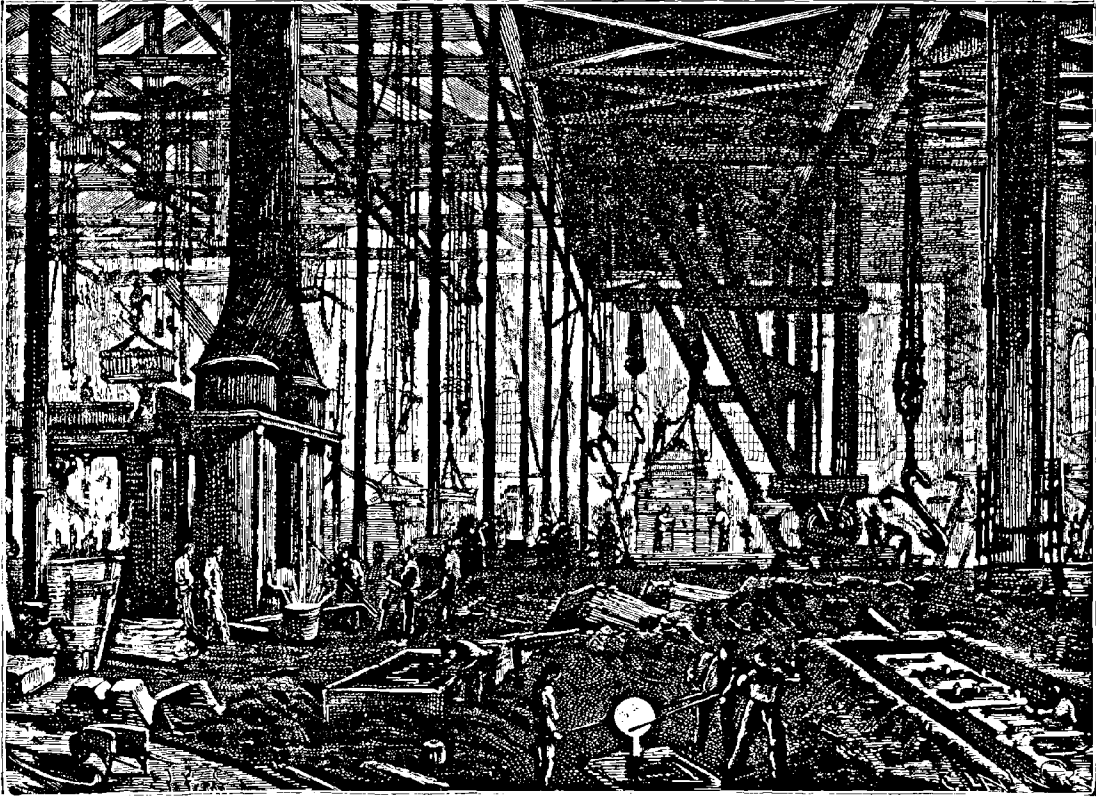


Fig. 85. — Intérieur d'une fonderie.

le rapport de la netteté. Le cuivre et le bronze sont fondus dans des creusets en terre réfractaire ou en plombagine.

FORGEAGE

Indépendamment des pièces de fonte qui sortent de nos fonderies et exigent le plus souvent un travail d'ajustage demandant l'intervention du travail à la main ou du travail mécanique, les pièces les plus importantes de nos machines sont en fer forgé.

La fabrication des pièces de forge est basée sur la propriété précieuse que possède le fer de se ramollir avant de se fondre et de pouvoir alors se

souder à lui-même. Après le soudage, il passe, par degrés, de l'état pâteux jusqu'à la consistance la plus nerveuse et la plus tenace. Sous ces différents états, l'action du marteau, combiné avec des chauffages réitérés, permet de le travailler et de l'amener, par des transformations successives, à la forme et aux dimensions que doit avoir l'objet que l'on veut fabriquer; mais cette combinaison du réchauffage et du forgeage exige de la part de l'ouvrier de l'intelligence, du coup d'œil et de la sûreté de main. Aussi les forgerons ont-ils en général un salaire élevé. Le travail du fer a été exécuté de tout temps par le procédé que nous venons de décrire. La figure 86 représente une forge primitive avec son double soufflet mù par une espèce de paire de

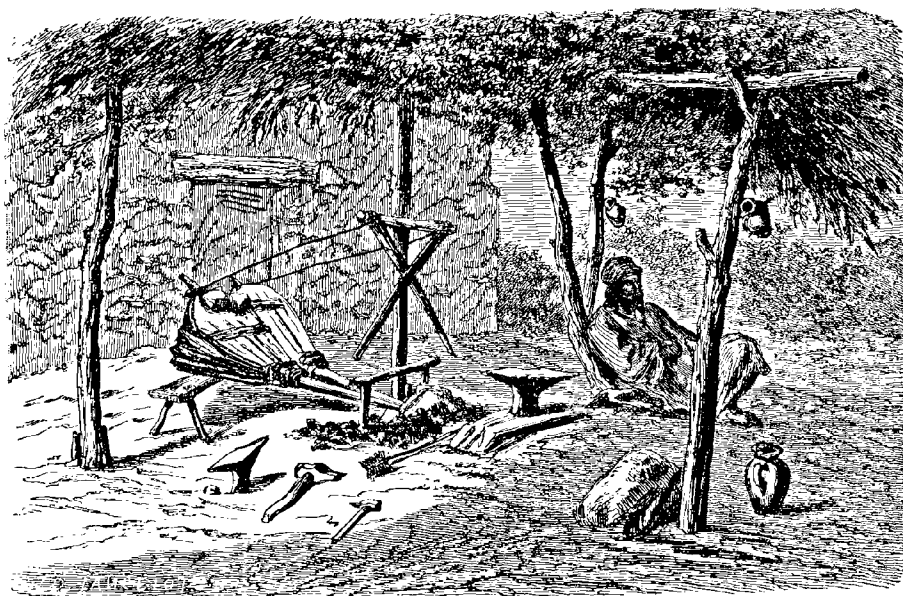


Fig. 86. — Forge primitive.

ciseaux en bois dont les branches sont reliées aux soufflets par des cordes. La figure 87 représente une forge au Fouta-Djalou, en Afrique.

Il convient de distinguer deux espèces de forgeage : le forgeage à la main et le forgeage mécanique.

Le premier s'exécute au moyen d'une forge ordinaire ou *forge de maréchal*, qui se compose essentiellement (fig. 88) : 1° de l'*âtre* ou partie de la forge sur laquelle on place le combustible et la pièce à chauffer; 2° du *contre-cœur* ou paroi perpendiculaire à l'âtre; 3° d'une *tuyère* qui lance dans le charbon un courant d'air destiné à activer la combustion et à élever la température. Dans les petites forges, le courant d'air est lancé par un soufflet que fait fonctionner l'aide du forgeron; mais, dans tous les établissements de quelque importance, on emploie des machines soufflantes d'une puissance plus grande. La tuyère doit être disposée de manière que le fer placé au milieu du char-

bon ne reçoive le courant d'air que lorsqu'il a traversé la masse de combustible.

Quand le fer est arrivé à la température ou à la chaude voulue, on le saisit au moyen de pinces et de tenailles, de formes et de grandeurs diverses, et on le porte sur l'enclume. Cet appareil, que tout le monde connaît, est en fonte ou mieux en fer forgé; il se compose d'une *table* (fig. 89) ou partie plane, et de deux *bigornes* ou portions pyramidales adossées par leur base à la table; l'enclume repose sur un bloc de bois en partie noyé dans le sol et



Fig. 87. — Forgeron à l'ouvrage au Fouta-Djalou. — Dessin de Hadamard, d'après M. Lambert.

destiné à amortir les vibrations et les chocs. Le fer, retourné sur l'enclume à l'aide des pinces qui servent à le tenir, reçoit le choc des marteaux manœuvrés soit par le forgeron, soit par ses aides.

La température à laquelle on porte la pièce dépend du travail qu'on veut lui faire subir. A la chaude du *blanc soudant* ou *chaude suante*, qui correspond à une température de 1500 à 1600 degrés, le fer peut être soudé et corroyé. Nous avons déjà dit que le corroyage, qui consiste à souder plusieurs barres ensemble, améliore la qualité du métal en lui donnant du nerf

et de l'homogénéité. A la chaude *rouge blanc* ou *chaude grasse* (1300 degrés environ), le fer peut être étiré, façonné, modifié dans ses formes ou ses dimensions. A la chaude *rouge cerise* (900 à 1000°), on corrige les défauts de la

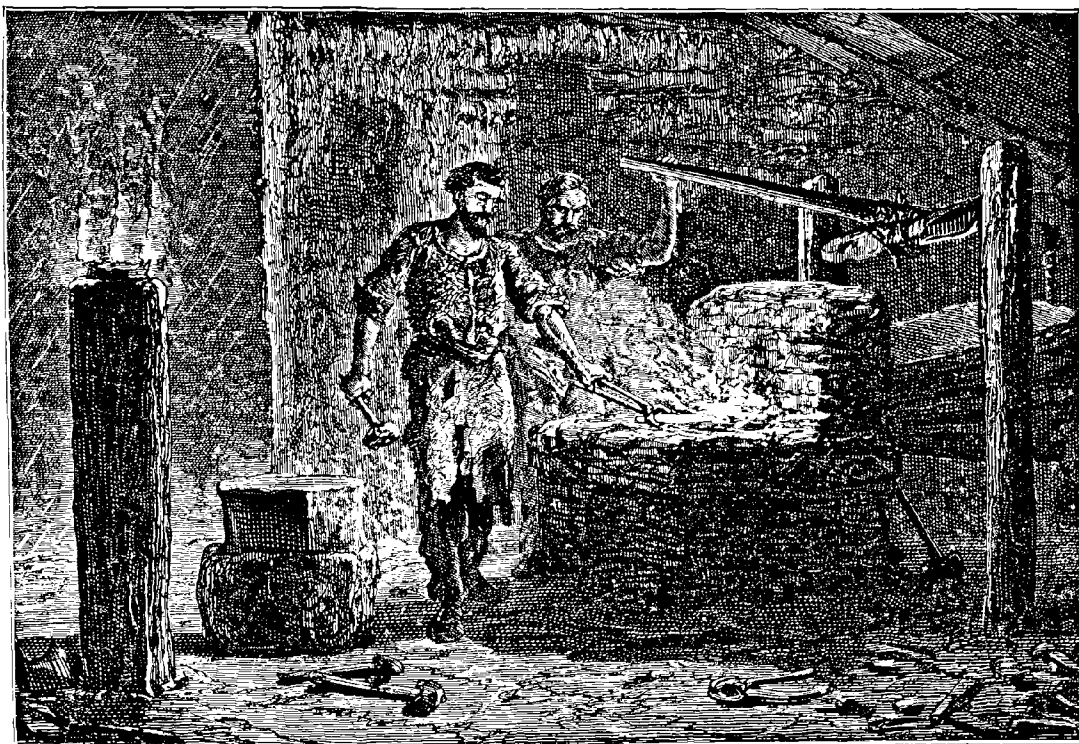


Fig. 88. — Forge.

pièce obtenue à la chaude rouge blanc et on la *pare* en arrosant légèrement sa surface pendant qu'on la bat. Lorsque la pièce est finie, on la soumet à la *chaude rouge brun*, qui correspond à 700 degrés, température la plus

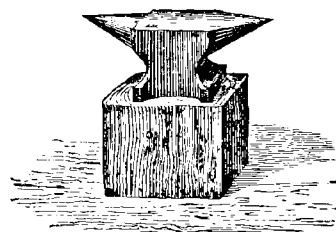


Fig. 89. — Enclume.

basse à laquelle il convient de forger le fer; cette dernière chauffe, désignée sous le nom de *recuit*, a pour but d'enlever au métal l'aigreur qu'il a contractée à la fin de l'opération, lorsqu'on a continué à le marteler pendant que sa température commençait à n'être plus assez élevée; elle dilate le métal et permet aux molécules de reprendre leur état primitif.

Pour la manœuvre des pièces lourdes, de l'âtre à l'enclume et réciproquement, chaque forge dispose d'une machine appelée *grue* qui effectue facilement le transport.

Le forgeage à la main s'applique avec avantage et facilité aux pièces dont le poids ne dépasse pas 150 kilogrammes; au delà de cette limite, le fer ne peut être forgé dans de bonnes conditions que mécaniquement.

L'application de la vapeur à la traction sur les chemins de fer, à la navigation fluviale ou maritime, a rendu nécessaire la création d'appareils mécaniques puissants pour le soudage, le forgeage et le corroyage du fer, qui a dû remplacer la fonte dans la construction des pièces soumises à des chocs fréquents et à des vibrations auxquelles elles ne sauraient résister sans se rompre. La texture fibreuse, le nerf du fer le rendent plus apte à ces applications, parce que sous un volume moindre il présente une élasticité et une résistance supérieures à celles de la fonte.

Pendant longtemps on ne crut pas pouvoir dépasser dans le forgeage du fer le poids de 200 à 500 kilogrammes; encore même était-on réduit à multiplier les chauffages et à souder sur une pièce centrale appelée *dme* des pièces auxquelles on donnait le nom de *mises*. De là résultaient des imperfections nombreuses, des soudures vicieuses, l'absence d'homogénéité, une main-d'œuvre et des déchets considérables. Dans ces dernières années l'industrie de la forge a fait de remarquables progrès et l'on arrive à forger des arbres coudés du poids de 50 000 à 40 000 kilogrammes. A l'exposition universelle de 1889, la France offrait sous ce rapport les spécimens les plus intéressants.

Nous citerons comme tenant le premier rang dans cette partie de notre industrie nationale les établissements : de la Société Pétin, Gaudet et C^{ie}, situés à Rive-de-Gier, et à Saint-Chamond ; de MM. Marrel frères, à Rive-de-Gier, qui, en 1867, exposaient déjà un arbre à trois coudes du poids de 50 180 kilogrammes, destiné à la frégate cuirassée le *Suffren*; de MM. Russerry et Lacomte, à Rive-de-Gier; le grand établissement du Creusot, dirigé par M. Schneider.

Le forgeage mécanique exige l'emploi de fours à réverbère dans lesquels on chauffe le fer, d'appareils puissants de percussion, comme les marteaux-pilons, de grues qui servent à transporter les pièces du four à l'outil de percussion et réciproquement.

En général, les fours sont chauffés au charbon, mais l'emploi des fours Siemens, qui le sont par la combustion des gaz provenant de la distillation de la houille, tend à se généraliser. Nous les avons vus fonctionner avec avantage dans plusieurs usines.

Dans la composition des paquets pour le forgeage de grosses pièces, on emploie exclusivement le fer brut, c'est-à-dire cinglé, dégrossi et réchauffé sans être corroyé; on obtient ainsi une soudure plus parfaite et plus homogène. La masse de fer destinée à la fabrication de la pièce est suspendue à une grue, puis introduite dans le four; lorsqu'elle est arrivée à la température voulue, la grue la rapporte sous le marteau-pilon qui la forge pendant que, sur les ordres du maître forgeron, la pièce est retournée en sens convenable pour présenter ses différentes parties à l'action du marteau. Cette manœuvre se fait à l'aide de leviers que l'on place dans des trous pratiqués à la surface d'une espèce d'anneau qui embrasse l'extrémité de la masse métallique (fig. 90).

Les pièces de forme un peu compliquée se font par *étampage*. Pour cela l'enclume du marteau-pilon reçoit une matrice dans laquelle est représentée en

creux la forme que doit avoir, en épaisseur, une des moitiés de la pièce; le marteau est lui-même armé sur sa face inférieure d'une autre matrice où se trouve aussi représentée la forme de l'autre moitié. Le fer ramolli est apporté sur l'enclume, et les coups répétés du marteau le forcent à épouser les détails du double moule, dont les deux parties ne sont séparées, au moment du choc, que par la masse métallique qui est obligée de se modeler sur elles.

C'est ainsi qu'on opère pour les roues de wagons; elles sont souvent en fer forgé et se font en quatre pièces. Une masse de fer sortant du four est traînée vers le marteau-pilon; l'enclume offre une cavité qui représente la forme et la moitié de l'épaisseur d'un quart de roue; le marteau est aussi muni d'une matrice semblable, de telle sorte que, lorsque les deux matrices sont superposées, elles laissent une cavité représentant le quart de la roue à fabriquer. On comprend alors que, si l'on place sur l'enclume le morceau de fer chauffé à une température suffisamment élevée, le marteau en s'abattant sur lui le comprime dans la double matrice et le force à en prendre la forme. Lorsqu'il manque du fer en certains points, on y place des morceaux, on reporte au four et, après le ramollissement, on les soude par un nouveau forgeage. Quand les quatre parties de la roue sont faites, on les assemble dans un cercle, on réchauffe le tout et l'on soude à la forge.

CONSTRUCTION DES MACHINES — MACHINES-OUTILS

Les développements considérables que l'industrie a pris pendant ce siècle ont exigé que l'on substituât aussi souvent que possible le travail mécanique au travail à la main. L'emploi des machines permet de produire à meilleur marché, et, le plus souvent, le travail automatique donne des résultats plus parfaits que le travail à la main. De cette substitution est résultée l'invention des machines les plus variées; nous en décrirons un certain nombre au cours de ce livre. Mais auparavant nous allons donner la description des procédés généraux employés pour la construction de ces machines. La plupart d'entre elles étant métalliques, nous trouverons dans cette étude une nouvelle application des métaux que nous avons appris à préparer.

Dans chaque cas particulier, le constructeur travaille d'après les plans et les dessins dressés par les ingénieurs; on comprend que le travail varie à l'infini dans ses détails, et que décrire la construction de chacune d'elles nous entraînerait à les décrire toutes. Mais cette construction suppose l'emploi de quelques procédés généraux qui s'approprient à chaque cas spécial, et dont nous exposerons les principaux traits.

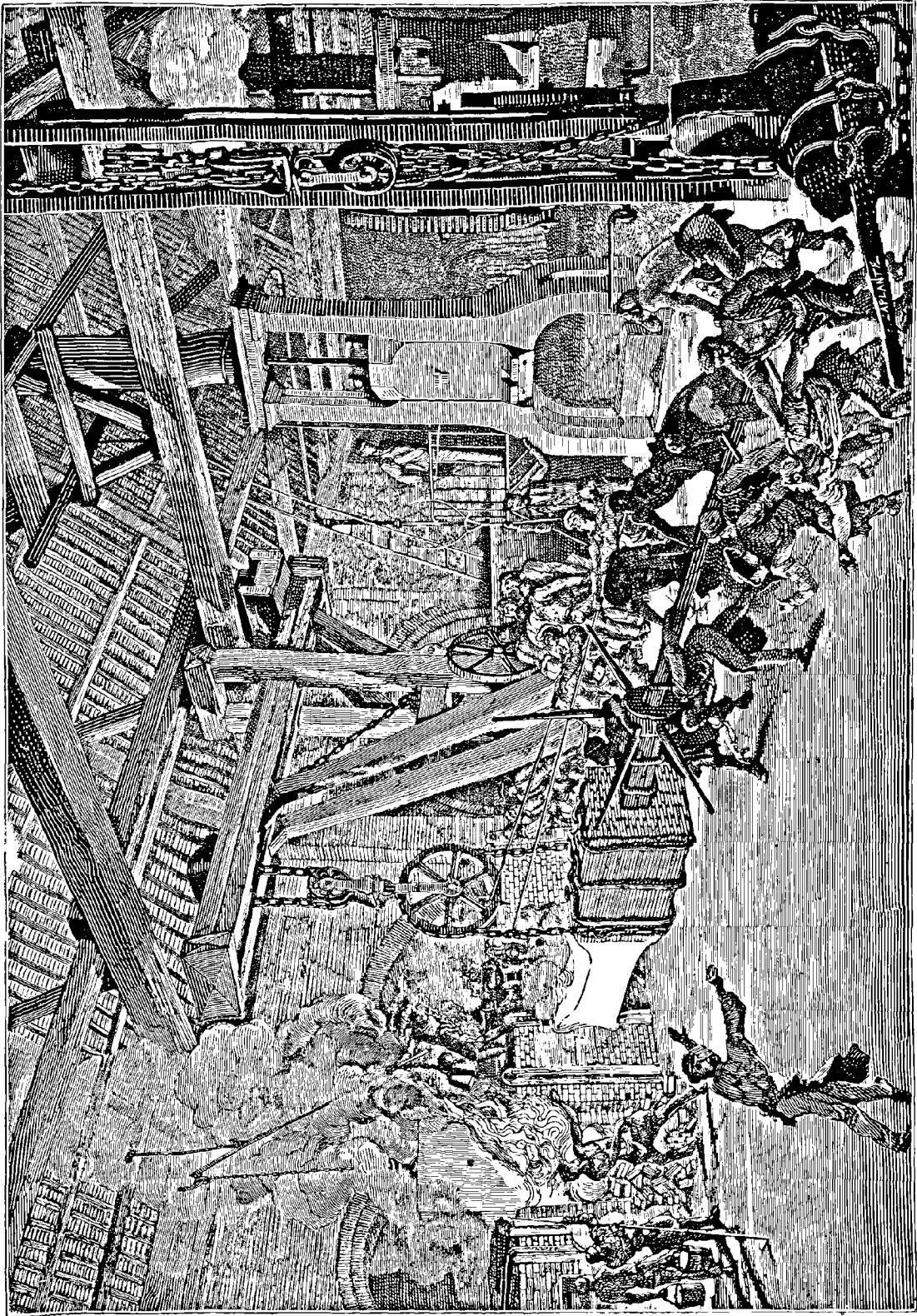


Fig. 90. — Forgeage mécanique.

Quelle que soit la complication d'une machine, les pièces qui la composent peuvent être ramenées à deux types principaux : les pièces *plates* et les pièces *rondes*. Les pièces plates sont fabriquées à la lime, au ciseau, au marteau ou à l'aide de machines qui en tiennent lieu. Parmi les pièces rondes, les unes sont cylindriques ou coniques, les autres ont des formes plus ou moins compliquées. Ces dernières sont généralement faites en fonte et obtenues par le coulage du métal fondu dans des moules reproduisant les détails de la forme cherchée; les pièces cylindriques ou coniques sont travaillées au tour.

Autrefois, toute cette fabrication se faisait exclusivement à la main, mais le



Fig. 91. — Tour à pédale.

développement de l'industrie a nécessité l'emploi de machines de dimensions telles, que le travail à la main est devenu insuffisant et a dû être, comme nous venons de le dire, remplacé par l'emploi d'engins mécaniques qui produisent dans de meilleures conditions la mise en œuvre de la matière première.

Ces engins sont appelés *machines-outils*; leur forme est très variée et doit dans chaque cas être appropriée au but poursuivi, mais elles ne sont toutes que des modifications plus ou moins profondes d'un petit nombre de machines types.

Les principales machines servant au travail des métaux et des bois sont les tours, les machines à raboter, les machines à mortaiser, les machines à aléser, les machines à percer, etc.

Le *tour* est sans contredit la plus importante des machines-outils; il sert à la fabrication des pièces qui sont dites de *révolution*, c'est-à-dire telles qu'en les coupant par un plan perpendiculaire à leur axe on a un cercle comme section, par exemple les cylindres, les cônes, les sphères, etc. Le tour permet de fabriquer des corps ne présentant pas ce caractère, mais c'est à l'aide de montages spéciaux qui sont exceptionnels.

La figure 91 représente un tour à *pédale*, qui peut être considéré comme le point de départ de toutes les modifications qu'on a fait subir à cette machine. Il se compose du bâti, des poupées et du support. Le bâti est formé par

deux pièces longues appelées *jumelles*, en bois ou en fonte, et supportées par des pieds. Sur la traverse, qui réunit deux de ces pieds, repose l'axe d'une roue que l'ouvrier met en mouvement à l'aide d'une pédale; sur cette roue passe une corde sans fin, qui va s'enrouler sur une poulie fixée à un arbre pouvant tourner entre les coussinets de la poupée P placée sur les jumelles. La pièce à tourner se monte à l'extrémité de l'arbre et on la soutient, si elle est longue, par la contre-pointe ou arbre pointu que porte la seconde poupée C.

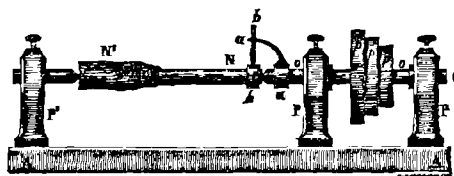


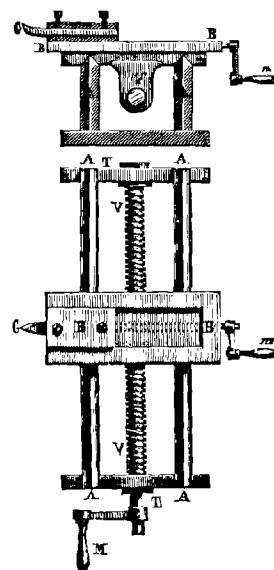
Fig. 92. — Tour à pointes.

Le montage de la pièce varie suivant les cas : on visse, sur l'extrémité de l'arbre, tantôt un mandrin creux dans lequel on entre à force une des extrémités de la pièce, c'est le cas de la figure 91; tantôt une pièce de fer à trois dents non situées dans le même plan et appelée *trident*; si la pièce est en bois, on peut, à l'aide du marteau, faire entrer les dents dans l'un de ses bouts et soutenir le centre de l'autre bout par la contre-pointe.

Lorsque l'arbre est mis en mouvement à l'aide de la pédale, la pièce tourne et vient se présenter à l'action d'un outil tranchant que l'ouvrier tient à la main et qu'il appuie sur le support S. Le tranchant de l'outil enlève d'autant plus de matière que l'ouvrier le pousse davantage contre la pièce; on comprend qu'en transportant son outil tout le long du morceau de fer ou de bois monté sur le tour, le tourneur pourra le transformer, soit en cylindre, soit en cône, soit en tout autre solide de révolution.

L'appareil qui vient d'être décrit est appelé *tour en l'air*. Le *tour à pointes*, qui est très souvent employé, surtout pour les métaux, diffère de celui-là en ce que l'arbre de rotation *oo* (fig. 92) se termine par une pointe et que la pièce NN' est montée entre cette pointe et la contre-pointe P'. On comprend que ce montage ne suffirait pas à faire tourner la pièce avec l'arbre, ou que tout au moins elle s'arrêterait lorsque l'outil l'attaquerait. Pour assurer sa rotation et la rendre tout à fait solidaire de l'arbre, on fixe sur elle une bague *h* munie d'une queue droite *b* appelée *toc*; sur l'arbre du tour est vissée une autre bague à queue courbe *aa* assez longue pour venir rencontrer *b*; lorsqu'on mettra l'arbre en mouvement, la queue *a* rencontrera le toc *b* et, en le poussant devant elle, fera tourner la pièce.

Le tour au pied a été transformé pour répondre aux besoins de l'industrie. La modification la plus importante que l'on ait faite est le *tour parallèle*

Fig. 93.
Chariot du tour parallèle.

à chariot. L'outil C nommé *crochet*, au lieu d'être tenu par la main de l'ouvrier, est porté sur une pièce BB appelée *chariot*, qui, comme le représente la figure théorique 93, repose sur les jumelles AA du tour et peut glisser sur elles. Pour le déplacer dans le sens de la longueur du tour, on a établi une vis VV qui court entre les deux jumelles et porte un écrou fixé à la partie inférieure du chariot, de sorte qu'en faisant tourner la vis on déplacera l'écrou et par conséquent le chariot dans le sens longitudinal. Quant à l'outil, à l'aide d'une vis que l'ouvrier met en mouvement en agissant sur la manivelle m, il peut à volonté être approché ou éloigné de la pièce et par suite

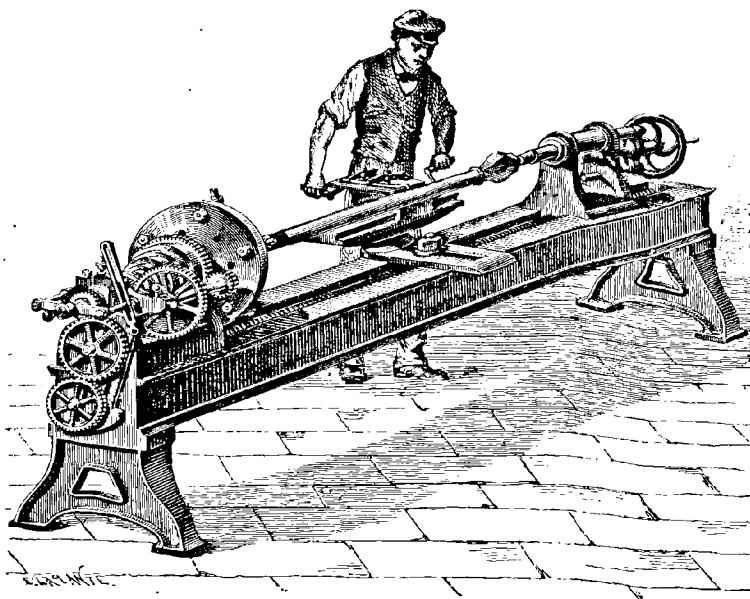


Fig. 94. — Tour parallèle à chariot.

mordre plus ou moins sur elle. La figure 94 représente l'ensemble d'un tour parallèle.

A l'extrémité du tour se trouvent des engrenages qui reçoivent le mouvement de la machine à vapeur de l'usine et qui le transmettent à l'arbre et à la pièce; en même temps ces engrenages font tourner lentement la vis longitudinale, de sorte que, pendant que l'outil, approché à distance convenable, mord sur la pièce, il parcourt celle-ci dans toute sa longueur, entraîné lui-même dans le mouvement du chariot.

Le même tour pourra servir à fabriquer des vis. En effet, supposons que nous voulions faire sur une tige cylindrique montée sur le tour une vis dont le pas soit d'un centimètre¹; il est évident qu'il suffira de munir le tour d'engrenages qui déplaceront le chariot d'un centimètre pendant que la tige fera

1. On dit qu'une vis a un pas d'un centimètre quand deux spires consécutives sont distantes d'un centimètre.

un tour. C'est par ce procédé que s'exécutent la plupart des tiges filetées qui entrent dans la construction des machines.

On voyait à l'Exposition de 1889, dans la galerie des machines, un tour de dimensions colossales, de fabrication anglaise, et destiné aux usines du Creusot.

Les machines à raboter servent à dresser les surfaces, c'est-à-dire à les rendre plates. Il y en a de deux sortes : 1° celles dans lesquelles la pièce à dresser est mobile, tandis que l'outil est fixe; 2° celles dont l'outil se meut dans un plan horizontal, tandis que la pièce est maintenue fixe pendant le travail.

La figure 95 représente une machine à raboter à outil fixe. Sur deux jumelles AA, dont les faces supérieures sont bien planes, peut glisser un chariot BB sur lequel est montée la pièce PP à raboter. Le chariot porte à sa partie inférieure une crémaillère D qui engrène avec une roue dentée C, fixée sur un arbre que met en mouvement la machine à vapeur de l'usine. On comprend qu'en faisant tourner cet arbre tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, on imprimera au chariot un mouvement alternatif de translation suivant la longueur de la machine. Au-dessus du chariot et soutenu par des supports EE se trouve le porte-outil. Il se compose d'un cadre FF le long duquel peut glisser, grâce à une vis HH mue par la manivelle I, une plaque GG appelée *curseur*, où est fixé l'outil *m*, qui peut lui-même être déplacé verticalement à l'aide d'une vis manœuvrée par la manivelle L.

On voit que, lorsqu'on a placé l'outil à la hauteur convenable pour qu'il s'engage dans le métal, si l'on met le chariot BB en mouvement, la plaque PP viendra passer sous l'outil *m*, qui enlèvera à sa surface une bande ayant la largeur du tranchant. Si l'on suppose maintenant que le chariot, après avoir décrit sa course, soit ramené à sa position primitive, il suffira, pour

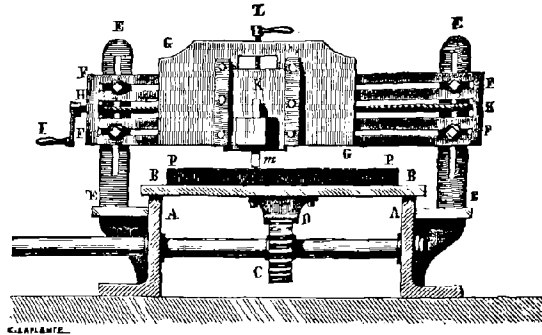


Fig. 95. — Machine à raboter.

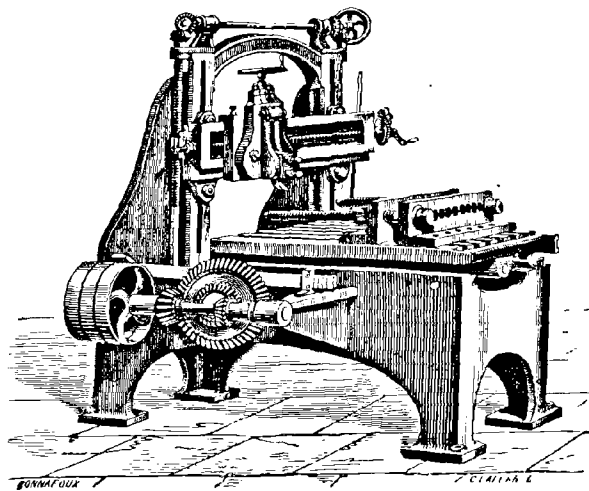


Fig. 96. — Machine à raboter.

enlever une bande contiguë à la première, de déplacer latéralement l'outil *m*. L'ouvrier qui dirige la machine n'a donc qu'à mettre l'outil à la hauteur convenable et à le déplacer latéralement à mesure que le travail avance.

La figure 96 représente en perspective une machine à raboter.

On comprendra facilement qu'on puisse arriver à exécuter le travail précédent avec des machines dans lesquelles la pièce à raboter serait fixe, tandis que l'outil se promènerait à sa surface, tout en pouvant être aussi animé d'un mouvement latéral.

On se sert de machines semblables pour canneler les surfaces cylindriques.

Les *étaux limeurs* sont de petites machines à raboter destinées à dresser des pièces de petites et de moyennes dimensions, ou des surfaces comme la tranche ou le bord d'une planche de fer, dont les autres faces auraient été dressées par la machine à raboter. Ils rendent de très grands services dans les ateliers.

La *machine à mortaiser* sert à pratiquer des entailles dans des pièces métalliques. C'est une espèce de machine à raboter dans laquelle le jeu de l'outil est vertical; on met au-dessous de lui la pièce à travailler, qui est montée sur un

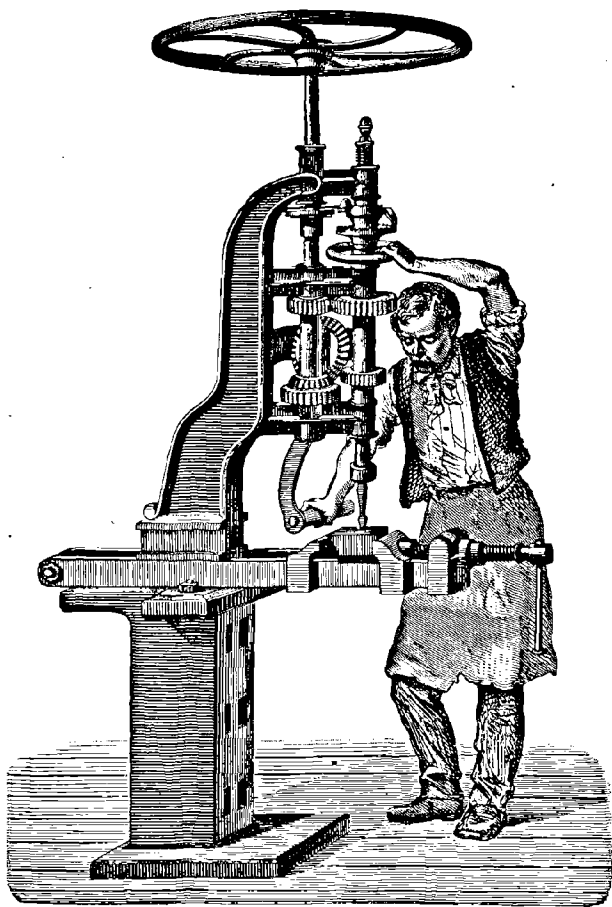


Fig. 97. — Machine à percer.

tablier que l'on peut déplacer de manière à présenter à l'outil les parties à attaquer.

Les *machines à percer* servent, comme leur nom l'indique, à pratiquer des trous dans les métaux. La figure 97 représente une des nombreuses dispositions employées. L'outil, ou *foret*, est adapté à l'extrémité d'une tige cylindrique appelée *porte-foret*, qui peut tourner entre des guides et se déplacer verticalement. Le mouvement est communiqué par des engrenages mus à la vapeur ou à la main. Quand on veut percer un trou dans une pièce de fer, par exemple, on la place sur la table de la machine et, comme le représente

la figure, l'ouvrier agit de la main gauche sur une vis qui fait descendre le foret à hauteur convenable, puis, de la main droite, il le met en mouvement, et, à mesure que le trou se perce, il fait descendre l'outil.

Pour percer, dans les plaques de tôle qui servent à la construction des chaudières à vapeur, les trous destinés à recevoir les rivets, on se sert des machines à poinçonner. L'outil est un *poinçon* ou cylindre d'acier aiguisé sur la circonférence de sa base inférieure; la pression d'un balancier, auquel il est relié et qui est mû par la vapeur, le fait entrer dans la tôle, et le trou est percé avec une parfaite netteté.

On appelle *machine à aléser* un appareil servant à raboter intérieurement la surface concave de certaines pièces, comme les cylindres de machines à vapeur, et à leur donner le diamètre intérieur qu'elles doivent avoir. Nous citerons celle de MM. Stéhalin et C^{ie}. Le cylindre à aléser AA (fig. 98) est installé solidement sur une plate-forme BB de manière que son axe géométrique coïncide avec l'axe d'un arbre DD, le long duquel peut glisser, par un mécanisme spécial, le disque C, qui est le porte-outil de la machine. Sur la circonférence de ce disque sont disposés des burins chargés d'entailler la surface intérieure du cylindre. On comprend que si, à l'aide de la vis sans fin VV et de la roue dentée RR fixée à l'arbre DD, on communique un mouvement de rotation à celui-ci, les burins entailleront le cylindre et seront transportés le long de sa hauteur par le porte-outil, qui se déplacera verticalement par l'effet des roues dentées et de la crémaillère que montre la partie supérieure de la figure. On arrivera ainsi à donner au cylindre le diamètre qu'il doit avoir, tout en dressant parfaitement sa surface intérieure.

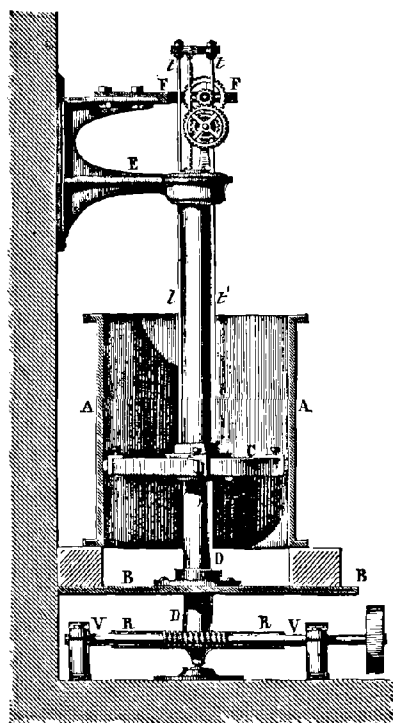


Fig. 98. — Machine à aléser.

On se sert souvent aussi dans la construction des machines, pour courber certaines pièces métalliques, d'appareils qui ont reçu le nom de *machines à cintrer*. Elles se composent essentiellement, comme le représente la figure 99, de deux cylindres parallèles juxtaposés, et d'un troisième placé au-dessus de l'intervalle des deux premiers. La pièce à cintrer est engagée entre le cylindre supérieur et les deux autres, et, par le mouvement de la machine, le cylindre supérieur, en tournant, force cette pièce à se cintrer dans l'espace laissé entre les deux cylindres inférieurs.

Nous devons encore citer parmi les machines-outils rendant de grands services à l'industrie les *machines à tailler les roues d'engrenage*. La disposition la plus employée

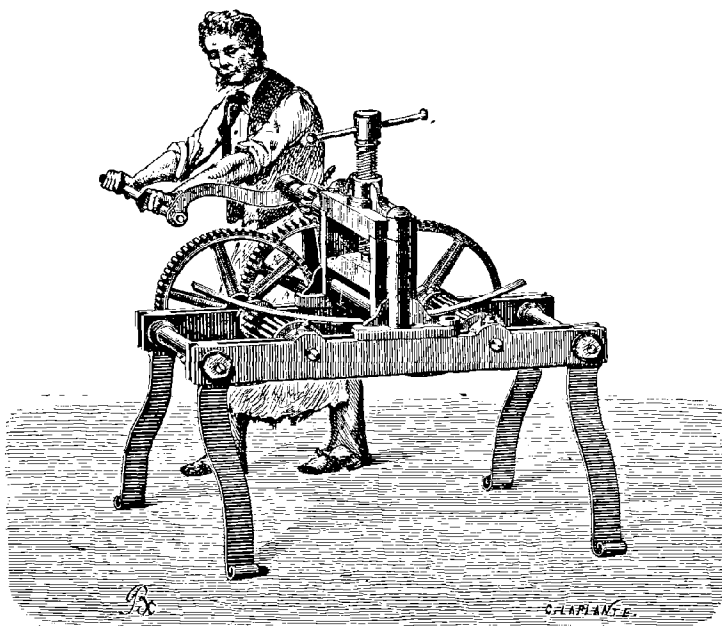


Fig. 99. — Machine à cintrer.

est la suivante : la roue R (fig. 100), sur la circonférence de laquelle on veut faire des dents, est calée sur un arbre horizontal O qui repose sur des supports fixes. Derrière la roue R et sur le même arbre est montée une plate-forme

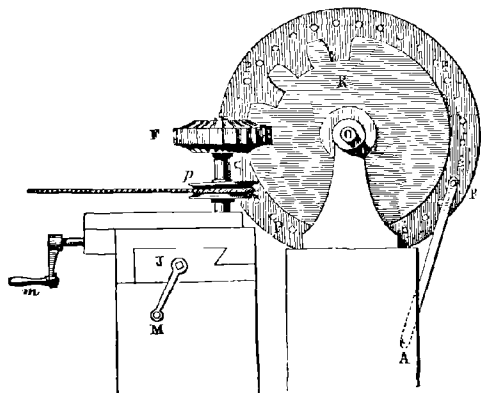


Fig. 100. — Machine à tailler les dents d'engrenage.

PP munie de trous sur sa circonférence; dans ces trous peut entrer une cheville placée à l'extrémité d'un levier AB mobile autour du point fixe A pris sur le support de l'arbre. Lorsque la cheville est dans l'un des trous de la plate-forme, l'arbre ne peut tourner et la plate-forme est fixe, ainsi que la roue R.

Pour entailler celle-ci, on se sert de l'outil F, qui peut être animé d'un mouvement rapide de rotation par l'intermédiaire d'une corde sans fin, s'enroulant sur une poulie *p* montée sur son axe. Il présente des saillies tran-

chantes dont le profil est celui de l'intervalle de deux dents; il est d'ailleurs fixé sur un chariot semblable au porte-outil du tour parallèle et peut être animé de deux mouvements rectangulaires : la manivelle *m* le fait avancer dans le sens du rayon de la roue R, et la manivelle M dans le sens de son épaisseur.

Quand on veut faire fonctionner la machine, à l'aide de la manivelle M, on place l'axe de l'outil dans le plan qui diviserait l'épaisseur de la roue en deux parties égales; puis, en agissant sur la manivelle *m*, on porte l'outil vers la roue. A mesure qu'il avance, il tourne d'un mouvement rapide et creuse dans la roue une entaille de plus en plus profonde. Quand il a atteint la profondeur correspondant à l'intervalle de deux dents, on le fait reculer, on retire la cheville du trou où elle était placée, on la fixe dans le suivant, ce qui fait tourner R, et l'on recommence l'opération. La plate-forme est ordinairement munie de

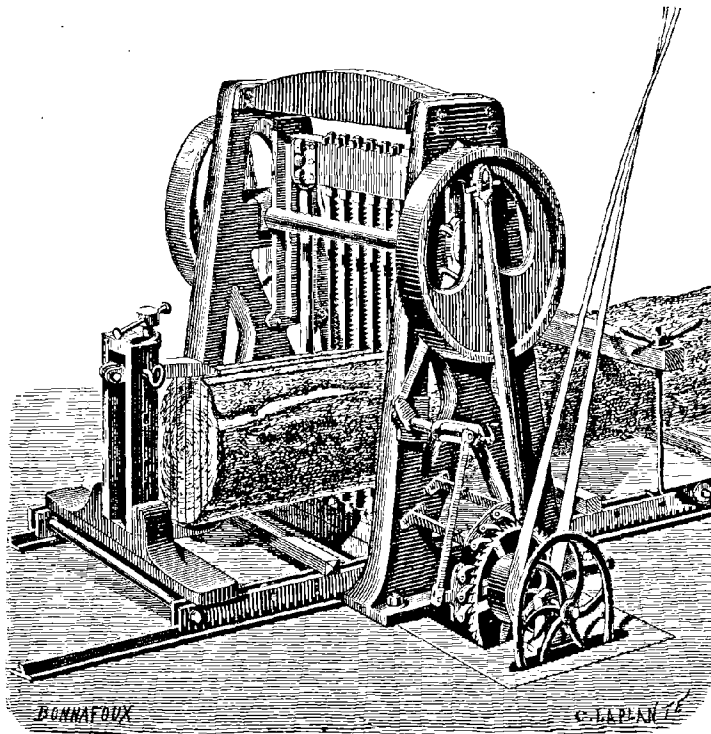


Fig. 101. — Scie à châssis vertical

plusieurs systèmes de trous dont la distance correspond à l'écartement que l'on veut donner aux dents de la roue d'engrenage.

Les nombreuses industries qui font usage de bois dressés emploient maintenant des machines-outils capables de remplacer par un travail mécanique celui que l'on faisait autrefois à la main.

Parmi ces machines nous signalerons celles qui servent à débiter les bois et à les raboter.

Le débitage des bois est l'opération qui consiste à les diviser en poutres, en madriers, en planches et en feuillettes minces. Ce travail se fait quelquefois à la main, mais le plus souvent il a lieu à l'aide de scies mécaniques, que l'on peut répartir en deux grandes classes :

- 1° Les scies à mouvement rectiligne alternatif;
- 2° Les scies à mouvement continu.

La première classe comprend les scies *verticales* et les scies *horizontales*.

Les scies verticales sont celles qui sont le plus généralement employées. Elles se composent essentiellement d'un châssis (fig. 101) dans lequel se trouvent montées plusieurs lames de scies, et qui est animé d'un mouvement de va-et-vient dans le sens vertical. Il est évident que, si l'on vient présenter aux lames la pièce à débiter en la poussant contre elles, elles entreront dans le bois, et le sciage s'effectuera d'une manière continue. Cette pièce est d'ailleurs amenée au contact des lames par un chariot mobile dont le mécanisme moteur est relié à celui du châssis; par suite, à chaque mouvement de la scie, le chariot et la pièce de bois avancent d'une certaine quantité contre les lames. Les lames sont en acier et la forme de leurs dents dépend de la nature des bois.

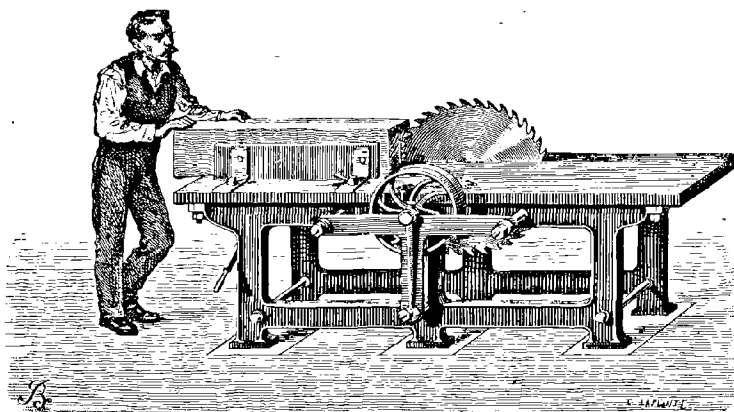


Fig. 102. — Scie circulaire.

Les scies *horizontales* sont spécialement destinées au sciage des *bois de placage*. On donne ce nom à des feuilles très minces de bois, souvent exotiques, avec lesquelles les ébénistes recouvrent les bois de pays. Les organes mécaniques dont se composent les scies horizontales ne diffèrent pas sensiblement de ceux des scies verticales. Le châssis porte-lame se meut horizontalement, et le chariot sur lequel est placé le bois se meut verticalement. Dans les machines de cette espèce, il n'y a qu'une lame très mince et très étroite; elle forme l'un des côtés du cadre qui la porte et agit par son arête inférieure.

La classe des scies à mouvement continu comprend les scies *circulaires* et les scies *à ruban*.

La scie circulaire proprement dite est un simple disque de tôle d'acier (fig. 102), dont la circonférence est garnie de dents. Le disque est monté sur un arbre de fer auquel on communique un mouvement rapide de rotation. La scie sort ordinairement à travers une fente pratiquée dans une table dont elle dépasse le niveau; en faisant glisser le bois sur cette table et en le poussant

contre l'outil on le scie avec une grande régularité et en très peu de temps. Souvent plusieurs lames sont montées sur le même arbre et fonctionnent à la fois. Le mouvement de la pièce de bois est produit à la main ou mécaniquement.

On appelle *scie à ruban* une scie formée par une lame d'acier très flexible, dont les deux extrémités sont réunies et qui passe sur deux poulies chargées de lui communiquer un mouvement de rotation continue. La pièce de bois est déplacée

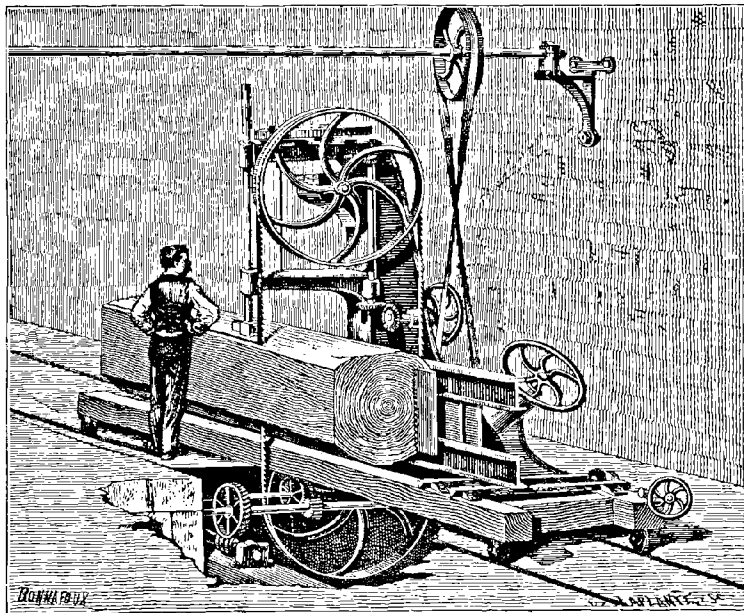


Fig. 103. — Scie à ruban.

mécaniquement ou à la main, pendant que la lame, qui se meut verticalement, pénètre dans son intérieur.

La figure 103 représente une scie à ruban employée pour le débitage des bois en grume. La pièce à scier est portée sur un chariot qui est animé d'un mouvement lent, en vertu duquel elle se déplace à mesure que le travail avance. Pour que les scies à ruban fonctionnent bien et que les lames ne se brisent pas, il faut qu'elles aient une très grande vitesse.

L'industrie emploie aussi des machines à raboter qui permettent de dresser les bois sur une, deux, trois, quatre... faces. Nous ne les décrirons pas.

INDUSTRIES DE L'ALIMENTATION

Nous rangerons dans cette classe toutes les industries qui concourent à l'alimentation de l'homme en transformant les matières premières que lui livre la nature. L'agriculture, la chasse et la pêche fournissent, moins l'eau et le sel, toutes les substances employées dans l'alimentation. Tantôt les produits qu'elles nous offrent n'ont besoin que de subir une manipulation domestique et une simple cuisson, comme les légumes et la viande; tantôt, au contraire, ils réclament l'intervention de l'industrie pour être transformés en aliments : le blé, par exemple, pour être converti en pain, doit être livré successivement au meunier, qui le réduit en farine, et au boulanger, qui fabrique du pain avec cette farine.

Nous allons décrire les procédés employés pour la fabrication des principales substances alimentaires : la meunerie, la boulangerie, la fabrication des pâtes alimentaires, du beurre, des fromages, des conserves, du sucre, du chocolat, des dragées, des bonbons, du vin, de la bière, du cidre, etc., fixeront particulièrement notre attention.

CHAPITRE IV

MEUNERIE ET BOULANGERIE — PATES ALIMENTAIRES BEURRES ET FROMAGES

MEUNERIE ET BOULANGERIE

Les graines du froment et des céréales en général renferment des principes qui les rendent précieuses pour l'alimentation; riche à la fois en amidon et en matières azotées, telles que le gluten, le froment forme presque partout le principal et quelquefois le seul aliment de l'homme; mais il faut pour cela qu'il soit réduit en une poudre appelée *farine*, que l'on obtient en écrasant les grains de blé et en séparant les parties corticales qui constituent ce qu'on appelle le *son*.

Le grain de blé se compose en effet d'une enveloppe externe, qui est éliminée à l'état de son, et d'un noyau farineux. La partie interne du noyau est la plus tendre : elle donne une farine très blanche et très fine (*fleur*), mais pauvre en gluten et par suite peu nourrissante. La zone qui enveloppe le noyau est plus dure; à la mouture elle donnera le gruau blanc. La zone extérieure du noyau à farine est encore plus dure et constitue le gruau gris.

De tout temps l'homme a demandé aux graines du froment son aliment principal. Il est certain que l'homme préhistorique a fait usage du blé : car on a retrouvé du blé remontant à l'âge du bronze dans les stations lacustres de la Suisse et en France, dans un foyer préhistorique découvert par MM. Pommerol aux Martres-de-Veyre (Puy-de-Dôme). Les historiens de la Chine nous apprennent que le blé y était cultivé près de trois mille ans avant Jésus-Christ. Les anciens peuples attachaient une très grande importance à la conservation des blés. Au temps des Pharaons, Joseph fut chargé d'administrer les récoltes de l'Égypte. Les blés étaient conservés dans des cavités souterraines appelées *silos*. On a retrouvé en Afrique, près d'Oran et d'Arzew, des silos dans lesquels les Romains et les Maures enfouissaient leurs immenses approvisionnements de blé. Pour protéger le grain contre l'humidité, on avait recouvert l'intérieur de ces cavités

au moyen de revêtements auxquels le temps avait donné une dureté et une résistance très grandes. Les Romains conservaient leur blé dans des vases clos appelés *jarres*. Le musée de Nîmes possède un de ces vases qui a une capacité de 25 hectolitres.

Pendant des siècles le pain de l'homme n'était pas préparé avec de la farine, mais avec du blé grossièrement concassé dans des mortiers à l'aide de pilons ou de pierres plates que l'on faisait glisser l'une sur l'autre (fig. 104). Plus tard les Romains se servirent de pierres plates taillées en forme de disques : l'une était fixe et recevait le grain, au-dessus d'elle était une autre pierre qu'à l'aide d'un manche mobile on faisait rouler sur la première pour écraser le grain. Ce système, qui représente l'état embryonnaire des meules que nous



Fig 104. — Femme écrasant le blé.

employons aujourd'hui, fut remplacé chez les Romains par un moulin plus perfectionné, qui se composait de deux troncs de cône en pierre à cône vertical et emboîtés l'un dans l'autre tout en laissant entre eux un certain intervalle, dans lequel on jetait le blé. Le tronc de cône intérieur était fixe, l'extérieur était armé d'un long levier horizontal à l'aide duquel on le faisait tourner autour de l'axe vertical. Pendant la rotation le grain, pris entre les deux cônes, s'écrasait. *Turner la meule* était un travail fort pénible, qui était exécuté par les prisonniers de guerre, par les esclaves et par les citoyens pauvres. Le poète latin Plaute, qui vivait au III^e siècle avant notre ère et nous a laissé des comédies si étincelantes de verve et d'esprit, avait commencé par *turner la meule*. Est-ce pendant ce travail qu'il méditait déjà ses poésies?

Plus tard, au VII^e siècle, apparaissent en Bohême les premiers moulins à vent; l'invention fut, dans la suite, transportée en France, où elle prit un grand déve-

loppement. Un moulin à vent se compose essentiellement d'une *meule courante* *m* (fig. 105) horizontale, qui peut se mouvoir au-dessus d'une meule fixe. Les ailes AA du moulin sont couvertes de toiles, sur lesquelles le vent agit comme sur les voiles d'un navire; les ailes tournent et font mouvoir l'axe BB sur lequel elles sont montées. Celui-ci porte un engrenage CC tournant avec lui et engrenant avec la pièce D montée sur l'axe de la meule courante, qui reçoit par suite le mouvement de rotation des ailes.

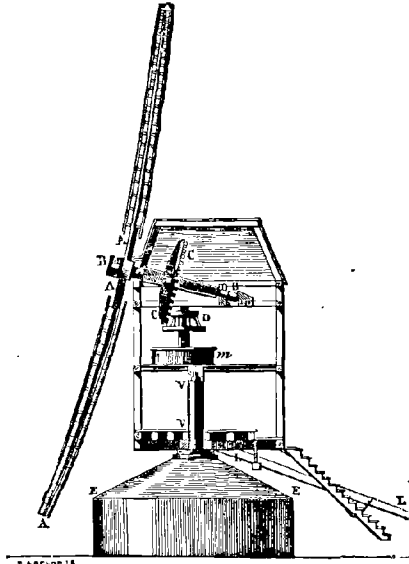


Fig. 105. — Moulin à vent.

Celui-ci porte un engrenage CC tournant avec lui et engrenant avec la pièce D montée sur l'axe de la meule courante, qui reçoit par suite le mouvement de rotation des ailes.

Une paire de meules se compose de deux cylindres de pierre dure MM' (fig. 106) formés généralement de morceaux réunis avec du plâtre très fin et serrés par un cercle de fer. La meule inférieure M' est fixe; elle s'appelle le *gîte* ou la *meule dormante*; la meule supérieure, placée à une très petite distance au-dessus de la première, est mobile et se nomme la *meule courante*. Elle est fixée à un axe de rotation B, qui traverse la meule dormante, et elle repose sur lui par l'intermédiaire d'une pièce de fer A, nommée *anille*, encastrée dans un trou pratiqué à son centre. L'anille n'intercepte qu'en partie l'ouverture centrale de la

meule courante. L'intervalle compris entre l'axe B et les parois du trou central de la meule dormante M' se trouve rempli par des morceaux de drap. Les faces en regard des meules ne sont pas planes; elles sont munies de rainures peu profondes dirigées du centre à la circonférence, comme l'indique la figure 107.

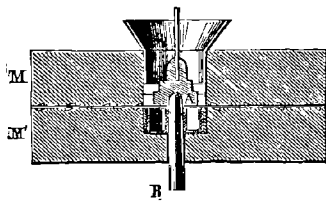


Fig. 106. — Meules de moulin.

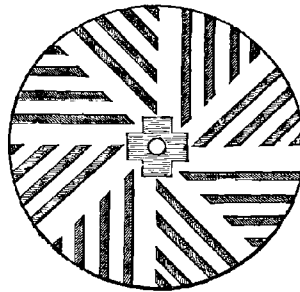


Fig. 107. — Plan de meules.

Les moulins à vent sont maintenant remplacés par des usines aménagées d'après les lois de l'industrie moderne. La figure 108 représente un moulin à six paires de meules MM. Le blé, parfaitement nettoyé, est ordinairement pris par des chaînes à godets, qui le transportent à l'étage où se trouve le réservoir à grains appelé *engreneur*. De là il tombe par son poids dans un distributeur

qui le laisse tomber dans des tubes chargés de le conduire dans les entonnoirs placés au-dessus des meules. Les meules reçoivent leur mouvement d'engrenages situés dans l'étage inférieur appelé *beffroi*. Les villes où la meunerie, ou minoterie, est le plus développée sont : Corbeil, Gray, Poitiers, Moissac, Montauban; enfin nos grands ports où sont convertis en farine les grains venus de l'étranger, en première ligne Marseille, puis le Havre et Bordeaux.

La transformation du blé en farine comporte trois phases principales : 1° le *nettoyage*, qui a pour but d'enlever au blé toutes les matières étrangères, comme la terre, la poussière, les débris de paille, etc.; 2° la *mouture*, qui écrase le grain; 3° le *blutage*, qui est un tamisage destiné à séparer la farine du son.

Le *nettoyage du blé* se fait dans des appareils spéciaux dont la disposition varie d'une usine à l'autre. Le grain y est soumis à l'action de surfaces rugueuses qui le frottent en tout sens, pendant qu'un courant d'air rapide lancé par un ventilateur sépare la poussière, les débris de paille, etc.

Ajoutons toutefois que les blés durs subissent l'action de cylindres *comprimeurs* qui font l'office de laminoirs et qui, en écrasant le grain, le préparent à la mouture.

Le blé versé dans l'entonnoir, qui surmonte la paire de meules, tombe par le trou central de la meule courante; comme les morceaux de drap l'empêchent de s'en-

gager entre l'axe B et le trou de la meule dormante, il est entraîné entre les meules par la rotation de la meule courante. Dans ce mouvement les grains de blé, se trouvant pris entre les rainures comme entre les lames d'une paire de ciseaux, sont broyés, moulus et en même temps portés vers la circonférence. La poudre résultant de ce broyage tombe dans un intervalle annulaire compris entre la meule et l'enveloppe de bois qui l'entoure. Entraînée par elle, elle va sortir par un orifice latéral; là elle est reprise et transportée mécaniquement dans un *refroidisseur*, qui se compose d'une grande cavité cylindrique au fond de laquelle se meut circulairement un râteau. Voici le but de cet appareil : le blé, en passant sous les meules, s'est échauffé par le frottement et il est bon

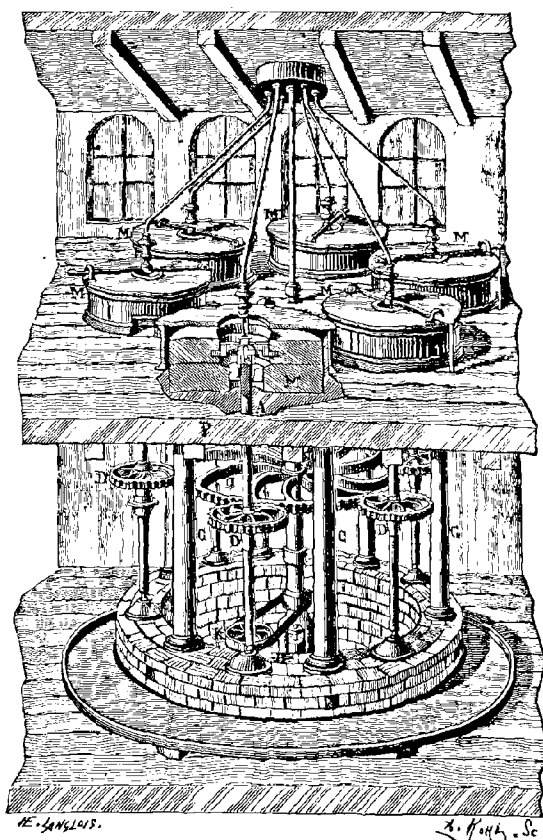


Fig. 108. — Noulin de six paires de meules.

de refroidir immédiatement le mélange de farine et de son (appelé *boulangé*) afin d'empêcher son altération. Remué dans l'intérieur du refroidisseur par le râteau, il est bientôt refroidi et déversé dans les bluteries.

Le *blutage* n'est autre qu'un tamisage ayant pour effet de séparer les farines de grosseurs diverses qui constituent le mélange sortant des meules, depuis la farine la plus fine jusqu'aux pellicules les plus grosses.

Les blutoirs le plus généralement employés se composent d'un axe de bois, qui est incliné et porte des bras sur lesquels sont fixées de longues tringles de bois parallèles à l'axe et formant les arêtes d'un prisme à six pans. Une gaze de soie est tendue sur cette carcasse. L'appareil est enfermé dans une espèce de

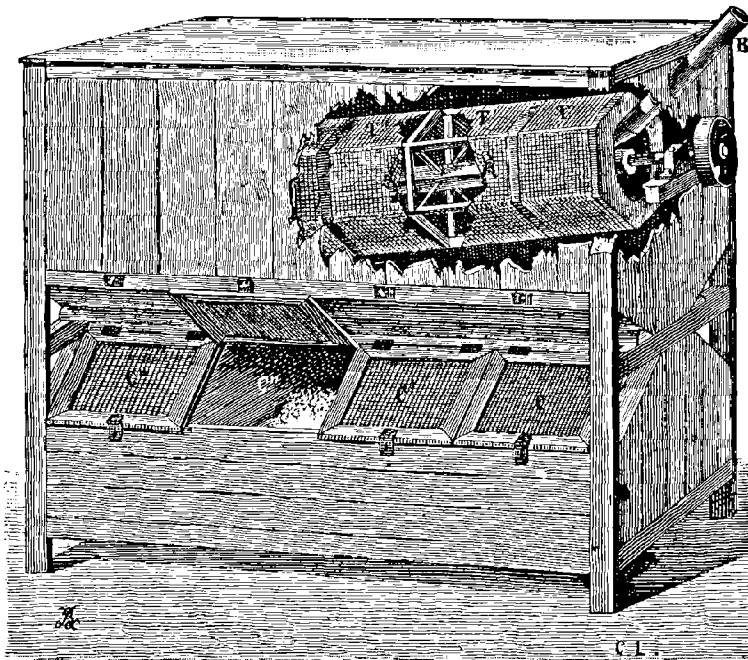


Fig. 109. — Blutoir.

coffre. La boulangé est introduite par l'ouverture supérieure, et, pendant que l'appareil tourne, la farine assez fine pour traverser les mailles de la gaze tombe dans le coffre. Cette première farine est appelée *farine de blé*; elle est composée des parties les plus ténues qui proviennent de l'écrasement des portions les moins dures des grains. Tout ce qui ne passe pas dans ce premier blutage constitue le son, c'est-à-dire un mélange de pellicules et de grains plus gros que ceux qui forment la farine de blé.

Ce mélange de gruau et de son est envoyé à un autre blutoir qui est garni de gazes de finesses différentes T, T', T'' (fig. 109); la grosseur des mailles va en augmentant depuis l'entrée du blutoir jusqu'à la sortie. Le coffre dans lequel il se meut est divisé en compartiments correspondant à chaque espèce de gaze. On comprend qu'à travers la première gaze passera le gruau le plus fin qui tom-

bera dans le premier compartiment; dans le second se trouvera un gruaux un peu moins fin, et ainsi de suite jusqu'au son le plus gros. On a, en général, trois espèces de gruaux et trois qualités de son.

Le blutage ne suffit pas à séparer les fragments de même grosseur venant, les uns, les plus lourds, de l'amande du grain, les autres, les plus légers, de la pellicule. Pour effectuer cette séparation, on soumet le mélange à un appareil, appelé *sasseur*, qui se compose essentiellement d'une table T inclinée et

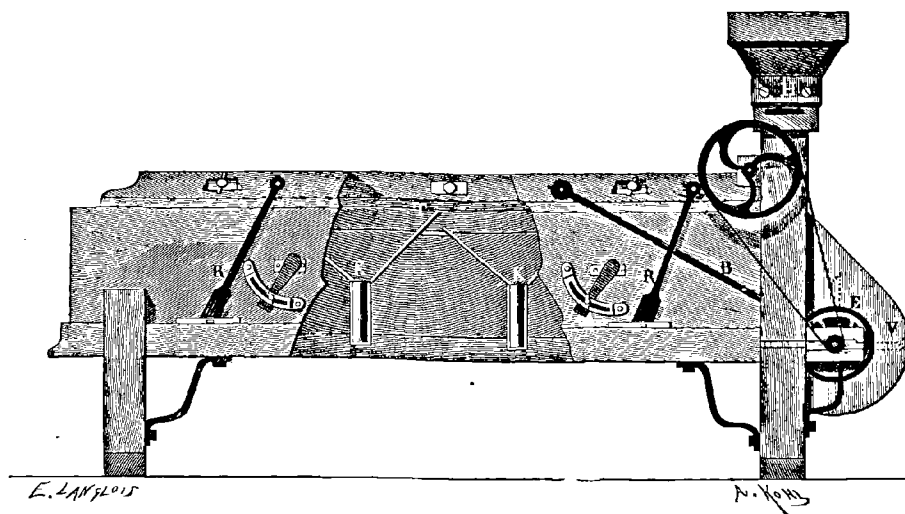


Fig. 110. — Sasseur.

appelée *sas* (fig. 110), formée par des peaux percées de trous d'inégale grosseur. Cette table reçoit, de bielles B et de ressorts R, un mouvement de va-et-vient horizontal. Le mélange agité sur la table se sépare en deux parties : la plus lourde, qui va au fond, passe à travers ces trous et tombe dans des trémies K, d'où il va au dehors; la plus légère reste au-dessus, constamment soutenue par un courant d'air qui traverse, de bas en haut, les trous des peaux et vient d'un ventilateur V.

On soumet les gruaux à une nouvelle mouture et on les mélange, en proportions variables, à la farine de blé pour faire des farines de qualités diverses.

PAIN

Le pain est la substance qui joue le rôle le plus important dans l'alimentation de l'homme; il est ordinairement préparé avec la farine de blé. On le fabrique en délayant la farine dans l'eau de manière à en faire une pâte; mais, comme

cette pâte serait trop compacte et trop lourde à digérer, on mélange à la farine une certaine quantité d'une substance nommée *levain* qui, déterminant dans la masse un phénomène de fermentation, décompose une partie de l'amidon que renferme le blé et le transforme en alcool et en un gaz appelé *acide carbonique*.

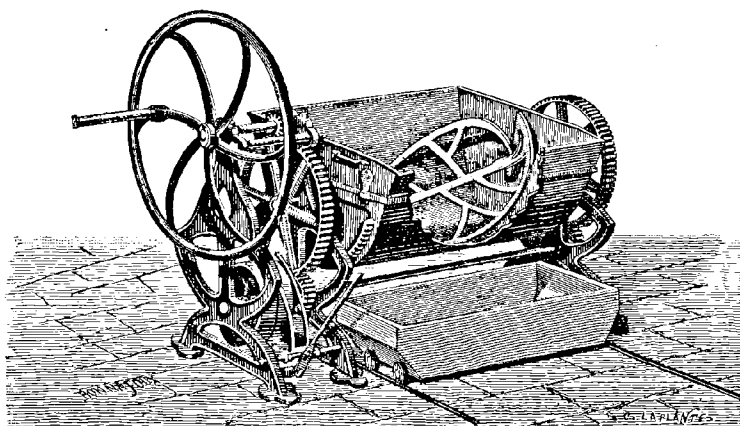


Fig. 111. — Pétrin Boland.

On met ensuite le pain dans un four chaud; la chaleur arrête la fermentation commencée et fait dilater toutes les bulles de gaz. Celles-ci, en réagissant sur la pâte, la distendent et y produisent toutes ces petites cavités qui rendent le pain moins compact et par suite plus facile à digérer. L'élasticité de la pâte

est due à une substance que renferme la farine et qui est nommée *gluten*. Cette substance est un aliment précieux; aussi plus une farine contient de gluten, plus le pain qu'elle donne est léger et nutritif.

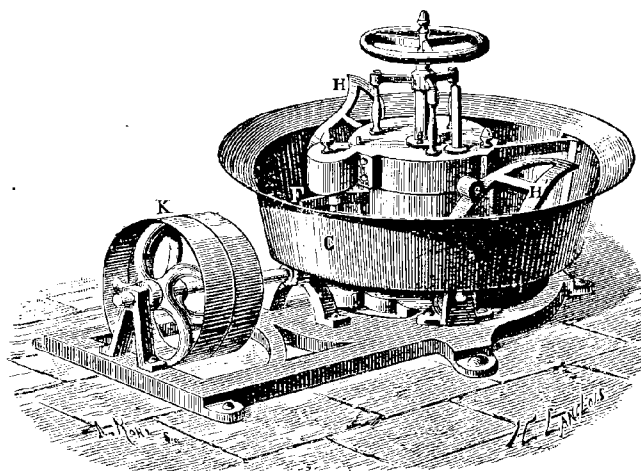


Fig. 112. — Pétrin Deliry.

Tels sont les principes sur lesquels repose la panification, que nous allons maintenant étudier dans ses détails.

La fabrication du pain se compose de trois opérations distinctes : 1° la *pré-*

paration des levains; 2° le *pétrissage de la pâte*; 3° la *cuisson du pain*.

On se sert en France de deux sortes de levain : la *levure de bière* et le *levain de pâte*. La levure de bière est une substance qui se produit dans la fabrication de la bière et qui a la propriété de déterminer dans la pâte de farine le phénomène

de fermentation dont nous avons parlé. On l'emploie lorsqu'on n'a point de pâte provenant d'une panification précédente; mais, en général, on préfère se servir du levain, que l'on prépare en prélevant à la fin de chaque opération une certaine quantité de pâte et en l'abandonnant dans un endroit chaud. Elle y fermente et devient elle-même un véritable ferment, capable de provoquer la fermentation de la pâte dans laquelle on la mettra.

Le boulanger verse d'abord dans le pétrin, espèce de coffre en bois de chêne, le levain gardé d'un précédent pétrissage et ajoute la quantité d'eau et de sel que l'habitude lui fait juger nécessaire. Il divise le levain avec les mains, puis introduit dans la masse liquide la quantité de farine destinée à la fabrication de la pâte. Cette opération s'appelle la *frase*. Elle est suivie de la *contre-frase*, qui consiste à

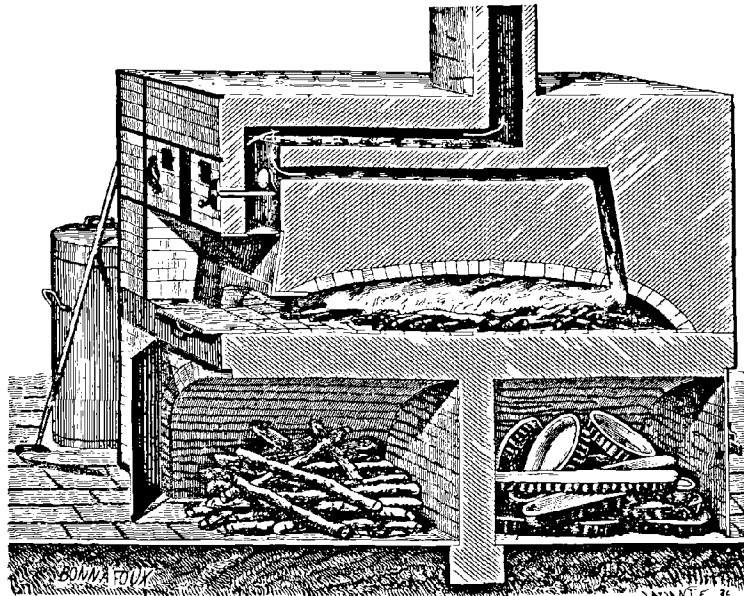


Fig. 113. — Four ordinaire.

retourner la pâte de droite à gauche et de gauche à droite, à la soulever et à la laisser retomber ensuite de manière à y introduire de l'air. Ce travail a pour effet de faire un mélange très homogène; il est très pénible et provoque chez l'ouvrier une transpiration abondante.

Le pétrissage mécanique tend à se substituer de plus en plus au pétrissage à bras, sur lequel il présente des avantages incontestables sous le rapport de l'hygiène, de la propreté et de la régularité du travail. On a inventé plusieurs systèmes de pétrin mécanique. Le pétrin Boland se compose (fig. 111) d'un demi-cylindre dans lequel se meut, sous l'influence de la vapeur ou de tout autre moteur, un système de lames de fer façonnées en spirale et disposées de telle sorte que leurs différentes parties en tournant soulèvent, allongent, élèvent la pâte et la déplacent avec lenteur, ce qui est préférable à un mouvement rapide qui la déchirerait.

Le pétrin Deliry se compose d'une auge C (fig. 112) dans laquelle on verse le levain et l'eau, puis la farine. Cette auge est mobile et tourne en sens inverse des organes malaxeurs F, H et H'.

Lorsque le pétrissage est terminé, soit à bras, soit mécaniquement, on *tourne* la pâte, c'est-à-dire qu'on la divise en *pâtons*, qui sont pesés et placés dans des corbeilles garnies de toile saupoudrée de farine, ou même dans les replis d'une toile. On les abandonne pendant quelque temps à proximité du four : la fermentation se développe et les pâtons se gonflent sous l'influence des gaz. Il faut surveiller ce phénomène et ne pas laisser faire trop de progrès à la fermentation, sans quoi l'alcool produit se transformerait lui-même en vinaigre; celui-ci, en

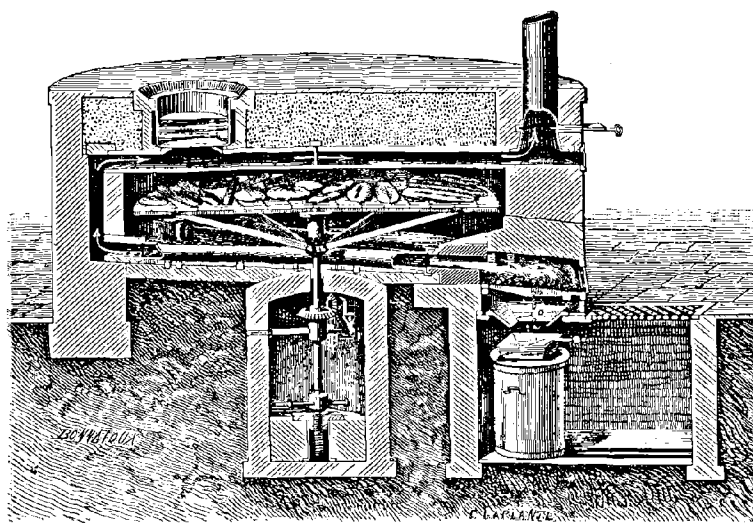


Fig. 114. — Four aérotherme.

liquéfiant le gluten, diminuerait la ténacité de la pâte, qui laisserait échapper les gaz et s'affaisserait; la panification serait manquée.

Lorsque les pâtons sont convenablement levés, il n'y a plus qu'à les cuire. Pour cela ils sont introduits dans un four chauffé à l'avance et y restent environ trente-cinq à soixante minutes, suivant leur grosseur. L'enfournement s'opère avec une pelle à long manche, saupoudrée de petit son. Les fours ordinaires ont une forme elliptique (fig. 113); la sole est plane; la voûte, très surbaissée, est percée de plusieurs ouvertures qui communiquent avec la cheminée principale. On les chauffe en y brûlant du bois. Lorsque la température est de 290 à 300 degrés, on enlève la braise résultant de la combustion du bois, on balaye la sole et l'on enfourne.

Depuis quelques années, dans les grandes villes on emploie des fours qui présentent sur les précédents de grands avantages au point de vue de la propreté, de l'économie du combustible et de la régularité de la cuisson.

Ces fours, appelés *aérothermes*, ne reçoivent ni le combustible, ni les gaz provenant de la combustion. Dans le four Rolland, qui est un des meilleurs, le com-

bustible (bois, coke ou houille) est brûlé dans un foyer pratiqué au milieu d'un massif en maçonnerie situé sur le côté du four. Les gaz de la combustion (fig. 114) sont dirigés, en sortant du foyer, dans six tuyaux qui circulent sur un carrelage incliné formant la paroi inférieure du four; ils gagnent ensuite des conduits verticaux pratiqués dans les parois latérales, et de là passent dans une espèce de plafond creux formé par deux plates-formes de fonte situées à une certaine distance l'une de l'autre; enfin ils gagnent la cheminée d'échappement. On conçoit que,



Pétrins.

Fours.

Fig. 115. — Boulangerie.

par cette disposition, le four se trouve chauffé dans toutes ses parties sans être sali par le combustible ou par les produits de sa combustion.

Quant à la sole, elle présente l'avantage de faciliter l'enfournement et le défournement : c'est une plate-forme horizontale en plaques de tôle soutenues par une armature de fer et recouverte par un carrelage. On peut, à l'aide d'une manivelle extérieure, la faire tourner autour d'un axe vertical et présenter successivement ses différentes parties en face de la porte du four.

La figure 115 représente l'aménagement général d'une boulangerie.

Le pain bien cuit doit avoir les caractères suivants : être ferme, avoir une couleur d'un jaune doré, une odeur agréable et aromatique, et résonner quand on frappe le dessous avec les doigts.

PÂTES ALIMENTAIRES

On désigne sous le nom de *pâtes alimentaires* diverses préparations qui sont devenues la base d'une industrie et d'un commerce importants et qui occupent une place considérable dans l'alimentation. Tels sont les semoules, vermicelles, macaronis, nouilles, et les autres pâtes de formes diverses.

Cette industrie est développée dans un certain nombre de villes. Clermont-Fer-

rand est le centre le plus important; Paris, Marseille, Lyon, Nancy et Poitiers fabriquent aussi de grandes quantités de pâtes alimentaires.

Les matières premières employées sont : 1° les beaux blés durs d'Auvergne; 2° les blés durs d'Algérie, dont l'usage a été introduit dans cette industrie par M. Brunet, de Marseille; 3° les farines de divers froments (durs, demi-durs et tendres), que l'on améliore quelquefois, surtout à Paris, en y ajoutant le gluten produit dans la préparation de l'amidon.

La *semoule* n'est autre que du blé réduit en granules fins par l'action de meules semblables à celles qui

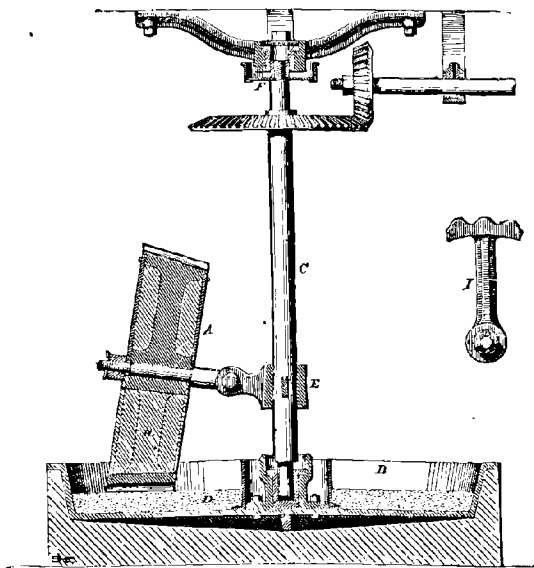


Fig. 116. — Machine à pétrir le vermicelle

servent à faire la farine. Marseille consomme annuellement pour cette fabrication plus de 200000 hectolitres de blés durs d'Algérie.

L'action des meules sur le blé donne un mélange de farine, de granules et de son. A l'aide de blutoirs semblables à ceux que nous avons décrits plus haut, on sépare le son, la farine et la semoule. Le son est employé à la nourriture des bestiaux, la farine sert à la fabrication du pain. Les farines de blés durs traités à Marseille sont très estimées dans les Cévennes, où on les préfère à la farine de seigle. Elles donnent un pain très nutritif et se vendent à moitié prix de la farine de première qualité. La semoule est recueillie à part pour être soumise à un triage qui sépare les granules de grosseurs différentes et les parcelles de son qui les accompagnent. Ce triage se fait à l'aide de tamis dont le fond est en peau de chèvre percée de trous. L'ouvrier imprime au tamis un mouvement spécial qui ramène à la surface toutes les parties légères, qu'il enlève de temps en temps avec une manille

métallique. Le résidu est renvoyé aux meules. Quant aux granules de semoule, ils passent à travers le tamis. Par trois tamisages on arrive à avoir la *semoule en grains*

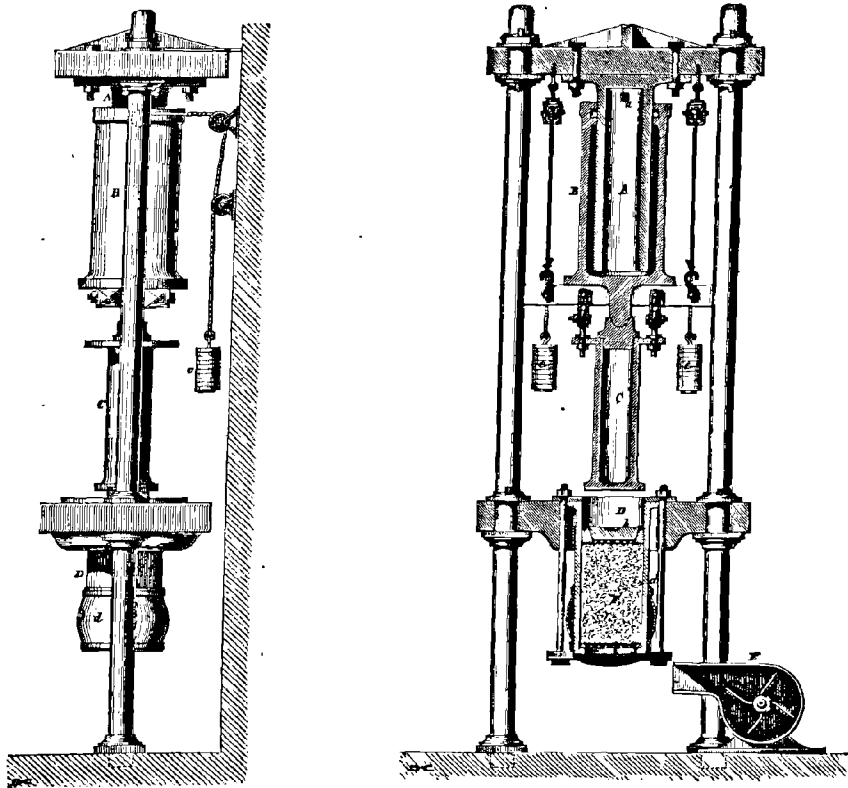


Fig. 117 et 118. — Machine à pétrir le vermicelle.

destinée aux potages; celle qui doit servir à la préparation des pâtes alimentaires est beaucoup plus fine.

Le *vermicelle* se fait avec de la farine ou mieux encore avec de la semoule; on peut y ajouter une certaine quantité de gluten, ce qui le rend plus nourrissant et capable de mieux supporter la cuisson. Quelquefois, pour avoir une pâte

VERMICELLE

Fig. 119. — Fond de la machine à vermicelle.



Fig. 120. — Fond de la machine à macaroni.

plus blanche, on substitue au quart de la farine ou de la semoule une égale quantité de fécule de pommes de terre, mais le produit est moins nutritif et offre l'inconvénient de se délayer pendant la cuisson.

Quel que soit le dosage adopté, on pétrir la farine, la semoule et le gluten avec de l'eau bouillante. Comme la quantité d'eau ajoutée est très petite (25 pour 100 environ du poids de la substance employée), le pétrissage ne se

fait pas par les procédés ordinaires. Autrefois on se servait d'un outil appelé *broie du vermicellier*, qui n'était autre qu'un madrier de 3 mètres taillé en couteau sur une partie de sa longueur; l'une de ses extrémités était suspendue par un anneau à un piton enfoncé dans la muraille; au-dessous de lui était une table à rebords, ou *pétrin*. Le vermicellier, agissant à l'autre extrémité de la broie, la soulevait et l'abaissait de manière à l'abattre sur la pâte, qui se trouvait écrasée et mélangée. Le pétrissage durait deux heures, pendant lesquelles on repliait douze fois la pâte sur elle-même pour renouveler autant que possible les surfaces offertes à l'écrasement.

Aujourd'hui, dans les usines bien installées, on parvient plus économiquement au même résultat à l'aide d'une meule A qui se meut circulairement dans une auge BD où est placée la pâte (fig. 116).

Quand la pâte est pétrie, on lui donne la forme de filaments en l'introdui-

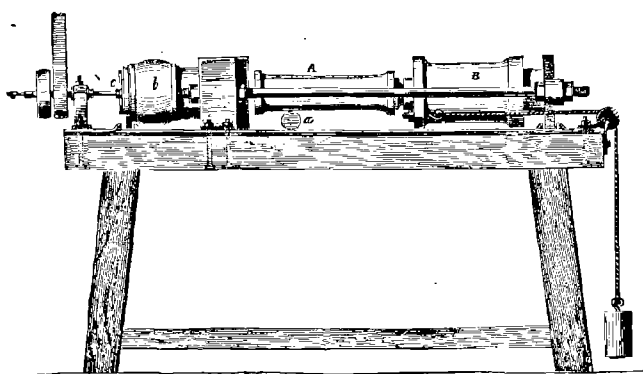


Fig. 121. — Machine à fabriquer les pâtes d'Italie.

sant toute chaude dans un cylindre en bronze DF (fig. 117 et 118) dont le fond (fig. 119) est percé de trous d'un diamètre égal à celui que doivent avoir les brins de vermicelle. La partie inférieure *d* du cylindre est chauffée par une double enveloppe dans laquelle circule de l'eau chaude ou de la vapeur. On fait descendre dans ce cylindre un piston C qui, poussé par une

forte pression hydraulique, appuie sur le disque *h* entouré de chanvre, comprime la pâte et la force à passer à travers les trous du fond.

Voici comment s'opère le mouvement du piston C : il fait corps avec un cylindre creux B, dans lequel descend un autre cylindre creux et fixe A. Par le trou *a* on injecte de l'eau dans les cylindres A et B, et à l'aide d'une presse hydraulique on exerce sur le liquide une forte pression qui pousse de haut en bas le cylindre B et par suite le piston C.

La pâte sort à l'état de fils, qui sont refroidis à leur sortie par un ventilateur E ou par une palette flexible de cuir avec laquelle le vermicellier les évente; puis il coupe les fils de pâte à la longueur de 75 centimètres à 1 mètre, les contourne et les porte à l'atelier d'étendage, où des femmes dévident ces gros écheveaux en petits nouets, qu'elles répartissent sur des claies couvertes de papier, pour les faire sécher dans une étuve à courant d'air.

Le macaroni se fabrique d'une manière analogue; il suffit d'adapter au cylindre un autre fond dont les trous sont d'un plus grand diamètre; ils sont évasés (fig. 120) et portent dans leur milieu un noyau cylindrique dont le diamètre extérieur est celui que doivent avoir intérieurement les tubes creux qui

sont la forme ordinaire du macaroni. Ce noyau est fixé à la partie supérieure du fond. On comprend facilement que la pâte, obligée de passer dans l'espace annulaire compris entre les parois du trou et celle du noyau, prend la forme de tubes, que l'on sèche ensuite à l'étuve.

Pour préparer des pâtes en forme de lentilles, d'étoiles, d'ellipses plates, etc., on se sert d'une presse horizontale AB (fig. 121); le fond du cylindre *b* est percé de trous circulaires, étoilés ou elliptiques, et la pâte, à mesure qu'elle sort, est découpée en plaques d'épaisseur convenable par un couteau circulaire *c*, qui tourne rapidement à une certaine distance du fond.

On prépare aussi, sous le nom de *gluten granulé*, une pâte alimentaire très nutritive et dans la fabrication de laquelle on utilise le gluten des amidonneries. C'est un mélange de gluten frais et de farine que l'on remue dans un cylindre, à l'aide d'un agitateur, de manière à le réduire en grains, que l'on sèche à l'étuve et que par un tamisage on trie en granules de différentes grosseurs.

BEURRES ET FROMAGES

Le *lait* est un liquide sécrété par les glandes mammaires des femelles des animaux connus sous le nom de *mammifères*. Il sert à la nourriture de leurs petits et constitue un aliment précieux et *complet*, c'est-à-dire contenant tous les principes nécessaires à la nutrition. Le lait de vache, le plus généralement employé dans l'alimentation, sert à la fabrication du beurre et du fromage.

Le lait est composé d'une proportion d'eau considérable tenant en dissolution des principes appelés *caséine* et *sucré de lait*; au milieu de ce liquide on trouve en suspension des globules formés par une matière grasse. Lorsqu'on abandonne le lait à lui-même, il se sépare en deux couches distinctes : la couche supérieure, que l'on nomme la *crème*, est jaunâtre, onctueuse et épaisse; elle se compose des globules qui sont montés à la surface, entraînant avec eux une certaine quantité du liquide au milieu duquel ils étaient en suspension; la couche inférieure est bleuâtre, plus dense, moins consistante : elle est désignée sous le nom de *lait écrémé*.

Le beurre est formé par les globules gras qui se trouvent dans le lait et constituent la crème. Pour les transformer en beurre, il suffit de les souder entre eux, ce qui se fait en agitant la crème ou le lait non écrémé dans des appareils appelés *barattes*.

Quant au fromage, on le produit en déterminant la coagulation de la caséine qui est dissoute dans l'eau du lait : on se sert pour cela soit de lait écrémé,

soit de lait ordinaire, auxquels on ajoute de la *présure*. La présure est une membrane interne de l'estomac du veau; elle a la propriété, lorsqu'elle se trouve en présence du lait, de déterminer la coagulation de la caséine.

La fabrication du *beurre* constitue une industrie très importante et très répandue en France. Les départements du Calvados (Bayeux, Isigny, Trévières, etc.), de l'Orne, de la Manche, de la Seine-Inférieure, d'Indre-et-Loire, du Loiret, du Nord, du Pas-de-Calais, et la Bretagne, sont les lieux principaux de production du beurre. Aucune substance alimentaire grasse ne donne lieu en France à un commerce aussi considérable; la quantité de ce produit exportée par nos agriculteurs est représentée par une valeur de 105 à 110 millions de francs.

Nous avons dit déjà qu'on préparait le beurre en battant soit la crème du lait, soit le lait non écrémé. Le battage de la crème, méthode généralement employée,

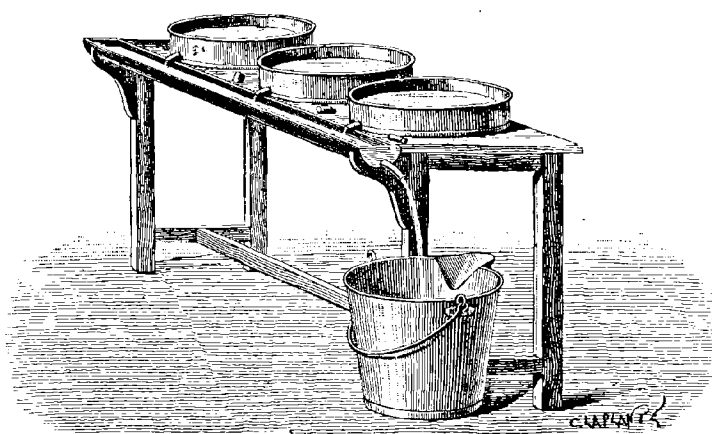


Fig. 122. — Crémeuse Girard.

fournit, avec la même quantité de lait, un produit plus abondant, mais moins délicat. Par le battage du lait non écrémé, on fabrique le beurre si renommé de la Prévalaye.

Pour séparer la crème du lait, après avoir filtré celui-ci sur un tamis garni d'un linge très propre, on l'abandonne dans des vases en poterie de grès qui doivent être tenus dans un état de propreté parfaite. On a proposé de les remplacer par des vases de zinc, mais il est préférable de rejeter l'emploi de ce métal, qui peut produire des sels nuisibles à la santé. La laiterie, où l'on abandonne le lait, doit être à une température de 14 à 16 degrés; on la chauffe en hiver, et en été on la refroidit par des arrosages. Au bout de vingt-quatre heures en été et quarante-huit en hiver, la séparation est faite et l'on peut écrémer. Dans quelques laiteries on enlève la crème à mesure qu'elle se sépare, pour la battre immédiatement, car on a reconnu que plus elle est fraîche, plus le beurre est délicat et estimé.

L'écrémage se fait souvent à l'aide d'appareils spéciaux, appelés *crémeuses*. Nous

citerons la crèmeuse Girard (fig. 122), qui se compose d'une table portant trois vases de fer battu, munis à leur partie inférieure d'un ajutage débouchant au-dessus d'une rigole longitudinale. On verse le lait dans ces vases, et lorsque la

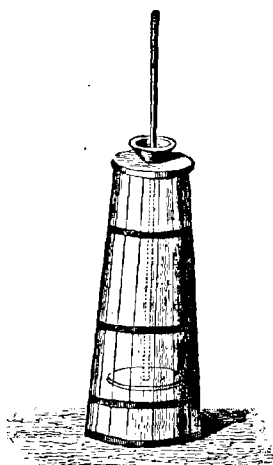


Fig. 123. — Baratte.

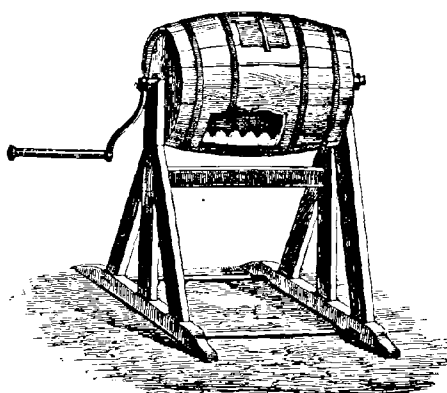


Fig. 124. — Baratte normande.

crème est formée, on débouche les ajutages, qui laissent écouler le lait écrémé dans la rigole, et de là dans un seau placé au-dessous. La crème reste dans les vases de fer battu, car on rebouche les ajutages dès qu'elle arrive à leur niveau.

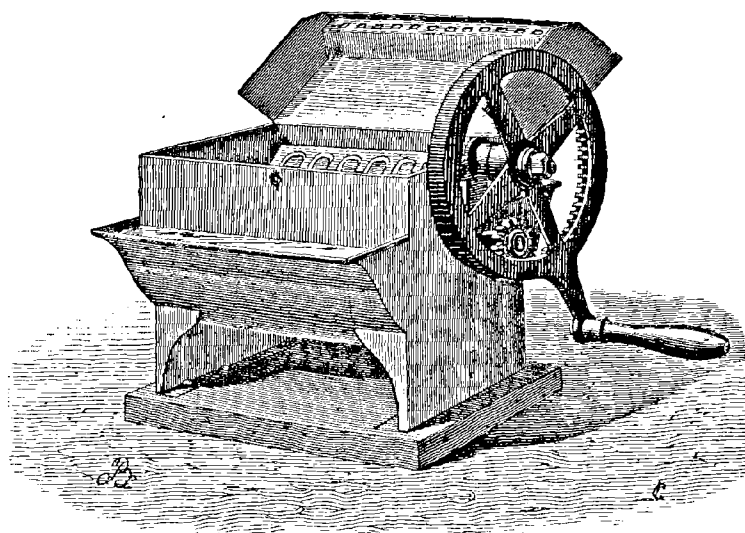


Fig. 125. — Baratte Girard.

Le battage de la crème ou du lait se fait dans des appareils auxquels on donne généralement le nom de *barattes*; aussi est-il souvent désigné sous le nom de *barattage*. Leur forme varie d'une contrée à l'autre. La baratte qui est le plus

généralement employée se compose d'un vase conique de bois (fig. 123) que l'on peut fermer avec une rondelle plate, percée d'un trou assez grand pour permettre

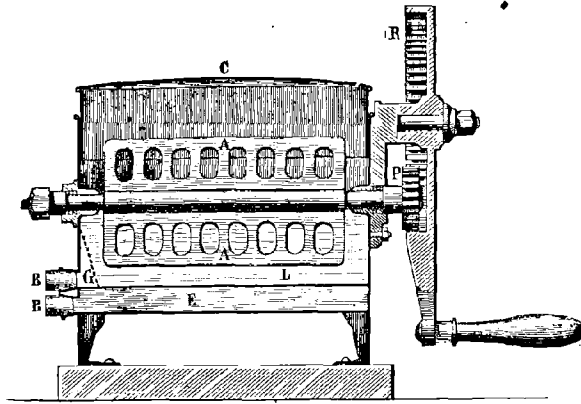


Fig. 126. — Coupe longitudinale de la baratte Girard.

à un bâton d'y glisser avec facilité. Ce bâton qu'on appelle *batte à beurre*, *baraton* ou *piston*, porte à sa partie inférieure un disque de bois percé de trous. La personne chargée de battre la crème l'introduit dans l'appareil et, en donnant un mouvement de va-et-vient vertical au baraton, elle force le liquide à se diviser, en passant à travers les trous du disque, et les globules graisseux à se souder entre eux.

En Normandie, la baratte employée, appelée *serène*, a la forme d'un baril qui peut tourner sur un chevalet (fig. 124). Dans l'intérieur sont disposées des planchettes fixées aux douves du baril. Une déchirure faite dans la figure laisse voir l'une des planchettes.

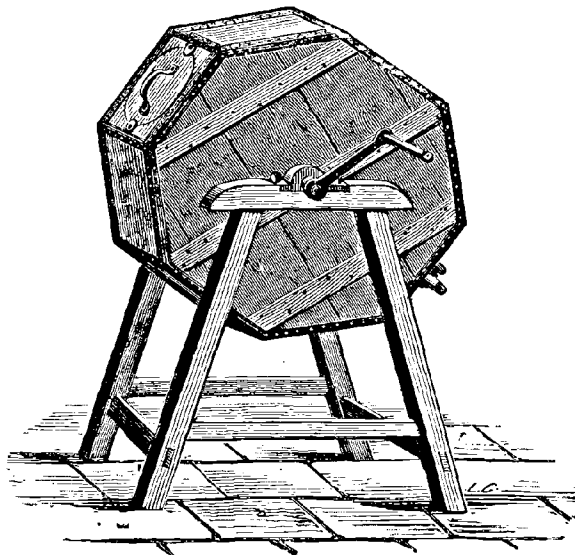


Fig. 127. — Baratte Fouju.

La baratte Girard se compose (fig. 125 et 126) d'une boîte dans laquelle on met le lait, qui se trouve battu par les ailettes A mises en mouvement rapide de rotation à l'aide de la roue R et du pignon P. La partie hémicylindrique L, où se trouve le lait, est entourée d'une enveloppe E, qui renferme de l'eau et constitue un bain-marie destiné à entretenir le lait ou la crème à une température convenable (19 à 20 degrés pour le lait, 13 à 15 pour la crème). En B, B sont les orifices destinés à vider la baratte et le bain-marie.

Citons aussi la baratte Fouju (fig. 127), qui est prismatique et présente une cloison à claire-voie, la baratte angevine (fig. 128), qui est verticale et porte sur son axe des battes horizontales.

Après le barattage, il faut procéder au *délaitage*. Cette opération, très importante pour la conservation du beurre, consiste à séparer entièrement du beurre le petit-lait et la caséine. On y parvient en le pétrissant avec de l'eau après l'avoir

lavé dans la baratte. Lorsque les lavages sont terminés, le beurre, disposé en mottes, est couvert avec soin d'un linge très propre, puis placé dans un panier et entouré de paille fraîche.

Le rendement de la crème en beurre varie suivant la qualité et la composition du lait. On admet qu'en moyenne 28 litres de lait produisent 1 kilogramme de beurre.

Lorsqu'on expose le beurre au contact de l'air, surtout pendant l'été, il s'altère, devient rance et acquiert un goût prononcé. Pour retarder son altération, on doit le placer dans un endroit très frais, au milieu d'eau fraîche que l'on renouvelle

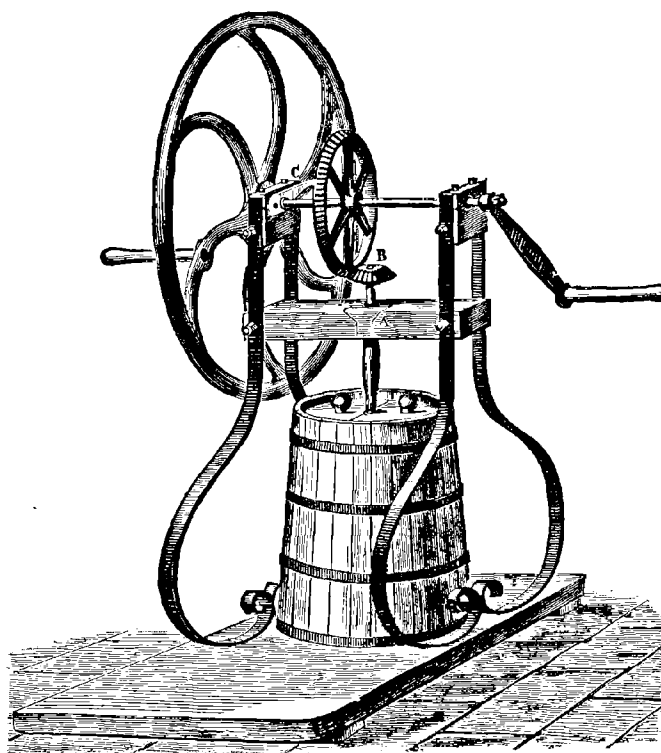


Fig. 128. — Baratte angevine.

fréquemment, ou bien le couvrir d'un linge mouillé. Mais si l'on veut le conserver longtemps, il faut le saler ou le fondre dans une chaudière de fonte afin d'évaporer l'eau qu'il contient, et enlever ensuite les écumes, qui sont en grande partie formées de caséine coagulée. Les beurres d'Isigny expédiés en Angleterre et en Allemagne sont salés avec le plus grand soin. On pétrit 500 grammes de sel avec 10 kilogrammes de beurre et l'on introduit le beurre salé dans des pots ou dans des barils, puis on recouvre la surface avec une couche de sel.

La fabrication du fromage remonte à la plus haute antiquité; elle constitue pour certaines contrées une industrie très importante et une source de richesses. Outre les fromages frais que l'on prépare partout, il existe un grand nombre d'espèces

diverses, qui sont surtout produites par les départements de l'Aveyron, de la Seine-Inférieure, du Calvados, de la Marne, de Seine-et-Marne, de la Creuse, du Cantal, des Vosges, de l'Isère, etc. La production annuelle de la France est de plus de 130 millions de kilogrammes.

Les fromages peuvent, d'après la nature du lait employé à leur fabrication, se diviser en quatre classes : 1° les fromages préparés avec du lait de vache; 2° ceux qui sont préparés avec du lait de chèvre; 3° les fromages au lait de brebis; 4° les fromages faits avec des laits mélangés. Chacune de ces classes peut elle-même se subdiviser en deux catégories, comprenant les fromages *mous* (frais ou salés) et les fromages à *pâte ferme*. Il faut distinguer aussi les fromages *maigres* et les fromages *gras*. Les premiers sont obtenus en faisant cailler le lait écrémé; les seconds sont préparés avec du lait non écrémé et quelquefois additionné d'une certaine quantité de crème.

Les fromages *frais*, destinés à être mangés immédiatement, se font soit avec le lait écrémé, soit avec le lait non écrémé, ou bien encore avec du lait auquel on ajoute de la crème provenant de la traite précédente. Dans ce dernier cas on les appelle *fromages à la crème*.

Le fromage *blanc*, ou fromage à *la pie*, qui est connu partout, se fabrique avec du lait écrémé chaud additionné d'une certaine quantité de crème. La coagulation est produite au moyen de présure, puis le caillé est mis dans des moules, où on le fait égoutter en le chargeant d'une rondelle de bois. Quand il est égoutté, on le sort des moules et on le pose sur un lit de feuilles ou de paille. Ce fromage peut se conserver huit à quinze jours.

Les fromages que l'on vend à Paris sous le nom de *fromages de Neufchâtel* ont la forme de petits cylindres d'une longueur de 7 centimètres sur 4 centimètres de diamètre. Chaque fromage est enveloppé dans du papier Joseph qu'on mouille pour le tenir frais. Il y en a de plusieurs espèces : le fromage à *la crème*, pour lequel on ajoute de la crème au lait doux; le fromage à *tout bien*, fait avec le lait naturel; le *fromage maigre*, fait avec du lait écrémé. Le second est celui dont on consomme le plus; voici comment on le fabrique :

Après chaque traite, le lait est transporté dans une pièce dite *pièce de l'apprêt*; on le coule, à travers une passoire, dans des cruches, où il est mis en présure. Ces cruches sont placées dans des caisses, que l'on recouvre de couvertures de laine, et vidées le surlendemain dans des paniers de bois, dont le fond est formé par une toile attachée sur les bords. On place ces paniers sur des éviers; le fromage s'égoutte jusqu'au soir; on le retire avec la toile que l'on replie sur lui, et, pendant qu'il est ainsi enveloppé, on le met sous presse jusqu'au lendemain matin. Puis on pétrit cette pâte dans un linge blanc jusqu'à ce que les parties caséuses et butyreuses soient bien agglomérées. Cela fait, on procède au moulage en introduisant dans des moules de bois des pâtons un peu plus forts que le moule, puis on les y comprime en les posant sur la table et en appuyant sur leur face supérieure avec la paume de la main. A l'aide d'un couteau de bois on enlève sur chaque base ce qui sort du moule et l'on démoule en frappant légèrement. Ces fromages sont ensuite

salés sur leurs bases et roulés dans du sel fin. Après les avoir fait égoutter pendant vingt-quatre heures, on les transporte au magasin, où on les pose sur un lit de paille. C'est là que, par un séjour de trois mois environ, ils se raffinent; pendant ce temps on les retourne souvent, on les change de place et l'on renouvelle la paille. On est renseigné sur la marche de l'opération par l'apparition de boutons rouges, qui ne doivent être ni trop secs ni trop coulants, et suivant leur nature on modifie l'humidité de l'apprêt.

Les *fromages de Brie*, que l'on trouve dans le commerce, sont faits avec du lait non écrémé. Le lait chaud de la vache est versé dans un baquet où il reçoit la présure. Au bout d'une heure, lorsque le caillé est formé, on en remplit des moules placés sur une clayette d'osier nommé *cagereau*; quand le caillé s'est bien égoutté, c'est-à-dire au bout de vingt-quatre heures, on retourne les fromages et on les sale sur une de leurs bases; le lendemain on les sale sur l'autre. Puis on les place sur des tablettes à claire-voie, où on les retourne tous les jours en surveillant l'état de la pâte. S'ils sont trop mous, on les porte dans un lieu plus sec et plus aéré; s'ils sont trop durs, dans un endroit frais et moins aéré. Au bout de quinze jours ou trois semaines, ils sont livrés au commerce.

Pour affiner les fromages on superpose, dans un endroit frais, des couches alternatives de fromage et de paille : en quelques mois ils sont affinés; si on les laisse trop longtemps, il se produit une fermentation et la pâte coule. A Meaux, à mesure que la pâte des fromages s'écoule, on la ramasse soigneusement sur des planches tenues très proprement et on la renferme

dans de petits pots : cette pâte en pots se vend sous le nom de *fromages de Meaux*.

En Auvergne, les vaches sont traites deux fois par jour : le lait, transporté à la fromagerie dans de grands seaux de bois, appelés *gerbes*, est passé dans des tamis de crin et immédiatement mis en présure. Le *vacher*, qui dirige la fromagerie, doit savoir apprécier la consistance du caillé. Au bout de cinq quarts d'heure, en été, il divise et rompt le caillé dans tous les sens avec une spatule de bois. Cette opération a pour effet de déterminer la séparation du petit-lait, que l'on décante. Le petit-lait est consommé dans le ménage, ou bien on en extrait par le repos le peu de crème qu'il contient encore. Cette crème sert à faire le beurre connu sous le nom de *beurre de montagne*. La pâte qui reste après la décantation du petit-lait est mise dans une auge percée de trous que l'on place sur la table à fromage



Fig. 129. — Fabrication du fromage d'Auvergne.

(fig. 129). Le vacher, les bras nus et le pantalon retroussé jusqu'au-dessus du genou, monte sur la table et comprime cette pâte avec ses bras et ses jambes de manière à en faire sortir le reste du petit-lait. Cette opération ne dure pas moins d'une heure et demie. La pâte bien pétrie porte le nom de *tôme*. On la met dans une grande gerbe et on la laisse fermenter durant quarante-huit heures. Pendant cette fermentation la *tôme* devient spongieuse : on l'émiette avec soin, on la sale et on la place dans un moule, puis on soumet le fromage à la presse. Au bout de vingt-quatre heures, il peut être mis à la cave, où l'on doit le surveiller avec attention : pendant l'été surtout, il faut le frotter avec un linge blanc trempé dans l'eau fraîche.

Le *fromage de Gruyère* est d'origine suisse, mais sa fabrication s'est répandue en France, et particulièrement dans les départements du Jura, du Doubs et de l'Ain. Il est fait avec du lait de vache et l'on en fabrique trois espèces : le fromage *gras*, dans lequel on laisse toute la crème; le *mi-gras*, qui se fait avec la traite du matin et celle de la veille, que l'on a écrémée; le *maigre*, qui se fabrique avec le lait écrémé. Le *mi-gras* est l'espèce la plus répandue dans le commerce.

Dans les trois départements de la Franche-Comté, la fabrication du fromage de Gruyère s'effectue, comme en Suisse, par associations connues sous le nom de *fruitières*. Les cultivateurs d'une commune nomment une commission de plusieurs membres chargée de faire exécuter le règlement de l'association, et cette commission choisit un *fruitier*, c'est-à-dire l'homme chargé de fabriquer le fromage. C'est chez lui que les femmes portent le lait qu'il doit transformer. Voici comment il opère :

Il verse le lait dans une chaudière suspendue (fig. 150) à une potence qui permet de la mettre facilement au-dessus du feu et de l'en éloigner. Aussitôt que le lait est versé dans la chaudière, on la place sur le feu de manière à élever la température à 25 degrés centigrades; puis on l'éloigne du feu et l'on y verse la présure, qu'on mêle en agitant le liquide en tous sens; après un repos de vingt minutes environ, le lait est caillé. Quand la coagulation est complète, le fruitier brasse la masse, d'abord avec un couteau de bois, puis avec un instrument appelé *brassoir*; il la réduit ainsi en morceaux gros comme des pois; ensuite il replace la chaudière sur le feu et, sans cesser de brasser, il élève la température jusqu'à 33 degrés; puis il retire la chaudière et continue le brassage jusqu'à ce que le caillé se change en grains d'un blanc jaune qui, lorsqu'on les presse dans la main, se collent et forment une pâte élastique et croquant sous la dent. Après le brassage, la matière caséuse tombée au fond de la chaudière en gâteau d'une consistance assez ferme. Pour l'en retirer et la séparer du petit-lait, le fruitier prend une baguette flexible et y fixe par un enroulement de deux ou trois tours une toile très propre; il plie la baguette, la passe entre le fond de la chaudière et le caillé, et tire à lui la toile pendant qu'un aide, placé de l'autre côté de la chaudière, tient l'autre extrémité de cette toile. Quand celle-ci se trouve bien arrangée sous le pain, il la prend par ses quatre coins, et, en la soulevant, sort le fromage du petit-lait; il laisse égoutter pendant quelque temps et met le caillé avec la toile

dans un moule qui n'est autre qu'un cercle de bois de sapin ou de hêtre que l'on peut rétrécir à volonté. Le fromage ne doit pas dépasser le moule de plus de 3 centimètres. On pose une planche dessus et l'on soumet à la presse. Au bout d'une demi-heure, on retourne le fromage, on change la toile, on rétrécit le moule, et, après y avoir replacé le fromage, on soumet de nouveau à la presse. On répète l'opération jusqu'à ce que tout le petit-lait soit écoulé. Les fromages sont ensuite marqués du nom de celui qui a fourni le lait et portés au magasin. On les dé-

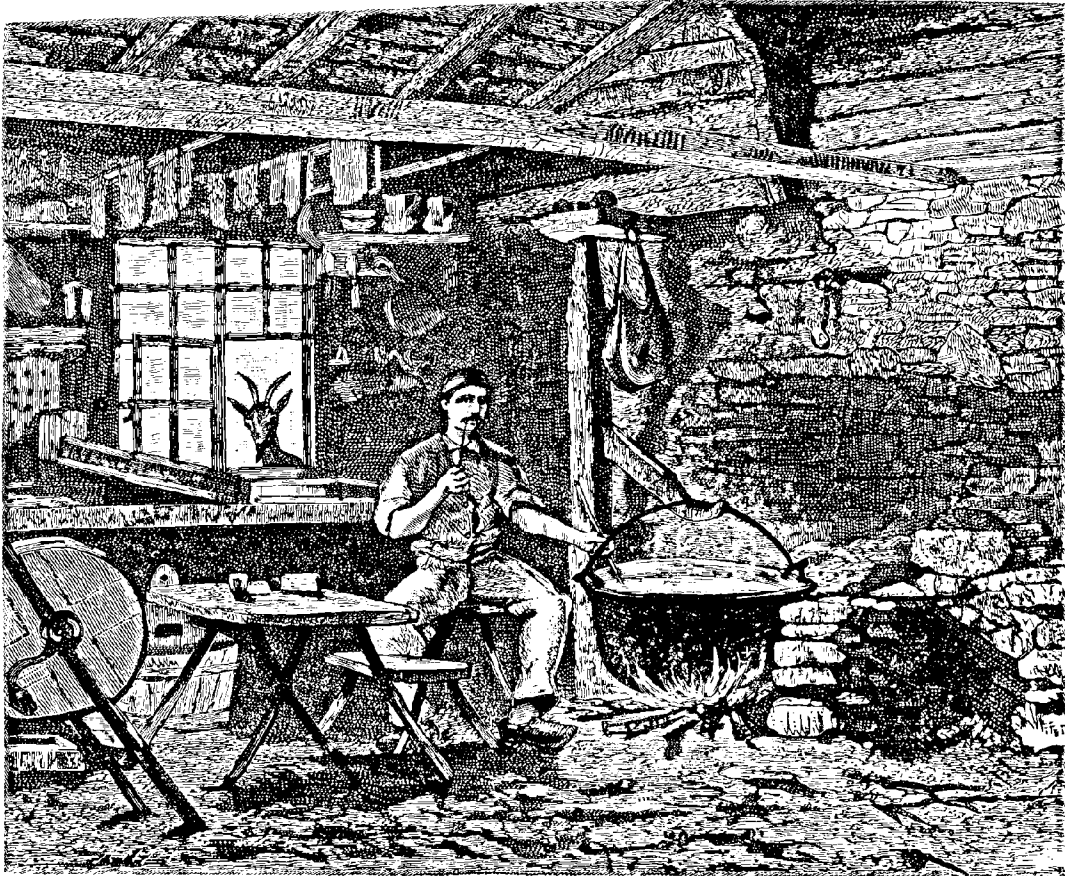


Fig. 130. — Une fromagerie.

pose sur des tablettes et on les saupoudre de sel toutes les vingt-quatre heures pendant soixante à quatre-vingts jours. Les bons fromages de Gruyère doivent rester dix-huit mois à deux ans en magasin, et pendant ce temps on doit les frotter souvent avec un linge mouillé d'eau ou de vin blanc.

Citons encore les fromages de Gérardmer, de Livarot, de Pont-Lévêque, de Camembert faits avec du lait de vache, du Mont-d'Or faits avec du lait de chèvre, de Roquefort, de Sassenage et du Mont-Cenis faits avec des laits mélangés.

CHAPITRE V

CONSERVES ALIMENTAIRES

Le nom de *conserves alimentaires* s'applique principalement aux viandes et aux légumes préparés de telle façon qu'on retrouve en eux, au bout de plusieurs années, les qualités qu'ils avaient à l'état frais. La préparation de ces conserves est devenue l'objet d'une industrie dont les centres principaux sont Nantes, Bordeaux, le Mans et Paris.

Pour comprendre les procédés, très simples d'ailleurs, qui sont employés dans la préparation des conserves alimentaires, il est nécessaire de connaître les causes de la putréfaction que subissent les matières organiques. Elle est produite par le développement, au milieu de ces substances, d'êtres microscopiques dont les germes se trouvent dans l'atmosphère. Il suffit donc de détruire ces germes, ou de mêler aux matières à conserver des substances *antiseptiques* capables d'empêcher leur développement. Le principe de la première méthode est dû à Appert, et c'est encore ce procédé qui est le plus généralement suivi aujourd'hui. Il consiste à introduire dans des boîtes de fer-blanc fabriquées avec soin les viandes ou les légumes, après les avoir fait cuire et leur avoir donné l'assaisonnement qui leur convient. On soude le couvercle des boîtes et on les place ensuite, pendant un temps qui varie avec la nature de la conserve, dans un bain-marie d'eau bouillante, ou mieux dans de l'eau salée dont on élève la température jusqu'à 105 ou 106 degrés. Les viandes et les légumes ainsi préparés sont préservés de la putréfaction, parce que la cuisson a d'abord détruit les germes qu'ils renfermaient, et que la température du bain-marie a tué ceux que contenait l'air de la boîte. Les viandes ainsi conservées sont encore bonnes après quinze ou vingt ans.

Les boîtes, en sortant du bain-marie, doivent avoir leur fond bombé par suite de la dilatation des gaz et des vapeurs qui sont à leur intérieur; plus tard le refroidissement change cette forme convexe en une forme concave; mais si la conserve n'est pas réussie, elle ne tarde pas à fermenter, et les gaz produits par la fermentation font reprendre au fond de la boîte sa forme bombée.

Un des moyens de conservation les plus efficaces consiste à dessécher les substances alimentaires et, par suite, à rendre impossible le développement des germes. Ce procédé appliqué à la viande laisse beaucoup à désirer sous le rapport

des produits obtenus, mais il donne de bons résultats pour les pruneaux, les figues, les poires tapées et les légumes. Voici la méthode suivie pour la conservation des légumes. Après les avoir épluchés avec soin, les avoir lavés et coupés, on les cuit complètement par la vapeur dans des appareils à haute pression où ils subissent une température de 112 à 115 degrés. Au bout de quelques minutes la cuisson est faite et les légumes sont rangés, sur des châssis en canevas, dans des séchoirs où circule un courant d'air sec et chaud (45 degrés à l'entrée, 30 degrés environ à la sortie). Sous l'action de ce courant d'air, les légumes se dessèchent bientôt et, en sortant du séchoir, ils sont secs et cassants. On les expose à l'air pendant quelque temps pour qu'ils reprennent un peu de vapeur d'eau, qui les rend flexibles et maniables. Lorsqu'ils sont destinés à l'approvisionnement des navires et de l'armée, on les comprime avec des presses hydrauliques, de manière à les rendre d'un transport plus facile. Trempés dans l'eau pendant une demi-heure, ils reprendront leur volume primitif et pourront être cuits comme des légumes frais.

On sait depuis longtemps que certaines substances appelées *antiseptiques* ont la propriété de préserver les viandes de la putréfaction. La viande fumée, par exemple, se conserve parce que l'acide phénique et la créosote, qui se dégagent pendant la combustion du bois et imprègnent la viande fumée, sont de très bons antiseptiques.

Le sel jouit aussi de cette propriété, et la salaison est très souvent employée pour la conservation des viandes; elle fait même l'objet d'une importante industrie.

Le système d'abatage des animaux dont la chair doit être salée n'est pas indifférent; on a reconnu qu'il était préférable de les assommer. Les animaux destinés à la salaison doivent être dépecés et vidés avec beaucoup de soin et de propreté. Le saleur saupoudre la viande avec du sel, et, pour le faire pénétrer dans les tissus, il frotte chaque pièce pendant une minute. Les morceaux de viande passent ainsi dans la main de trois ou quatre ouvriers : le dernier les examine attentivement, écarte les gros muscles et fait pénétrer le sel dans les parties qui n'en ont pas encore reçu, puis ils sont rangés dans des cuves, où on les abandonne pendant quinze jours, en ayant soin de les arroser tous les matins avec de la saumure que l'on extrait du fond des cuves à l'aide d'une pompe. Enfin on embarille en disposant dans des tonneaux la viande et le sel par rangées alternatives.

Depuis quelques années on emploie le froid pour conserver les viandes, et ce procédé est déjà appliqué dans des proportions considérables. Ce n'est pas ici le lieu de décrire les différentes machines employées à la production du froid; nous dirons seulement qu'elles rentrent dans trois types différents : 1° les machines, comme celles de Carré, où l'on prend une dissolution d'un corps gazeux, l'ammoniaque, par exemple. On chauffe cette dissolution, le gaz se dégage et se rend dans un récipient, où il se liquéfie par la pression qu'il y prend.

Si l'on met alors le récipient en communication avec des tubes entourés d'un liquide incongelable, comme de la glycérine ou une dissolution de chlorure de magnésium, l'ammoniaque liquéfiée se répand dans ces tubes et s'y volatilise par suite de la diminution de pression. Cette volatilisation se fait en empruntant de la chaleur au liquide incongelable qui devient un agent de refroidissement, que l'on fera circuler dans les chambres dont on veut abaisser la température. Quant au gaz provenant de la vaporisation, il est redissous dans l'eau pour servir de nouveau; 2° les appareils, comme ceux de M. Raoul Pictet, où le gaz acide sulfureux est alternativement liquéfié et volatilisé par le jeu de pompes aspirantes et foulantes; 3° les machines à air froid, dont le fonctionnement repose sur les principes suivants. Si l'on comprime un gaz, il s'échauffe; si, après compression, on le laisse se détendre, il se refroidit; mais ce refroidissement serait sensiblement égal à l'échauffement produit pendant la compression. On n'aurait donc pas d'abaissement bien considérable de température. Mais si, en même temps que l'on comprime le gaz, on absorbe, par injection d'eau dans le compresseur, la chaleur que dégage la compression, le gaz, au moment de la détente, pourra subir un abaissement considérable de température. C'est là le procédé employé à Paris par M. Victor Popp, qui comprime, dans l'usine du lac Saint-Fargeau, de l'air à 6 kilogrammes et l'envoie par des conduits souterrains dans les différents quartiers de la ville, où il est employé soit comme force motrice, soit comme agent de refroidissement.

Voyons maintenant quelles sont les principales conditions à remplir pour la conservation de la viande. Pour que la viande puisse être conservée, il faut que la température à laquelle on la soumet soit assez basse et que le milieu refroidi soit rempli d'air sec. Aussi l'air lancé par les machines Popp ne doit-il pas arriver dans les chambres dans lesquelles se trouve la viande, car il y apporterait de la vapeur d'eau, mais entre des cloisons qui les enveloppent.

Il faut d'ailleurs remarquer que la température ne doit pas être la même suivant que la viande doit être conservée à court terme ou à longue échéance. Dans le premier cas l'abaissement de température peut être moindre que dans le second. S'il s'agit, comme dans les abattoirs des grandes villes, de conserver la viande pendant quelques jours, la température de l'entrepôt de viandes peut être, comme à Bruxelles et à Saint-Chamond, maintenue à une température de 4 à 5 degrés au-dessus de zéro. Si, comme à Genève, on veut conserver la viande pendant deux ou trois semaines, la température devra rester dans le voisinage de zéro. Ajoutons d'ailleurs qu'on aura toujours intérêt à se tenir au-dessous de la limite stricte, pour éviter l'influence des germes de décomposition, qui pénètrent dans les chambres lorsqu'on vient y chercher la viande.

Quand il s'agit, au contraire, de conserver la viande pendant des mois, il faut abaisser beaucoup plus la température, il ne suffit plus de maintenir la viande aux températures que nous venons d'indiquer, il faut la *congeler à cœur*. Or cette congélation demande beaucoup de temps et une température très basse. Il faut employer une température d'environ 15 degrés au-dessous de zéro, et le

séjour dans les chambres doit être de cinquante heures environ. C'est ainsi qu'on opère en Amérique, dans les usines de la Plata, qui congèlent des quantités considérables de viande, pour les transporter ensuite, dans des wagons refroidis, sur les différents points du continent américain. Il en est de même des viandes expédiées en Europe par les établissements d'Australie; on les congèle et on les transporte sur des navires convenablement aménagés, comme le *Frigorifique* que nous avons vu au quai de la Seine à Paris.

Lorsque la viande a été congelée à cœur, il suffit, avant de la livrer au consommateur, de la laisser se dégeler lentement. Ce dégel doit être lent, il exige un temps au moins égal à celui qu'a demandé la congélation. Quand la viande est dégelée, elle a repris toutes ses propriétés primitives comme aspect et comme saveur.

Pour compléter ces notions sur la fabrication des conserves alimentaires, nous donnerons quelques détails sur la pêche et la préparation de la sardine, de la morue et du hareng, ces trois poissons donnant lieu, sur nos côtes, à une industrie considérable.

La *sardine* est, comme le hareng, un poisson voyageur et, comme lui, voyage par bancs très nombreux; il est très difficile de tracer la marche suivie par ces migrations, qui sont cependant régulières. On trouve la sardine dans toutes les mers du globe, mais la pêche n'est organisée que dans les mers d'Europe. En France, elle s'exécute surtout sur les côtes de Bretagne; elle occupe plus de deux mille bateaux, depuis le 1^{er} mai jusqu'au mois de novembre, et se fait au filet. Chaque embarcation, montée par six hommes, qui rament vent debout, traîne le filet attaché à l'arrière. A droite et à gauche de ce filet, on jette des œufs de maquereau : la sardine, attirée par cet appât, qu'on appelle *rogue*, se lève du fond par bancs très nombreux; lorsque le patron aperçoit le poisson, il jette une nouvelle quantité de rogue; la sardine se précipite dessus et, en voulant traverser le filet, se prend par les ouïes dans les mailles. Après la pêche, qui se fait au lever de l'aurore et au coucher du soleil, on rentre au port pour y vendre le poisson, soit à l'amiable, soit aux enchères. Le produit de la vente est partagé entre l'armateur, le patron et les matelots, en proportions déterminées à l'avance. Le poisson, une fois vendu, est porté au lieu de salaison à l'aide de paniers, où on le saupoudre de sel en même temps qu'on le remue. Enfin il reçoit une dernière préparation, qu'on appelle l'*arrimage*, et qui consiste à l'arranger par couches avec du sel dans des paniers ou bachots, ou bien dans des *bailles* (la baille est une barrique coupée par son milieu). Quand la sardine doit être expédiée à l'état de sardine salée, elle est arrangée avec soin dans des tonneaux, où on la mélange au sel. Lorsqu'elle est destinée à faire de la sardine à l'huile, on la vide; pour cela on enlève la tête et la *tripe suit*. Les sardines sont ensuite lavées, rangées sur des grils de fil de fer ou dans des paniers, et mises à sécher à l'air, à l'étuve ou au four. Puis on les cuit dans des bassines remplies d'huile chaude

et on les égoutte sur des paniers. Quand elles sont froides, on les dispose dans des boîtes, on les couvre d'huile et, après avoir soudé le couvercle, on chauffe de nouveau la boîte.

La *morue* est un poisson qui joue un grand rôle dans l'alimentation et qui fait l'objet d'un commerce considérable. Elle prend naissance dans les glaces du pôle Nord et descend chaque année dans les mers septentrionales de l'Europe et de l'Amérique. Nos navires français vont la pêcher sur les côtes de Terre-Neuve et des îles Saint-Pierre et Miquelon.

La morue est livrée au commerce sous deux états : 1° à l'état de morue salée, séchée et mise en balles : c'est la *morue sèche*; 2° à l'état de *morue verte*, qui est simplement salée et mise en barils.

Nos pêcheurs partent du 10 au 30 mars et ont une traversée qui varie de dix à trente jours, suivant le temps et la direction des vents. Arrivés dans les mers où doit se faire la pêche, ils opèrent de plusieurs manières. Certains bateaux se mettent au mouillage et débarquent leurs hommes, qui construisent à terre les cabanes qu'ils doivent habiter et le *chaufaud*, ou établissement nécessaire pour la préparation du poisson; ils nettoient la place où la morue doit être séchée, puis, chaque jour, les embarcations vont à la pêche. Cette pêche se fait à *la ligne*, c'est-à-dire avec une corde qui est grosse comme le doigt et porte à son extrémité un plomb de 4 kilogrammes; au plomb se trouve attachée la *pèle*, qui est une corde de même grosseur, servant à suspendre l'*hameçon*. Les pêcheurs emploient, comme appâts, de petits poissons appelés *lançons* et *capelans*. Au lieu de ligne on se sert souvent d'une *arbalète*, qui n'est autre chose qu'une ligne à trois hameçons. Chaque jour les embarcations rapportent le poisson, qui est préparé par les hommes restés à terre. Il est d'abord *flaqué* : cette opération consiste à enlever les intestins et une partie de l'arête; puis il est lavé, salé et séché. Certains pêcheurs ne font pas sécher à terre, mais donnent à bord une salaison provisoire, et le poisson n'est séché qu'à son retour en France.

Quant à la morue verte, voici comment on la prépare : quand le marin la sort de l'eau, il lui ôte la langue, lui fait une saignée au cou et la jette dans un bac sur le pont. Lorsqu'il y en a une certaine quantité, le patron crie : *pêche et démaque*, ce qui veut dire qu'une partie des hommes doivent arriver sur le pont pendant que les autres continuent à pêcher. La morue est d'abord flaquée, les œufs et les foies sont mis de côté. Puis on la passe à un matelot qui la lave de manière à la rendre bien blanche; celui-ci la livre au saleur, qui prend l'aileron, y fait un pli dans lequel il jette une poignée de sel, et place la morue dans un tonneau en la contournant et en la recouvrant de sel. Le tonneau est rempli entièrement, et, au bout de quarante-huit à soixante-douze heures, on sort les morues pour les laver dans la saumure et les saler de nouveau *au sec* dans une autre tonne. En peu de temps une partie du sel a fondu; le tonnelier doit alors faire écouler le liquide salé, sans quoi la morue jaunirait; c'est ce qu'on appelle *étancher*. On bouche le trou qui a servi à étancher, et l'on descend le tonneau à fond de cale. Arrivées en France, les morues sont

lavées à l'eau douce par des femmes armées de brosses et sont placées sur une table où on les examine, afin de couper les morceaux qui ne sont pas propres. Enfin on les trie suivant leur longueur en *extra-grosses*, *grosses*, *moyennes* et *petites*, puis on les sale en les mettant en tonneau. La veille de leur expédition, on étanche et on sale de nouveau, ce qui s'appelle *repagner*.

Le *hareng* est un poisson voyageur qui nous arrive des mers polaires. La pêche

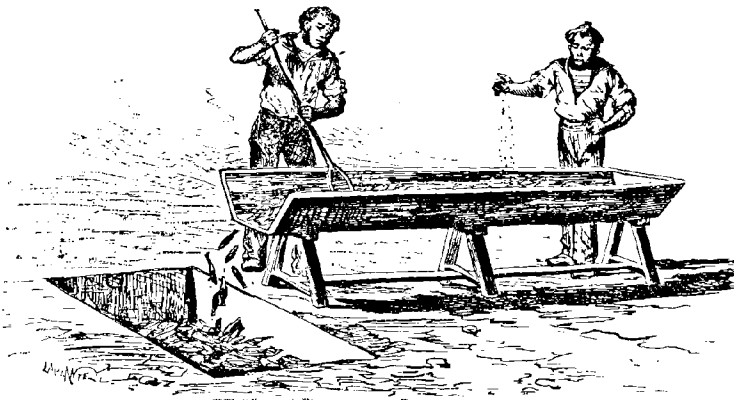


Fig. 131. — Mée pour les harengs.

se fait sur les côtes de France, depuis le commencement d'octobre jusqu'à la fin de décembre; en été, sur les côtes d'Écosse, des Orcades, de l'île de Man, à trois milles au moins de la laisse de basse mer.

Cette pêche a lieu, en général, pendant la nuit et au filet, à peu de distance des côtes. Quand la mer est trouble, elle peut se faire pendant le jour, mais elle est moins abondante. Le long du bord du filet sont attachées de distance en distance des cordes fixées à de petits barils que l'on jette à la mer en même temps que lui : les barils flottent à la surface de l'eau et soutiennent le filet qui est amarré au bateau. Le hareng, qui voyage par bandes excessivement nombreuses, se prend par les ouïes dans les mailles du filet, qu'on lève de temps en temps pour en extraire le poisson. La pêche est quelquefois tellement abondante que les petits canots ne peuvent pas rapporter tout ce qu'ils prennent.



Fig. 132. — Pelle à remuer les harengs.

Arrivé à terre, le hareng est vendu, puis mis immédiatement en préparation. Il y a deux procédés différents, suivant que l'on veut en faire du *hareng salé* ou du *hareng saur*.

Dans le premier cas, on commence par lui enlever les intestins : c'est ce qu'on appelle *caquer*. On caque dans des mannes, et, à mesure qu'elles sont pleines, on les vide dans une auge, ou *mée*, longue de 3 à 4 mètres et qui est portée sur

des pieds peu élevés (fig. 131). Le hareng est versé à l'une de ses extrémités, et tandis qu'à l'aide d'une pelle, représentée par la figure 132, un ouvrier le retourne en tous sens et le fait avancer jusqu'à l'autre extrémité de la mée, un autre ouvrier le saupoudre de sel. De là on le fait tomber dans de grandes fosses en maçonnerie sur les bords desquelles on avait installé les mées; de temps en temps on jette du sel dans la fosse, et, quand elle est pleine, *on fait le couvercle* en terminant par une couche épaisse de sel. Au bout de dix jours, on le sort des fosses pour le laver dans des cuiviers, où se trouve une saumure faite avec du sel fondu dans le sang provenant de la caque. De ce cuvier il

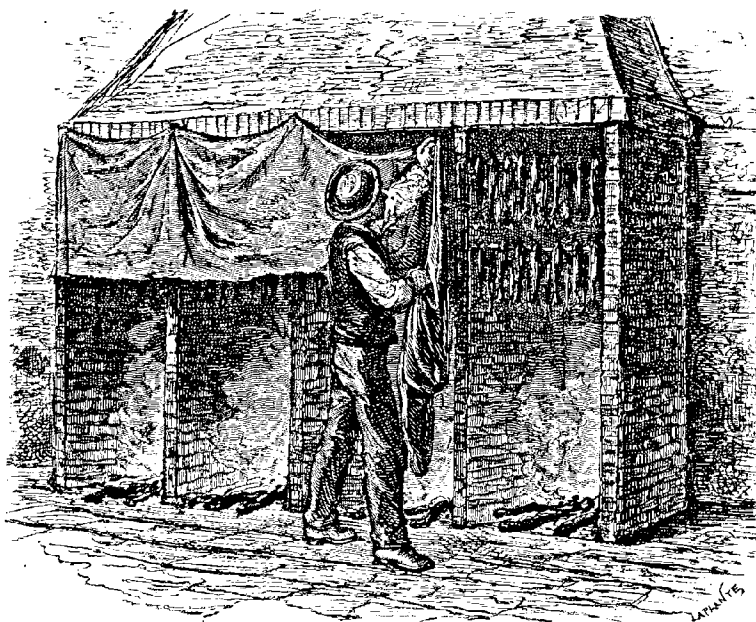


Fig. 133. — Salle de bouffisserie.

repassé dans la mée, où des femmes le prennent pour le trier et le mettre en tonneaux.

Quand le hareng doit être sauri, il n'est pas caqué, mais *brayé* à la mer, ce qui consiste à le saler sur le pont dans de petites mées que l'on pose sur deux tonneaux. Les matelots, munis de gants de drap commun et sans doigts, le retournent dans la mée en le salant. Arrivés à terre, ils vendent séparément les harengs brayés et les harengs caqués. Avant le saurissage, on les met dans l'eau afin de les dessaler, parce qu'on leur a donné un excès de sel pour les mieux conserver. Après les avoir lavés dans plusieurs eaux, des femmes les enfilent par la tête avec des baguettes appelées *hénets*, et les suspendent dans des cheminées où l'on fait du feu avec du bois de hêtre (fig. 135); ces cheminées sont nommées *bouffisseries*. Quand la fumée les a empreints de corps antiseptiques, c'est-à-dire au bout d'une semaine environ, le saurissage est terminé; on les trie et on les met en tonneaux.

La pêche du poisson frais destiné à approvisionner nos marchés se fait soit au *chalut*, soit à la ligne.

Le chalut est un grand filet (fig. 134) formant la bourse et attaché sur une pièce de bois de 7 à 8 mètres portant à ses extrémités des étriers de fer. Lorsque le bateau a gagné le large, les hommes de l'équipage laissent tomber le chalut au fond de la mer après l'avoir amarré à l'aide de câbles. Le bateau en marchant le traîne derrière lui, et les poissons qui se trouvent sur son passage sont emprisonnés dans ses mailles. De temps en temps on remonte le chalut à l'aide du cabestan et l'on en retire le poisson qui a été pris. C'est ainsi que se fait la pêche de la sole, du turbot, de la barbuë, des rougets, des vives, etc.

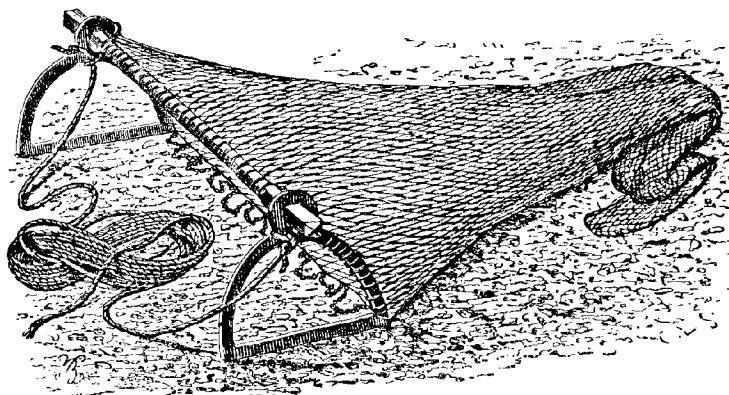


Fig. 134. — Chalut.

Le merlan se pêche à la ligne de fond, depuis le mois de novembre jusqu'à la fin de l'hiver.

La pêche des huîtres, qui est l'une de nos plus importantes industries maritimes, se pratique sur presque toutes nos côtes, mais principalement sur celles de Normandie et de Bretagne. L'administration la régleme en indiquant les bancs sur lesquels elle peut être faite, afin de laisser à ceux qui sont appauvris le temps de se repeupler.

Cette pêche est ouverte depuis le 1^{er} septembre jusqu'au 30 avril, du lever au coucher du soleil. Elle se fait à la *drague*, sorte de râteau ou pelle de fer pourvue d'un filet et attachée par un long câble à l'arrière du bateau. Celui-ci, voguant à pleines voiles, traîne la drague, qui racle le fond de la mer : les huîtres se détachent et tombent dans le filet. Arrivées à terre, elles sont mises dans des bassins appelés *parcs*, qui communiquent avec la mer : elles s'y engraisent et y deviennent plus tendres et plus savoureuses.

CHAPITRE VI

BOISSONS

VINS

Le vin est une liqueur obtenue par la fermentation du jus de raisin; ce liquide contient du sucre qui, sous l'influence de la fermentation, se transforme partiellement en alcool et en un gaz appelé *acide carbonique*.

La fabrication du vin constitue en France l'objet d'une industrie de premier ordre : il n'y a que douze départements qui ne produisent pas de vin, leur climat n'étant pas assez chaud pour que le raisin y atteigne le degré de maturité nécessaire à la vinification. La superficie des terres cultivées en vignes est de 2 millions d'hectares environ.

Les différents vins que produit la France peuvent se diviser en six classes principales :

1° Les vins de Bordeaux et leurs similaires, dont la production s'étend dans dix-neuf départements. Le département de la Gironde fournit les meilleurs vins de cette classe : les châteaux-lafitte, châteaux-margaux, châteaux-la-tour, châteaux-hautbrion, sauternes, saint-émilion, sont connus par leur fraîcheur et leur bouquet; aussi les nations étrangères font-elles dans la Gironde des achats considérables.

2° Les vins de Bourgogne et leurs similaires, dont la production s'étend dans douze départements. La Côte-d'Or tient le premier rang par ses crus si fameux de Chambertin, Romanée, Vougeot, Corton, Beaune.

3° Les vins du Midi ont en général un goût moins délicat que les précédents; mais ils sont très abondants et l'on y trouve quelques crus très estimés, celui de l'Ermitage, par exemple, dans la Drôme.

4° Les vins de l'Est sont produits dans douze départements. Le Jura est celui qui donne les plus remarquables; ceux d'Arbois sont très estimés.

5° Les vins mousseux, qui reçoivent des préparations et des soins spéciaux, modifiant leur nature primitive. Nous citerons ceux de Champagne, qui tiennent toujours le premier rang, ceux de la basse Bourgogne et notamment ceux de Châblis, Tonnerre, Épineuil; ceux de Tours, Vouvray et Rochechouart.

6° Les vins de liqueur, que fournissent quelques départements méridionaux,

parmi lesquels on distingue les vins muscats de Frontignan, de Rivesaltes et d'Alicante. A Cette, on fabrique de remarquables imitations des vins d'Espagne.

7° Les vins d'Algérie.

La fabrication du vin est une opération assez simple, dont les détails varient d'une région à l'autre, mais qui peut être ramenée à quelques principes généraux, que nous exposerons rapidement, en commençant par le vin rouge, qui fait l'objet de la plus grande consommation.

La fabrication du *vin rouge* comprend quatre phases principales : 1° la *vendange*, ou récolte du raisin; 2° le *fouillage*, ou expression du jus, opération qui est quelquefois précédée de l'*égrappage*; 3° la *fermentation du moût*, qui doit développer l'alcool du vin; 4° le *décuvage*, le *pressurage*, la *mise en tonneau*, etc.

La vendange a lieu à des époques variables suivant les années et les régions, mais en général du commencement de septembre au 15 octobre. On doit attendre



Fig. 135. — Égrappage au trident.

pour la faire que les raisins soient bien mûrs. Lorsqu'on juge qu'il en est ainsi, les vendangeurs (femmes, vieillards, enfants) sont répartis dans les vignes, et, armés de ciseaux ou de sécateurs, dont l'usage est préférable à celui des couteaux ou des serpettes, ils coupent les grappes de raisin, qu'ils placent dans des paniers, qui sont ensuite vidés dans des hottes de bois ou d'osier.

La récolte étant achevée, il faut maintenant extraire le jus du raisin pour le faire fermenter; car, tant qu'il reste protégé par son enveloppe contre le contact de l'air, il n'éprouve que des modifications à peine appréciables. Pour cela les grappes sont soumises au fouillage, qui est souvent précédé de l'*égrappage*. L'*égrappage* consiste à séparer les grains de la queue, ou *rafle*, qui les porte. La rafle ne peut céder au vin qu'un principe astringent, surtout formé de tanin; ce principe est utile à certains vins, mais pour ceux qui sont déjà astringents par eux-mêmes, il est bon de les en débarrasser par l'*égrappage*. Cette opération se pratique de plusieurs manières : la plus simple consiste à se servir d'une fourche (fig. 135) à trois dents que l'on agite dans un cuvier contenant les grappes : les

grains se détachent de la rafle, que l'on sépare à la main. Il y a avantage à se servir d'un châssis (fig. 136) à claire-voie dont les intervalles peuvent laisser passer les grains, mais arrêtent les rafles. Le raisin versé sur ce châssis est remué à la main; les grains et le jus traversent le châssis et tombent sur un plan incliné qui les mène dans la cuve ou dans le pressoir.

Le foulage se fait ordinairement par des hommes qui, les jambes et les pieds nus, piétinent le raisin, placé sur un sol en dalles légèrement incliné et entouré

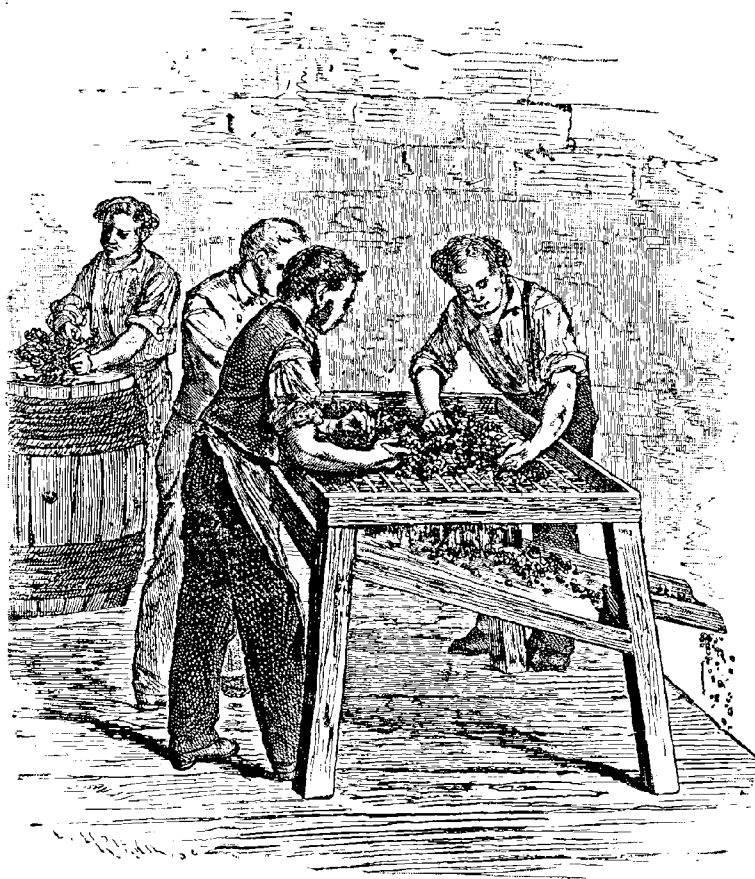


Fig. 136. — Égrappage au châssis.

d'un rebord de 10 à 15 centimètres de hauteur (fig. 137). L'écrasement par les pieds nus a l'avantage de faire sortir le jus du grain sans écraser les pépins, qui communiqueraient au vin une saveur désagréable. A mesure que le jus sort du grain, il s'écoule dans un baquet en bois de chêne appelé *barlong* ou *douil*; on l'y puise pour le verser dans des vases de bois nommés *tines* ou *comportes*, à l'aide desquels on le porte aux cuves de fermentation, qui sont ordinairement de grandes cuves en chêne de 40 à 50 hectolitres de capacité, de forme conique ou carrée. Le raisin foulé et encuvé ne tarde pas à entrer en fermentation, si toutefois la température n'est pas inférieure à 20 degrés. Les celliers, où sont

les cuves, doivent être disposés de telle sorte qu'on puisse élever leur température au degré voulu.

Il y a deux méthodes générales pour opérer la fermentation : d'après l'une, la plus ancienne et la plus employée quoique la moins bonne, on fait fermenter au libre contact de l'air atmosphérique, tandis que, dans la seconde, on interdit plus ou moins le contact de l'air.

Dans la première méthode, au deuxième jour d'encuvage, la fermentation com-

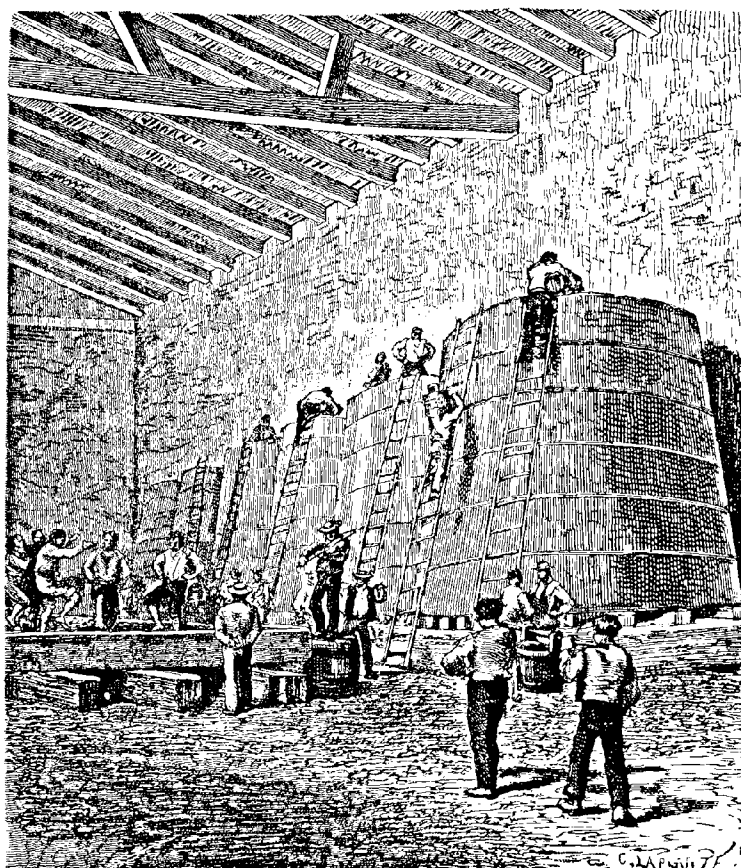


Fig. 137. — Piétinage du raisin. Cellier de fermentation.

mence : la température s'élève et le sucre se transforme en alcool et en acide carbonique. Les matières solides soulevées par le dégagement du gaz s'accablent à la surface et forment une croûte d'écume, qu'on appelle le *chapeau*. Au bout de quelques jours la fermentation devient moins tumultueuse, puis s'arrête; on brasse alors le mélange de manière à immerger entièrement le chapeau et à remettre de nouveau en contact le jus sucré et les matières solides; la fermentation recommence, moins tumultueuse que la première fois, et, lorsqu'elle est arrêtée, on procède au *décuvage*. Il est important, lorsque la fermentation a lieu à l'air libre, de bien saisir le moment où doit se faire le *décuvage*; si l'on attend trop tard, le vin peut s'aigrir ou au moins s'appauvrir par l'évaporation de son

alcool. Ces inconvénients sont évités par la seconde méthode, qui consiste à recouvrir la cuve avec un couvercle qu'on lute sur elle et qui porte un tube destiné à mener l'acide carbonique au dehors.

Le décuivage peut se faire en enfonçant dans la cuve un panier d'osier, qui se remplit du liquide et lui sert de filtre en le séparant des matières solides. On y puise le vin et on le verse dans des tonneaux munis d'un large entonnoir. Mais ce procédé est défectueux : il expose trop le vin à l'action acidifiante de l'air; il est préférable d'adapter une grosse cannelle près du fond de la cuve, et, à l'aide d'un tuyau, de diriger dans des tonneaux le liquide soutiré.

Lorsqu'on a soutiré tout le vin qui peut s'écouler spontanément, les matières solides restant dans la cuve et formant le *marc* sont enlevées dans des hottes et portées au pressoir. On en extrait par la pression le vin qu'elles renferment encore et qui est d'une qualité inférieure au premier. On traite aussi le marc par l'eau pour faire la *piquette*, qui est la boisson ordinaire du vigneron.

Dans les tonneaux où l'on a mis le vin et que l'on a transportés dans les celliers, le liquide continue à fermenter lentement et à dégager de l'acide carbonique. Dans certaines localités, on remplit chaque jour le tonneau de manière que l'écume et les impuretés, qui se trouvent à la surface du liquide, soient expulsées par la fermentation et rejetées au dehors par l'ouverture de la bonde : c'est ce qu'on appelle *ouiller*. Dans d'autres régions, on ne remplit pas entièrement le tonneau : on laisse un espace vide capable de contenir l'écume, qui se dépose à la longue et tombe au fond lorsque la fermentation se ralentit; c'est alors qu'on doit fermer la *bonde*. Quel que soit le procédé d'*ouillage* employé, il est important de soigner le vin dans les celliers, de le séparer par plusieurs soutirages de la *lie* qui s'est déposée au fond des tonneaux.

Enfin on le rend tout à fait limpide par le *collage*. Cette opération s'effectue en y versant de la gélatine ou du blanc d'œuf. Ces substances forment avec le tanin du vin des flocons insolubles qui entraînent avec eux, au fond du tonneau, les matières en suspension.

La fabrication du *vin blanc* diffère sur quelques points de celle du vin rouge. D'abord le pressurage doit précéder la fermentation. Voici pourquoi : la matière colorante du raisin se trouve dans la pellicule du grain et ne peut se dissoudre qu'à l'aide de l'alcool produit dans la fermentation; si donc, avant la fermentation, on sépare par le pressurage la pellicule et le jus, il ne pourra y avoir de coloration, puisque la matière colorante sera restée dans la pellicule. Pour atteindre ce résultat, après le foulage, qui écrase les grains sans en écraser les pépins, on livre le raisin au pressoir. Le premier moût obtenu par le piétinage produira le meilleur vin blanc. Le moût est ensuite mis dans des tonneaux, où il subit la fermentation, qui, pour les vins rouges, se fait dans les cuves. Ces tonneaux ont une capacité de 200 à 250 litres. Dans certains cas le moût, avant d'y être introduit, est mis dans une cuve, où il dépose pendant quelque temps et qu'on appelle *cuve de débouillage*. Dans la Gironde, le vin blanc est toujours

fait avec du raisin blanc; les raisins rouges ne donneraient pas de bon vin blanc.

Quant aux vins blancs *mousseux*, ils doivent la propriété de mousser à la grande quantité d'acide carbonique qu'ils tiennent en dissolution et qui provient de ce que le vin est mis en bouteilles avant que la fermentation soit achevée.

La plupart des vins de Champagne se préparent avec du raisin rouge, qui est d'abord égrappé, puis soumis au pressoir. La première pression donne le vin blanc, les suivantes un vin rosé. Les vins de différents crus sont mélangés ensemble d'après les proportions qui ont été reconnues avantageuses. Le mélange est versé ensuite dans des tonneaux de 2 hectolitres, que l'on place dans des locaux à 15 ou 20 degrés de chaleur : la fermentation s'effectue lentement, en

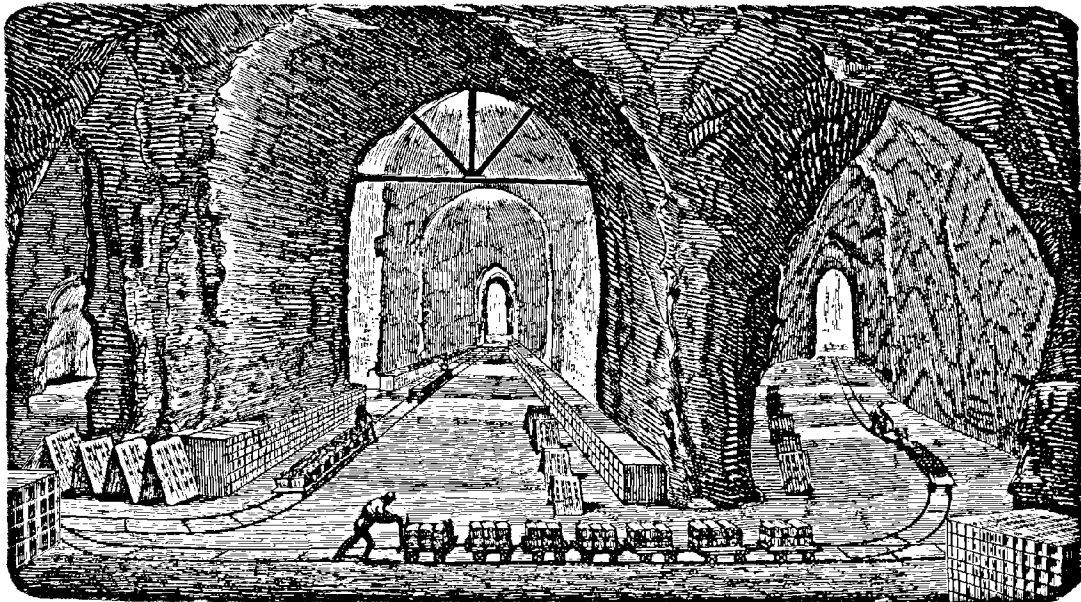


Fig. 138. — Cave de Champagne.

huit ou quinze jours, suivant la température; puis on le descend dans des caves fraîches à 10 ou 12 degrés, creusées en pleine craie (fig. 158) et dans lesquelles se fera tout le travail. La fermentation active s'arrête et se transforme par le refroidissement en fermentation lente. C'est là une opération à laquelle se prêtent parfaitement les vins de Champagne et qui rencontre de sérieuses difficultés pour les vins récoltés dans des régions plus méridionales. Les vins de Champagne ont pour caractère de garder leur sucre avec opiniâtreté. On soutire et on colle trois fois, et vers le mois d'avril on met en bouteilles. Les grands vins de Champagne contiennent encore à cette époque assez de sucre pour qu'on ne soit pas obligé d'en ajouter et pour que la fermentation lente de ce sucre donne dans la bouteille l'acide carbonique qui doit rendre le vin mousseux. Pour les vins moins riches, on verse dans chaque bouteille une certaine quantité de *liqueur*

de sucre, c'est-à-dire d'une dissolution de sucre de canne dans le vin blanc.

La mise en bouteilles et la conservation des vins mousseux exigent des soins très nombreux. Les bouteilles doivent être neuves; si elles avaient déjà servi à renfermer du champagne, leur solidité, altérée par la pression intérieure qu'elles auraient supportée une première fois, ne pourrait résister à une seconde épreuve. Le tirage du vin doit se faire dans un local chaud ou chauffé à 20 degrés.

Les bouteilles sont présentées au boucheur qui, à l'aide d'une machine spéciale, y fait pénétrer un bouchon bien choisi et beaucoup plus gros que le goulot. Le bouchon ne doit pas avoir moins de 50 millimètres de longueur sur 30 millimètres de diamètre et doit pénétrer de 20 millimètres au moins dans le goulot, qui n'a que 18 à 20 millimètres de diamètre. Lorsque la bouteille est bouchée, elle passe successivement dans les mains du *ficelleur* et du *metteur en fil*, qui serrent le bouchon dans le goulot, le premier avec deux nœuds de ficelle huilée, le second avec deux fils de fer.

Ainsi bouchées, les bouteilles sont *entreillées*, c'est-à-dire disposées horizontalement par lits réguliers. La fermentation du sucre continue et produit la mousse. Lorsque, par la formation des dépôts ou par la rupture de quelques bouteilles, on est averti que le travail de la mousse est commencé, on descend les bouteilles en cave ou dans un local à température constante de 10 degrés; on les entreille de nouveau et on les y laisse au moins dix-huit mois, pendant lesquels un grand nombre sont cassées par la pression du gaz, surtout aux mois de mai, juin et août. Quand le dépôt est bien formé et que le vin est limpide, on désentreille et l'on *met sur pointe*, c'est-à-dire qu'on place les bouteilles, le goulot en bas, sur des planches trouées disposées le long des murs des caves. Le dépôt, grâce au remuage des bouteilles qu'effectue de temps en temps un ouvrier appelé *remueur*, descend et se réunit sur le bouchon.

Il faut alors procéder au *dégorgeage* : les bouteilles, prises avec soin, le fond en l'air et le goulot en bas, sont portées au dégorgeur qui, les tenant dans la même position, tire prestement le bouchon; la pression intérieure fait sortir le dépôt, et le dégorgeur retournant rapidement la bouteille en essuie le goulot, y met un bouchon provisoire et la passe à l'*égaliseur*, qui est chargé de vérifier si le dégorgeage n'a pas fait sortir des quantités inégales de vin et de ramener au même volume le liquide de chaque bouteille. Enfin on ajoute dans chacune d'elles une certaine quantité d'une liqueur sucrée nommée *liqueur d'expédition*, et dont la composition varie suivant le goût des habitants des contrées auxquelles le vin est destiné; c'est ce qu'on appelle *opérer* le vin. Pendant ces différentes manipulations il s'est perdu moins de gaz qu'on ne serait porté à le croire, attendu que le vin de Champagne, surtout celui des bons crus, retient son gaz avec une certaine force. Le vin une fois opéré est de nouveau bouché et ficelé. Les bouchons d'expédition doivent être neufs, de premier choix, bien lavés au vin et ramollis à la vapeur. Enfin des femmes sont chargées d'essuyer les bouteilles, d'envelopper le bouchon et le goulot d'une feuille d'étain et de coller l'étiquette.

On fabrique aujourd'hui avec des raisins secs des quantités considérables de vins, qui servent principalement à couper des vins naturels trop forts en couleur et en goût, tels que les vins rouges de Portugal, Espagne, Dalmatie, Hongrie, Algérie, les vins blancs de Dalmatie et de Hongrie. Ils remplacent pour cet usage les petits vins autrefois employés et aujourd'hui disparus par suite des ravages du phylloxera. On se sert pour cette fabrication de raisins venant d'Asie Mineure ou de la côte occidentale de la Grèce : le raisin de Corinthe est le plus recherché. La fabrication du vin de raisins secs diffère peu des procédés que nous avons décrits. Il faut avant tout rendre aux raisins l'eau que la dessiccation leur a fait perdre. On opère de deux manières.

Dans le premier procédé, on met le raisin en contact avec de l'eau chaude à 25 degrés dans des foudres de 100 hectolitres et on laisse la fermentation s'établir. La température ne doit pas être inférieure à 15 degrés. Il est important que le raisin soit toujours immergé. On se sert pour cela de la trémie Agobet, qui est aussi employée pour la fabrication du vin par les procédés ordinaires. Elle se compose d'un vase prismatique en bois dont le fond est à claire-voie. On la fixe sur le foudre de manière que le fond plonge dans le liquide : l'acide carbonique, qui se dégage par la fermentation, s'accumule dans la partie supérieure du foudre et maintient le niveau du liquide plus élevé dans la trémie que dans le foudre. Il faut, pour que l'opération marche bien, que la densité du liquide soit sensiblement la même dans toutes ses parties. Pour obtenir ce résultat après vingt-quatre heures de trempage, on soutire le liquide à l'aide de pompes et on le renvoie sur le raisin. Après fermentation, quand le dégagement du gaz a cessé, on soutire et on clarifie.

Le second procédé de fabrication consiste à retirer du raisin par trempage dans l'eau le sucre qu'il renferme et à faire passer le moût ainsi obtenu dans des cuves à fermentation, où il est maintenu à une température de 25 degrés.

Le vin est sujet à un certain nombre de maladies, connues depuis longtemps et dont les causes ont été déterminées par M. Pasteur. « La source des maladies propres au vin, dit l'illustre chimiste, résulte de la présence de végétations parasitaires microscopiques, qui trouvent en lui des conditions favorables à leur développement et qui l'altèrent soit par soustraction de ce qu'elles lui enlèvent pour leur nourriture propre, soit principalement par la formation de nouveaux produits qui sont un effet même de la multiplication de ces parasites dans la masse du vin. »

Il se développe souvent à la surface du vin des corps blanchâtres, qu'on appelle *fleurs du vin* et qui sont dus à un champignon appelé *Micoderma vini*. Les fleurs du vin n'altèrent pas la qualité de ce liquide : elles ne se développent que par les temps chauds et on les empêche de se produire en maintenant le vin dans des fûts pleins et placés dans des caves fraîches. Les vins où se sont développées les fleurs sont désignés sous le nom de vins *tournés* ou *piqués*.

L'*acescence* est une maladie consistant dans la production anormale d'une certaine quantité d'acide acétique, qui rend le vin aigre. Elle est produite par le

développement d'un végétal, que M. Pasteur appelle le *Micoderma aceti* et qui se présente sous forme de globules étranglés sur leur milieu et dont le petit diamètre ne dépasse pas un millièrne et demi de millimètre.

La *pousse* ou *maladie des vins tournés* est due à un autre végétal, qui consiste en filaments déliés de longueur variable et dont le diamètre est d'un millièrne de millimètre. Ce filament détermine la transformation des sels naturels du vin en carbonate de potasse, qui produit dans le liquide une coloration bleue ou brune. Le nom de *pousse* vient de ce que, si l'on pratique un fausset dans le tonneau renfermant un vin qui est atteint de cette maladie, le liquide jaillit avec force. L'addition d'un peu d'acide tartrique et d'eau-de-vie arrête l'altération que nous venons de décrire.

Certains vins deviennent quelquefois huileux et filants. M. Pasteur attribue cette maladie à l'existence d'un ferment filamenteux. Les filaments en s'agglomérant donnent au vin la viscosité d'un corps gras. L'addition de tanin (15 grammes pour 250 litres de vin) précipite le ferment et guérit le vin.

Nous citerons aussi la maladie de l'*amertume*, qui atteint les vins rouges et particulièrement ceux des meilleurs crus de Bourgogne. Elle est due aussi à un ferment spécial, qui se présente sous forme de filaments rameux et articulés.

M. Pasteur a donné à l'industrie viticole le moyen de préserver le vin des différentes maladies que nous venons de décrire. Il suffit pour cela de soumettre le vin pendant un quart d'heure à une température de 60 degrés. Le chauffage des vins se fait aujourd'hui industriellement à l'aide d'appareils différents, parmi lesquels nous citerons celui de MM. Perrier frères. Il consiste essentiellement en deux serpentins communiquant ensemble : l'un est entouré d'eau chaude, l'autre est froid. Le vin, chauffé à 60 degrés dans le premier, est refroidi à 50 degrés dans le second, d'où on l'extrait pour le mettre en tonneaux.

BIÈRE

La bière est une boisson alcoolique que l'on fabrique avec l'orge germée. Comme le vin, elle est connue de toute antiquité. C'est dans l'ancienne Égypte et dans la Phénicie que cette boisson paraît avoir pris naissance. Les historiens la désignent sous le nom de *vin d'orge*. Hérodote en attribue la découverte, près de deux mille ans avant Jésus-Christ, à Osiris, le conquérant et le civilisateur de l'Égypte. C'est à Péluse, sur les bords du Nil, que l'on préparait la meilleure bière d'Égypte, appelée *vin d'orge de Péluse*. Les Égyptiens appelaient *zithos* et *curmi* la bière qui formait la boisson ordinaire de la plus grande partie

du peuple égyptien. La bière passa de l'Égypte en Grèce, puis en Italie, et de là dans la Gaule et dans la Germanie. Saint Louis réglementa la fabrication de cette boisson par les édits de 1268. Au xvi^e siècle on appelait en France *bière de couvent* la bière faible destinée aux couvents de femmes, et *bière des pères* la bière forte brassée par les moines. Aujourd'hui l'industrie de la bière a pris une grande importance à Paris et dans nos départements du Nord, de l'Est, en Alsace, en Allemagne et en Angleterre.

La bière est une boisson légèrement alcoolique, résultant de la *saccharification* de l'amidon que renferment les graines de certaines céréales, surtout l'orge, et de la *transformation du sucre en alcool* après une addition des principes aromatiques et amers du houblon.

Nous allons exposer les principales opérations de la fabrication de la bière.

L'orge est d'abord soumise à un *mouillage*, qui a pour but d'introduire dans les graines une quantité d'eau suffisante pour la germination. Il s'effectue dans des cuves en fer, ou à parois garnies de ciment, et dure de cinquante à quatre-vingts heures, pendant lesquelles on renouvelle l'eau deux fois par jour pour l'empêcher de prendre une mauvaise odeur. Quand le grain est devenu assez souple pour qu'on puisse le plier sur l'ongle sans le briser, le mouillage est achevé.

Il faut alors procéder à la *germination*, dont l'effet sera de développer dans les graines un principe, appelé *diastase*, qui doit ultérieurement transformer l'amidon en matière sucrée. On transporte pour cela le grain dans des caves dont le sol est ordinairement fait, dans les brasseries d'Alsace, en pierre de Ratisbonne, qui n'absorbe pas l'humidité, et on l'étale par terre en couches de 50 centimètres environ : la température des caves doit être de 12 à 15 degrés. Sous l'influence de cette température, l'orge entre en germination : les organes appelés *gemmule* et *radicelle*, qui deviendraient plus tard la tige et la racine de l'orge si la végétation devait continuer, sortent de chaque grain; la couche s'échauffe et l'on doit la remuer assez souvent pour l'empêcher de s'échauffer trop. On diminue progressivement son épaisseur, et lorsque la gemmule a atteint une longueur à peu près égale à une fois et demie ou deux fois celle du grain, ce qui arrive

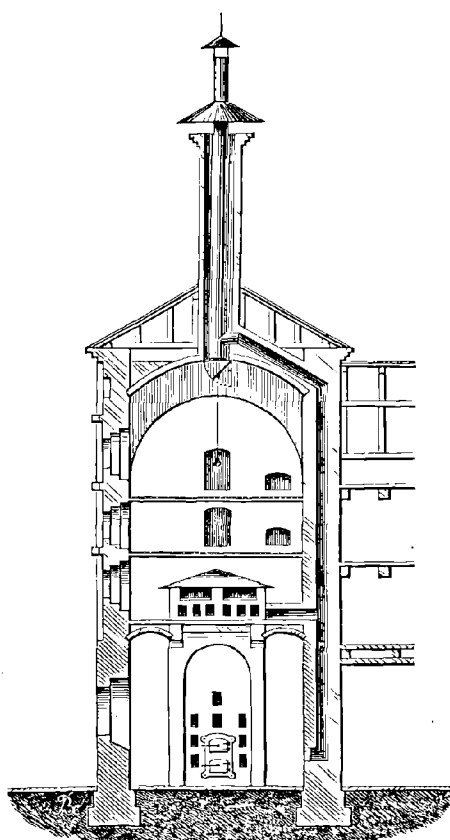


Fig. 139. — Coupe montrant l'installation intérieure d'une touraille de brasserie.

au bout de cinq à huit jours, on porte l'orge dans des greniers très aérés où elle se dessèche. Pour achever cette dessiccation, qui a pour but d'arrêter la germination, le grain est placé dans des appareils nommés *tourailles*, où il est graduellement porté à une température de 115 à 120 degrés par un courant d'air chaud.

Une touraille est, en général, une tour de 5 à 6 mètres de côté, dans l'intérieur de laquelle sont disposés des plateaux métalliques percés de trous; sur ces plateaux on étend le grain à dessécher. Un calorifère situé à la partie inférieure de la touraille (fig. 159) envoie dans l'intérieur un courant d'air chaud qui passe d'étage en étage et élève la température du grain. Il est nécessaire, pour faciliter l'action de l'air, de remuer le grain. Ce travail, qui se faisait autrefois à la main à l'aide de pelles, est effectué aujourd'hui au moyen de pelleteurs mécaniques installés à chaque étage. Ils consistent en arbres qui sont armés de

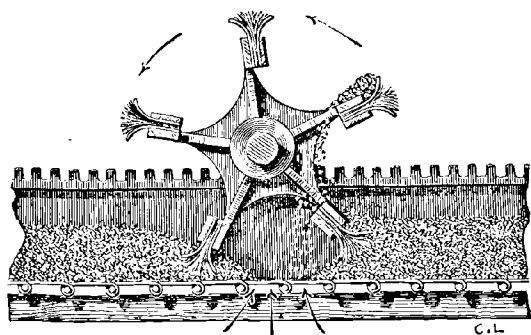


Fig. 140. — Pelleteur.

palettes ou de brosses et ont à la fois un mouvement de rotation et un mouvement de déplacement suivant le diamètre de la touraille (fig. 140).

Le temps de la dessiccation varie : il y a en général deux plateaux, et le grain reste sur chacun d'eux, en Alsace douze heures, en Angleterre cinq à six jours, en Bavière quarante-huit heures. Lorsque l'air arrive au plateau supérieur, il n'a pas plus de 65 à 70 degrés.

Quand le grain est sec, on le sépare des radicelles, qui communiqueraient de l'amertume à la bière. On se sert pour cela d'appareils appelés *dégreneurs*. Puis on moule le grain soit à l'aide de meules, soit en le faisant passer par des cylindres cannelés qui l'écrasent, et il constitue alors ce qu'on désigne sous le nom de *malt*.

Le malt est soumis à la *saccharification* ou *brassage*. Cette opération a pour but de faire agir la diastase sur l'amidon du grain, de transformer cet amidon en matière sucrée et de dissoudre le sucre dans l'eau. Elle est faite dans des cuves appelées *cuves-matières*.

Dans les petites brasseries, la cuve-matière est une cuve en bois munie d'un double fond percé de trous, qui sert à supporter l'orge et à faciliter l'écoulement du liquide. Le brassage, ou agitation de la matière, y est fait à l'aide de fourches de bois, nommées *fourquettes*. Dans les grands établissements, les cuves-matières sont installées dans de meilleures conditions. Ce sont généralement de grands réservoirs de tôle garnis extérieurement d'une enveloppe de bois pour éviter les pertes de chaleur (fig. 141) et pouvant être chauffés à l'aide de vapeur, qui arrive par le tuyau *m*. Le faux fond est formé de plaques de cuivre percées de trous, que l'on peut enlever facilement après chaque opération pour nettoyer la cuve. Dans l'intervalle des deux fonds se trouvent

le tuyau qui amènera l'eau chaude, et le tube RR destiné à vider la cuve. Enfin, à l'intérieur de la cuve-matière se meut un agitateur mécanique à palettes A et B.

Le brassage peut s'effectuer par deux méthodes distinctes : l'une, appelée méthode par *infusion*, se pratique en Angleterre et dans les pays du Nord; l'autre, appliquée dans l'Est et en Allemagne, se nomme méthode par *décoction*.

Le brassage par infusion se fait de la manière suivante : on verse de l'eau à 40 degrés dans la cuve-matière et l'on y ajoute la quantité nécessaire de malt écrasé, de manière à former une pâte assez épaisse; après agitation du mélange pendant un quart d'heure, on laisse reposer pendant une demi-heure pour que le grain se trempe bien. On verse alors de l'eau chaude et l'on élève la température à 60 ou 65 degrés; on brasse fortement et on laisse reposer pendant une heure afin que la transformation de l'amidon en sucre s'effectue;

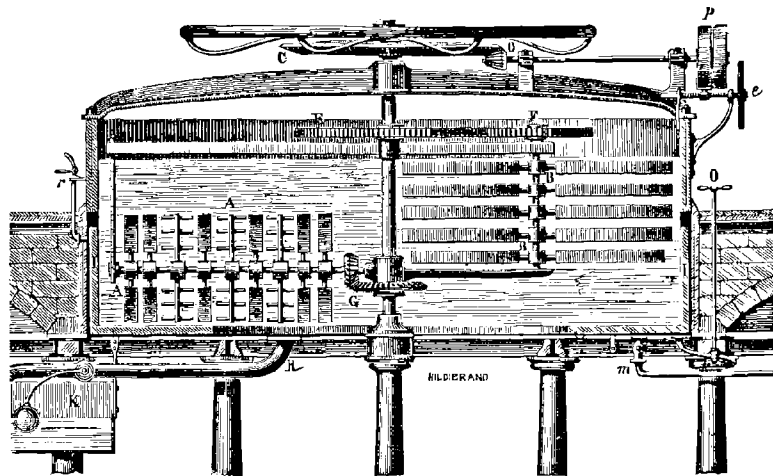


Fig. 141. — Cuve-matière.

la cuve doit être couverte avec soin. Le liquide appelé *moût* est envoyé par le tube RR dans une cuve K d'où il est conduit dans la chaudière à cuire. On répète deux fois l'opération sur le même malt en élevant la température à 75 degrés à la seconde trempe, à 80 degrés et plus à la troisième trempe. Dans cette méthode, les substances albumineuses, qui déterminent la transformation de l'amidon, ne sont nullement altérées et l'on obtient une bonne saccharification; la bière sera plus alcoolique et moins moelleuse que celle que l'on fait par décoction.

Dans le brassage par décoction, qui est pratiqué, comme nous l'avons dit, en Alsace et en Allemagne, on empâte à froid; puis par l'arrivée d'eau chaude on élève la température à 38 degrés; on brasse et on laisse reposer une heure après avoir couvert la cuve. Le tiers environ de la masse pâteuse est extrait et envoyé dans une chaudière à cuire, où on le fait bouillir pendant trois quarts d'heure; puis il est ramené sur le malt et chauffé à 46 degrés. On fait une se-

conde et une troisième opération analogue et l'on arrive après le quatrième mélange à la température de 75 degrés. Le caractère distinctif de cette méthode est l'ébullition du malt avec l'eau; cette ébullition détermine la production de matières albumineuses brunes, qui rendent la bière plus moelleuse et plus nutritive.

Le liquide provenant du brassage est appelé *moût*; il est envoyé dans des chaudières où on le porte à l'ébullition en y mélangeant une certaine quantité de fleurs de *houblon*. Ces fleurs communiquent à la bière un peu d'amertume, lui donnent un parfum agréable, et le tanin qu'elles renferment détermine la précipitation des matières albumineuses et par suite la clarification du liquide.

Les meilleures espèces de houblons sont celles de Bohême; on les appelle *saaz*; celles de Bavière, nommées *spatt*, ont un parfum plus *dur*, et l'on prétend qu'elles sont meilleures pour la conservation de la bière; mais c'est là une opinion discutée. Nous citerons encore les houblons de Weingarten, de Nuremberg, de Hersbruck, de Wurtemberg, de Schwetzingen (analogue au *saaz* par la douceur), d'Alsace, de Bourgogne, de Lorraine et de Pologne. Ces quatre dernières espèces sont de qualité inférieure aux précédentes; cependant certains houblons d'Alsace égalent la deuxième qualité des houblons de Bavière.

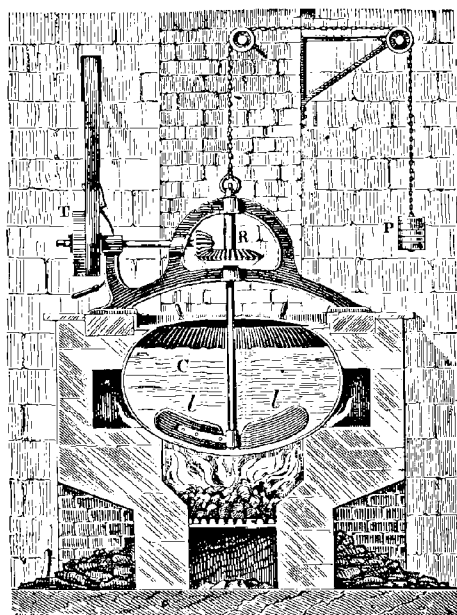


Fig. 142. — Chaudière à vaguer.

La cuisson dure de quatre à cinq heures; elle se fait dans des chaudières de cuivre C (fig. 142), munies d'un agitateur ou *machine à vaguer* U qui, par l'agitation qu'elle entretient dans le liquide, s'oppose à ce que le malt puisse adhérer au fond de la chaudière, où il s'altérerait sous l'influence de la chaleur et prendrait une saveur désagréable. On voit ces chaudières au premier étage de la brasserie représentée par la figure 145.

Lorsque la cuisson du moût est terminée, on le dirige, au moyen de tuyaux de cuivre, dans de grands bacs très peu profonds, appelés *refroidissoirs* et placés dans des greniers parfaitement aérés. Il s'y refroidit rapidement et laisse déposer diverses substances qu'il tenait en suspension ou en dissolution. On se sert aussi pour refroidir le moût d'appareils réfrigérants. Dans celui de M. Baudelot, le liquide coule de haut en bas et en pluie sur des tuyaux parcourus de bas en haut par un courant d'eau glacée. Le moût arrive en F (fig. 145), tombe sur deux gouttières métalliques G et g percées de trous: il laisse sur ces gouttières les corps étrangers solides qu'il peut contenir et de là tombe sur les tuyaux représentés en AA sur la seconde figure.

Après le refroidissement, le liquide est envoyé dans des cuves nommées *guil-*

loires, où il subira la fermentation qui doit transformer le sucre en alcool, et conséquemment le moût en bière. On provoque cette fermentation par l'addition d'une certaine quantité de levure de bière provenant d'une opération précédente. La levure se multiplie dans l'intérieur du liquide et cette multiplication est accompagnée de la transformation du sucre en alcool.

La fermentation peut se faire de deux manières, *par dépôt* ou *superficiellement*. Dans le second cas, la levure produite monte à la surface, entraînée qu'elle est par un dégagement assez tumultueux d'acide carbonique; dans le premier, elle va au fond de la cuve, où elle se dépose. Ces deux formes diverses dépendent du

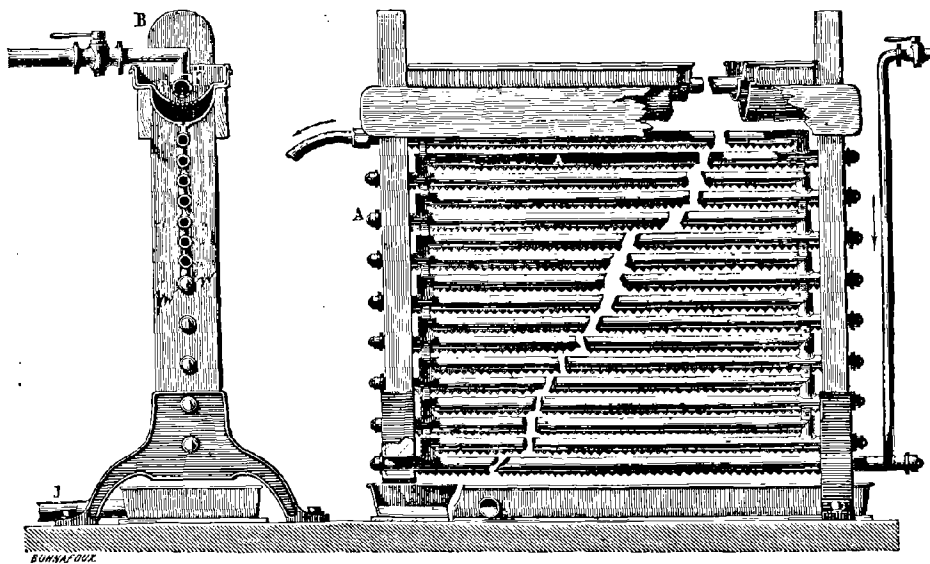


Fig. 143. — Réfrigérant Baudelot.

mode de brassage, de la nature de la levure et de la température à laquelle se fait la fermentation.

La fermentation *par dépôt* s'obtient à une température qui varie de 4 à 15 degrés, et avec des moûts brassés par *décoction*. Elle se fait lentement, avec calme, et dure de dix à vingt jours. C'est ainsi qu'on opère pour les bières de Bavière et d'Alsace. Après la fermentation on soutire le liquide, en ayant soin de le prendre aussi clair que possible et en laissant dans la cuve la levure, qui doit être recueillie, bien lavée et conservée pour la vente ou pour une opération ultérieure. La bière ainsi produite peut être mise en tonneaux et vendue en cet état, à condition d'être promptement consommée, car elle ne se conserverait pas au delà de quelques mois.

Quand on veut faire de la *bière de conserve*, on dirige le produit de la première fermentation dans de grandes cuves disposées dans des caves entourées d'une glacière constamment remplie et où règne, par conséquent, une température glaciale et constante. La bière y est abandonnée en moyenne durant cinq à

six mois; pendant ce temps se produit une fermentation lente qui a pour effet de faire déposer les substances nuisibles à la conservation du liquide.

La fermentation *superficielle* se pratique dans les villes du Nord; elle se fait avec des moûts brassés par *infusion* et à une température qui varie entre 15 et 50 degrés; elle est tumultueuse et dure de quatre à dix jours. On la fait commencer dans des guilloires et on l'achève dans des tonneaux où l'on transvase le liquide; la levure produite s'écoule par la bonde restée ouverte.

La bière est un liquide éminemment altérable. Pendant les chaleurs de l'été elle ne résiste pas au delà de cinq à six semaines aux causes de détérioration, et le moût qui sert à la fabriquer est d'une altérabilité plus grande. C'est encore M. Pasteur qui, interprétant à ce point de vue spécial ses admirables décou-

vertes sur les fermentations, a trouvé les causes des altérations et des maladies que cette boisson peut subir. Il a montré par des expériences directes que la bière, qui peut devenir *aigre, putride, filante, tournée, lactique,...* n'est sujette à ces altérations que par suite de l'action sur elle d'organismes, ou ferments étrangers, qu'elle a reçus soit de l'air, soit des appareils de fabrication, soit enfin des levures elles-mêmes que l'on a introduites dans le moût pour le faire fermenter. Dans la communication qu'il a faite à l'Académie des sciences, il affirme qu'une bière qui ne contiendrait pas en elle-même les germes de

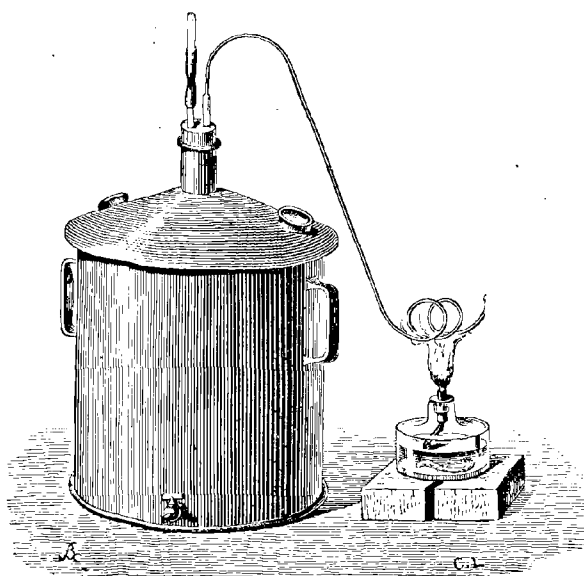


Fig. 144. — Fabrication de la levure pure par le procédé Pasteur.

ces ferments pourrait être exposée aux températures les plus hautes de l'atmosphère, faire le tour du monde et séjourner dans les pays les plus chauds *sans subir la moindre altération*. Elle ne pourrait éprouver dans ces conditions que la fermentation alcoolique.

D'où viennent ces germes? toujours de l'atmosphère. Mais la fermentation ne peut se produire sans l'intervention de l'oxygène de l'air. Car si l'on enferme de la levure avec du moût non aéré, la reproduction et le développement des grains de levure ne se font que difficilement, et la fermentation alcoolique, qui est la conséquence de ce développement, ne s'établit que d'une manière lente et pénible. Mais si l'on fait arriver au contact de cette levure une quantité limitée d'air, le phénomène de développement se produit, la fermentation commence et se continue avec activité sans qu'on soit obligé de renouveler l'air.

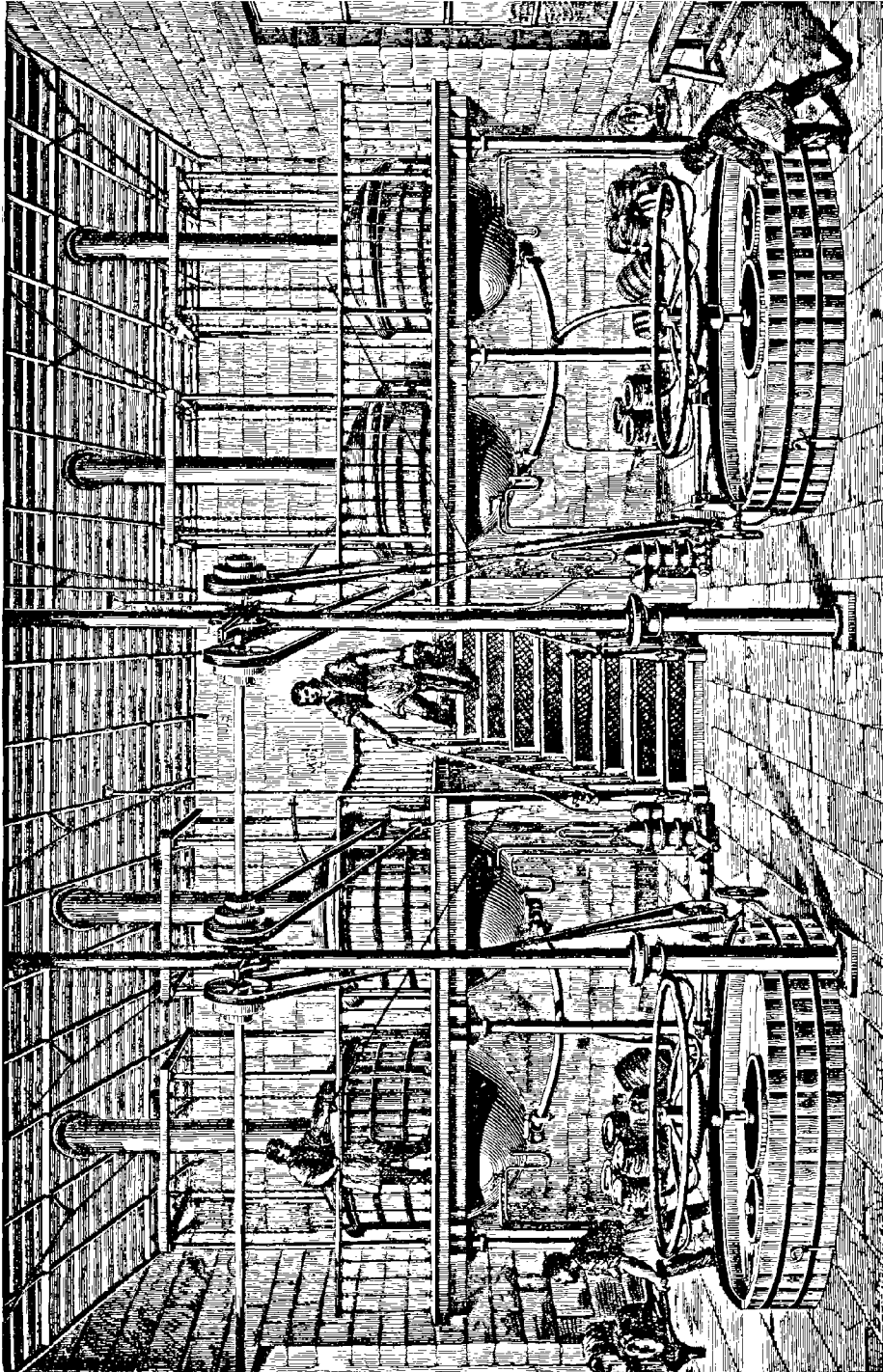


Fig. 145. — Intérieur d'une brasserie.

Tout revient donc à avoir du moût et de la levure dépourvus de germes, et à ne faire agir l'un sur l'autre qu'en présence d'une petite quantité d'air qui, vu son volume peu considérable, aura pu être débarrassé facilement de ses germes naturels avant son entrée dans les cuves, soit par une élévation de température, soit par une filtration à travers un tampon d'ouate. D'ailleurs, le moût, à sa sortie des cuves, où il a été produit, ne contient pas de germes actifs, puisque la température à laquelle on l'a porté les a tués et rendus inactifs. Il s'agit donc de le refroidir et de l'envoyer dans les cuves à fermentation sans qu'il subisse le contact de l'air.

Voici l'appareil que l'on emploie à cet effet. La chaudière, où se trouve le moût chaud, est mise en communication avec le serpentín d'un réfrigérant Baudelot ou autre. Ce serpentín et le tube qui le relie à la chaudière ont été débarrassés de tout germe par une injection de vapeur et, par suite, stérilisés au point de vue de la reproduction de ces germes. Le moût circule de bas en haut dans le serpentín, tandis que de l'eau froide circule extérieurement de haut en bas. En quittant le réfrigérant il tombe dans un tube stérilisé, où il aspire une petite quantité d'air qui vient du dehors, mais qui a passé sur une surface chauffée au rouge pour y brûler ses germes. Cet air arrive pur dans le moût, auquel il donne la quantité d'oxygène nécessaire au développement de la levure. De là le moût se rend dans la cuve à fermentation. Cette cuve est fermée et a été stérilisée au préalable par une injection de vapeur.

Le levain pur est fourni à la cuve non pas sous forme solide, comme dans les procédés ordinaires, mais à l'état de moût en fermentation, emprunté à une cuve voisine. Le premier levain pur est obtenu en cultivant dans des ballons de verre stérilisés de la levure ordinaire de brasserie, mise préalablement en contact avec des agents antiseptiques, qui tuent les ferments de maladie sans empêcher la levure de se reproduire.

Avec ces levains purs de premier jet, on peut préparer des quantités considérables de levure pure, qui servent dans les brasseries où l'on emploie les procédés ordinaires. Pour cela on met du moût dans des bidons cylindriques en cuivre (fig. 144) : on le porte à l'ébullition et on le laisse refroidir lentement; l'air entre peu à peu par un tube métallique dont une partie est chauffée au rouge pour stériliser cet air; puis on fait tomber dans le bidon, par une tubulure spéciale, des grains de levure de premier jet qui passent des ballons dans le bidon, sans rencontrer l'air extérieur. La levure se reproduit alors.

C'est le contenu de ces bidons que l'on verse dans les cuves à fermentation. Au bout de trente-six heures, le moût de la cuve ne tarde pas à fermenter; au bout de douze jours, il est transformé en bière, que l'on soutire à l'aide de tubes en caoutchouc stérilisés.

Les procédés de M. Pasteur fournissent une bière ayant toutes les qualités de celles que l'on fabrique par les méthodes ordinaires et qui est inaltérable. Ils ont de plus l'avantage d'affranchir les brasseurs de l'emploi de la glace.

CIDRE

Le cidre est une boisson alcoolique obtenue par la fermentation du jus sucré extrait des pommes. Son usage est très répandu en Normandie et en Picardie. Le procédé de fabrication est très simple.

Les pommes sont écrasées, soit sous une meule de bois qui se meut dans une auge circulaire, soit entre les deux cylindres cannelés d'un appareil appelé *grugeoir* (fig. 146). La pulpe est abandonnée pendant vingt-quatre heures dans de grandes cuves de bois, où elle prend une couleur rougeâtre qui communique au cidre la teinte jaune ambrée que l'on recherche. Elle est ensuite soumise à l'action du *pressoir* et produit un jus que l'on filtre sur des tamis de crin pour arrêter les impuretés. Ce liquide est mis à fermenter, et une partie du sucre se transforme en alcool et en acide carbonique. Suivant les contrées, cette première fermentation a lieu en cuve ou en tonneaux; lorsqu'elle est achevée, on soutire le liquide; et si l'on veut faire une boisson d'agrément, sucrée et mousseuse, on le met en bouteilles. Mais dans les pays où l'on boit le cidre pendant les repas, on laisse la fermentation s'achever dans de grandes tonnes, ce qui lui donne une saveur légèrement aigre.

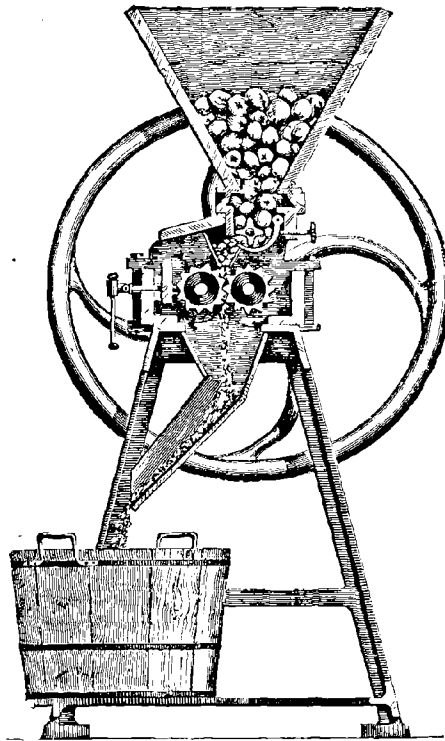


Fig. 146. — Grugeoir à pommes.

EAUX-DE-VIE ET ALCOOLS

L'eau-de-vie est un mélange d'eau et d'alcool, dont la fabrication repose sur les principes suivants : lorsqu'on chauffe du vin, qui peut être considéré comme

un mélange d'eau et d'alcool, l'alcool se vaporise le premier, et, si l'on reçoit sa vapeur dans un récipient entouré d'eau froide, elle redeviendra liquide par le refroidissement, et l'on aura ainsi séparé l'alcool de l'eau, qui ne bout qu'à une température plus élevée. Toutefois la séparation complète ne pourrait se faire par une seule distillation, attendu qu'à la température de 78 degrés, où bout l'alcool, l'eau émet aussi des vapeurs qui se mélangent aux vapeurs alcooliques; mais en répétant l'opération on arrive à avoir un liquide de plus en plus riche en alcool.

L'eau-de-vie est le résultat d'une seule distillation. Elle se fabrique surtout dans l'Angoumois, la Saintonge, le Languedoc et la Provence; les qualités les plus estimées sont fournies par l'Angoumois, où la distillation se fait en général dans les campagnes et à l'aide d'un appareil distillatoire excessivement simple. Il se



Fig. 147. — Fabrication de l'eau-de-vie dans les campagnes.

compose d'une chaudière en cuivre (fig. 147) communiquant avec un tube en cuivre étamé qui serpente dans un récipient rempli d'eau froide. Le vin est placé dans la chaudière, puis chauffé avec précaution; il faut que le feu soit très régulier et qu'il marche jour et nuit. Les vingt premiers litres qui passent à la distillation sont mis de côté ainsi que les dernières portions; ils fournissent une eau-de-vie moins estimée, que l'on appelle *seconde* et qui a un goût amer et métallique. La distillation est conduite de manière à avoir un liquide qui renferme de 65 à 67 pour 100 d'alcool. Ce liquide est blanc et c'est seulement dans les fûts en chêne, où on le met, qu'il acquiert à la longue la couleur ambrée qu'a ordinairement l'eau-de-vie.

L'industrie de la fabrication des eaux-de-vie de l'Angoumois et des Charentes a beaucoup souffert des ravages du phylloxera.

On fait dans le midi de la France des quantités considérables d'eau-de-vie.

Beaucoup de propriétaires distillent eux-mêmes : c'est ce qu'on appelle *brûler le vin*; mais la distillation se pratique aussi dans d'importantes usines, où l'on emploie des appareils perfectionnés.

Voici le principe sur lequel repose le fonctionnement de ces appareils. Nous avons dit que, lorsqu'on chauffe un mélange d'eau et d'alcool, c'est l'alcool qui se vaporise le premier, puisqu'il bout à 78 degrés, et que l'eau ne bout qu'à 100 degrés. Mais il entraîne avec lui en se vaporisant une certaine quantité de vapeur d'eau, quantité qui est d'autant plus considérable que le liquide distillé contient plus d'eau. Ces vapeurs dirigées dans un tube refroidi se condensent et fournissent un produit plus riche en alcool que le premier, car la distillation n'a entraîné qu'une partie de l'eau contenue dans le liquide primitif. On comprend qu'en distil-

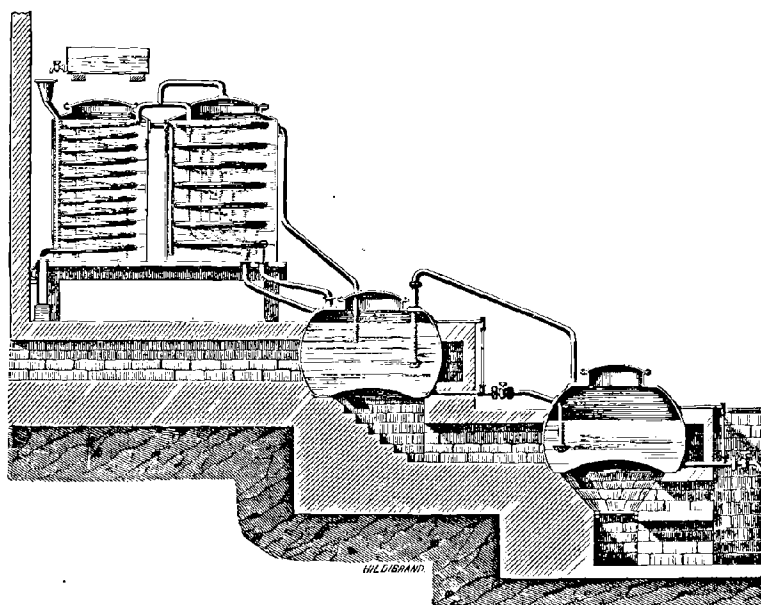


Fig. 148. — Appareil Laugier.

lant de nouveau le produit de la première distillation, on obtiendrait encore un liquide plus alcoolique, et l'on pourrait, en répétant ces distillations, séparer l'eau mélangée à l'alcool. Pour éviter ces distillations répétées, on fait passer le mélange de vapeurs d'eau et d'alcool, avant qu'il arrive dans le réfrigérant où il se condensera complètement, dans des tubes qui le refroidissent assez pour condenser la plus grande partie de la vapeur d'eau, mais pas assez pour condenser l'alcool, si bien que celui-ci continue sa marche vers le réfrigérant en s'appauvrissant de plus en plus, au point de vue de la quantité d'eau qu'il renferme. Pour économiser le combustible, Édouard Adam a eu l'heureuse idée de faire circuler autour des réfrigérants, où se condense la vapeur, le liquide alcoolique lui-même qui doit être distillé. Celui-ci reçoit alors la chaleur qu'abandonnent les vapeurs en se condensant, et il arrive déjà chaud dans la chaudière; de telle sorte qu'une

partie de la chaleur qui a été appliquée à la chaudière de distillation lui est rendue par le liquide chaud qui y est amené.

Nous ne décrivons pas tous les appareils de distillation employés par l'industrie des alcools; nous ne nous occuperons que de celui de Laugier, qui se prête facilement à une explication élémentaire des principes de la distillation, et de celui de Champonnois, qui nous permettra d'expliquer le jeu des colonnes de distillation. Ces appareils ont reçu de nombreux perfectionnements et nous citerons, sans les décrire, les appareils Savalle, qui sont aujourd'hui très employés.

L'appareil Laugier se compose de deux chaudières superposées, qu'on voit sur la droite de la figure 148 et qui communiquent entre elles par des tubes. La plus élevée communique elle-même avec un appareil appelé *déphlegmateur* ou *analyseur*. C'est un récipient dans lequel se trouvent sept tronçons d'hélice correspondant avec un tube commun qui se rend dans la chaudière supérieure; tous ces tronçons communiquent entre eux et avec un serpentin situé à côté du déphlegmateur et nommé *serpentin condenseur*. Voici maintenant la manière dont fonctionne l'appareil. Au début, la première chaudière est chargée de liquide froid; sous l'influence de la chaleur du foyer, la vapeur se forme, s'élève par le tube supérieur, et vient barboter dans le vin de la seconde chaudière, qu'elle chauffe; ce vin chauffé donne lui-même des vapeurs d'eau et d'alcool qui passent dans le déphlegmateur. La vapeur d'eau s'y condense en partie et l'eau résultant de cette condensation retourne dans la chaudière supérieure, tandis que la vapeur, plus riche en alcool, se rend dans le serpentin condenseur, où elle se condense. Quant aux tronçons en hélice du déphlegmateur et au serpentin, ils sont entourés de vin froid; ce vin, qui vient d'un réservoir supérieur, arrive par un tube vertical au fond du réfrigérant qui entoure le serpentin, s'y chauffe, s'y élève et s'écoule par un trop-plein dans le déphlegmateur, où il s'chauffe plus encore avant de se rendre dans la chaudière supérieure. Celle-ci communique d'ailleurs par un tube situé près de sa base avec la chaudière inférieure; ce tube est muni d'un robinet qui servira à faire passer le liquide chaud d'une chaudière dans l'autre.

On voit que dans cet appareil le vin et la vapeur suivent une marche inverse; la vapeur progresse de bas en haut, s'appauvrit en eau à mesure qu'elle avance, tandis que le vin va de haut en bas en s'échauffant à mesure qu'il approche des chaudières.

L'appareil Laugier est surtout employé dans la fabrication des alcools de vin; l'appareil Champonnois, que nous allons décrire, est plutôt en usage dans les distilleries d'alcools de diverses provenances, dont nous parlons ci-après.

L'*appareil Champonnois* se compose d'une chaudière A (fig. 149) où se trouve le liquide à distiller; au-dessus d'elle est placée une colonne rectificatrice composée de dix-sept tronçons cylindriques, enboîtés les uns dans les autres. Ils portent chacun une cloison horizontale percée à son centre d'un trou à rebords saillants et recouverts d'une calotte hémisphérique dentelée sur sa circonférence de base. Les dix-sept étages de la colonne commu-

niquent l'un avec l'autre par des tubes verticaux, que l'on voit sur la figure, alternant de droite à gauche. En haut de la colonne est un appareil appelé *analyseur*, formé d'une lame métallique (voyez les détails sur la figure 150) contournée en spirale, et qui communique par un tube *ee* avec le réfrigérant *gg*; ce réfrigérant plonge dans un récipient *h* rempli de liquide froid amené par un entonnoir *J*.

Voici maintenant comment fonctionne cet appareil : le liquide à distiller arrive froid dans le fond du vase *h*; il passe par le tube *Ke'* dans la colonne rectificatrice, tombe sur la première tablette et de là s'écoule par le premier tube vertical, situé à gauche, sur la seconde tablette; de proche en proche il arrive dans la chaudière, où il est amené par le tube *t*. Quant à la vapeur, elle suit une marche inverse : s'élevant de la chaudière, elle passe dans le trou central de la tablette inférieure, de là dans la première calotte hémisphérique, d'où elle s'échappe en barbotant à travers le vin situé sur cette première tablette; elle y laisse un peu de vapeur d'eau et chauffe le vin; de tablette en tablette elle gagne l'analyseur *D*, circule entre les spires de la lame qui le forme, y laisse condenser de la vapeur d'eau et passe par le tube *ee* dans le réfrigérant *gg*, où a lieu la condensation définitive.

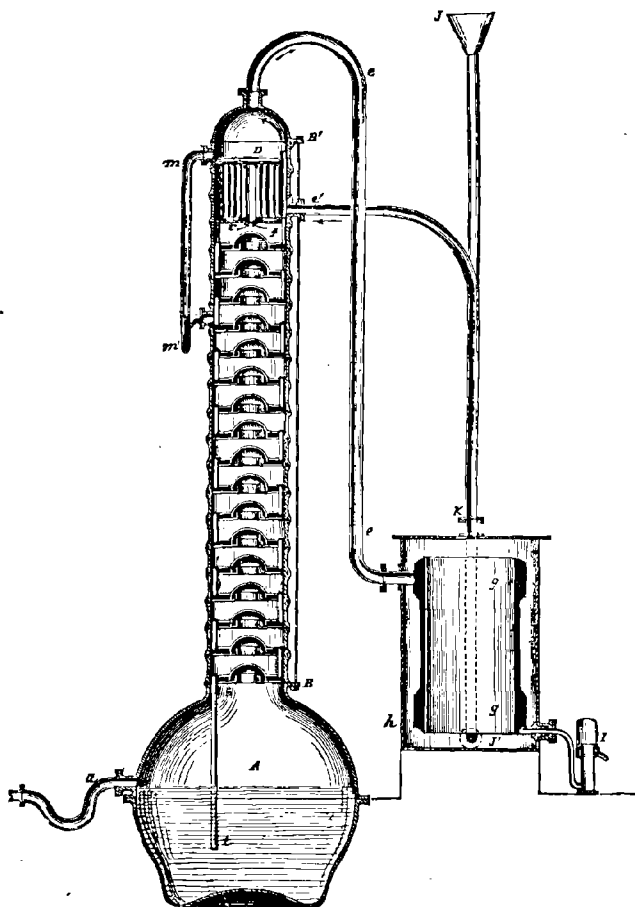


Fig. 149. — Appareil Champonnois.

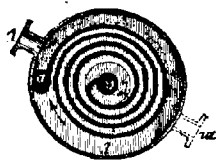
On voit qu'avec des dispositions différentes on a appliqué ici le même principe que dans l'appareil Laugier. Le vin arrive chaud dans la chaudière, et la vapeur d'alcool perd l'eau qu'elle contient à mesure qu'elle progresse dans le rectificateur.

Dans l'appareil Savalle le chauffage se fait non pas à feu nu, mais à la vapeur; la chaudière n'existe pas, mais est remplacée par un tronçon de la colonne : les plateaux ont une disposition particulière.

L'eau-de-vie de vin, qui est la meilleure et la plus estimée, n'est pas la seule qui

entre dans la consommation. On fabrique maintenant des quantités considérables d'eau-de-vie de qualité inférieure en mélangeant à l'eau des alcools de provenances diverses.

L'*alcool de betteraves* provient de la distillation d'un liquide alcoolique que l'on obtient en faisant macérer dans l'eau les betteraves râpées; l'eau dissout le sucre et le produit de cette macération est mis à fermenter; le liquide alcoolique résultant de cette fermentation est distillé.



Les mélasses des sucreries servent aussi, après fermentation, à la fabrication de l'alcool par distillation.

Les *alcools de grains* sont produits par la distillation de liqueurs alcooliques provenant de la fermentation des liquides sucrés, que l'on obtient en faisant fermenter des grains ou en faisant agir sur eux des acides comme l'acide sulfurique.

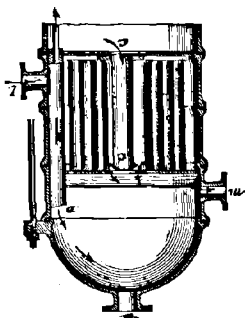


Fig. 150. — Analyseur Champonnois.

L'*alcool de pommes de terre* a une origine toute semblable. La fécule que renferme la pomme de terre est transformée en sucre par l'action des acides; le liquide sucré est mis en fermentation, puis distillé.

Les alcools et les eaux-de-vie, dont nous venons de parler en dernier lieu, contiennent toujours des principes étrangers qui en font des alcools dits de *mauvais goût*. On les purifie ou par des distillations répétées et bien dirigées, ou par l'emploi de désinfectants, comme le charbon de bois granulé, les alcalis, le chlorure de chaux, etc. Il convient toutefois d'ajouter que le moyen le plus efficace est la distillation

VINAIGRE

Le vinaigre est un liquide acide qui sert à l'assaisonnement de nos aliments et provient de l'altération d'un liquide alcoolique, comme le vin, la bière, le cidre, etc. Cette altération se produit par l'action de l'oxygène de l'air sur l'alcool qui, en s'emparant de cet oxygène, se transforme en acide acétique. Le vinaigre peut être considéré comme un mélange d'eau et d'acide acétique. On a reconnu que la présence d'un ferment appelé *mère du vinaigre* accélère l'acétification; ce ferment est le plus souvent fourni par des copeaux de hêtre mis en contact avec l'eau qui se charge des principes solubles de ce bois. Orléans a été longtemps renommé pour la fabrication du vinaigre; voici comment on y opère :

Dans des ateliers chauffés à la température de 35 degrés, on place de vieux

tonneaux à demi remplis de vinaigre. Tous les huit jours on verse dans chacun d'eux 10 litres de vin que l'on fait couler préalablement sur des copeaux de hêtre : en même temps on retire du tonneau, par un robinet inférieur, 8 ou 10 litres de vinaigre, c'est-à-dire un volume égal à celui du vin qui a été ajouté. Ce procédé est lent et ne donne, une fois mis en train, que 10 litres de vinaigre tous les huit jours. M. Pasteur a étudié les conditions dans lesquelles se fait l'acétification du vin et a proposé d'heureuses modifications.

Il a découvert qu'à la surface du vinaigre se développe une plante qu'il appelle *Mycoderma aceti*, que le développement de cette plante est nécessaire à l'acétification, et que si l'on vient à la submerger dans le liquide, de manière à la soustraire au contact de l'air, l'oxydation de l'alcool s'arrête. Il a remarqué d'ailleurs que les animalcules, dits *anguillules du vinaigre*, qui se développent dans ce liquide, se trouvant privés de l'oxygène de l'air nécessaire à leur respiration par la présence du *Mycoderma*, qui s'étale comme un voile à la surface du vinaigre, réunissent leurs efforts pour le submerger, l'entraîner au fond et lui faire perdre ainsi la propriété qu'il a d'opérer l'acétification. De là résulte la lenteur avec laquelle se fabrique le vinaigre, puisque pendant l'opération le *Mycoderma*, agent nécessaire de l'acétification, se trouve souvent submergé, et qu'il faut qu'il s'en développe une nouvelle quantité à la surface du liquide pour que la transformation recommence.

Pour éviter ces inconvénients, M. Pasteur sème le *Mycoderma aceti* à la surface d'une eau contenant 20 pour 100 de son volume d'alcool et un dixième d'acide acétique; il active son développement en ajoutant à la liqueur des phosphates qui sont la nourriture minérale de la plante. De cette manière le mycoderme se développe avec rapidité; les anguillules n'ont pas le temps d'apparaître et d'exercer leur action nuisible. A mesure que l'acétification s'opère, on ajoute de nouvelles quantités de vin.

Par ce procédé, une cuve de 1 mètre carré de surface contenant 50 à 100 litres fournit par jour 5 à 6 litres de vinaigre; M. Pasteur opère à une basse température, ce qui permet la conservation des principes qui donnent du montant au vinaigre.

Dans le Midi on fabrique d'excellent vinaigre en soumettant à l'action du pressoir le marc fermenté du raisin.

HUILES

On désigne sous le nom d'*huiles* des corps gras liquides, qui servent soit à l'alimentation, comme l'huile d'olive fabriquée en Provence, les huiles d'œillette, de sésame, d'arachide fabriquées dans les départements du Nord, de la Somme,

du Pas-de-Calais, de la Seine-Inférieure, à Caen, à Marseille, etc.; soit à la fabrication des savons, à l'éclairage, à la peinture, comme l'huile de colza, de lin, etc. Nous ne nous occuperons que des huiles d'origine végétale. Les unes sont formées par des graines récoltées en France, comme celles de colza, d'œillette, de lin; les autres par des substances importées : le sésame nous vient de Roumanie, des bords du Danube et de l'Inde; l'arachide est surtout produite par le Sénégal. Les différentes huiles sont exprimées des corps qui les renferment à l'aide d'une forte pression. On opère à *froid* pour les huiles très fluides, qui sont employées comme aliments, à *chaud* pour celles qui ont moins de fluidité.

L'*huile d'olive* s'extrait des olives en les écrasant sous des moulins à une seule meule verticale, qui les réduit en une pulpe qu'on renferme dans des cabas ou *scouffins* pour la soumettre à l'action de presses hydrauliques horizontales. On appelle *huile d'olive vierge* celle qui est fabriquée avec des olives récoltées à la

cueillette et non à la gaule, soigneusement triées et portées sous une presse aussitôt après leur réduction en pulpe. L'huile vierge est verdâtre, et, malgré son goût de fruit, elle est très recherchée pour les aliments.

L'huile ordinaire de table s'obtient en arrosant d'eau bouillante la pulpe des olives qui ont fourni l'huile vierge, et en la soumettant à la pression. Cet échaudage gonfle la pulpe, coagule les parties albumineuses, et, en rendant l'huile plus fluide, facilite son écoulement. Elle est

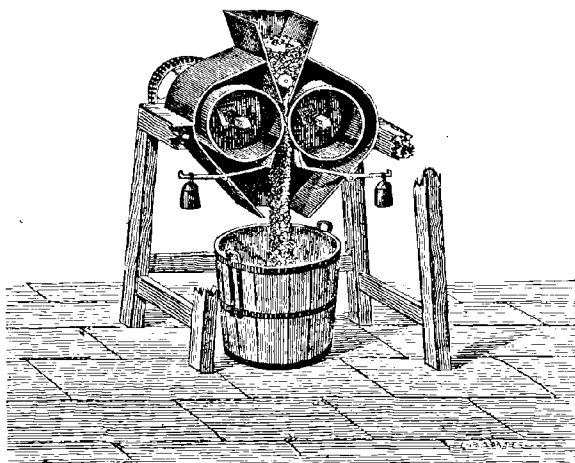


Fig. 151. — Corcasieur de grains.

d'une belle couleur jaune et moins agréable au goût que l'huile vierge. Cette méthode économique et rationnelle n'est malheureusement pas suivie dans toutes les huileries; un certain nombre emploient encore un procédé plus long et plus imparfait.

L'huile de première pression est en général déposée dans de grandes jarres placées dans des appartements exposés au midi, où l'on entretient une température d'environ 10 degrés. Lorsque l'huile est transparente, on transvase la partie claire et on laisse encore reposer la partie trouble. Quand on a de grandes quantités d'huile à conserver, on les met dans des fosses bien cimentées, qu'on nomme *piles*.

L'extraction des huiles dites *huiles de graine* a une grande importance dans les départements du Nord. Autrefois cette fabrication se faisait, aux environs de Lille, dans des moulins à vent, qui mettaient en mouvement des pilons chargés de concasser les graines et des meules qui en exprimaient l'huile. Ce genre de

fabrication tend à disparaître; il est remplacé par celui que nous allons décrire.

La première opération est le *concassage*, qui réduit les graines en petits fragments, afin d'éviter qu'elles ne roulent sous les meules à l'action desquelles elles seront soumises. Elle s'exécute dans une espèce de laminoir en fonte ou *concasseur*, alimenté par une trémie de bois (fig. 151), au fond de laquelle tourne un petit cylindre cannelé dont la vitesse est réglée de manière à ne laisser passer qu'une quantité de graines proportionnée à l'action des grands cylindres. Ceux-ci tournent très lentement, et les graines, en passant dans l'intervalle qui existe entre eux,

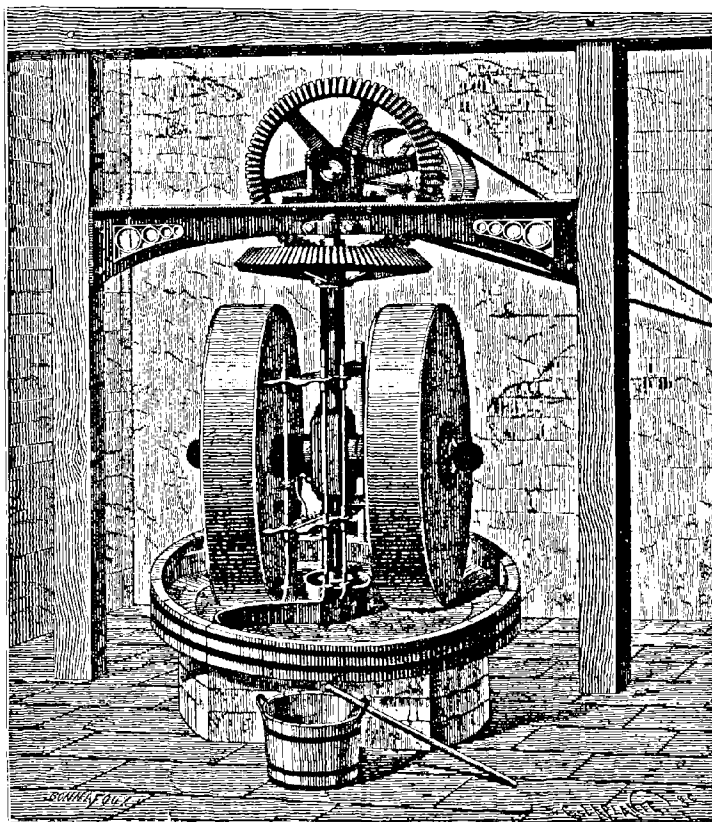


Fig. 152. — Meules à écraser les graines oléagineuses.

se trouvent concassées; de là elles sont portées sous des meules verticales de granit ou de grès.

Ces meules, que représente la figure 152, roulent sur le fond d'une grande auge ordinairement en fonte. La paire pèse de 7 000 à 8 000 kilogrammes; on peut se les figurer comme deux roues montées sur le même essieu, fixé lui-même à un arbre vertical qui reçoit le mouvement du moteur de l'usine. Il est évident que, si cet arbre se met à tourner, les meules tourneront autour de lui en roulant elles-mêmes sur leur axe, et écraseront les graines oléagineuses placées dans l'auge en fonte; mais elles n'attein-

draient certainement que celles qui sont placées sur leur passage, si l'on ne prenait soin de ramener continuellement devant elles celles qui se trouvent en dehors. Pour cela, deux lames courbes, appelées *rabats* et fixées à l'arbre, tournent avec lui en glissant sur le fond de l'auge et remuent les graines en les amenant sous les meules. De temps en temps une trappe située vers la circonférence de l'auge s'ouvre pour laisser tomber la graine écrasée, qui forme une pâte dont l'huile est la partie

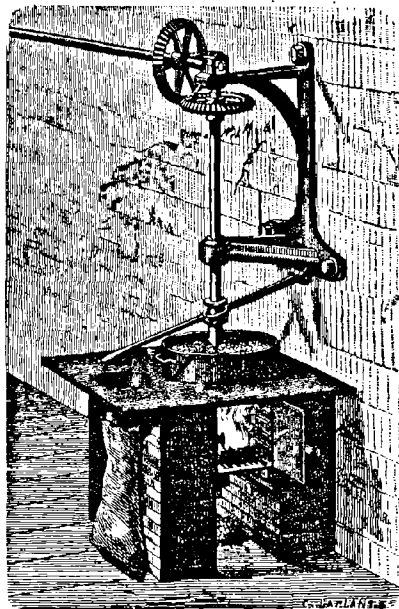


Fig. 153. — Chauffoir à feu nu.

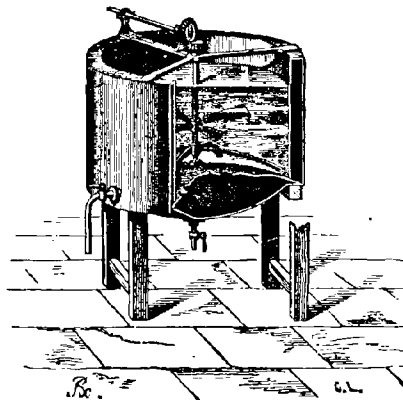


Fig. 154. — Chauffoir à vapeur.

liquide. Quelquefois on soumet immédiatement cette pâte à une forte pression pour en faire sortir l'huile, qui est alors une huile *vierge*, d'un goût agréable et très propre à l'assaisonnement de nos aliments. Mais cette manière d'opérer donne un rendement trop faible, que l'on augmente en soumettant les graines à

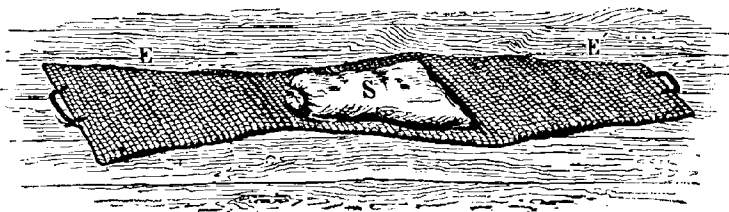


Fig. 155. — Étreindelle.

l'action de la chaleur dans des appareils nommés *chauffoirs*, dont le fond est chauffé soit à feu nu, soit à la vapeur.

Le chauffoir à feu nu consiste (fig. 153) en une plaque de fonte placée sur un foyer et sur laquelle repose un cylindre de tôle sans fond, appelé *payelle*, destiné à circonscrire l'espace réservé à la farine. On jette celle-ci sur la plaque de fonte et dans la payelle; un agitateur remue la masse; lorsque la farine est suffisamment chaude, on remonte l'agitateur, on attire la payelle

à soi, et l'on fait tomber ce qu'elle contient dans des entonnoirs au-dessous desquels sont accrochés des sacs.

Les chauffoirs à vapeur (fig. 154) sont des espèces de marmites de fer munies d'un double fond dans lequel arrive la vapeur. Un agitateur à palettes remue la masse. Sous l'influence de la chaleur l'huile devient plus liquide, plus facile à extraire, mais son goût sera moins délicat.

A la sortie des chauffoirs la farine est mise dans des sacs S, que l'ouvrier enveloppe dans une *étreindelle* EE', c'est-à-dire dans une pièce d'étoffe de crin

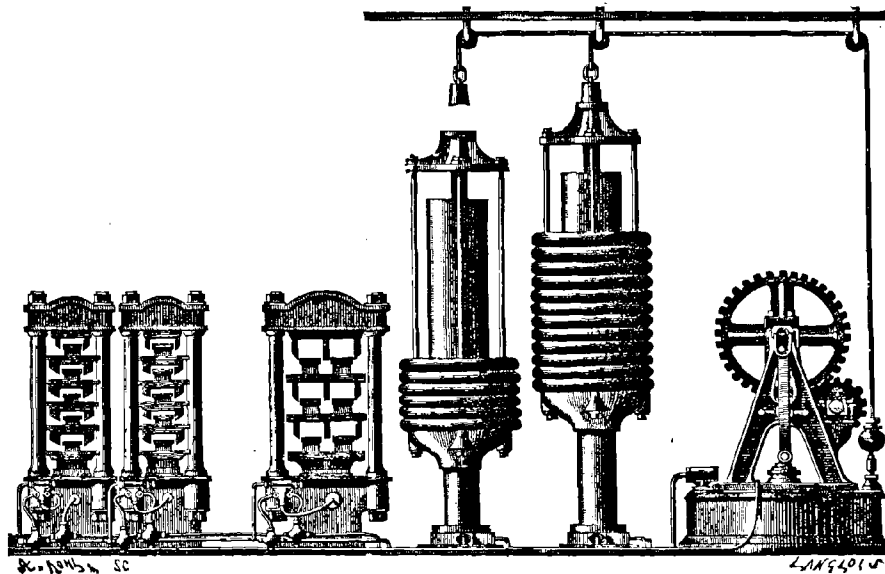


Fig. 156. — Installation de presse hydraulique.

doublée de cuir et formée de trois parties pouvant se replier l'une sur l'autre (fig. 155). Toutes les *étreindelles* garnies de sacs sont soumises à l'action de presses qui peuvent exercer une pression de cent à deux cents kilogrammes par centimètre carré. L'huile s'écoule au dehors et tombe dans des conduits qui la mènent aux réservoirs, où elle doit plus tard être épurée. On emploie divers systèmes de presses hydrauliques. La figure 156 représente l'un d'eux. Sur la droite est figurée la machine à vapeur chargée d'actionner les pompes qui donnent la pression; à gauche sont les presses. Sous l'influence de cette pression, le piston de la presse monte : sur la tige de ce piston sont superposés des plateaux entre lesquels on dispose les *étreindelles*. Les plateaux, se trouvant pris entre la tige du piston et le sommier supérieur et fixe de la presse, compriment les *étreindelles* et forcent l'huile à sortir.

Entre la machine à vapeur et les presses sont installés des accumulateurs hydrauliques chargés de régulariser la pression. Ce sont de grands pistons plongeurs verticaux chargés de poids et capables de se mouvoir dans des cylindres où arrive l'eau. Quand le travail des pompes dépasse celui des presses, ces pistons plongeurs,

qui sont munis de contrepoids, se soulèvent. Quand le contraire arrive, ils redescendent en vertu de leur poids et restituent la pression.

Après avoir subi cette première pression, la farine se trouve agglomérée et forme une espèce de plaque appelée *tourteau*. Comme elle contient encore de l'huile, on la soumet à des meules moins lourdes que les premières et que l'on appelle *meules à rebattre*; elles la réduisent en une pâte, que l'on réchauffe de nouveau et qu'on envoie ensuite à des presses plus puissantes, nommées *presses à rebattre*. Les presses à rebattre sont souvent disposées de manière que l'extraction se fasse à chaud : elles sont formées de plateaux creux, chauffés à la vapeur, entre lesquels on place les sacs. L'huile extraite est de moins bonne qualité que le produit de la première pression et ne doit point être mélangée

avec lui. Quant aux tourteaux, ils sont livrés à l'agriculture, qui les emploie comme engrais et pour la nourriture des bestiaux.

En sortant des presses, les huiles entraînent avec elles des mucilages et d'autres matières étrangères; un repos prolongé les clarifie en partie, mais ne les sépare point de matières qui les rendent impropres à bien des usages et ne peuvent être enlevées que par un procédé chimique consistant à agiter les huiles en présence de 1,50 à 1,75

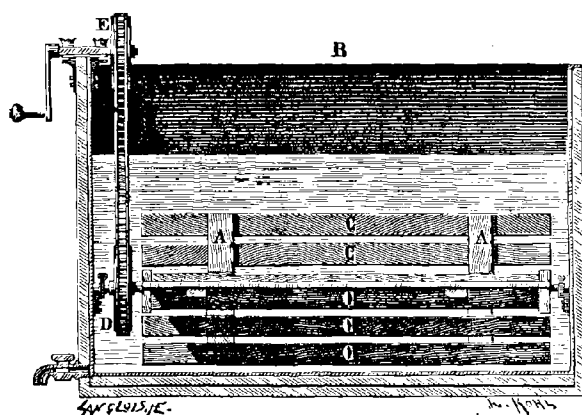


Fig. 157. — Appareil pour battre les huiles

pour 100 d'acide sulfurique. Cette opération dure trois quarts d'heure environ et se fait dans un réservoir (fig. 157) où se meut, au milieu du mélange d'huile et d'acide, un arbre armé de palettes C, C, C. Après quarante-cinq minutes de battage, on ajoute 3 à 4 pour 100 d'eau et l'on recommence à battre pendant cinq minutes; l'eau s'empare de l'acide. On laisse reposer pendant un temps suffisant; l'eau, l'acide et les matières qu'il a carbonisées vont au fond du réservoir former une couche noire. L'huile surnage, on la décante et on la reçoit d'abord dans des caisses, où on l'abandonne pendant sept à huit jours pour qu'elle se clarifie en partie; puis on la soumet à une filtration à travers de la sciure de bois placée entre deux planches percées de trous : ceux de la planche inférieure sont garnis de petits tampons de coton qui complètent la filtration. Ce premier filtre est appelé *dégraisseur*; son action est complétée par un second appareil nommé *filtre*, semblable au premier, mais dans lequel la planche supérieure est remplacée par une toile.

CHAPITRE VII

LE SUCRE

Le sucre, qui joue maintenant un si grand rôle dans notre alimentation, est très répandu dans le règne végétal. Il se rencontre surtout dans la canne à sucre, qui dans les pays chauds croît généralement à l'état sauvage, et dans les racines de betteraves. Ce sont les plantes d'où on l'extrait.

Ce corps a été connu de toute antiquité et l'Inde fut probablement le berceau de sa fabrication; aussi les premiers auteurs qui en ont fait mention le désignent-ils sous le nom de *sel indien*. La canne à sucre fut importée d'Asie en Europe, soit par les Sarrasins lors de leurs nombreuses incursions au commencement du xii^e siècle, soit par les Européens eux-mêmes au retour des croisades. Cultivée d'abord avec succès dans l'île de Chypre et en Sicile, elle fut transportée vers 1520 à Madère; la culture y réussit parfaitement ainsi qu'aux îles Canaries, et jusqu'à l'époque de la découverte de l'Amérique, ce furent ces îles qui approvisionnèrent l'Europe de la majeure partie du sucre qui s'y consommait. Après la découverte du nouveau monde les Espagnols et les Portugais développèrent la culture de la canne.

Le sucre n'a été employé pendant plusieurs siècles qu'à l'état de médicament. Sous le règne de Henri VIII, cette substance était encore si rare qu'on la vendait à l'once chez les pharmaciens. Sa rareté eut pendant longtemps une double cause : non seulement les procédés de fabrication étaient encore très imparfaits, mais la canne était à peu près la seule plante exploitée pour son extraction. Ce fut vers l'année 1605 qu'Olivier de Serres, célèbre agronome français, signala le premier la présence du sucre dans la betterave; plus tard, en 1747, Margraff, chimiste allemand, reprit et continua les expériences d'Olivier de Serres; mais le marché européen se trouvait à cette époque abondamment approvisionné de sucre de canne, dont le prix ne s'élevait pas à plus de 90 centimes le kilogramme. Cette découverte ne présentait pas encore l'importance qu'elle devait prendre plus tard; aussi demeura-t-elle plus d'un demi-siècle sans recevoir d'application sérieuse. Vingt ans après, un chimiste de Berlin, Achard (dont le nom révèle une origine française), fit à son tour des recherches sur le sucre de betterave et fut vivement encouragé dans ses études par Frédéric le Grand. Ses travaux, interrompus par la mort du roi, ne furent repris qu'en 1795.

Dans un mémoire publié à cette époque, Achard énumère tous les avantages que l'on peut tirer de la culture de la betterave tant au point de vue agricole que sous le rapport industriel, et en 1799 il présenta au roi de Prusse des échantillons de sucre indigène et un mémoire qui provoqua un avis favorable de la commission nommée pour examiner ses procédés.

Vers cette époque, en l'an VIII de la République, parvint en France la nouvelle des résultats obtenus par Achard, et l'Institut soumit la question à l'examen d'une commission dans laquelle figuraient les plus grands chimistes de l'époque, Chaptal, Fourcroy, Guyton de Morveau et Vauquelin. Le rapport qu'elle fit fut favorable, mais le cours du sucre de canne était encore trop bas pour permettre à l'industrie nouvelle de s'établir dans des conditions avantageuses. Les essais, interrompus de nouveau jusqu'en 1810, furent repris sous la puissante impulsion de l'empereur Napoléon.

La guerre avec l'Angleterre et le blocus continental, qui en était la suite, avaient élevé le prix du sucre jusqu'à 6 francs la livre; il y avait dès lors espoir de bénéfices assez larges pour permettre à l'industrie nouvelle de prendre naissance et de courir les chances des succès qui devaient inévitablement se produire dans les débuts. Barruel et Aimar furent chargés des expériences officielles, et Benjamin Delessert arriva bientôt, dans son usine de Passy, à obtenir en grand le sucre de betterave.

« On ne se figure plus aujourd'hui, dit M. de Flourens dans son *Éloge historique de B. Delessert*, à cinquante ans de distance, et quand d'ailleurs toutes les circonstances ont tellement changé, l'intérêt passionné qui s'attachait alors à ces grands travaux. Le 2 janvier de l'année 1812, B. Delessert annonce son succès à Chaptal. Celui-ci en parle aussitôt à l'empereur. Napoléon ravi s'écrie : « Il faut aller voir cela, partons ». Et en effet il part. Delessert n'a que le temps de courir à Passy, et quand il arrive, il trouve déjà la porte de son usine ouverte par les chasseurs de la garde impériale, qui lui ferment le passage. Il se fait connaître, il entre. L'empereur avait tout vu, tout admiré, il était entouré des ouvriers de la fabrique, fiers de cette grande visite, l'émotion était à son comble. L'empereur s'approche de Delessert, et, détachant la croix d'honneur qu'il portait sur la poitrine, il la lui remet. Le lendemain, le *Moniteur* annonçait qu'une grande révolution dans le commerce français était consommée. L'empereur avait raison, la science venait de créer une richesse nouvelle et qui s'est trouvée immense. »

Depuis Margraff, depuis Achard jusqu'à Delessert, depuis Delessert jusqu'à nous, l'art d'extraire le sucre de la betterave a fait des progrès continus; il en fait chaque jour encore, et plus on étudie cette belle découverte sous le rapport du commerce, de l'industrie et de l'agriculture, plus elle paraît grande.

Après bien des vicissitudes, l'extraction du sucre indigène est devenue chez nous une industrie de premier ordre.

**DE LA BETTERAVE, SES VARIÉTÉS.
CULTURE DE CETTE PLANTE,
SES AVANTAGES POUR L'AMÉLIORATION DU SOL.**

On admet que les premières betteraves à sucre provenaient d'un croisement accidentel de la poirée sur la betterave fourragère commune. Les nombreuses variétés obtenues en culture ont conservé de cette origine une grande tendance à revenir au type primitif. On a pu cependant par la sélection, le renouvellement des semences, produire et conserver des races à caractères nettement définis qui répondent aux exigences du cultivateur et de l'industriel. La race qui jusqu'à ce jour concilie le mieux ces différents intérêts est la race française produite par l'acclimatation de la betterave de Silésie : elle présente deux variétés : la betterave blanche à collet rose et la betterave blanche à collet vert. Cette dernière doit être préférée dans la culture industrielle, parce qu'elle est plus riche en sucre : elle sort très peu de terre ; sa racine fusiforme et régulière présente une chair blanche et ferme se conservant bien. Le collet rose, très répandu dans les départements du Nord, dégénère promptement.

Le système de sélection consiste à choisir chaque année les betteraves les meilleures, à les mettre en silo et à les replanter l'année suivante. La betterave étant une plante bisannuelle végète à nouveau et donne au bout de cette seconde année des graines qui servent aux semailles.

La betterave a une composition très complexe ; on peut la considérer comme composée en moyenne de : 80 à 85 pour 100 d'eau, de 6 à 18 pour 100 de sucre, le reste étant constitué par des sels et de la cellulose. Pour que la betterave puisse être employée avec avantage à la fabrication du sucre, il faut qu'elle contienne au moins 10 pour 100 de sucre. La betterave blanche à collet rose en contient en général 12 pour 100, la betterave à collet vert de 11 à 12, la betterave améliorée de Villemorin de 16 à 18, la betterave allemande ou de Magdebourg de 12 à 13.

La culture de la betterave présente pour l'agriculteur de nombreux avantages. Elle améliore le sol de différentes manières : à cause de la grande profondeur à laquelle pénètrent ses racines, la betterave remue et rend perméable le terrain où elle est cultivée ; de plus, cette culture n'épuise pas la terre, car les sucres bruts et raffinés qu'on extrait de la plante sont presque absolument dépourvus des principes qui font la fertilité du sol ; et si la betterave a pris à celui-ci pendant sa végétation une certaine quantité de ces principes, ils lui sont bientôt rendus après la fabrication du sucre, soit sous forme d'engrais directement fabriqués, soit sous forme de pulpe donnée comme aliment aux bestiaux et transformée par eux en engrais fécondants.

Nous ajouterons enfin que la betterave, puisant sa nourriture à une grande profondeur dans le sol, amène ainsi, à la surface, des principes qui sans elle auraient été perdus pour les années suivantes. Malgré les avantages de cette culture, il ne faudrait pas qu'elle devint exclusive dans une localité, car les insectes et les plantes parasites vivant aux dépens de la betterave se développeraient outre mesure et compromettraient gravement les récoltes; mais lorsqu'elle ne revient dans l'assolement qu'au bout de trois années seulement, elle a pour le sol de grands avantages; elle le prépare pour d'autres cultures et peut accroître la production des prairies artificielles et des céréales.

On sème la betterave soit à la main, soit avec un semoir et en lignes, ce qui facilite toutes les façons ultérieures. On doit choisir de préférence les terrains profonds, argilo-sableux, un peu calcaires.



Fig. 158. — Betterave.

Pour éviter les ravages considérables que les insectes exercent sur les betteraves, il est bon de faire développer les graines rapidement; on y parvient en les laissant tremper dans l'eau pendant vingt-quatre heures et en les mettant ensuite en tas jusqu'à ce que la germination commence. Avant de les semer, on les roule encore humides dans du noir animal fin; cette espèce de polissage facilite la distribution au semoir et active la végétation, puisqu'elle fournit de l'engrais à la jeune plante.

Lorsque les betteraves ont acquis un diamètre de 1 ou 2 centimètres, on les espace en arrachant un certain nombre d'entre elles, que l'on repique à la place des graines avortées ou détruites. On doit sarcler le sol plusieurs fois pendant la végétation, pour le débarrasser des plantes parasites, qui absorberaient une partie de la nourriture destinée à l'accroissement de la betterave.

Quand la plupart des feuilles bien développées se fanent ou jaunissent, la plante est arrivée à un degré de maturité convenable et l'on procède à l'arrachage. Il faut éviter de blesser les racines, ce qui produirait une altération rapide de la plante. On se sert avec avantage pour cette opération d'une petite fourche à deux dents et à manche court que l'ouvrier manœuvre facilement: il l'enfonce dans le sol et, tandis que d'une main il pèse sur elle pour soulever la motte de terre qui entoure la racine, il saisit de l'autre main les feuilles de la plante et l'arrache facilement. Il procède ensuite à l'*étêtage*, opération qui consiste à couper la tête ou tige conique portant les feuilles, soit avec un couteau, soit à l'aide d'une petite bêche que l'on appuie sur les betteraves couchées à terre.

Les betteraves arrachées sont mises en tas dans les champs et couvertes de feuilles jusqu'au moment de leur enlèvement. Si l'on veut les conserver plus long-

temps, on les jette dans des silos creusés dans des terrains un peu plus élevés que les champs contigus; on les recouvre ensuite de terre pour les préserver de la gelée et on les retire de ces silos au fur et à mesure des besoins de la fabrication.

EXTRACTION DU SUCRE DE BETTERAVE

La première opération que doivent subir les betteraves en arrivant à la fabrique de sucre est le *lavage*, qui les débarrasse de la terre et des petites pierres qu'elles ont emportées du sol au moment de l'arrachage.

Ce lavage s'effectue de la manière suivante. Les betteraves, apportées mécaniquement en AA (fig. 159), tombent dans une espèce d'entonnoir où elles sont prises par une chaîne sans fin formée d'une large courroie BB, de gutta-percha, garnie de planchettes que l'on voit implantées perpendiculairement à sa surface. Cette courroie, ainsi que les machines que nous allons décrire, est mise en mouvement par le moteur de l'usine, et, comme elle tourne d'une manière continue, chaque planchette en passant emporte avec elle une ou plusieurs betteraves qu'elle élève et va déverser à l'une des extrémités du laveur C. Ce laveur se compose d'un cylindre de tôle un peu incliné et percé de trous; il plonge à moitié dans l'eau d'une auge située au-dessous de lui et tourne autour de son axe; les betteraves y sont remuées au milieu du liquide qui passe à travers les trous et se séparent de la terre et des petites pierres. De ce cylindre, par l'action d'une grille en hélice, qui est à l'autre extrémité du laveur et que l'on voit sur les figures de détails, elles tombent dans l'auge de l'épierreur D, où elles sont enlevées par les dents d'une fourche et rejetées sur un plan incliné F. Les nouveaux procédés de fabrication exigent un épierage parfait. Aussi ces appareils ont-ils reçu des perfectionnements que nous ne décrirons pas.

En quittant le plan incliné, les betteraves sont reprises par des chaînes à godets, qui les mènent dans un local que chaque usine doit réserver à l'administration des contributions indirectes, chargée d'établir la quotité de l'impôt que prélève l'État sur le sucre fabriqué. D'après la législation actuelle, le fabricant doit payer l'impôt sur une prise en charge de 7,75 pour 100, ce qui veut dire que l'État admet que 100 kilogrammes de betteraves rendent 7,75 de sucre. Si l'industriel fait plus, l'excès n'est pas soumis à l'impôt intégral. S'il fait moins, il doit l'impôt sur 7,75. Il faut donc que l'administration sache le poids des betteraves qui entrent en fabrication. A cet effet la chaîne à godets verse les betteraves sur un plan incliné d'où elles tombent dans un wagonnet pouvant en contenir 500 kilogrammes et placé sur une balance bascule. Dès que ce poids est atteint, l'employé

agit sur un levier; le couvercle du wagonnet se ferme de manière à ne plus pouvoir recevoir de betteraves; l'aiguille d'un compteur spécial avance d'une division. La porte du local s'ouvre mécaniquement et le wagon déverse dans l'usine les 500 kilogrammes livrés au fabricant. On comprend qu'au bout de la journée le nombre de divisions dont l'aiguille du compteur a avancé indique le poids qui est entré en fabrication.

Il s'agit maintenant d'extraire le sucre. Autrefois on commençait par râper la betterave au moyen de machines spéciales et la pulpe produite était soumise à l'action de presses hydrauliques qui en extrayaient le jus. Plus tard on s'est

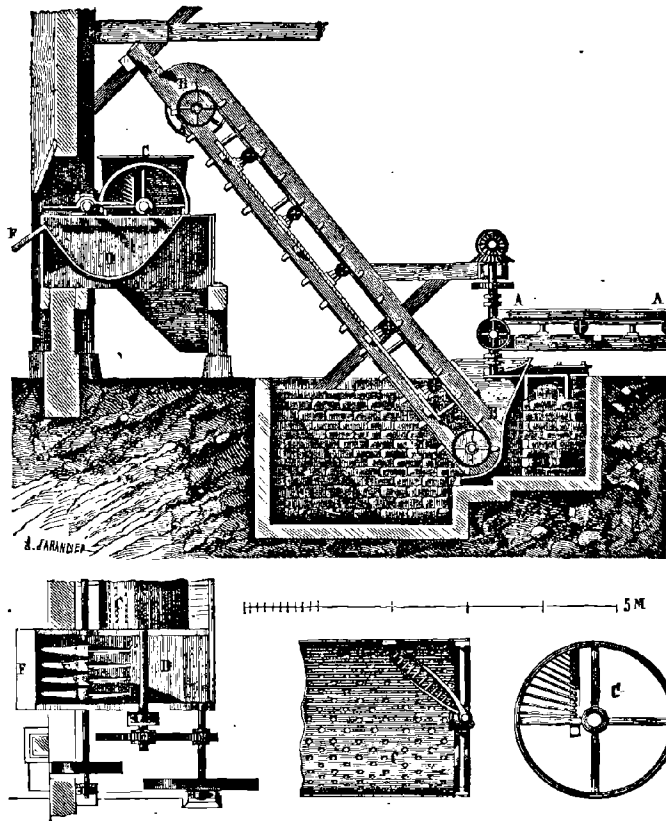


Fig. 159. — Machine à laver les betteraves.

servi d'un autre mode d'extraction, appelé *macération*, et consistant à mettre la betterave découpée mécaniquement en contact avec de l'eau qui dissolvait le sucre et produisait le jus sucré. Aujourd'hui on emploie généralement le système de la *diffusion*, dont nous allons expliquer le principe.

La betterave, en sortant du wagonnet peseur, est livrée à une machine qui la découpe en petites lanières de 12 à 15 centimètres de longueur, de 7 à 8 millimètres de largeur et de 1 à 2 millimètres d'épaisseur. Ces lanières sont livrées à une courroie sans fin horizontale qui les porte aux diffuseurs.

Le procédé par diffusion repose sur les phénomènes suivants, connus en physique sous les noms d'*endosmose* et d'*exosmose*. Supposons qu'une paroi poreuse divise un vase en deux compartiments A et B; A renfermant une dissolution plus dense que l'eau, de l'eau sucrée par exemple, et B renfermant de l'eau. Il se produit *naturellement* un échange de liquides à travers la paroi poreuse : celui de A passe en B et celui de B en A. L'équilibre n'est atteint que lorsque le liquide a pris par cet échange la même densité de part et d'autre de la paroi. Si l'on enlève le liquide de B et qu'on le remplace par de l'eau, un nouvel échange va se faire, mais cette fois moins rapidement, parce que la

différence de densité entre le liquide de A et celui de B sera moins grande. On comprend qu'on arriverait ainsi à extraire successivement le sucre de A.

Cela compris, supposons qu'on verse dans un vase une certaine quantité de cossettes et par-dessus de l'eau chaude. Chacune des cellules dont se composent les cossettes va jouer le rôle du compartiment A; le liquide sucré et l'eau vont s'échanger à travers les parois de la cellule, et l'on obtiendra un jus sucré; en le remplaçant successivement par de l'eau on finira par épuiser les cossettes. Mais si l'on opérerait de cette manière, c'est-à-dire si à chaque opération on mettait de l'eau pure en contact avec les cossettes, on aurait finalement un volume de jus trop considérable à évaporer par la suite. Il est plus naturel et plus économique de ne mettre l'eau pure qu'en contact avec des cossettes déjà presque épuisées : le liquide ainsi obtenu par endosmose et exosmose a une densité plus forte que l'eau pure : si on l'envoie sur des cossettes moins épuisées que les précédentes, il rencontrera dans ces cossettes un jus plus dense que lui, et un nouvel échange aura lieu. Le jus plus dense ainsi obtenu sera envoyé sur des cossettes moins épuisées encore, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on arrive aux cossettes fraîches. Toutes ces opérations sont réalisées automatiquement dans une série d'appareils appelés *diffuseurs* que nous allons décrire et dont l'ensemble constitue une batterie de diffusion.

Chaque diffuseur se compose d'un vase cylindrique V (fig. 160) terminé en haut et en bas par des parties coniques. En haut se trouve une ouverture par laquelle on introduit les cossettes quand le couvercle S est soulevé, en bas une ouverture qui servira à décharger les cossettes épurées. A côté de chaque diffuseur se trouve un appareil R appelé *calorisateur*. C'est un cylindre parcouru par un serpentín de vapeur et qui servira à échauffer les liquides que l'on enverra dans les diffuseurs. Soit une série de diffuseurs, auxquels nous donnerons les numéros 1, 2, 3, 4, 5 et 6, disposés verticalement à côté les uns des autres. Par un système de tuyaux et de robinets que nous ne décrirons pas, chacun des diffuseurs peut être mis en communication soit avec les diffuseurs voisins, soit avec un réservoir d'eau.

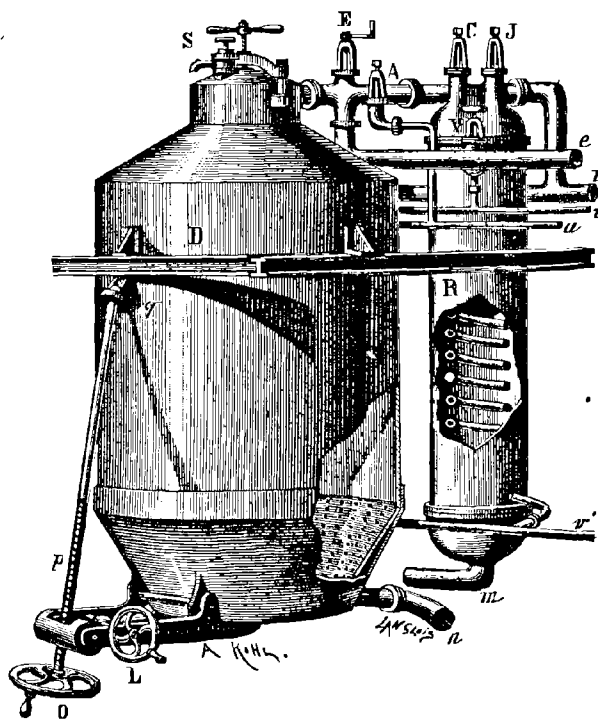


Fig. 160. — Diffuseur système Cail.

Pour fixer les idées, supposons que le diffuseur numéro 1 contienne des cossettes déjà presque épuisées, le numéro 2 des cossettes plus riches en sucre, et ainsi de suite, jusqu'au numéro 6, qui contiendra des cossettes fraîches. On fait arriver par le bas de 1 de l'eau venant de réservoirs situés à un niveau supérieur et échauffée dans les *caloriseurs* : elle traverse le diffuseur 1 de bas en haut, et comme elle a encore tout son pouvoir dissolvant, elle épuise les cossettes, et, arrivée en haut, elle forme un sirop que l'on envoie dans le diffuseur 2. Le pouvoir dissolvant de ce jus est moins grand que celui de l'eau pure, mais comme il se trouve ici en présence de cossettes plus riches, il leur prend encore du sucre, et ainsi de suite jusqu'au diffuseur 6, qui contient des cossettes fraîches. Il en sortira à l'état de sirop concentré. A ce moment de l'opération les cossettes de 1 sont épuisées : on les extrait par le bas et on les remplace par des cossettes fraîches ; 1 va maintenant jouer le rôle que jouait 6, 2 celui de 1, 3 celui de 2, et ainsi de suite. A ce moment on envoie l'eau pure dans 2. Elle y épuise les cossettes, passe dans 3 et revient à 6, d'où elle sort à l'état de jus concentré. On voit que par le système de circulation, les cossettes de chaque diffuseur sont successivement épuisées. Le caractère de ce mode de dissolution n'est pas seulement dans le système de circulation des liquides, mais aussi dans l'emploi d'eau et de jus portés à une température telle que l'intérieur des vases est toujours à 50 degrés environ.

Le jus est ensuite mélangé à un lait de chaux préparé dans l'usine : on met environ 5 volumes de lait de chaux pour 100 volumes de jus sucré.

Avant de continuer la description de la fabrication du sucre, nous devons expliquer ici ce que c'est qu'une *râperie*, établissement dans lequel on prépare les jus sucrés.

Les conditions économiques de la production du sucre ont singulièrement changé depuis quelques années, par suite de la concurrence. On a cherché à répartir les frais généraux et les frais d'établissement des usines sur la plus grande masse possible de produits. De là la nécessité de s'approvisionner largement de betteraves. D'autre part, il n'est pas toujours possible d'installer une usine qui soit dans un centre de culture à proximité des voies ferrées et des canaux destinés à emporter les produits de la fabrication. Il a donc fallu trouver des moyens économiques pour amener la partie utile des betteraves prises à de grandes distances à une usine placée dans un endroit convenablement choisi.

De tous ceux qui ont été proposés, le suivant paraît être jusqu'ici le plus industriel. On installe dans les centres de culture des établissements appelés *râperies*, qui reçoivent les betteraves, les transforment en cossettes, fabriquent par diffusion le jus sucré et le *chaulent*, c'est-à-dire le mélangent à la chaux. Puis, à l'aide de pompes et de tubes souterrains en fonte qui relient les râperies à la sucrerie, on envoie à celle-ci le jus sucré, après l'avoir tamisé pour enlever la pulpe folle qui pourrait se déposer dans les tubes et les obstruer. Le lait de chaux a pour but d'empêcher l'altération que le jus sucré pourrait subir dans le transport. La distance des râperies à l'usine d'extraction est très variable; elle ne doit pas

être inférieure à 6 kilomètres, et l'on a dépassé 25 kilomètres sans inconvénients.

Les tuyaux sont en fonte, on les réunit par emboîtement et on les enterre à 80 centimètres environ de profondeur; leur diamètre varie de 65 à 120 millimètres : le jus y circule avec une vitesse de 30 centimètres par seconde.

Le système des râperies a été appliqué pour la première fois en 1867 à l'usine de Montcornet, dans l'Aisne.

Ce système présente de réels avantages : 1° il laisse la pulpe à la portée des cultivateurs qui l'emploient pour nourrir les bestiaux; 2° il évite les longs transports de betteraves, qui sont toujours coûteux, toujours difficiles à l'époque de la fabrication et qui dégradent singulièrement les routes; 3° il permet de répartir

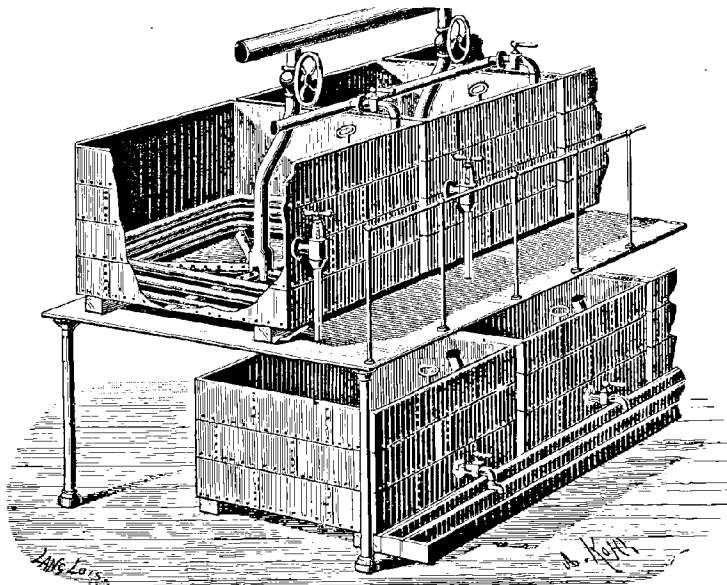


Fig. 161. — Cuves à carbonater.

les frais de combustible employé à l'évaporation des jus sur une plus grande masse de liquide et par suite de diminuer les pertes de chaleur.

C'est du jus sucré fabriqué dans les *râperies* que l'on extrait le sucre, lorsque ce jus arrive à l'usine centrale. Mais comme la betterave est d'une composition très complexe, le jus renferme indépendamment du sucre un grand nombre de substances étrangères, qu'il faut d'abord séparer. Ces substances sont des acides, des matières gommeuses, de l'albumine, des matières grasses, etc. Pour opérer la séparation de ces substances, on procède à une opération qu'on appelle la *double carbonatation*.

Le jus qui arrive des râperies ne contient en général que de 1 à 2 pour 100 de lait de chaux. Arrivé à l'usine, il est envoyé dans les chaudières de carbonatation. Ce sont de grandes caisses en tôle montées sur un plancher (fig. 161), elles sont chauffées à l'aide d'un serpentín parcouru par la vapeur et peuvent recevoir

un courant de gaz acide carbonique amené au fond par un tube percé de

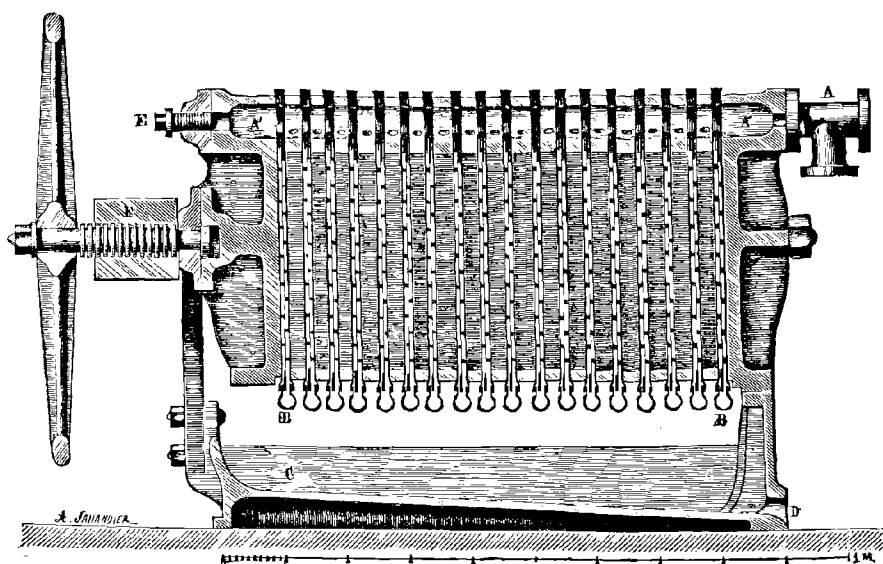


Fig. 162. — Filtre-presse.

trous. A son arrivée dans la chaudière, le jus est mélangé à du lait de chaux, de manière à atteindre la teneur de 5 volumes de lait de chaux pour 100 de jus sucré. On chauffe le liquide à l'aide du serpentín de vapeur, puis on fait arriver le courant d'acide carbonique, dont les bulles s'élèvent en bouillonnant dans la masse sucrée. Pendant cette opération, il se produit d'abondantes écumes formées par les matières étrangères, que la chaux précipite, et par le carbonate de chaux pulvérulent et insoluble que l'acide carbonique forme avec la chaux ajoutée au liquide sucré. Pour éviter que les écumes ne se prennent en masse à la surface, un agitateur à palettes les remue constamment. Lorsque le traitement a duré assez longtemps, ce dont l'ouvrier juge par un essai chimique très simple que nous ne décrirons pas, on vide la chaudière par une ouverture située à la partie la plus déclive du fond et l'on envoie la masse boueuse dans un appareil appelé *monte-jus* qui, par une pression d'air comprimé, l'envoie aux appareils de filtration.

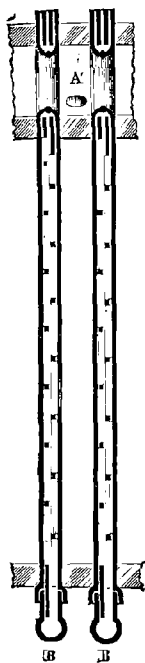


Fig. 163.
Elément d'un
filtre-presse.

Il faut en effet remarquer qu'en ce moment le liquide se compose d'une dissolution de sucre renfermant encore un peu de chaux et mélangé aux écumes produites par la carbonatation. Il faut le séparer de ces écumes; pour cela on l'envoie aux *filtres-presses* que représente la figure 162 et qui se composent de grandes caisses dans lesquelles sont suspendus verticalement des cadres métalliques, entourés de toiles et serrés l'un contre l'autre par une vis E tout en laissant entre eux un intervalle vide. Le liquide sucré

arrive par A dans le tube A'A', tombe par les trous A' (fig. 163) dans les intervalles laissés entre les cadres, passe à travers les toiles et laisse les boues et les écumes dans les intervalles; le liquide filtré s'écoule par le bas en B. La figure 164 montre une autre disposition de filtres-preses dans lesquels le liquide à filtrer arrive en A par la partie centrale des cadres.

Les boues forment alors une espèce de galette solide qui retient du jus sucré : on fait traverser le filtre par un courant d'eau pure qui dissout le sucre et produit un sirop destiné à rentrer dans la fabrication. Après lavage, les filtres sont démontés, les galettes extraites et vendues comme engrais.

Le jus sucré après filtration contient encore de la chaux et des matières étrangères solubles; on lui fait subir une nouvelle carbonatation, une nouvelle filtration à travers des cadres garnis de toile et suspendus dans des caisses fermées. Il est prêt pour l'évaporation, et ne constitue plus qu'une dissolution ou sirop de sucre, dont il s'agit d'extraire le sucre. Pour faire comprendre le traitement qui va suivre, nous devons préalablement exposer quelques principes très simples de physique expérimentale.

Lorsque l'eau contenue dans un vase ouvert est soumise à l'action de la chaleur, on ne tarde pas à voir s'élever au-dessus d'elle un brouillard formé par la vapeur à laquelle elle donne naissance; cette vapeur se dissipe dans l'air environnant, et peu à peu la quantité de liquide diminue dans le vase et finit même par disparaître tout à

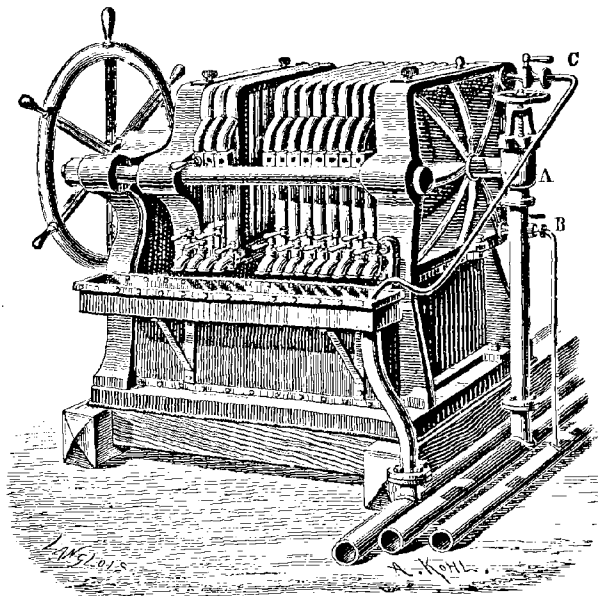


Fig. 164. — Filtre-presse.

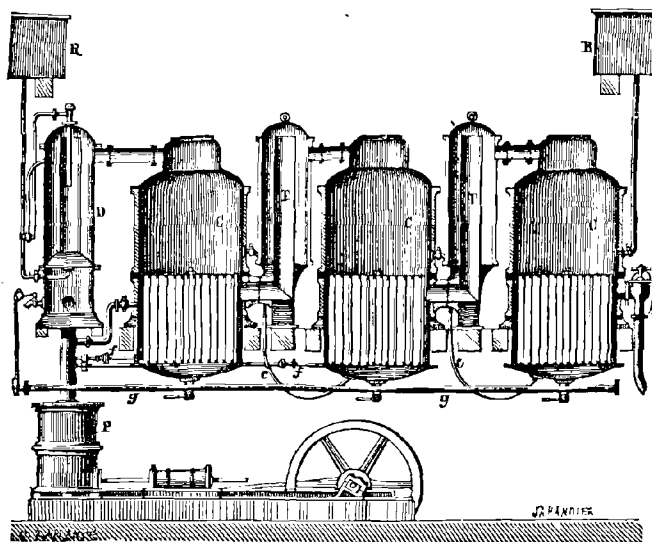


Fig. 165. — Appareil à triple effet pour l'évaporation des sirops.

fait. Si le liquide employé était une dissolution de sucre, le phénomène se produirait aussi; mais on retrouverait dans le vase le sucre que l'eau maintenant dissous, ce dernier n'étant pas susceptible de se transformer en vapeur.

On voit donc que si l'on chauffe le sirop lorsqu'il sort des filtres, on évaporera l'eau et il ne restera dans les chaudières où on l'aura chauffé que le sucre qu'il renfermait. Mais, pour que celui-ci ne s'altère pas dans cette opération, il est important de vaporiser l'eau en élevant le moins possible la température. C'est ce à quoi on arrive en enlevant du vase où se fait l'évaporation l'air qu'il renferme et la vapeur à mesure qu'elle s'y produit. L'expérience suivante va nous

permettre de mettre ce fait en évidence.

Soit un petit ballon de verre contenant de l'éther et réuni à un grand réservoir par un tuyau de plomb. Supposons que le réservoir soit muni d'un robinet et qu'on y ait fait le vide à l'aide d'une pompe pneumatique, c'est-à-dire qu'on ait enlevé l'air; si nous ouvrons le robinet, l'air du ballon se précipitera dans le réservoir et nous verrons l'éther bouillir avec autant d'activité que si nous avions posé le ballon sur un foyer. Mais, peu à peu, la vapeur produite par l'éther s'accumulant, le liquide cessera de bouillir. Si, au lieu de laisser la vapeur

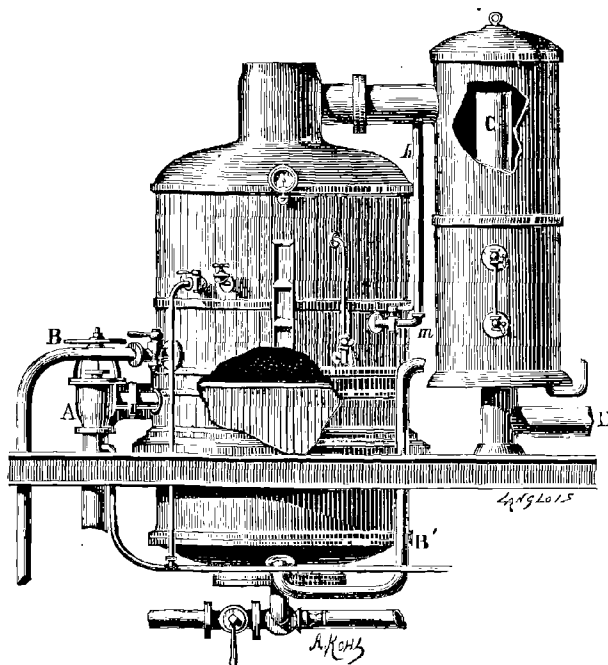


Fig. 166. — Caisse du triple effet.

s'accumuler, on l'enlevait à l'aide d'une pompe au fur et à mesure de sa production, l'éther continuerait à bouillir tant qu'il en resterait dans le ballon.

C'est en appliquant ces principes que les fabricants de sucre parviennent à produire l'évaporation de leurs sirops, à séparer l'eau du sucre, sans que la chaleur ait altéré celui-ci. Ils se servent pour cela d'appareils dits à *triple effet*, représentés par la figure théorique 165.

Le liquide sucré est introduit du réservoir R dans une première chaudière C, située à droite de la figure. Cette chaudière présente des tubes verticaux où descend le sirop et qui sont fixés sur deux plaques horizontales en fonte; autour d'eux et dans les intervalles qu'ils laissent entre eux circule un jet de vapeur arrivant en A. La pompe P fait le vide dans cette chaudière et y réduit la pression atmosphérique environ d'un quart. Par suite de cette diminution de pression, le sirop, chauffé par la vapeur qui circule autour des tubes, entre en ébullition à une température de 80 à 90 degrés; la vapeur qu'il émet se rend dans une espèce de cloche où

arrive un tube T. Cette cloche constitue un appareil de sûreté appelé *brise-mousses*, où s'arrêteront, pour retourner ensuite dans la chaudière, les gouttelettes de liquide sucré entraînées par la vapeur. Celle-ci, s'échappant alors par le tube T, ira se répandre dans l'intervalle des tubes d'une seconde chaudière C semblable à la première; le sirop s'échauffera et entrera en ébullition entre 50 et 60 degrés. Sa vapeur ira échauffer à son tour les tubes d'une troisième chaudière, après avoir passé dans un appareil de sûreté semblable à celui qui existe entre la première et la seconde. Quant à la vapeur que donnent les sirops de la troisième chaudière, elle se rend dans un appareil de condensation D, passe dans le gros tube central et s'y condense au contact de l'eau froide, qui y est amenée par deux tubes que représente la figure. La condensation de cette vapeur entretient le vide dans les chaudières, vide qui va en croissant de la troisième, à la première; c'est ce qui explique pourquoi la température d'ébullition va elle-même en décroissant.

Ajoutons que, lorsque les sirops ont été amenés dans la première chaudière à un certain degré de concentration et qu'ils marquent 10 degrés au pèse-sirop, on les fait passer par un tube de communication dans la seconde, d'où ils sont conduits dans la troisième, où on les concentre à 25 degrés.

Est-il besoin d'insister sur les avantages de cet appareil, qui non seulement permet d'évaporer les sirops à une température assez basse pour que la qualité du sucre ne soit pas altérée, mais qui réalise une économie notable de combustible en utilisant pour le chauffage la vapeur perdue des machines motrices et celle que fournit l'évaporation des sirops.

Les figures 166 et 167 représentent des chaudières ou caisses d'appareil à triple effet; dans la figure 167 le brise-mousses est disposé au-dessous de la chaudière.

Lorsque le liquide sucré est arrivé à un degré de concentration suffisante, il est envoyé à l'appareil à cuire. Cet appareil se compose d'une grande chaudière dans laquelle on peut faire le vide et où le sirop est chauffé à l'aide d'un courant de vapeur qui circule dans un serpentín. Lorsque le sirop est assez cuit, ce que l'on voit à travers une fenêtre vitrée que porte la chaudière, on laisse rentrer l'air et l'on fait écouler la masse sucrée, appelée *masse cuite*, qui est pâteuse, dans de

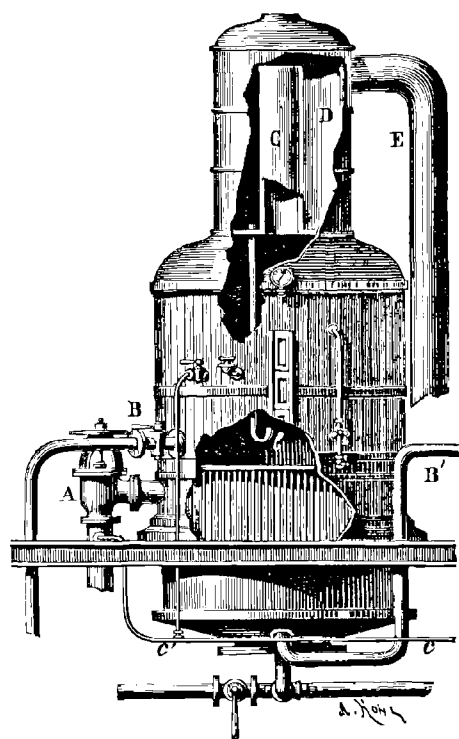


Fig. 167. — Caisse du triple effet.

grandes cuves de refroidissement. La figure 168 représente les chaudières à cuire dans le vide.

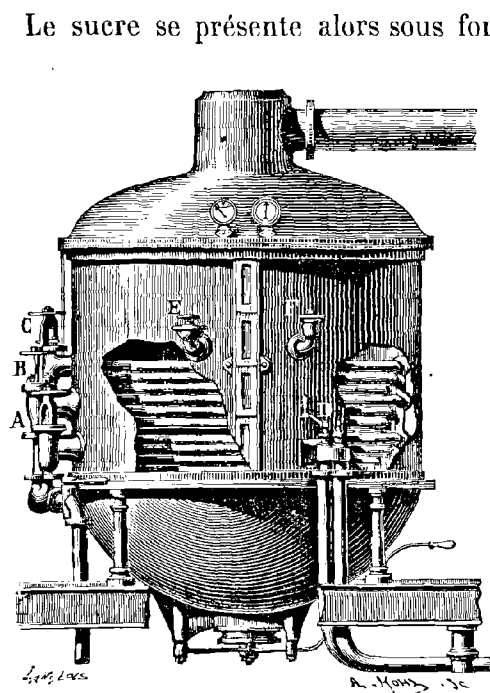


Fig. 168. — Chaudière à cuire dans le vide.

Le sucre se présente alors sous forme de petits grains ou cristaux d'un jaune brun assez foncé. Cette couleur est due au mélange du sucre blanc avec des mélanges et des produits de qualité inférieure. Pour opérer la séparation du sucre blanc, on se sert d'appareils appelés *toupiés* ou *turbines*. Ils se composent d'une enveloppe cylindrique de fonte AA (fig. 169) dont le fond porte un pivot sur lequel peut tourner, avec une très grande vitesse, une tige verticale, qui entraîne avec elle dans sa rotation une espèce de panier LL dont les parois sont percées d'un grand nombre de trous.

On rend la liquidité à la masse cuite en lui ajoutant un peu de sirop et on l'envoie dans ce panier; on met l'appareil en mouvement : pendant la rotation, il se développe une force, dite *force centrifuge*, qui tend à porter aussi loin que possible de l'axe les matières que renferme le vase percé de trous; le sucre se trouve donc appliqué contre les parois, les grains solides ne peuvent passer à

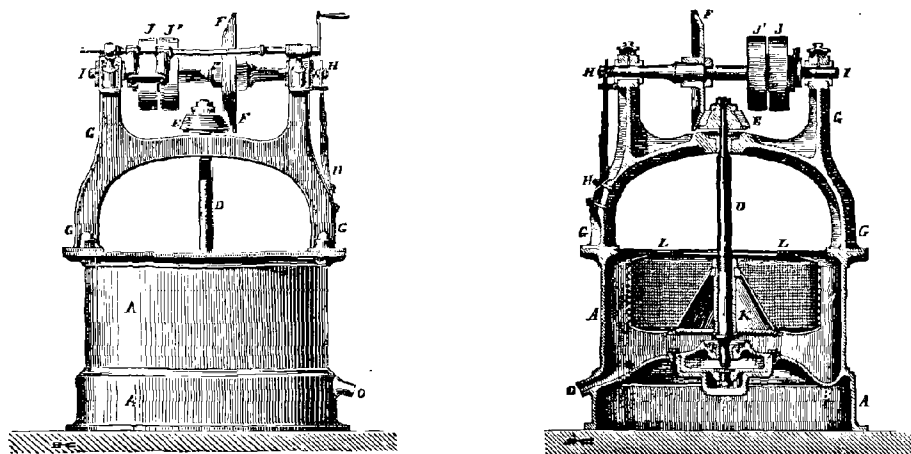


Fig. 169. — Turbine à sucre.

travers les trous, mais la partie liquide de la masse cuite passe dans l'intervalle situé entre le panier et l'enveloppe cylindrique et vient s'écouler au dehors par le tube. En l'espace de huit à dix minutes, la matière brune est éliminée

et le sucre se présente sous forme de petits grains blancs qui constituent le *sucre blanc indigène*. On arrête la turbine; l'ouvrier, à l'aide de manettes en cuivre, y puise le sucre, qui est immédiatement mis en sac. C'est du sucre de *premier jet*.

Quant à la partie liquide qui est sortie de la turbine, elle est cuite de nouveau dans le vide, envoyée dans de grands bassins en tôle placés dans des greniers chauffés à 30 degrés et appelés *emplis*. On l'y abandonne pendant un temps plus ou moins long : elle y cristallise. On la turbine de nouveau et on a des sucres de *second jet*, moins blancs que les premiers. La partie liquide qui sort des turbines est traitée de la même manière, envoyée dans des emplis à 50 degrés. Le turbinage en extrait du sucre de *troisième jet*. Enfin la partie liquide est vendue sous le nom de *mélasses* aux distilleries, qui en extraient de l'alcool après fermentation, ou aux *sucrateries*, qui en retirent le sucre.

La chaux et l'acide carbonique, qui sont employés dans la fabrication du sucre, sont fabriqués dans l'usine même. On se sert pour cela de pierre calcaire ou carbonate de chaux que l'on chauffe à une température suffisamment élevée dans un four à chaux : le carbonate de chaux, qui est un composé d'acide carbonique et de chaux, se décompose et l'acide carbonique qui se dégage est aspiré par des pompes chargées de le refouler dans des réservoirs, d'où il sera envoyé dans les chaudières à carbonater.

La figure 170 représente un four à chaux chauffé par deux foyers latéraux C, C. On commence par y charger du calcaire qui se décompose et donne de la chaux, que l'on extrait par des ouvertures latérales et inférieures g, g. Quand le four est chaud, on l'entretient par des charges d'un mélange de calcaire et de coke, que l'on introduit par la partie supérieure. L'ouverture supérieure est fermée par un couvercle conique, qu'on abaisse quand on veut introduire le chargement.

Quant au gaz carbonique, il est aspiré par des pompes qui se trouvent au delà d'un appareil *laveur*, représenté à droite de la figure et destiné à le purifier, à le séparer des cendres entraînées et de gaz sulfureux produits par la combustion du coke. Il sort par le tube FF' et gagne le laveur, qui est un grand cylindre divisé en compartiments L, M, N, O, par des cloisons horizontales b, c, g, percées de trous et réunies entre elles par des tubes, qui servent de trop-pleins. Sur ces

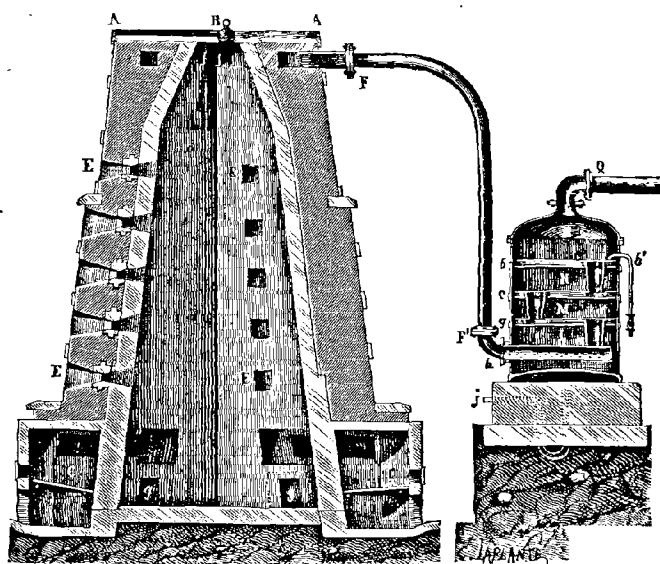


Fig. 170. — Four à chaux et laveur.

cloisons se trouve de l'eau. Le gaz arrive en *h* par le tuyau représenté au bas du laveur, s'échappe par les trous dont il est criblé, passe dans le compartiment *L*, traverse les trous de la cloison *g* et la couche d'eau qui la recouvre, arrive en *M*, et ainsi de suite jusqu'en *O*, d'où il s'échappe par le tube *Q*. De là il va aux pompes, qui le refoulent dans des réservoirs, d'où il sera envoyé aux cuves à carbonatation. Un courant d'eau traverse le laveur de haut en bas, passant d'une cloison sur l'autre par les trop-pleins.

RAFFINAGE DU SUCRE

Le sucre brut extrait des betteraves et le sucre brut de canne, qui nous arrive des colonies, contiennent encore un certain nombre de corps étrangers, qui existaient dans le suc de la plante elle-même, ou ont dû lui être ajoutés, comme la chaux, pendant la fabrication. Le raffinage a pour but d'éliminer toutes ces matières étrangères. Cette industrie se pratique dans des usines spéciales qu'on appelle *raffineries*. Elle est concentrée surtout à Paris dans un petit nombre d'établissements, parmi lesquels figurent en première ligne la raffinerie Say, la raffinerie Lebaudy, la raffinerie Sommier et la Raffinerie parisienne. En province, Marseille et Nantes sont les centres les plus importants de raffinage du sucre.

Les matières étrangères que l'on trouve dans le sucre brut sont habituellement de l'eau, des matières colorantes, des principes gommeux, des détritres de matières organiques et une partie des sels solubles minéraux (sels de potasse, de soude, etc.) que la plante avait empruntés au sol et qui sont restés dans le jus pendant toute la fabrication. Les sucres bruts de canne sont en général acides, ceux de betterave alcalins par la présence d'une certaine quantité de chaux que la fabrication n'a pas séparée. Aussi les mélange-t-on souvent en raffinerie pour corriger l'acidité des uns par l'alcalinité des autres. Les opérations principales par lesquelles le raffineur se débarrasse des matières étrangères sont le *turbinage*, la *fonte*, la *clarification*, la *filtration*, la *cuite* et le *clairçage*.

1° *Turbinage, fonte et clarification*. — Si le sucre est suffisamment pur, on le dissout dans l'eau sans autre traitement préalable; sinon on le passe à la turbine en y ajoutant une certaine quantité de sirop, qui pendant la rotation de l'appareil le blanchit. Cette opération est la même que celle que nous avons décrite précédemment.

Le sucre blanc ou blanchi par l'action des turbines est dissous dans l'eau chaude que contient une chaudière chauffée à la vapeur; c'est ce qu'on appelle la *fonte*. Quand la dissolution est assez chaude, on ajoute du noir animal fin et du sang;

puis à l'aide d'un monte-jus on fait passer le liquide dans une chaudière à clarifier qui se trouve à la partie supérieure de l'usine. Que se passe-t-il dans cette chaudière? Pour nous en rendre compte il faut remarquer que le sang contient de l'albumine et que le noir animal, qui provient de la calcination des os en vase clos, est un mélange de charbon, de phosphate de chaux et de carbonate de chaux, mélange qui a la propriété d'absorber les matières colorantes du sirop et une partie des sels qu'il contient en dissolution. Dans la chaudière l'albumine du sang se coagule et forme plus tard dans les filtres une espèce de réseau, qui emprisonne dans ses mailles le noir fin, à mesure qu'il remplit son rôle décolorant et épurateur.

2° *Filtration ou décoloration.* — Quand le liquide est arrivé à 100 degrés environ, on vide la chaudière pour envoyer son contenu dans des filtres de nature diverse. Ce sont : soit des filtres Taylor, composés de sacs de toile suspendus dans des caisses, et alors la filtration s'opère de dedans en dehors, les écumes restant dans les sacs; soit des filtres analogues à ceux que nous avons vu employer dans les sucreries et composés de cadres métalliques entourés de toile : alors la filtration se fait de dehors en dedans et les écumes restent sur la surface extérieure des toiles.

A la sortie de ces filtres, le sirop, déjà très épuré, est envoyé sur des filtres à noir en grains destinés à parfaire la décoloration et l'épuration. Ce sont des colonnes de 10 à 12 mètres de hauteur et remplies de noir. Quand le filtre est monté à neuf, il reçoit d'abord un sirop déjà très pur, appelé *clairce*, qui servira plus tard. Puis il reçoit des sirops de plus en plus impurs et colorés. Le passage sur les filtres donne un sirop peu coloré et propre à être cuit.

3° *Cuite à cristallisation et réchauffage.* — Il reste à faire cristalliser le sirop. S'il était absolument pur, il suffirait de l'évaporer suffisamment et de l'abandonner à un refroidissement lent; le sucre cristalliserait. Mais tel n'est pas le cas. La cristallisation par refroidissement donnerait des cristaux plus ou moins isolés et l'on veut que le sucre se présente pour la consommation sous forme d'une masse dense et compacte. De plus les masses cuites ne seront jamais d'un blanc parfait et l'on doit y laisser une quantité d'eau suffisante pour retenir et entraîner en s'écoulant les matières étrangères. Aussi l'opération qui va suivre est-elle une des plus importantes de l'industrie du raffinage.

Le sirop sortant des colonnes à noir est envoyé dans les appareils à cuire dans le vide, qui sont semblables à ceux des sucreries. On y fait la cuite en grains et on nourrit le grain par des arrivées successives de nouveau sirop. Plus la dissolution sucrée est pure, moins le cuiseur lui laisse d'eau à la cuite, plus la *cuite est serrée*. Si la dissolution est moins pure, le cuiseur laisse plus d'eau et fait une *cuite plus légère*.

Quoi qu'il en soit, les masses cuites sont envoyées dans de grandes chaudières chauffées par un double fond à vapeur : on les y réchauffe pour qu'elles ne se refroidissent pas trop pendant le coulage en formes.

La figure théorique ou schématique 171 représente la série des opérations du

raffinage avant la mise en formes. A est la chaudière de clarification, B les filtres Taylor, C les filtres à noir, E le monte-jus qui renvoie le liquide clarifié aux appareils à cuire représentés en H, J la chaudière de réchauffement.

4° *Emplissage des formes et opalage.* — Après le réchauffage la masse est versée dans des formes coniques en terre cuite ou plus souvent en tôle galvanisée. Les formes sont placées le sommet en bas et portent à ce sommet un petit trou, qui est bouché par un tampon de linge ou un clou appelé *tape* ou *tapette*. Ces formes sont disposées dans de grands greniers chauffés à 35 degrés au moins et qui ont reçu le nom d'*empli*. Quelque temps après le remplissage, on voit se former à la surface du pain une croûte cristalline, qu'il est nécessaire de briser en brassant la masse avec un couteau de bois à deux reprises différentes, sans quoi la cristallisation serait irrégulière. C'est ce qu'on appelle *opalier* ou *mouwer*.

5° *Égouttage et clairçage.* — Au bout de huit à dix heures, lorsque la cristallisation est faite, on porte les pains dans des greniers, où on les dispose sur un *lit de pains*, ou plancher percé de trous qui reçoivent les formes, dont on a débouché le trou

inférieur en enlevant la tapette et en y passant une alène. Les sirops, qui imprègnent le pain, s'égouttent peu à peu et sont reçus dans une rigole métallique qui les ramène à la fabrication générale. Cet égouttage ne donne encore que des sucres plus ou moins colorés, parce que tout le sirop n'a pu s'écouler de lui-même. Il faut alors procéder à l'opération du

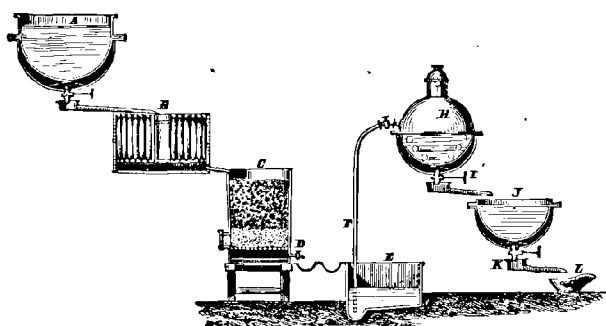


Fig. 171. — Schéma des appareils de raffinerie.

clairçage, qui consiste à verser sur la base du pain des sirops de plus en plus purs; ces sirops en s'infiltrant de haut en bas dans le pain déplacent peu à peu le sirop coloré qui imprègne le sucre. On continue jusqu'à ce que le sirop qui s'écoule soit aussi pur que celui qui a été versé sur la base du pain.

6° *Égouttage forcé.* — Pour forcer les dernières traces de sirop à s'écouler, on place les formes sur des tubulures coniques garnies de rondelles de caoutchouc et disposées verticalement sur un tube horizontal mis en communication avec une pompe à air aspirante. Cette pompe fait le vide dans le tube : la pression atmosphérique appuie la forme sur la rondelle en caoutchouc, qui fait joint, et d'autre part elle force les dernières traces de clairce à s'écouler. Cet appareil est appelé *sucette*.

7° *Plamotage et lochage.* — Quand les pains sont complètement égouttés, on nettoie leurs bases soit à la main avec un couteau, soit avec une machine spéciale, de manière à bien aplanir cette base. C'est l'opération du *plamotage*. Puis l'ouvrier *loche* les pains en frappant la forme sur un billot de bois, de manière à en détacher la masse sucrée qu'il reçoit sur la main.

8° *Étuvage et habillage.* — Le sucre ainsi extrait des formes est encore humide

et friable. Pour lui donner la consistance nécessaire, on le place pendant six à dix jours dans des étuves sur des cloisons horizontales. Ces étuves sont entretenues à une température de 50 à 55 degrés par un courant d'air chaud circulant de bas en haut.

A la sortie des étuves, les pains sont portés dans un magasin chauffé, où ils sont triés, puis mis en papier. C'est l'*habillage* des pains.

Les sirops provenant des différentes phases de la fabrication, turbinage, clairçage, sont classés d'après leur pureté. Les meilleurs sont recuits à nouveau comme dans les sucreries, puis mis à cristalliser dans les emplis. Ils sont ensuite turbinés : le sucre en grains que produit ce turbinage est redissous et rentre dans la fabrication. Les sirops moins purs sont vendus comme mélasses ou livrés aux sucrateries. Ces établissements en retirent le sucre par un procédé que nous ne décrivons pas dans ses détails, mais qui consiste à chauffer les sirops impurs avec de l'hydrate de strontiane, qui se combine au sucre pour former un saccharate de strontiane, que l'on décompose par un abaissement de température. On précipite la strontiane par l'acide carbonique, qui forme du carbonate de strontiane, que l'on recueille pour le chauffer et régénérer la strontiane. Quant au sirop, on en extrait le sucre par cristallisation.

Ajoutons que le noir animal qui a servi à la décoloration est revivifié; on le soumet à une fermentation, à des lavages à l'acide chlorhydrique étendu, et à l'eau. Il est ensuite séché, puis calciné dans des appareils dont le système varie.

On fabrique aujourd'hui, pour les besoins de la casserie mécanique, d'assez grandes quantités de sucre en *tablettes*. Ces tablettes sont prismatiques et se prêtent mieux au sciage mécanique que le sucre en pains. La matière sucrée est coulée dans des moules prismatiques, que l'on soumet à l'essorage dans des turbines à force centrifuge, pour débarrasser le sucre de l'excès de sirop.

On désigne sous le nom de *sucre candi* le sucre en gros cristaux à facettes et à angles bien nets.

Quelle que soit l'espèce de sucre employée comme matière première, on la traite, en présence de l'eau, par le noir animal dans une chaudière à double fond chauffée à la vapeur; on clarifie avec des blancs d'œufs et l'on filtre d'abord sur des filtres de toile, puis sur du noir en grains. Le sirop est dirigé dans un réservoir; lorsqu'il est parfaitement limpide, on le cuit d'abord dans

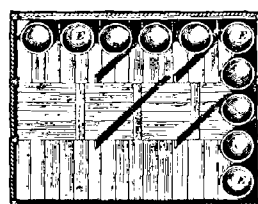
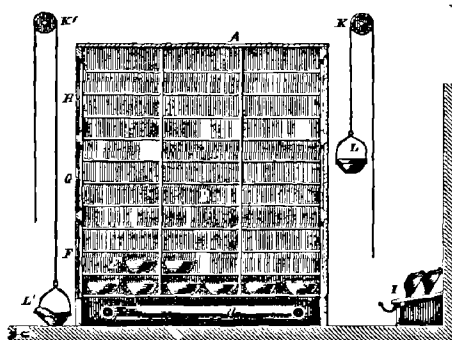


Fig. 172. — Étuve à sucre candi.

une chaudière à cuire dans le vide, puis à l'air libre et à l'ébullition dans une chaudière; la concentration du liquide est poussée plus ou moins loin, suivant la qualité du sucre employé. Aussitôt que la cuite est à son terme, on distribue le liquide, à l'aide des vases L, L' (fig. 172), dans des terrines de cuivre hémisphériques. Des trous pratiqués dans leurs parois opposées servent à faire passer des fils de lin ou de chanvre maintenus horizontalement dans le liquide et autour desquels se fera la cristallisation; une feuille de papier collée contre la paroi extérieure ferme les trous et empêche la déperdition du sirop. Les terrines E remplies de sirop cuit sont disposées sur les tablettes de l'étuve AB chauffée à 60 degrés par des tubes où circule la vapeur. Après soixante-douze heures de chauffe, on abandonne les terrines dans l'étuve fermée. Au bout de douze jours la cristallisation est terminée : on perce la croûte cristalline pour faire écouler le sirop en excès, puis on ravive les cristaux avec de l'eau tiède. On fait égoutter en maintenant les terrines renversées et inclinées comme on le voit en I, ce qui permet au liquide sucré de s'écouler dans une gouttière qui le mène dans un réservoir. Enfin on détache les pains hémisphériques des terrines, et, après les avoir desséchés par un nouveau passage à l'étuve, on les livre au commerce.

CONFISERIE

La confiserie est une industrie qui consiste dans la fabrication de produits dont la forme et la composition sont très variables. Elle est répandue dans toutes les grandes villes : Paris se place en première ligne; après Paris viennent Marseille, Bordeaux, Lyon, Rouen, Montpellier, etc. Quelques villes de moindre importance fabriquent des articles spéciaux qui font leur réputation. C'est ainsi que Verdun est renommé pour ses dragées, Bar-le-Duc pour ses confitures de groseilles, Orléans pour sa gelée de coings, Clermont pour ses pâtes d'abricots, Montélimar pour ses nougats. Nous ne pouvons évidemment donner la description des différents procédés employés par les confiseurs pour la fabrication de produits aussi variés. Nous dirons seulement quelques mots de ceux qui peuvent être considérés comme rentrant dans la grande industrie, par exemple les dragées, les pastilles et les boules de gomme, les pastilles à l'emporte-pièce.

Les *dragées* proprement dites sont formées d'un noyau entouré de sucre. Ce noyau est tantôt naturel, comme les amandes, les avelines, les anis, etc., tantôt il est fait avec un fondant ou avec de la liqueur.

Les dragées à noyau naturel se fabriquent par le procédé suivant : les noyaux sont placés dans des bassines (fig. 173), dont les parois sont formées par un tube de cuivre enroulé en spirale, dans lequel circule de la vapeur; elles sont

animées d'un mouvement de rotation autour d'un axe incliné passant par leur sommet. Par suite de ce mouvement, les noyaux sont constamment remués et roulent l'un sur l'autre; on les arrose de temps en temps avec du sirop de sucre cuit à un degré convenable; des tuyaux verticaux en communication avec un ventilateur amènent dans chaque bassine un courant d'air chaud ou froid, qui facilite l'évaporation; le sucre se solidifie et enveloppe les noyau de couches successives qui finissent par former autour d'eux l'épaisseur voulue. Pour les qualités communes on ajoute de temps en temps de la farine au lieu de sirop.

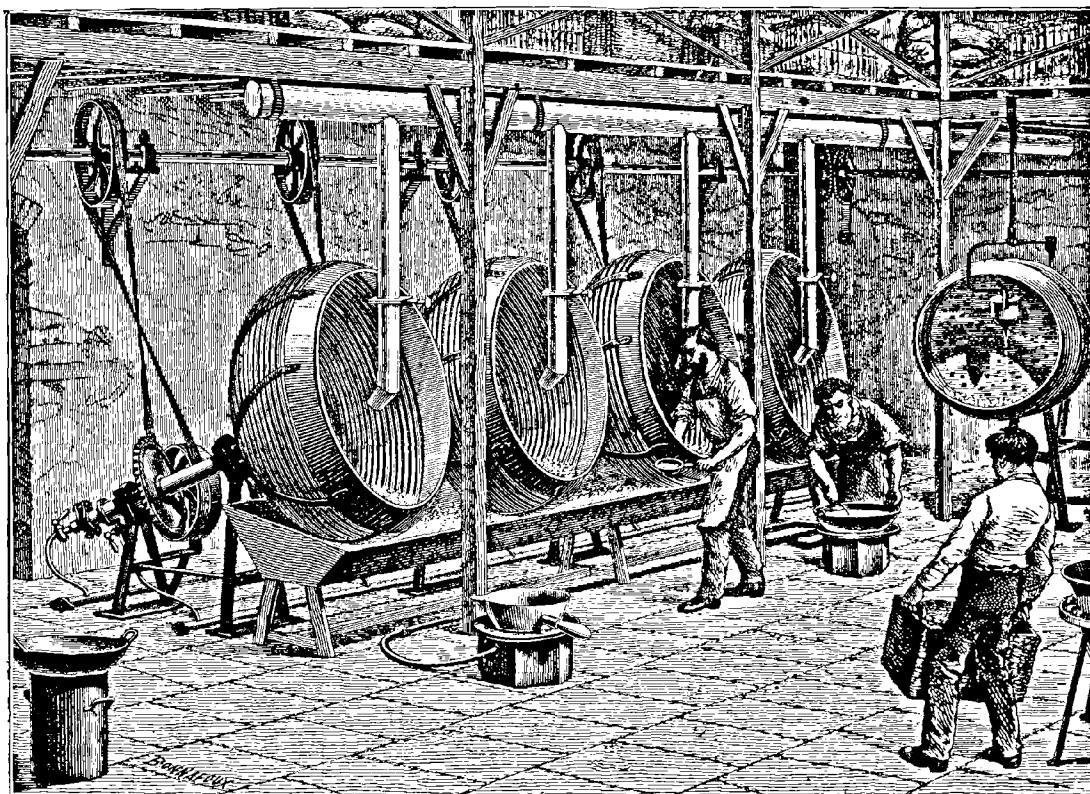


Fig. 173. — Fabrication des dragées.

Les petites dragées qui présentent à leur surface des aspérités et sont désignées sous le nom de *perles* sont fabriquées par un procédé analogue. Les noyaux, formés par des fragments d'anis, de vermicelle, etc., sont arrosés avec du sirop contenu dans un entonnoir promené mécaniquement au-dessus d'eux dans un appareil représenté sur la droite de la figure 173; cet entonnoir contient un sirop très concentré qu'il laisse tomber goutte à goutte : les gouttelettes, saisies par la solidification, forment à la surface des bonbons les aspérités qui sont le caractère de cette espèce de dragées.

Pour les dragées à liqueur on commence par fabriquer le noyau. Après avoir tassé de l'amidon en poudre dans un cadre de bois, on applique à la surface de

cet amidon une planche en plâtre présentant des aspérités qui ont la forme du noyau et qui, faisant leur empreinte dans l'amidon, y produisent autant de cavités, dans lesquelles on coule un mélange, en proportions convenables, de sirop et de la liqueur à employer (kirsch, marasquin, etc.). Par un phénomène très curieux, le sucre, en cristallisant, se sépare de la liqueur et l'emprisonne. Quand le noyau est fait, on le recouvre de sucre comme pour les dragées à noyau naturel.

Les *sucres cuits*, sous forme de drops, de tablettes, boules, etc., sont obtenus mécaniquement au moyen d'un laminage de sucre. Lorsque celui-ci est cuit au degré convenable et amené à l'état de pâte malléable, on l'oblige à passer entre deux cylindres gravés en creux, d'où il sort avec des empreintes en relief qui permettent de le diviser, après refroidissement, en autant de bonbons séparés.

On fabrique les *pâtes* et *pastilles à la gomme* en coulant du sirop de sucre et de gomme dans des moules en amidon, semblables à ceux que nous avons décrits plus haut.

Les *pastilles à l'emporte-pièce* sont composées de sucre en poudre vivement battu avec de la gomme adragante et de l'eau. La pâte, à cet état, offre assez de corps pour être manipulée. Après l'avoir parfumée avec des essences de menthe, d'orange, de citron, etc., elle est réduite en lames et découpée en tablettes circulaires ou elliptiques à l'aide de machines spéciales.

CHOCOLAT

Le chocolat est un mélange de cacao broyé et de sucre, auquel on ajoute un aromate qui varie d'un pays à l'autre et qui, en France, est ordinairement la vanille. Le cacao, ou fruit du cacaoyer, nous vient ordinairement de l'Amérique; les meilleurs, les caracas et les maragnans, nous arrivent de l'Amérique méridionale. L'usage alimentaire du cacao en Europe remonte à la conquête du Mexique (1520) : les indigènes l'enseignèrent aux Espagnols, qui d'abord en firent un mystère et le révélèrent plus tard au reste de l'Europe. L'industrie du chocolat a pris de grands développements; la consommation annuelle de la France dépasse 12 millions et demi de kilogrammes, représentant une valeur de plus de 31 millions de francs. En 1856, elle n'était que de 6 millions de kilogrammes.

La fabrication du chocolat est une opération très simple. Le cacao subit d'abord, dans des appareils analogues à ceux qui servent à griller le café, une torréfaction dont l'effet est de développer son arôme, de lui enlever de l'âcreté en volatilisant les principes amers et de rendre les coques plus fragiles. La coque ainsi préparée est triée et livrée à un appareil décortiqueur qui enlève la pellicule. Puis le cacao est broyé dans un *mélangeur*, qui se compose (fig. 174) d'une auge

où tournent des meules verticales de granit; le fruit s'écrase et les huiles qu'il renferme forment avec la partie solide une pâte, qui devient de plus en plus liquide à mesure que le broyage avance. On ajoute à cette pâte une certaine quantité de sucre, en moyenne les deux tiers, et le mouvement des meules incorpore le sucre dans la masse. Le mélange étant opéré, la pâte est livrée à d'autres appareils, qui ont pour but de la rendre plus homogène et d'écraser d'une manière plus parfaite les grains de sucre. Ce sont des cylindres de granit roulant l'un sur l'autre et faisant l'office de laminoirs. Mais pendant ce broyage la pâte est devenue moins liquide; on lui rend sa liquidité par un séjour à l'étuve et on la livre de

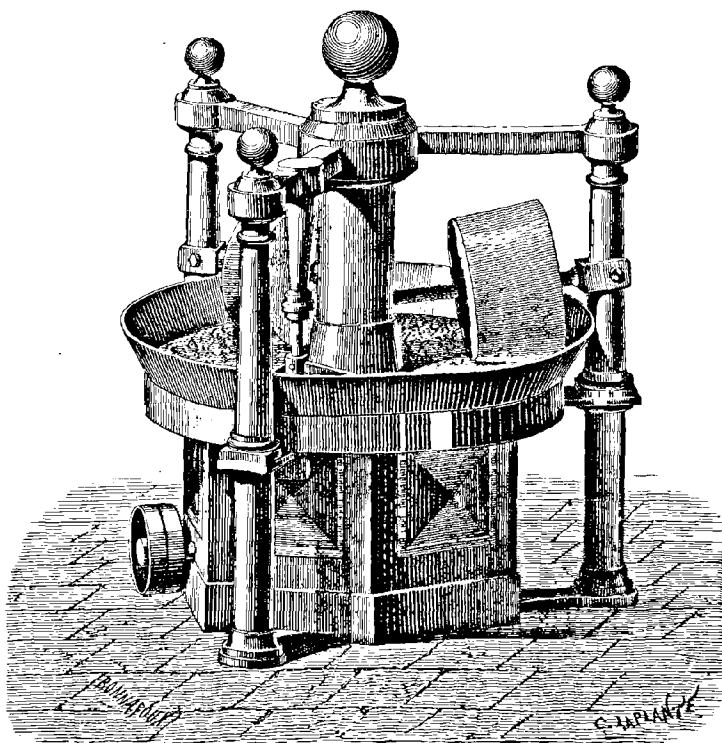


Fig. 174. — Mélangeur à chocolat.

nouveau au mélangeur. Ensuite elle passe dans un appareil nommé *boudineuse*, qui a pour but d'extraire les bulles d'air : il se compose (fig. 175) d'un entonnoir ou trémie, au fond duquel se meut une vis d'Archimède horizontale. Cette vis prend la pâte et la refoule dans un trou d'où elle sort à l'état de boudin, que l'on divise en portions de poids déterminé; le pesage se fait le plus souvent sur des balances ordinaires, mais dans certaines usines on se sert de *peseuses automatiques*.

Chacun des morceaux obtenus par le pesage est placé dans des moules de fer-blanc appelés *formes*. On dispose un certain nombre de ces moules sur une planche que l'on place sur une table à secousses nommée *tapoteuse*. Les secousses imprimées à la planche forcent la pâte à se répartir dans le moule, pendant que l'ouvrier, à l'aide des mains et de l'avant-bras, achève de la tasser et lui donne le poli

extérieur. Cette opération est désignée sous le nom de *dressage*. Il faut ensuite refroidir brusquement le chocolat pour le solidifier et pouvoir le démouler : on y



Fig. 175. — Boudineuse à chocolat.

parvient en portant les moules dans une pièce où circule un courant d'air lancé par un ventilateur. Enfin le chocolat en tablettes est livré aux ateliers de pliage, où il est mis en papier par des femmes. Dans certaines usines le pliage se fait mécaniquement.

INDUSTRIES

DU VÊTEMENT ET DE LA TOILETTE

L'homme se sert, pour la confection de ses vêtements, d'étoffes diverses constituées par l'enchevêtrement de fils, qui sont ou d'origine animale, comme ceux de soie ou de laine, ou d'origine végétale, comme ceux de lin, de chanvre et de coton. La matière première de ces fils nous étant livrée par la nature dans un état plus ou moins éloigné de celui qu'exige la confection des tissus, l'homme lui fait subir des modifications plus ou moins complètes, qui constituent l'objet de l'industrie de la filature. La soie est la matière textile que la nature nous offre à l'état le plus parfait, celle par conséquent dont les transformations sont le moins compliquées; c'est par elle que nous commencerons l'étude de la filature.

CHAPITRE VIII

LA SOIE

La soie nous est fournie par le bombyx du mûrier, que l'on désigne sous le nom de *ver à soie*. L'industrie de la soie remonte à la plus haute antiquité et c'est en Chine qu'on la voit apparaître (2698 avant J.-C.), sous l'empereur Hoang-ti, dont la femme Siling-Chi inventa l'art d'élever les vers à soie et de tirer de leurs cocons le précieux textile, qui nous sert encore aujourd'hui à confectionner nos étoffes les plus riches. Le *Tchou-king*, rédigé par Confucius, parle d'un tribut de soie sous le règne de Yu (2022 ans avant J.-C.). Le *Tcheou-li*, code de règlements écrits au XII^e siècle avant notre ère, et des rituels antérieurs à cette époque mentionnent l'obligation imposée à l'impératrice et aux femmes de la cour de s'appliquer à la cueillette de la feuille des mûriers, à l'éducation des vers, au tirage et au tissage de la soie. De la Chine l'industrie de la soie passa en Corée 200 ans avant notre ère : elle y fut importée par des réfugiés chinois, et de la Corée elle arriva au Japon vers le IV^e siècle de notre ère. C'est aussi vers cette époque qu'elle apparaît dans le Ji-hou, actuellement le Tonkin. Dans le I^{er} siècle avant notre ère, les communications commerciales s'établissent entre la Chine, la Bactriane, l'Inde et la Perse. C'est de là que les Romains tirèrent les premières soieries chinoises, connues déjà par Jules César, qui étendait des voiles de soie au-dessus des spectateurs dans les jeux donnés à Rome 46 ans avant notre ère. La Chine, d'où les Grecs et les Romains faisaient venir de riches soieries, était désignée par eux sous le nom de *Sérique*; les Chinois emploient les mots *sse*, *sei* ou *seih* pour désigner le ver à soie. L'industrie de la soie prit un grand essor en Asie par suite du prix élevé auquel les Européens achetaient les étoffes fabriquées par les Orientaux. Un édit de Dioclétien, qui mourut en l'an 313, fixe le prix de la livre de soie à 12 000 deniers, ce qui correspond à 778 francs le kilogramme. Les étoffes de soie teintes en pourpre fine étaient réservées à l'empereur; elles valaient plus de 5 000 francs le kilogramme, c'est-à-dire le prix de l'or; sous Justinien ces prix sextuplèrent. Du VI^e au IX^e siècle, la sériciculture s'étendit jusqu'à la mer Caspienne, puis descendit vers le golfe Persique en enrichissant la Géorgie, la Roumélie et la Syrie. En Europe c'est la ville de Constantinople qui la connut la première; elle apparut aux X^e et XI^e siècles en Grèce, où les manufactures de Corinthe, d'Athènes et de Thèbes eurent une grande renommée, en Italie vers la fin du XIII^e siècle, en France peu de temps après.

C'est encore à Olivier de Serres, dont nous avons déjà parlé à propos du sucre de betterave, que la France doit son industrie séricicole; ce fut, en effet, ce grand agriculteur qui engagea les Ardéchois à cultiver le mûrier, dont les feuilles devaient servir à la nourriture des vers à soie. Il publia en 1599 un ouvrage intitulé : *De la cueillette de la soye par la nourriture des vers qui la forment*. « Son but était, disait-il, d'initier les peuples à tirer des entrailles de la terre le trésor de soye qui y est caché et, par ce moyen, mettre en évidence des millions d'or y croupissant. » Cet ouvrage fit une profonde impression sur le roi Henri IV, qui, malgré la résistance de Sully, fit faire par Olivier, dans le jardin des Tuileries, des essais, dont le succès fut complet. Ils ne triomphèrent pas cependant des préjugés de Sully, car M. Wolowski raconte que le roi, fort mécontent, vint un jour voir son ministre et lui dit : « Je ne sais pas quelle fantaisie vous a pris de vouloir vous opposer à ce que je veux établir pour mon contentement particulier et enrichissement de mon royaume et pour ôster l'oisiveté parmi nos peuples ». Sully répliqua : « S'il plaisait à Vostre Majesté d'escouter en patience mes raisons, je m'assure qu'elle serait de mon opinion. — Oui-da, répondit le roi; mais aussi je veux que vous entendiez après les miennes, car je m'assure qu'elles vaudront mieux que les vostres ». Sully, après avoir exposé les motifs qui le portaient à considérer comme nuisible aux intérêts de la France l'importation de l'industrie séricicole et après avoir écouté la réplique du roi, se soumit en disant : « Puisque telle est votre volonté absolue, je n'en parle plus; le temps et la pratique vous apprendront que la France n'est nullement propre à de telles babioles ».

Ces babioles devaient être pour la France une source féconde de richesses et lui produire annuellement un revenu de plus de 500 millions! En 1820, on comptait déjà dans le département de l'Ardèche 1 600 000 mûriers; en 1854, 2 millions, et sans la maladie qui a décimé les vers à soie, on en compterait aujourd'hui plus de 3 millions. La production actuelle de la France est environ de 7 millions de kilogrammes de cocons, produisant près de 6 millions de kilogrammes de soie grège : l'Italie a une production trois fois plus considérable.

C'est à la Voulte, près des rives du Rhône, qu'on commence, dans le bas Vivarais, à voir se développer la culture du mûrier; c'est dans la plaine du Ponzin (Ardèche) qu'on admire les plus beaux types de cet arbre qui, comme on l'a dit souvent, est l'arbre d'or des Cévennes et du bas Dauphiné.

Le mûrier commence à végéter vers les premiers jours d'avril; les vers à soie éclosent dans le courant de mai. A cette époque les filatures du Vivarais et de la haute Provence suspendent leurs travaux pour permettre aux ouvrières d'aller cueillir la *feuillée* ou de travailler comme *magnanières* dans les *chambrées*. Elles partent à la pointe du jour pour la *mûrieraie*, détachent les feuilles des pousses et les déposent dans de grands sacs de toile blanche maintenus ouverts à l'aide d'un cerceau. Quand la feuillée arrive dans les magnaneries, on la met sous des hangars pour la soustraire à l'action de la pluie et aux ardeurs du soleil.

Les *magnaneries* ou *chambrées* sont des chambres dans lesquelles on a installé, par étages superposés, des claies (*levadous, canis*) formées de roseaux réunis par

des écorces de châtaignier (fig. 176 et 177); ces chambres doivent être disposées de manière à pouvoir être chauffées et ventilées.

Quand le cultivateur juge, d'après l'état de végétation des mûriers, qu'il est temps de faire éclore les œufs pondus l'année précédente, il met ceux qu'il croit bons dans des boîtes qu'il porte dans une petite chambre ou *étuve*, dont la température devra, d'après Dandolo, être, le premier jour, de 14 degrés environ, puis portée successivement à 22 degrés, pendant les douze jours que durera cette incubation artificielle. Lorsque les œufs prennent une couleur blanche, ce qui



Fig. 176. — Magnanerie.

indique une éclosion prochaine, on les recouvre avec des feuilles de papier percées de trous; les vers, à mesure qu'ils naissent, traversent ces trous et on les recueille en leur présentant de jeunes rameaux de mûrier sur lesquels ils montent. On les porte alors à la chambrée, on les met sur du papier, et on leur donne un peu de feuille tendre coupée très menu.

C'est là que va s'accomplir la vie du ver à soie, qui sera partagée en cinq âges : le premier âge dure environ cinq jours, au bout desquels le ver cesse de manger, s'endort et change de peau, c'est la *mue*; le second âge est de quatre jours : la couleur des vers, qui était noire à la fin du premier âge, est devenue d'un gris clair; sur leur dos ont paru deux lignes courbes, semblables à des parenthèses

et placées en face l'une de l'autre. Durant les deux premiers âges la température de la chambrée a dû être de 18 à 19 degrés. Un nouveau sommeil et une nouvelle mue séparent cet âge du troisième, pendant lequel la température sera maintenue de 17 à 18 degrés : les vers ont grandi beaucoup, leur corps est plus ridé, particulièrement la tête; leur couleur est d'un blanc jaunâtre; ils paraissent n'avoir plus de poil. Le quatrième âge, précédé aussi d'une mue, dure sept jours. Jusqu'ici les magnanières ont distribué plusieurs fois par jour de la feuille coupée plus ou moins menu; à partir du milieu du quatrième âge, on peut se dispenser de hacher les feuilles. Après le réveil qui suit chaque mue, les ouvrières lèvent les vers en leur présentant des rameaux de mûrier et les répartissent dans des espaces de plus en plus grands à mesure que leur âge avance; il est évident que sur une surface déterminée peut vivre, au premier âge, un nombre de vers à soie plus grand qu'au quatrième. Enfin, après une quatrième mue arrive le cinquième âge, qui est le plus long et le plus décisif : il dure dix jours, et pendant ce temps les magnanières doivent redoubler d'activité pour surveiller les vers, les nourrir et maintenir les chambrées dans un état hygiénique parfait; la température ne doit plus être que de 16 degrés. Jusqu'au sixième jour, qui est

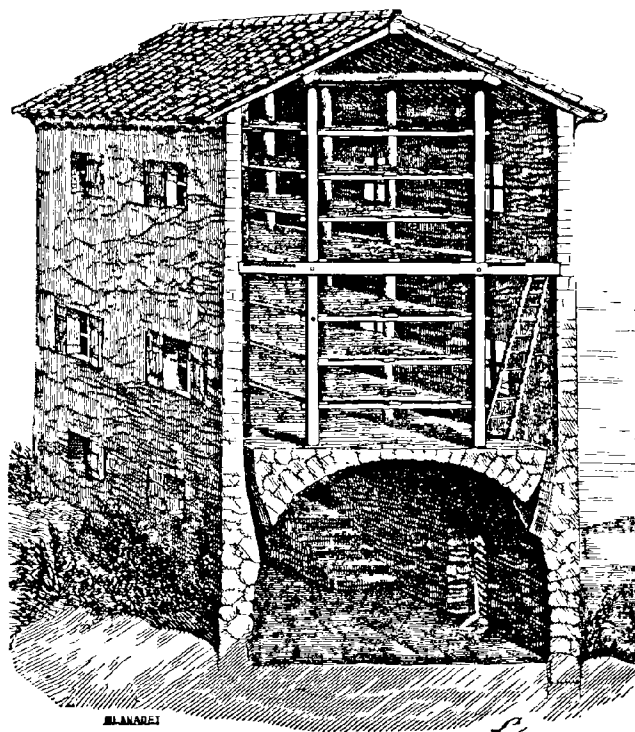


Fig. 117. — Nouveau modèle de magnanerie des Cévennes.

le vingt-huitième de la vie du ver, son appétit va croissant, puis il décroît et l'on diminue chaque jour la quantité de feuilles. Au dixième jour apparaissent des caractères qui indiquent que la *montée* est proche, que les vers à soie vont filer : lorsqu'on met les feuilles sur les claies, ils montent dessus sans en manger, ils lèvent le cou (fig. 178), ayant l'air de chercher quelque autre chose, la transparence de leur corps augmente, la peau du cou est très ridée, etc.; enfin ils paraissent avoir pris leur volume maximum. Dandolo a remarqué qu'au bout du trentième jour ils pèsent neuf mille fois plus qu'au moment de leur naissance et qu'ils sont devenus quarante fois plus grands.

Les magnanières disposent alors, entre les claies, des tiges de bruyère ou de genêt (fig. 179); le ver monte sur ces branches et fabrique son cocon. Pour cela, deux glandes placées sur les flancs de l'animal et aboutissant près de la bouche

laissent suinter un liquide visqueux qui sort par deux trous très rapprochés appelés *filières* et situés près de la lèvre inférieure (fig. 180). Ce liquide a la propriété de se solidifier au contact de l'air. Si le ver appuie en un point fixe la goutte qui sort de ces deux trous, elle s'y attache, et si alors il éloigne la tête, le liquide sort des filières sous forme de deux fils qui se soudent en se solidifiant. C'est par un mouvement continu de la tête que le ver à soie, après avoir fixé le bout du fil aux branches de bruyère, fabrique un réseau dont il s'enve-

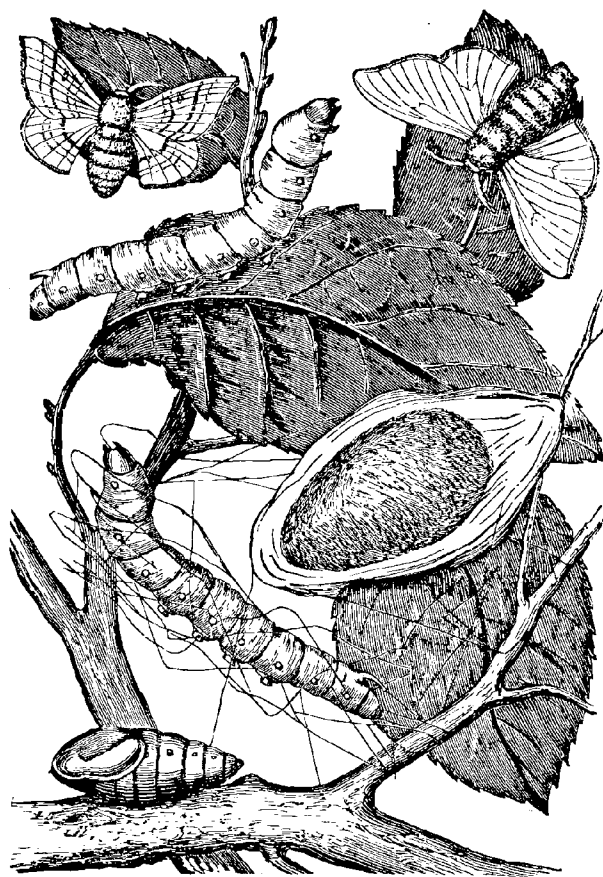


Fig. 178. — Ver à soie, chrysalide, papillon, cocon.

veloppe et qui se compose de couches superposées et agglutinées; ce réseau, appelé *cocon*, constitue une prison dans laquelle l'animal s'est enfermé lui-même. Quand le cocon est achevé, ce qui a lieu au bout de quatre jours environ, le ver à soie se transforme en un être nouveau, de forme ovoïde et nommé *chrysalide*. Celle-ci, après quinze à vingt jours, se transforme elle-même en un papillon, qui, pour sortir de sa prison, est obligé de percer les parois du cocon en frappant de la tête contre une portion de la paroi qu'il a mouillée. A leur sortie les papillons pondent des œufs qui doivent servir à la propagation de l'espèce.

Mais on comprend que la sortie de l'animal a pour effet de briser les fils qui forment les parois du cocon, et la soie des cocons percés ne peut être uti-

lisée; aussi ne laisse-t-on arriver à l'état de papillon que le nombre de chrysalides nécessaires à l'entretien de l'espèce. Quant aux autres, on les fait mourir dans les cocons, que l'on place sur des tablettes disposées dans une armoire où l'on injecte de la vapeur d'eau bouillante; en moins de trois minutes les chrysalides sont tuées par l'élévation de la température.

Nous avons supposé dans ce qui précède que tout se passait sans accident et marchait au gré des désirs du magnanier; malheureusement il n'en est pas toujours ainsi : il voit de terribles maladies se déclarer au milieu de ses chambrées, les vers meurent, et en quelques jours s'évanouissent toutes les espérances qu'il avait conçues sur le produit de sa récolte. Depuis 1849 surtout, ce terrible fléau avait

fait de bien tristes progrès et avait porté la ruine au milieu de contrées jadis si florissantes. M. Jeanjean, habile et savant éducateur, faisait le tableau suivant de cette situation, dans un travail couronné par l'Académie du Gard en 1862 :

« Le voyageur qui aurait parcouru, il y a une quinzaine d'années, les montagnes des Cévennes et qui reviendrait actuellement sur ses pas, serait étonné et vivement affecté des changements de toute nature qui se sont opérés en si peu de temps dans ces contrées. Jadis il voyait,

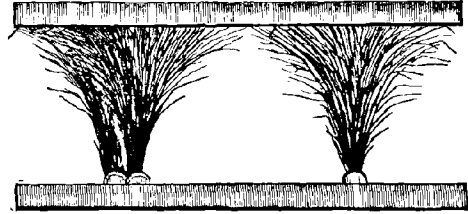


Fig. 179. — Claies et tiges de bruyère.

sur le penchant des collines, des hommes agiles et robustes briser le roc, établir avec ses débris des murs solidement construits, destinés à supporter une terre fertile mais péniblement préparée, et élever ainsi jusqu'au sommet des monts des gradins échelonnés plantés en mûriers. Ces hommes, malgré les fatigues d'un rude travail, étaient alors contents et heureux, parce que l'aisance régnait à leur foyer domestique. Aujourd'hui les plantations de mûriers sont entièrement délaissées; l'arbre d'or n'enrichit plus le pays, et ces visages, autrefois radieux, sont maintenant mornes et tristes; là où régnait l'abondance ont succédé la gêne et le malaise. » Ce tableau n'a rien d'exagéré, dit M. Pasteur, et la misère est la même dans tous nos départements séricicoles.

Cette situation ne pouvait manquer d'attirer l'attention du gouvernement et des savants. En 1865, le Sénat fut appelé à délibérer sur une pétition de trois mille cinq cent soixante-quatorze propriétaires de nos départements séricicoles, réclamant que le gouvernement vint en aide à leurs malheureuses populations par des dégrèvements d'impôts et par la mise à l'étude de toutes les questions qui se rattacherait au triste fléau. Dumas, que sa grande autorité dans la science et sa connais-

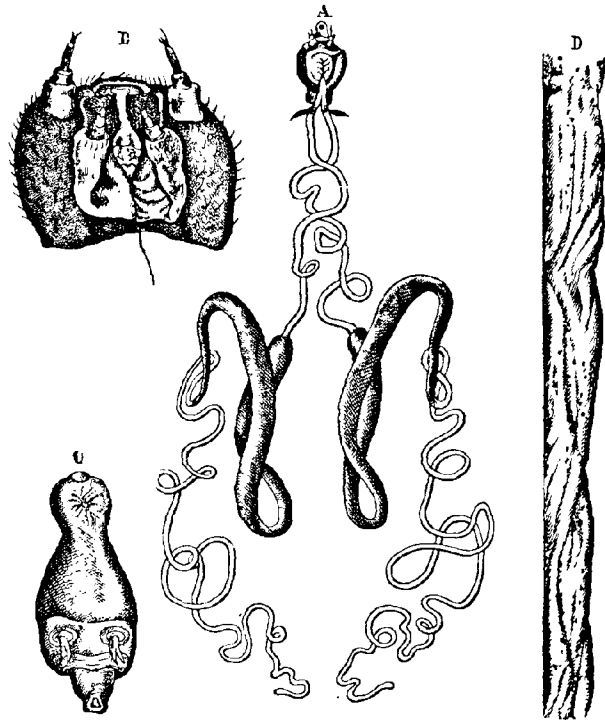


Fig. 180. — Appareil sécréteur de la soie.

- A. Appareil de la soie vu dans ses différentes parties, isolé du reste du corps. On y distingue la filière en communication avec le tube sécréteur, qui se divise presque immédiatement en deux branches fort longues, en parties contournées et renflées l'une et l'autre en réservoir sur leur partie moyenne.
- B. Tête du ver à soie, vue en dessous, pour montrer la filière et le fil de soie qui en sort.
- C. La filière vue séparément. Son orifice est placé en bas.
- D. Soie décreusée vue au microscope.

sance de l'industrie de la soie désignaient au choix de ses collègues du Sénat, fut chargé du rapport provoqué par cette pétition. A la suite de ce rapport, M. Pasteur, qui avait déjà acquis une légitime célébrité par ses beaux travaux sur la fermentation, fut prié par le ministre de l'agriculture d'aller étudier sur place les conditions, les causes du fléau dévastateur et de chercher le remède si désiré.

Il partit au mois de juin 1865 pour Alais, dans le département du Gard, le plus important de tous nos départements pour la culture du mûrier et celui où la maladie sévissait avec le plus d'intensité. De 1865 à 1869, il poursuivit sans relâche ses études, et en 1870 il en publiait les résultats dans un ouvrage intitulé : *Études sur la maladie des vers à soie. Moyen pratique assuré de la combattre et d'en prévenir le retour.*

Nous ne pouvons ici reproduire les détails des travaux de M. Pasteur; nous nous contenterons d'en exposer les principaux traits.

Avant lui, la question avait déjà été étudiée par plusieurs savants français et étrangers, parmi lesquels nous citerons M. de Quatrefages. Mais aucun d'eux, il faut le reconnaître, n'était arrivé à la connaissance exacte du mal et surtout à celle du remède qu'il convenait d'y apporter. M. Pasteur, au contraire, en s'appuyant sur les travaux de ses devanciers, en discutant expérimentalement leurs conséquences, arriva à définir le fléau et à le ramener à deux causes principales. Le microscope, qui, dans ses études sur la fermentation, lui avait déjà fourni de si fécondes méthodes d'investigation, devait encore être le principal instrument de ses recherches.

M. Pasteur affirme que toutes les misères de l'industrie séricicole doivent être attribuées à deux maladies distinctes tantôt associées, tantôt isolées : la *pébrine* et la *flacherie*.

La pébrine, qui doit son nom à M. de Quatrefages, consistait surtout, suivant ce naturaliste, en une espèce de grangrène intérieure qui se révélait par l'apparition de taches à la surface de la peau. M. Pasteur a prouvé que l'existence de ces taches n'était qu'un des côtés accessoires de la maladie, qu'un ver malade était toujours taché, mais que les taches pouvaient exister sans qu'il y eût maladie. Le signe caractéristique de la pébrine est, d'après M. Pasteur, l'existence dans le corps de l'animal de corpuscules qu'on avait trouvés avant lui, mais dont il a défini la nature et le rôle.

La pébrine est excessivement contagieuse; elle se propage d'un ver à l'autre, soit par les feuilles, soit par les piqûres que se font les vers en montant les uns sur les autres, soit par les poussières fraîches des magnaneries. M. Pasteur a fait à ce sujet les expériences les plus concluantes. Beaucoup de personnes avaient craint que cette contagion ne fût un obstacle insurmontable à la guérison du mal, puisque selon elles des vers provenant d'œufs parfaitement sains pourraient être atteints par la maladie et mourir avant d'avoir pu faire leur cocon. C'est là qu'est peut-être le plus important résultat des travaux de M. Pasteur : il a démontré d'une manière péremptoire qu'un œuf sain et exempt de corpuscules donnerait toujours un ver capable de filer son cocon; ce ver pourrait, dans le cours

de son existence, être atteint par la pébrine, mais cette maladie ne ferait pas chez lui de progrès suffisants pour l'empêcher de filer sa soie. Tout revient donc à employer une *graine* saine, des œufs dépourvus de corpuscules. Cette induction, à laquelle il avait été conduit dès le début de ses travaux, fut vérifiée par les expériences les plus formelles. Il préleva, en 1866, quatorze échantillons de graines de diverses races faits à Saint-Hippolyte (Gard), et, après les avoir étudiés, il envoyait, en février 1867, à M. Jeanjean, maire de cette ville, un pli cacheté renfermant ses pronostics sur les résultats que l'on devrait obtenir avec ces quatorze graines. Ce pli ne fut ouvert qu'après l'éducation de 1867, et les prévisions de l'illustre chimiste se réalisèrent dans 12 cas sur 14; encore avait-il fait quelques réserves au sujet de ces deux cas exceptionnels.

Voici la méthode proposée par M. Pasteur pour l'étude des graines que l'on peut employer à la reproduction des vers à soie :

Quand on a une chambrée qui n'a pas été atteinte par la pébrine et qu'on juge que les cocons sont bien formés, ce qui a lieu environ six jours après le commencement de la *montée*, on prélève sans choix un demi à un kilogramme de cocons, que l'on place dans une chambre chauffée, nuit et jour, à 25 ou 30 degrés Réaumur et entretenue à un certain degré d'humidité par un large vase plein d'eau placé sur le poêle; on hâte ainsi le développement des papillons. Dès qu'ils commencent à sortir, on les broie, un à un, dans un mortier avec quelques gouttes d'eau; on examine au microscope une goutte de la bouillie, et l'on note l'absence ou la présence des corpuscules, en indiquant, dans ce dernier cas, le nombre approximatif des corpuscules aperçus dans le champ de l'instrument. Si la portion des papillons corpusculeux ne dépasse pas 10 pour 100 dans les races indigènes, on peut livrer au grainage toute la chambrée d'où proviennent les papillons.

M. Pasteur préfère l'examen des papillons à celui des œufs; il le trouve plus sûr et plus facile pour l'expérimentateur.

Ajoutons que M. Pasteur, frappé de ce fait que les ravages de la pébrine étaient bien moins terribles dans les départements de petite culture que dans ceux où l'éducation se faisait dans de plus grandes proportions, a pu attribuer le développement de la maladie à l'agglomération des vers à soie. Il conseille aux départements du Lot, de la Corrèze, de Tarn-et-Garonne, de l'Aude, des Pyrénées-Orientales, des Hautes-Alpes et des Basses-Alpes, de se livrer au grainage en opérant sur des œufs primitivement sains. Il pense que ces départements pourraient suffire à approvisionner toute la France. Il indique, du reste, dans son ouvrage une méthode d'éducation cellulaire qui consisterait, pour les départements de grande culture, à élever dans des compartiments séparés les vers destinés à l'entretien de l'espèce.

Quant à la flacherie, ou maladie des *morts-flats*, M. Pasteur la considère comme tout à fait distincte de la pébrine; lorsque les vers en sont atteints, ils ne mangent plus ou très peu, restent étendus sur le bord des claies et meurent bientôt. Leur corps noircit, se pourrit bien vite, exhale une odeur fétide et a l'aspect d'un boyau vide et plissé.

La flacherie est une maladie des organes digestifs provoquée par le développement de productions organisées, de vibrions, de ferments, qui y déterminent une véritable fermentation. Elle peut être accidentelle et provenir ou bien d'une trop grande accumulation des vers aux divers âges de l'insecte, ou d'une trop grande élévation de température au moment des mues; elle peut être héréditaire et avoir pour cause un affaiblissement général de l'espèce, produit par la pébrine. L'examen de la poche stomacale des chrysalides permettra de reconnaître, par la présence des vibrions, celles dont les papillons donneront des œufs qui produiront plus tard des vers susceptibles d'être atteints de flacherie. M. Pasteur ajoute d'ailleurs que l'examen des vers au moment de la montée, leur agilité, leur état général fourniront des données suffisamment sûres au point de vue de la flacherie et indiqueront si l'on doit ou non les employer au grainage. Il affirme qu'il est toujours possible de combattre la prédisposition d'une race à la maladie par des précautions hygiéniques bien comprises, et qu'enfin, par l'éducation cellulaire, on pourra régénérer facilement une race quelconque, que celle-ci soit atteinte de flacherie ou de pébrine.

Les idées de M. Pasteur, quoique appuyées sur les expériences les plus frappantes, ont rencontré à leur apparition une assez grande résistance : il a eu à soutenir plus d'une polémique. Faut-il le regretter? Non, puisque cette résistance l'a peut-être poussé à des investigations plus minutieuses et destinées à lui permettre d'établir sa théorie sur des bases inébranlables. Qu'on me permette de citer ici un fait qui m'est personnel et qui montre à la fois l'opposition que M. Pasteur a rencontrée et le retour de ses contradicteurs à des idées plus justes.

Lorsqu'en octobre 1869 je suis allé dans le Midi étudier la filature de la soie, j'avais déjà suivi avec le plus vif intérêt les travaux de M. Pasteur dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*; je questionnai à ce sujet un honorable industriel dont je visitais l'établissement, et lui demandai son opinion sur l'utilité de ces travaux. Je le trouvai fort sceptique et il me parut résumer en lui l'opinion de beaucoup de ses confrères. Je me permis de n'être pas de son avis et de lui dire combien l'emploi du microscope me paraissait devoir être fécond dans l'étude de cette maladie mystérieuse qui jetait la désolation dans la contrée qu'il habitait. Au mois de février 1872, j'eus occasion de lui écrire pour lui demander de vouloir bien compléter les renseignements techniques qu'il m'avait fournis avec tant d'obligeance sur la filature de la soie; je lui demandai aussi s'il avait conservé la même opinion sur les travaux de M. Pasteur.

Voici ce qu'il me répondit : « Quant au système Pasteur, vous vous rappelez que je lui ai été d'abord peu favorable, mais la réalité et l'évidence des résultats obtenus m'ont rendu un de ses partisans. Je serais très désireux de voir vulgariser sa méthode, dont on n'a pas tiré tout le parti qu'on peut en tirer, parce qu'elle est souvent mal appliquée. De là déceptions probables pour les éducateurs, qui s'en prendront au microscope, lequel n'aura guère été consulté. »

Les cocons, dans lesquels on a tué les chrysalides, sont ensuite portés à la *cocon-*

nière, qui est un appartement très haut, où se trouvent des étagères formées par des claies en jonc appelées *canissars*. Ils sont disposés sur ces claies par couches de 15 centimètres d'épaisseur environ. On les y laisse pendant trois mois, en ayant soin de les retourner tous les deux jours avec de grandes précautions, pour éviter l'humidité, qui est très nuisible à la qualité de la soie, pour faciliter la dessiccation et chasser les mites. Au bout de ce temps les cocons sont secs; et on les donne à des femmes chargées d'en faire le triage et de mettre de côté les



Fig. 181. — Salle du tirage de la soie.

doubles, c'est-à-dire ceux où il y a deux vers qui ont enchevêtré leurs fils; la présence d'un seul double peut perdre tout un lot de soie au dévidage; une bonne ouvrière arrive à faire jusqu'à dix-neuf catégories. Lorsque les cocons ont été bien desséchés, ils peuvent être conservés indéfiniment pour alimenter les filatures.

Le travail exercé dans ces établissements se divise en deux parties principales : le *tirage* de la soie et le *moulinage*.

Le tirage consiste à dévider les cocons en réunissant plusieurs fils ensemble. Les appareils employés pour cette opération sont excessivement simples; ils

se composent d'une bassine en cuivre C (fig. 181 et 182) placée sur une table devant laquelle l'ouvrière est assise. Cette bassine renferme de l'eau chauffée à 90 degrés environ par un jet de vapeur que l'on peut interrompre à volonté. En face de l'ouvrière et en avant de la bassine est une tige verticale T recourbée et bifurquée après la courbure; chaque branche porte un petit anneau d'agate ou *barbin* b (fig. 182). Derrière l'ouvrière est une espèce de dévidoir D, nommé *tour*, qui est mû mécaniquement et sur lequel s'enroulera la soie; devant lui se place un appareil appelé *trembleur* RR, qui se compose d'une tige horizontale soutenant des barbins et animée d'un mouvement de va-et-vient parallèle à l'axe de rotation du tour.

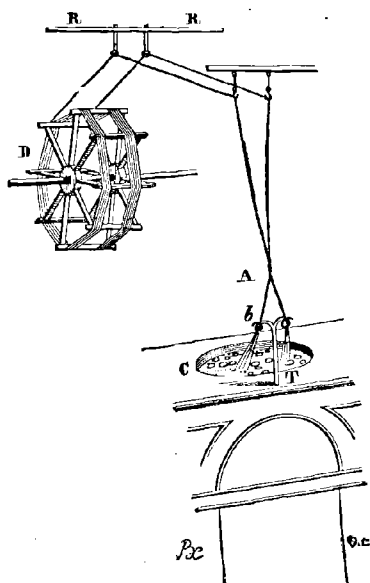


Fig. 182. — Tirage de la soie.

Cela posé, voyons quelles sont les opérations exécutées par la fileuse. Il faut d'abord qu'elle trouve le bout du fil de soie; or les couches extérieures du cocon sont irrégulières, de qualité inférieure, et constituent ce qu'on appelle le *frizon*; l'ouvrière doit commencer par s'en débarrasser. A cet effet, elle jette dans sa bassine (fig. 181) une certaine quantité de cocons : les couches extérieures, soumises à l'eau chaude (température 85 à 90 degrés), se désagrègent : c'est l'*ébouillantage*. Au bout de quelques instants, à l'aide d'un petit balai de bruyère, nommé *escoubette*, elle bat les cocons au milieu du liquide : c'est l'opération du *battage*. Les fils de soie s'attachent aux brins du balai et l'ouvrière tient bientôt tous les cocons suspendus à l'extrémité de son escoubette. Prenant alors d'une main le faisceau de fils, elle tire de l'autre jusqu'à ce que chaque fil sorte parfaitement net; à côté d'elle se trouve un vase rempli d'eau

froide où elle trempe les doigts de temps en temps pour pouvoir supporter le contact de l'eau chaude dans laquelle plongent les cocons. Le frizon étant un déchet que l'on vend comme soie de qualité inférieure, il importe d'en faire le moins possible; c'est en cela que consiste le talent de l'ouvrière dans cette dernière opération, que l'on appelle *débavage*. Lorsque le frizon est enlevé et que le fil sort bien net, on procède au *dévidage*; mais comme la soie est trop fine pour servir au tissage, l'ouvrière prend cinq ou six cocons dont elle passe les fils dans un des barbins, celui de droite par exemple; elle en fait autant pour celui de gauche. Dans le passage à travers le barbin les fils se refroidissent et la matière gélatineuse en se solidifiant soude les six brins ensemble.

On comprend qu'il suffirait d'attacher chacun des deux fils ainsi formés sur un dévidoir pour que les douze cocons se dévidant ensemble donnassent lieu à deux écheveaux composés chacun d'un fil à six brins. Mais la soie ainsi obtenue ne serait pas régulière; elle ne serait ni lisse ni arrondie. L'ouvrière obvie à cet

inconvéniént par une opération appelée *croisure*, qui consiste à prendre les deux faisceaux sortant du barbin et à les tordre sur eux-mêmes avec les doigts. Après la croisure, que l'on voit en A (fig. 182), les deux fils sont écartés l'un de l'autre et passés chacun dans un des barbins du trembleur. La croisure a pour effet, par la friction des deux faisceaux l'un sur l'autre, de donner de l'adhérence aux divers brins d'un même faisceau et d'arrondir les deux fils en même temps. Le mouvement du trembleur empêche que le fil ne s'enroule toujours au même endroit du tour, et le répartit sur une largeur égale à celle dont il se déplace latéralement.

La soie d'un même cocon n'ayant pas la même grosseur et la même ténuité dans toute sa longueur et devenant moins forte et moins nerveuse quand on arrive à la fin du dévidage, il est évident que le fil serait lui-même moins fort et moins nerveux à certains moments; pour éviter cette irrégularité, on a soin de ne réunir que les fils de cocons n'étant pas au même degré de dévidage, de manière que les fils plus fins provenant des cocons avancés soient renforcés par les fils des cocons dont le dévidage ne fait que commencer.

La soie obtenue par les opérations que nous venons de décrire est appelée *soie grège*; elle n'est pas encore propre au tissage; il faut en régulariser la surface et lui donner de la solidité par la torsion. C'est là le but du *moulinage*, qui comprend plusieurs opérations.

On commence par mettre la soie dans des cuves en marbre où, après l'avoir arrosée avec de l'eau de savon, on l'abandonne pendant vingt-quatre heures. Ce mouillage a pour effet de lui donner une souplesse qui lui est nécessaire pour ne pas casser dans les opérations suivantes. Elle va ensuite au *dévidage*. Pour cela les flottes ou écheveaux sont placés sur un dévidoir très léger appelé *tavelle*, d'où l'on dévide la soie pour l'enrouler sur une bobine nommée *roquet*. Dans l'intervalle qui sépare le roquet de la tavelle, le fil passe à travers une espèce de pince garnie intérieurement de drap, sur lequel sa surface s'égalise et se polit; cette pince arrête les aspérités, les *bouchons*. Comme l'ouvrière qui a tiré la soie des cocons n'a pas lié ensemble les bouts des fils provenant des différents groupes de cocons, celle qui préside au dévidage est surtout occupée à les réunir par des nœuds, qu'elle fait avec une grande dextérité. Du dévidage les roquets vont au *purgeage*, où l'on fait passer le fil dans une série de pinces qui sont garnies de drap et enlèvent toutes les défauts. La soie se déroule du roquet pour s'enrouler sur une bobine et, dans l'intervalle qui les sépare, passe à travers les pinces. Ce mouvement, comme tous ceux qui vont suivre, est produit mécaniquement.

On procède ensuite au *doublage*, qui consiste à réunir sur une même bobine deux, trois ou quatre brins (Lyon emploie ordinairement des fils formés de deux brins : c'est ce qu'on appelle les *deux bouts*).

Après le doublage vient la *torsion*, qui tord sur eux-mêmes les fils ainsi obtenus pour leur donner de la résistance.

Pour comprendre comment s'exécute cette torsion, il faut se reporter à ce que

l'on doit faire pour tordre deux fils ensemble. Il suffit évidemment de les placer à côté l'un de l'autre, de fixer l'une des extrémités du faisceau ainsi formé, de saisir l'autre extrémité dans une pince et de faire tourner celle-ci sur elle-même.

L'appareil sur lequel s'exécute la torsion se compose essentiellement (fig. 183) : 1° d'un cylindre A, appelé *roquette*, tournant autour de son axe et sur lequel s'enroulera la soie tordue; 2° de la bobine R venant du doublage; 3° d'un fuseau ou tige métallique pouvant tourner dans une crapaudine ou *carcagnolle* M et passant librement dans le trou que présente la bobine suivant son axe. Quand la bobine est placée, on fixe sur le fuseau un anneau de bois *g* appelé *coronelle*, qui porte des ailettes de fil de fer terminées chacune par un anneau *b*, nommé *barbin*.

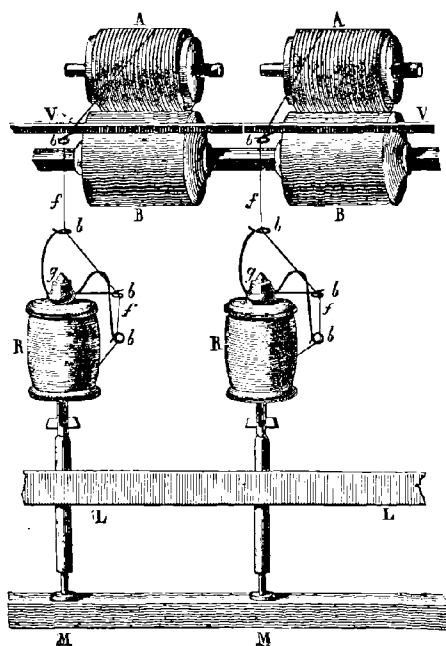


Fig. 183. — Torsion de la soie.

Après avoir cherché le bout du faisceau de fils sur la bobine, l'ouvrier le passe dans les barbins et l'attache à la roquette A. Celle-ci se mettant en mouvement fera tourner la bobine autour du fuseau, dévidera le fil *f* et l'enroulera. Si le fuseau était immobile, le fil s'enroulerait sans être tordu; mais comme il tourne lui-même, les barbins, dans leur mouvement de rotation autour de la bobine, feront l'effet de la pince tournante dont nous avons parlé, et le fil se tordra d'une quantité qui dépendra de la vitesse des roquettes et de celle du fuseau. Pour prendre un exemple, supposons que pendant que la roquette enroule 1 mètre de fil, le fuseau fasse un tour, ce mètre de fil sera tordu une fois sur lui-même; s'il en fait 80, la torsion sera 80 fois plus grande : on dit alors que l'*apprêt* est 80. Pour donner une idée des dimensions et des vitesses des diffé-

rentes parties de l'appareil que nous venons de décrire, nous dirons qu'avec des roquettes de 56 centimètres de circonférence et faisant 72 tours à la minute, pendant que les fuseaux en font 2073, on donne au fil l'*apprêt* 80 que nous avons pris pour exemple.

Ajoutons que la torsion donnée à la soie varie suivant les usages auxquels on la destine. La soie qui doit servir à faire la trame des tissus ne subit ordinairement qu'une seule torsion sur plusieurs fils réunis : ordinairement deux fils, mais quelquefois trois ou quatre; l'*apprêt* en est faible et varie de 16 à 120 tours. Quant à l'*organsin* qui est destiné à la chaîne, il reçoit deux *apprêts*; le premier, ou *filage*, s'exécute à bout simple, c'est-à-dire sur un seul fil, et donne une torsion de 450 à 600 tours faits de droite à gauche; le second consiste à tordre ensemble deux, trois et même quatre fils déjà tordus; la torsion varie de 350 à 500 tours et va de gauche à droite.

Nous n'avons décrit que les organes essentiels du métier à tordre la soie. Nous ajouterons que ce métier se compose de plusieurs étages sur chacun desquels sont montés par rangées les organes dont nous venons de parler; les fuseaux sont mis en mouvement par une courroie LL (fig. 183 et 184) qui, passant autour du métier, les touche tous et leur communique le mouvement d'un tambour T mû à la vapeur ou par une roue hydraulique. Quant aux roquelles, elles sont mues par des cylindres BB qui frottent sur elles et tournent autour d'un axe parallèle à leur axe de rotation. Le nombre des fuseaux compris dans un métier à tordre la soie varie; il est souvent de 84 par étage, et le nombre de ceux-ci est trois ou quatre, ce qui fait 252 fuseaux dans le premier cas et 536 dans le second.

La torsion terminée, il ne reste plus à faire que le *flottage*, qui consiste à disposer la soie en écheveaux ou *flottes*; cette opération s'exécute sur un appareil nommé *flotteur*, composé de dévidoirs ou *guindres*. Les flottes sont ensuite examinées, triées et placées par petites masses, appelées *matteaux*. On doit avoir soin de réunir solidement entre elles les extrémités du fil qui forme l'écheveau, afin qu'elles puissent être facilement retrouvées après les opérations de la teinture.

La soie fabriquée dans les Cévennes et dans tout le Midi par les procédés que nous venons d'indiquer est vendue aux fabri-

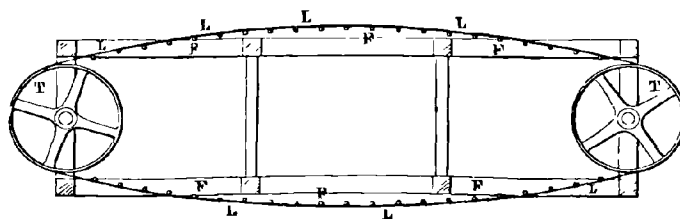


Fig. 184. — Plan du moulin pour la torsion de la soie.

cants d'étoffes, à Lyon spécialement. Ceux-ci, avant de la livrer au tisserand, la font teindre, car toutes les étoffes de soie pure sont tissées en fil de soie teinte. Nous ne pouvons décrire les opérations de la teinture pour chaque genre de nuances, mais nous allons exposer les principaux points du traitement auquel le teinturier soumet la soie.

La première opération qu'elle subit est la *cuite*, qui a pour but de dissoudre la matière gélatineuse qu'elle renferme. Pour cela on la met en matteaux dans des sacs de toile que l'on place ensuite dans des cuves remplies d'eau de savon bouillante. Le poids de savon employé est de 25 à 30 pour 100 du poids de la soie. La mise en sacs a pour effet d'éviter les *coups de bouillon*, c'est-à-dire d'empêcher que l'agitation du liquide en ébullition tumultueuse ne froisse les fils et surtout ne les mêle. La cuite donne à la soie cette raideur qui la rend croquante et cette rigidité qu'on recherche dans les étoffes.

Après la cuite, la soie est renvoyée au lavoir et de là passe à la teinture si elle est destinée à des couleurs foncées. Quand elle doit rester blanche ou recevoir des couleurs claires et délicates, elle subit d'abord l'opération du blanchiment dans des chambres, où on la suspend pendant deux ou trois jours et où l'on fait brûler du soufre. Le gaz acide sulfureux produit par la combustion du soufre détruit la matière colorante naturelle du textile.

Lorsque la soie doit être amenée à l'état de soie dite *souple*, on la savonne pour la nettoyer et on l'assouplit dans un bain d'eau bouillante contenant de l'acide sulfureux.

La teinture se fait dans des chaudières en cuivre chauffées à la vapeur; les matreaux, passés dans des bâtons placés sur le bord des cuves, sont manœuvrés par les ouvriers, qui les déplacent méthodiquement, de manière que la soie change de position dans le bain. Cette manœuvre demande une grande habileté de la part de l'ouvrier.

Après la teinture la soie est lavée, puis elle subit l'opération de la *charge*. Ce traitement regrettable, qui est passé dans les habitudes de l'industrie lyonnaise par suite des exigences du consommateur, a pour but de charger l'étoffe de ma-

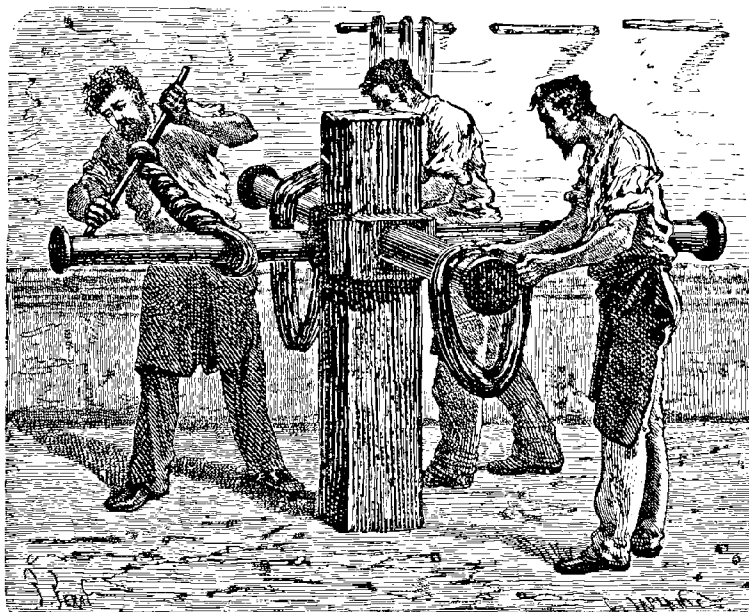


Fig. 185. — Chevillage de la soie à la main.

tières qui lui donnent du poids. La soie se vendant au poids, il est évident que plus on la charge, plus on peut abaisser le prix des étoffes. On la plonge dans un bain de sucre coloré avec une portion du bain qui a servi à teindre : un passage à l'*essoreuse*, machine semblable aux turbines employées dans la fabrication du sucre, la débarrasse de l'eau en excès et laisse à sa surface du sucre cristallisé qui en augmente le poids. Cette pratique rend les étoffes tachantes à l'eau.

Lorsque la soie est teinte, on lui donne le brillant désirable par l'opération du *chevillage*, qui consiste à passer les matreaux dans des chevilles de 70 centimètres environ, fixées horizontalement contre un mur (fig. 185). On leur fait subir une traction, puis, en passant une cheville mobile dans l'extrémité du matreau opposé à la cheville fixe, on tord le matreau en tirant sur lui. Cette opéra-

tion, qui s'exécute le plus souvent à la main, exige une grande habitude de la part de l'ouvrier; elle peut aussi être exécutée par d'ingénieuses machines, dont la figure 186 représente les principaux organes.

Des chevilles en acier poli A sont disposées horizontalement et peuvent tourner autour de leur axe : elles reçoivent les matreaux. Au-dessous de chacune d'elles est une cheville coudée T, qui peut tourner sur elle-même dans un conduit vertical, à l'intérieur duquel elle peut aussi glisser de bas en haut. La partie coudée étant entrée dans les matreaux, si l'on fait tourner les chevilles verticales, elles tordent la soie, qui, se raccourcissant par la torsion, les soulève, et, comme elles supportent un poids de 100 kilogrammes, les matreaux sont ici, comme dans le chevillage à la main, soumis à la fois à la torsion et à la traction. Par le jeu même de la machine les chevilles coudées se mettent ensuite à tourner en sens inverse et descendent pour recommencer encore le même mouvement.

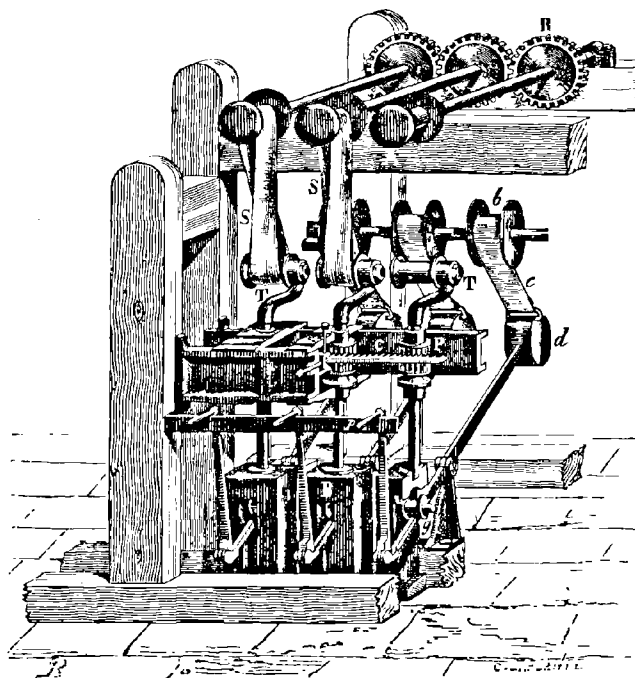


Fig. 186. — Chevillage mécanique de la soie.

La soie étant une substance très hygrométrique, il importe que l'acheteur sache ce qu'elle contient d'eau. Aussi toutes les soies vendues sont-elles livrées, à Lyon, à un établissement dit *Condition de la soie*, dans lequel on détermine la proportion de fil contenue dans un poids déterminé de la marchandise. A cet effet, on prélève plusieurs échantillons que l'on pèse et que l'on expose ensuite à l'action d'une étuve chauffée à 102 ou 103 degrés. La différence de poids constatée après l'étuvage donne la proportion d'eau.

CHAPITRE IX

LE LIN

Le lin paraît être une plante originaire de l'Asie : cependant ses applications ne semblent pas, comme celles de la soie, avoir été connues des peuples orientaux, et si dans l'antiquité il n'a pas été employé à la confection des vêtements, c'est qu'il exige, pour être mis en œuvre, un traitement plus compliqué que la laine et la soie. Lorsque les Romains firent la conquête des Gaules, nos champs de lin les frappèrent d'admiration. Jules César, dans ses *Commentaires*, décrit le *sagum* de nos pères, vêtement fait en fil de lin. Sous le règne d'Auguste, le pays des Atrébates (aujourd'hui l'Artois) exportait en Italie des toiles de lin. Charlemagne encourageait la culture du lin : il exigeait que l'on filât le lin à la cour et ne voulait porter que des tuniques de lin filé par sa femme. Au siècle suivant, Charles le Gros (884) ordonna que toutes les femmes fussent instruites dans l'art de filer et de tisser le lin. Malgré ces efforts les toiles de lin restèrent un objet de luxe : nos pères n'employaient que des chemises en serge de laine. Ce n'est guère qu'au xi^e siècle que commencèrent à se répandre des tissus grossiers en lin. On pensait alors que l'usage des étoffes de lin guérissait un certain nombre de maladies de peau et la lèpre en particulier. Toutefois les toiles fines de lin restèrent rares pendant longtemps encore. Au xv^e siècle, sous Henri II, l'usage des mouchoirs était encore inconnu, et l'on prétend que les grands seigneurs de la cour en étaient réduits à s'essuyer le nez sur la manche de leurs pourpoints. La reine Isabelle de Bavière en épousant Charles VI apporta dans son trousseau deux chemises de toile fine, ce qui fit grande sensation à la cour de France. Les habitants de Courtrai étaient renommés pour la fabrication des toiles. Aussi, après la bataille de Roosebeke, Charles VI leur fit savoir que, s'ils *voulaient transporter en France leur trafic*, il ne leur serait fait aucun mal : ils refusèrent, et Charles VI fit détruire la ville. Sous Charles VIII la toile de lin était encore d'un prix élevé, car les dames du comté de Cornouailles offrirent comme cadeau de noces à Anne de Bretagne, lorsqu'elle épousa Charles VIII, quatre douzaines et demie de chemises et six paires de draps filés par elles.

L'Allemagne prit une large place dans l'industrie de la toile : la Silésie avait créé en 1500 une corporation destinée à en faciliter les progrès; en 1540 le Palatinat comptait déjà un grand nombre de fabriques de toile. Le fabricant

Suger, d'Augsbourg, avait gagné dans cette industrie une fortune telle que Charles-Quint prétendait qu'il était capable d'acheter tous les trésors de la couronne de France. La guerre de Trente Ans renversa cette suprématie et répandit le commerce des toiles en Angleterre et en Hollande. Ce dernier pays ne fabriquait guère ces tissus, mais il faisait un commerce considérable de toiles connues sous le nom de toiles de Hollande, qui étaient fabriquées en Flandre. En 1686 la France expédiait en Angleterre pour douze millions de toiles, somme très considérable pour cette époque. La révocation de l'Édit de Nantes fit sortir de France un grand nombre d'ouvriers, qui portèrent en Angleterre l'industrie dont nous faisons l'historique. Au point de vue des procédés de fabrication la filature de lin resta longtemps en retard sur celle de la laine et de la soie, et c'est au Français



Fig. 187. — Cahotage du lin.

Philippe de Girard que l'on doit, comme nous le verrons bientôt, la création de l'industrie mécanique du lin.

Le lin peut être considéré comme formé d'un tube ligneux enveloppé par une écorce dont les parties constituent la fibre textile : les couches utilisables de cette écorce sont désignées par les botanistes sous le nom de *liber* ; les fibres qui les forment sont soudées entre elles et au tube central par une matière gomme-résineuse. La hauteur du lin va jusqu'à 80 centimètres. La culture de cette plante est très développée en Europe ; la Russie est le pays qui en produit le plus, la Belgique celui qui fournit les qualités les plus belles. En France, les départements du Nord et de l'Ouest livrent à l'industrie une quantité considérable de lins estimés, mais inférieurs aux belles qualités des lins belges. L'Algérie a fait de grands progrès dans la production du lin, qu'elle cultive surtout pour

recueillir la graine, dont on extrait une huile souvent employée dans l'industrie. Nous citerons aussi les lins d'Irlande, qui sont très recherchés.

Lorsque le lin est mûr, il est arraché par des femmes, qui saisissent une poignée de tiges, tirent obliquement sur elles et les enlèvent avec leurs racines. Quand la plante est arrachée du sol, on la laisse sécher.

Ce séchage ou *fenaison* se fait à l'air. Ou bien on étend les bottes sur le sol en ayant soin de les retourner de temps en temps; ou bien, ce qui vaut mieux, on dispose les tiges obliquement l'une contre l'autre de manière à former une espèce



Fig. 188. — Broie.

de toit au-dessous duquel l'air peut circuler : c'est ce qui s'appelle *cahoter* le lin (fig. 187).

Quand le lin est sec, on l'égrène en le battant ou en passant l'extrémité des bottes dans une espèce de peigne nommé *drégeoir*, qui fait tomber la graine. Il faut ensuite séparer la partie textile ou *filasse*, qui se compose de fibres réunies par la matière gommeuse et soudées par elle au tube ligneux, que l'on désigne sous le nom de *chênevotte*. Cette séparation de la *chênevotte* et de la *filasse* est, en général, exécutée dans les campagnes et comporte trois opérations : le *rouissage*, le *maquage* ou *maillage* et le *teillage* ou *écangage*.

Le rouissage a pour but de débarrasser le lin de la matière gommeuse dont nous avons parlé. Il se pratique par deux procédés principaux : le *rouissage à la rosée* ou *rosage* et le *rouissage à l'eau*. La première méthode consiste à étaler le lin sur le sol et à le laisser exposé à l'action de la pluie ou de la rosée; peu à

peu s'établit une fermentation, qui a pour effet de transformer les parties gommeuses et de détruire l'adhérence qu'elles établissent entre les fibres. Ce procédé est long : il dure en moyenne de trente à quarante jours, pendant lesquels on doit retourner le lin de temps en temps avec des gaules; il a de plus l'inconvénient de dépendre de l'état de l'atmosphère et d'exiger des arrosages quand il ne pleut pas. Il fournit les *lins gris*.

Le rouissage à l'eau est préférable et plus généralement pratiqué; il consiste à immerger, dans l'eau d'un ruisseau, d'un étang ou de fosses appelées *routoirs*, le lin que l'on veut rouir. On emploie souvent des caisses à claire-voie, que l'on immerge après y avoir enfermé les tiges. La fermentation s'établit et produit des gaz qui rendent l'eau fétide. Le rouissage à l'eau courante donne des lins

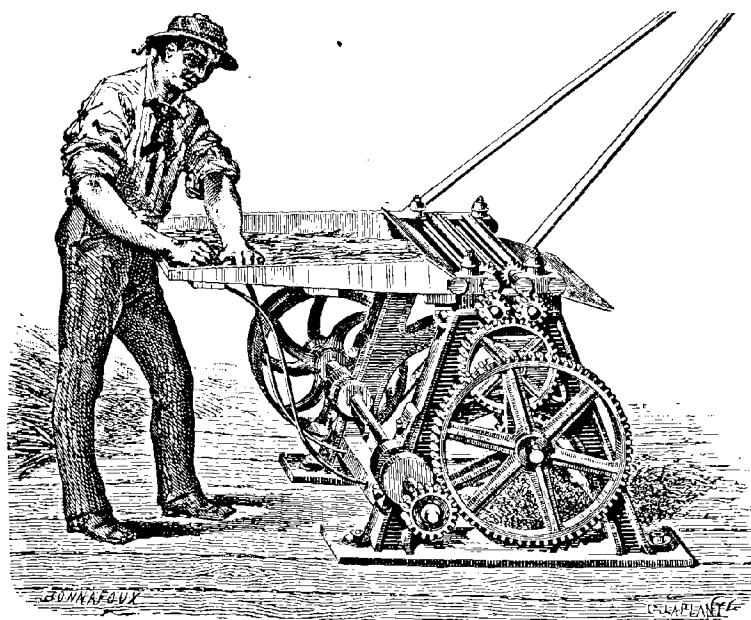


Fig. 189. — Machine à broyer le lin.

jaunâtres, et le rouissage à l'eau stagnante des lins grisâtres. Quand les fibres peuvent se détacher d'un bout à l'autre, ce qui a lieu en moyenne au bout de quinze jours, on retire la plante de l'eau et on la fait sécher à l'air, soit en la cahotant, ce qui donne les lins verts, soit en l'étalant sur le sol, ce qui fournit les lins blancs; elle subit alors une espèce de rosage qui la blanchit. Quelquefois le lin est séché dans un *haloir*, c'est-à-dire dans une pièce où l'on élève la température d'abord à 30, puis à 45 degrés.

Lorsqu'on veut avoir des produits de qualité supérieure, on rouit en plusieurs fois, c'est-à-dire qu'on interrompt le rouissage par des séchages; on empêche ainsi la fermentation de donner naissance à des substances qui attaqueraient la filasse et la rendraient plus ou moins cotonneuse.

On a essayé des procédés plus expéditifs en employant soit de l'eau chaude,

soit des agents chimiques différents; ils n'ont pas encore donné des résultats assez satisfaisants pour passer dans la pratique d'une manière générale.

Après le rouissage, il faut réduire la partie ligneuse intérieure ou *chênevotte* en fragments plus ou moins petits, capables d'être séparés plus facilement de la filasse : c'est le but du *maquage* ou *maillage*, qui s'exécute de plusieurs manières. Les outils le plus généralement employés sont la broie et les machines à cylindres cannelés.

La broie se compose d'une pièce de bois fixe, à l'extrémité de laquelle s'articule une planche mobile et munie d'un manche; l'ensemble peut être comparé à une grande paire de ciseaux dont l'une des branches serait fixe. Le lin est

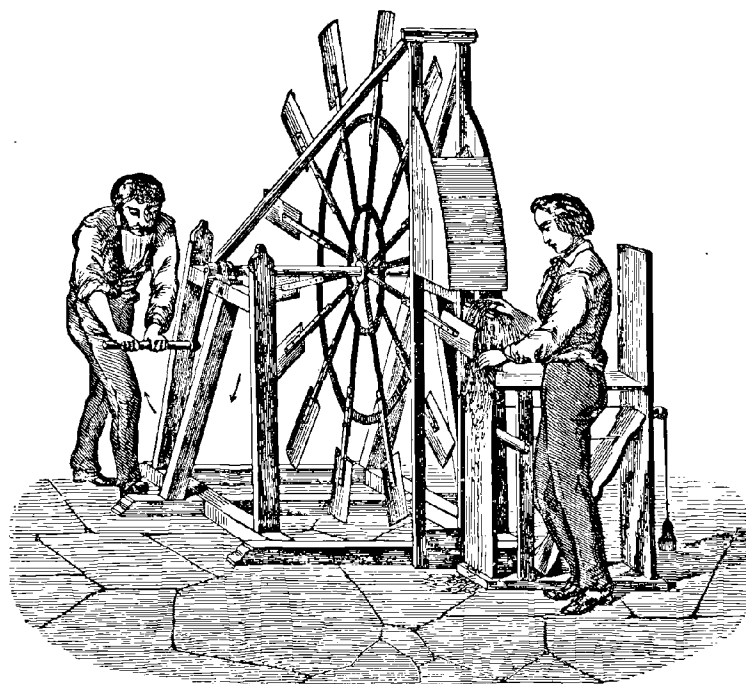


Fig. 190. — Machine à teiller le lin.

placé sur le bord de la branche fixe et battu par la branche mobile, à laquelle l'ouvrier donne un mouvement de va-et-vient. La figure 188 représente une broie perfectionnée, où le lin est broyé entre plusieurs planches à la fois. Cet appareil très rudimentaire est avantageusement remplacé par une machine à trois cylindres cannelés, entre lesquels on engage le lin (fig. 189); la *chênevotte* est broyée par le passage des tiges entre les cannelures.

Le *teillage* succède au *maquage*; il a pour but de commencer la séparation des fibres textiles et de dégager les fragments de *chênevotte* produits par le broyage; il se fait à la main ou mécaniquement. Dans le premier cas, l'ouvrier, tenant de la main gauche une poignée de lin, la passe en partie à travers une fente pratiquée dans une planche verticale, et de la main droite, armée d'un outil en forme de palette (*écangue*), il bat la partie des tiges qui dépasse la fente. Quand il

les a réduites en filasse, il retourne la botte et recommence l'opération sur l'extrémité qu'il tenait tout à l'heure de la main gauche. Ce travail s'exécute plus rapidement avec la machine à teiller que représente la figure 190 et qui se compose d'écangues montées à l'extrémité des rayons d'une grande roue mise en mouvement rapide de rotation.

Telles sont les opérations qui se font en général dans les campagnes, sur les lieux de production; on peut admettre qu'approximativement 100 kilogrammes de lin donnent 75 à 80 kilogrammes de lin roui sec et que ceux-ci fournissent

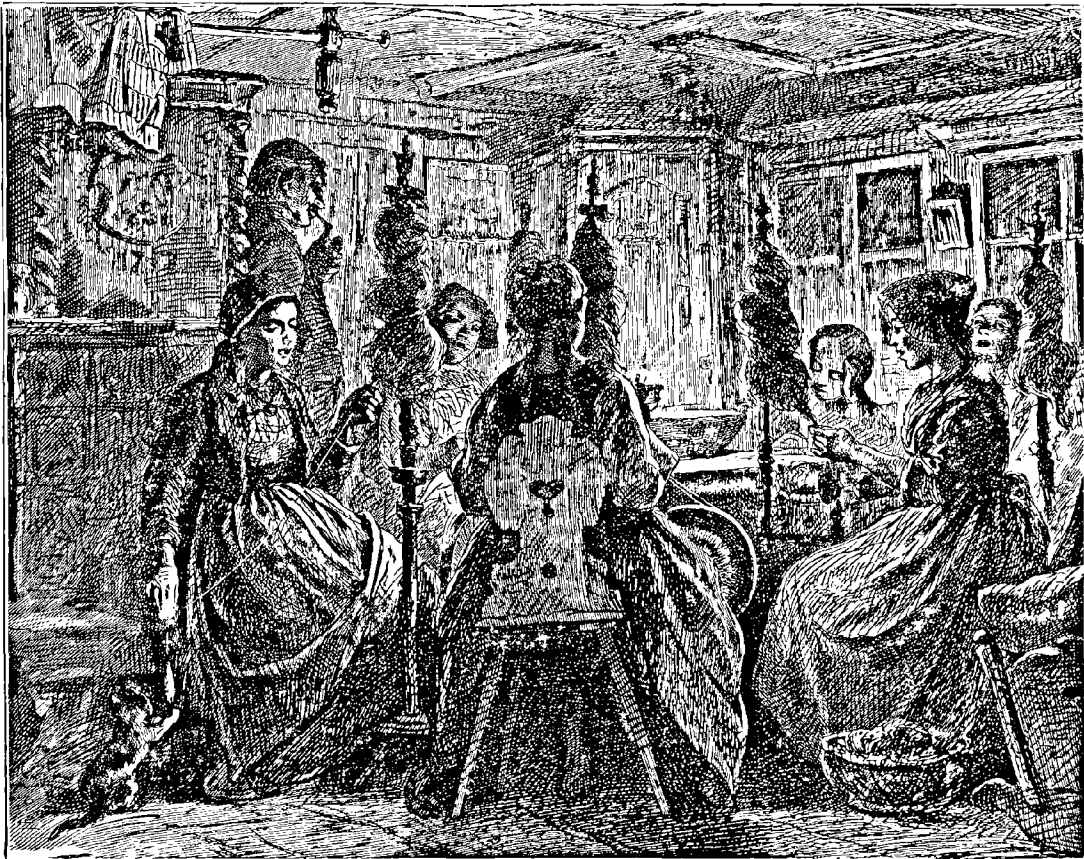


Fig. 191. — Atelier de fileuses à la quenouille et au fuseau.

16 à 18 kilogrammes de lin teillé. L'importance du déchet que subit la matière première explique qu'il y a intérêt à effectuer ce travail dans les campagnes pour diminuer les frais de transport.

Le lin teillé est mis en bottes et expédié aux filateurs.

Le lin est de toutes les fibres textiles celle qui a été le plus longtemps filée par les anciens procédés de la quenouille et du rouet.

La quenouille, qui fut employée de tout temps au filage, est une baguette de bois placée sur un support (fig. 191) ou que la fileuse tient sous le bras en fixant l'une des extrémités dans sa ceinture; à l'autre extrémité est placé le lin peigné.

La fileuse tire quelques brins de la masse sans cependant les en faire sortir complètement, et les attache à une petite tige de bois appelée *fuseau*, munie à l'un de ses bouts d'une rainure en spirale; puis, prenant le fuseau entre les doigts, elle lui imprime un mouvement rapide de rotation et l'abandonne à lui-même. Les brins se tordent, et, pendant que le fuseau tourne et qu'il pend au-dessous de la quenouille, elle fait peu à peu sortir de nouveaux brins qui restent attachés

aux premiers et se tordent à leur suite. Le fil ainsi formé glisse dans la rainure, et le fuseau descend; la fileuse enroule ensuite sur lui le fil fabriqué et recommence l'opération.

L'invention du rouet fut déjà un notable perfectionnement du procédé si primitif que nous venons de décrire; on y trouvera le germe des machines qui fonctionnent aujourd'hui dans nos filatures. Une bobine percée d'un trou suivant son axe est placée sur une tige horizontale de fer, ou fuseau, munie d'ailettes analogues à celles des métiers à filer. Ce fuseau reçoit un mouvement rapide de rotation par l'intermédiaire d'une corde qui passe sur une grande roue qui passe sur une grande roue que la fileuse fait tourner, soit à l'aide d'une manivelle, soit avec une pédale (fig. 192).

Pendant que la machine tourne, l'ouvrière tire le lin



Fig. 192. — Fileuse à la quenouille et au rouet.

de la quenouille et le passe dans l'ailette, qui le tord et l'enroule sur la bobine.

Ces procédés furent longtemps les seuls employés à la fabrication des fils destinés à la confection des vêtements, et, pendant les longues veillées d'hiver, nos grand'mères se réunissaient pour filer en devisant. Un jour, au cours d'une excursion dans les montagnes du mont Dore, je rencontrai une vieille femme qui, en gardant les troupeaux, filait la laine à la quenouille. J'apprenais d'elle que c'était encore ainsi que se fabriquaient les fils employés à la confection des vêtements des montagnards; que ces fils étaient livrés dans la montagne à quelques tisserands, qui les transformaient en tissus chauds et feutrés.

Plus de trente années s'étaient écoulées depuis l'invention, en Angleterre, du filage mécanique du coton; la laine se filait aussi mécaniquement depuis longtemps; le lin seul avait résisté à toute innovation. Napoléon I^{er}, frappé du développement de l'industrie cotonnière en Angleterre, voulut créer en France une industrie rivale et décréta, le 7 mai 1810, qu' « un prix d'un million de francs serait accordé à l'inventeur, de quelque nation qu'il puisse être, de la meilleure machine propre à filer le lin ».

Ce fut un Français, Philippe de Girard, qui répondit le premier à cet appel : le 18 juillet 1810, il prenait des brevets d'invention à ce sujet et, les années suivantes, des brevets de perfectionnement. Les événements politiques de 1814 et de 1815 détournèrent l'attention publique de cette importante découverte, et Philippe



Fig. 193. — Lin : peignage à la main.

de Girard découragé transporta, en 1816, ses procédés et ses machines dans la filature impériale de Histenberg, en Autriche, puis, en 1819, à Chemnitz, en Saxe. Plus tard son invention était, à son insu, appliquée en Angleterre, où la filature mécanique s'établissait en grand de 1820 à 1824. Aussi les Anglais s'attribuèrent-ils le mérite de cette nouvelle industrie. Mais justice a été rendue à Philippe de Girard : dès 1840, le ministre du commerce de France établissait à la tribune les droits de priorité de Philippe de Girard, et, le 7 janvier 1853, une loi qui accordait à ses héritiers des pensions à titre de récompense nationale consacrait solennellement les titres de notre illustre compatriote à l'invention de la filature mécanique du lin.

La première opération que le lin subit en arrivant dans les filatures est le *peignage*. Le lin teillé est formé de bandelettes composées de fibres juxtaposées. Le

peignage a pour but de refendre ces bandes et de les diviser en filaments de plus en plus fins, qu'il dresse et parallélise; cette opération se fait à la main ou mécaniquement.

Dans le premier cas, on se sert de peignes formés d'une pièce de bois rectangulaire sur laquelle sont implantées perpendiculairement des aiguilles pointues en acier trempé, plus ou moins fines et plus ou moins éloignées l'une de l'autre (fig. 193). Le peigne étant fixe, l'ouvrier prend par l'une de ses extrémités une poignée de lin qu'il engage sur les pointes du peigne, puis il la tire à lui; dans ce mouvement les pointes des aiguilles entrent dans les bandelettes et les refendent. Quand l'ouvrier a peigné une extrémité de la poignée, il soumet l'autre au même traitement. L'opération est répétée deux fois sur d'autres peignes plus fins. On comprend que cela ne puisse se faire sans un déchet constitué par les fibres, qui s'enchevêtrent et restent dans le peigne. Ce déchet, appelé *étoupe*,

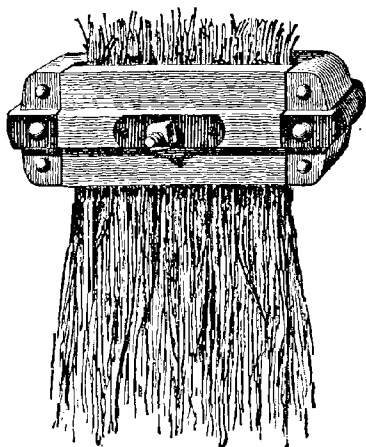


Fig. 194. — Pince pour le peignage mécanique du lin.

est mis à part dans des compartiments situés en face de l'ouvrier; puis il est passé dans des machines nommées *cardes* et ayant une grande analogie avec celles que nous décrirons plus loin à propos de la laine et du coton; ces machines démêlent les fibres, les redressent, les parallélisent et permettent de les employer en filature.

Les peigneuses mécaniques varient beaucoup dans leur construction; nous décrirons sommairement une de celles que nous avons vues fonctionner dans les filatures de lin. La main de l'ouvrier est remplacée par une pince de fer formée de deux plaques réunies par des écrous (fig. 194) et dans l'intervalle desquelles on engage l'extrémité d'une poignée de lin. Ces pinces, *a, a, a* (fig. 195), sont placées par un enfant à l'origine d'une coulisse *c* disposée dans toute la longueur de la machine; elles y avancent d'un mouvement intermittent, poussées par une main *m* articulée à un levier *l*. Pendant les moments d'arrêt, la poignée de lin qui pend au-dessous des pinces est travaillée par des peignes *P, P, P*, tournant d'un mouvement rapide comme une toile sans fin. On a construit ces peignes de manière qu'en allant de droite à gauche leurs dents soient de plus en plus rapprochées, et il en résulte qu'à mesure que la poignée de lin avance, le peignage devient de plus en plus parfait. Arrivées à l'extrémité de la machine, les pinces glissent sur un plan incliné et sont reçues par un ouvrier, qui desserre les écrous et retourne la poignée de lin, en engageant entre les plaques la partie peignée pour laisser pendre en dehors l'extrémité qui n'a pas encore subi l'action du peigne. Après avoir resserré les écrous, il renvoie les pinces à l'ouvrier, qui est à droite de la machine, par l'intermédiaire d'un autre plan incliné situé derrière la coulisse et que l'on ne voit pas

sur la figure. Le travail de serrage et de desserrage est exécuté très rapidement par des enfants placés de chaque côté de la peigneuse.

Il s'agit maintenant de faire des fils plus ou moins longs avec ces fibres de longueur relativement petite. Ici se présente une difficulté que nous n'avons pas rencontrée pour le travail de la soie, puisque le fil de cocon est lui-même indéfini et qu'il suffit d'en réunir et tordre plusieurs ensemble.

Voici le principe des opérations qui triomphent de cette difficulté. Supposons une poignée de lin peigné qu'il s'agit de transformer en fil; étalons ces fibres sur une table et faisons-les glisser parallèlement à elles-mêmes l'une contre l'autre

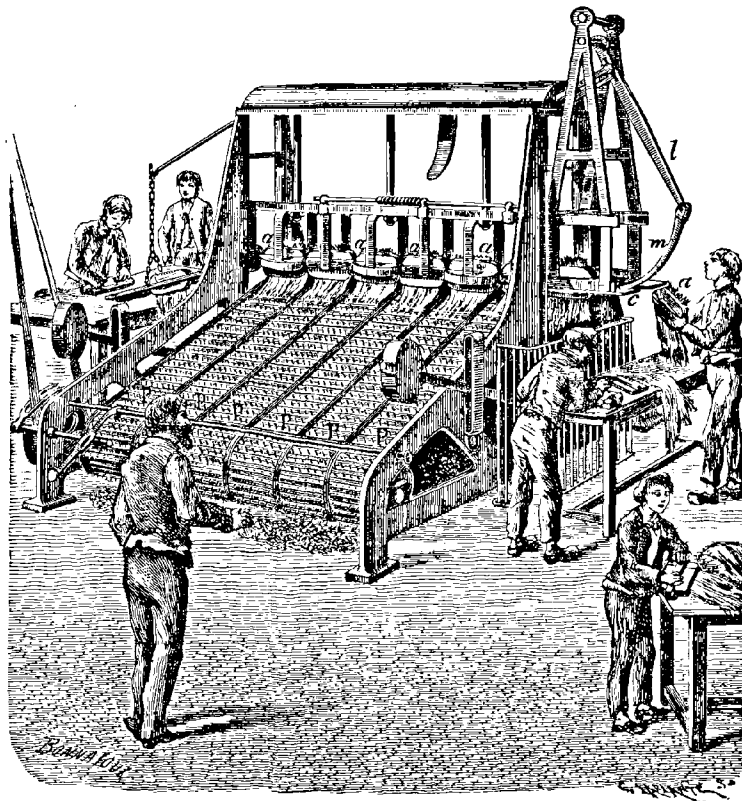


Fig. 195. — Peignage mécanique du lin.

et suivant leur longueur, mais *sans les mettre bout à bout*, et de telle sorte que les extrémités des unes correspondent au milieu, au tiers, au quart, etc., des autres. On comprend qu'on pourra ainsi obtenir un ruban moins large mais plus long que la poignée de lin d'où il provient. Supposons, en outre, que la répartition ait été faite de manière que ce ruban soit parfaitement régulier comme largeur et comme résistance. Pour le transformer en fil, lui-même régulier, il n'y aura plus évidemment qu'à le saisir par l'une des extrémités et à le tordre par l'autre. Cette torsion pourra déterminer entre les fibres une adhérence suffisante pour que le fil qu'elles constitueront se rompe plutôt que de laisser

séparer ses fibres l'une de l'autre. C'est à ces principes simples, mais dont l'application exige des précautions infinies et l'emploi d'admirables machines, que se réduit la filature du lin.

La première opération est l'*étalage*, qui se fait à l'aide d'une *machine à étaler*

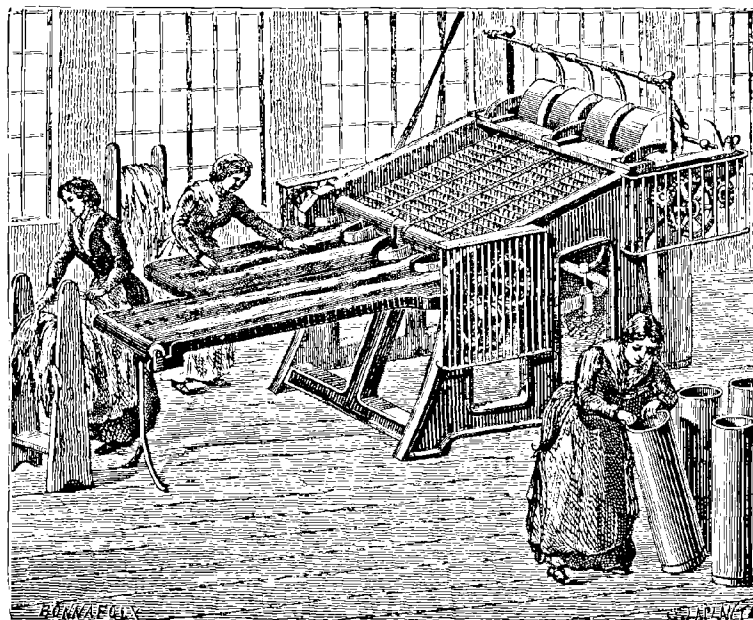


Fig. 196. — Machine à étaler.

(fig. 196). Elle se compose essentiellement d'une toile sans fin sur laquelle l'ouvrière étale les poignées de lin avec une grande régularité, de manière que les bouts de la deuxième poignée correspondent à peu près au milieu de la première, et ainsi de suite. C'est dans la régularité de l'étalage que consiste le talent

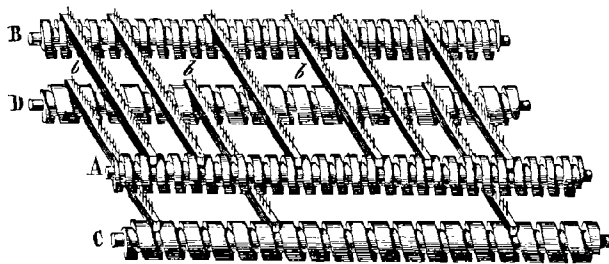


Fig. 197. — Guils.

de l'ouvrière. La toile sans fin, dans son mouvement, vient présenter le lin à deux cylindres qui l'entraînent en tournant l'un sur l'autre et en faisant l'office de laminoirs. Aussitôt qu'il arrive de l'autre côté de ces cylindres, des peignes mobiles, appelés *guils*, interposent leurs dents entre ses fibres,

maintiennent leur parallélisme, et, se déplaçant avec elles, vont les présenter à l'action d'une seconde paire de cylindres. Il est évident que, si ces cylindres tournaient avec la même rapidité que les deux premiers, les fibres n'éprouveraient aucun changement dans leur position respective et ne subiraient qu'un simple laminage. Mais la seconde paire de cylindres tourne plus vite que la pre-

mière : si toutes les fibres étaient solidaires, cette différence de vitesse aurait pour conséquence de rompre la masse; comme elles sont libres, au lieu de se rompre elles glissent l'une sur l'autre et la masse se transforme en un ruban plus long.

Nous n'insisterons pas sur le mécanisme si ingénieux qui permet aux guils de venir prendre le lin à mesure qu'il sort des premiers cylindres et de le conduire à la seconde paire. Nous dirons seulement que ces guils (fig. 197) sont des barrettes horizontales *b, b*, armées sur leur longueur de dents verticales : leurs extrémités reposent sur le fond des spires de deux vis d'Archimède A et B, qui courent de chaque côté de la machine depuis le premier groupe de cylindres jusqu'au second. Ces vis en tournant transportent les barrettes. Suivons, en effet, l'une d'elles dans son mouvement : prise par la première spire des deux vis, elle va être portée, de spire en spire, jusqu'à l'extrémité; parvenue au bout de la dernière spire, elle tombera verticalement et dans sa chute rencontrera deux autres vis C et D, qui sont placées parallèlement aux premières et au-dessous d'elles, et qui tournant en sens inverse ramèneront la barrette au point de départ; elle sera prise par un organe qui la fera remonter et viendra la placer de nouveau dans la première spire des deux vis supérieures.

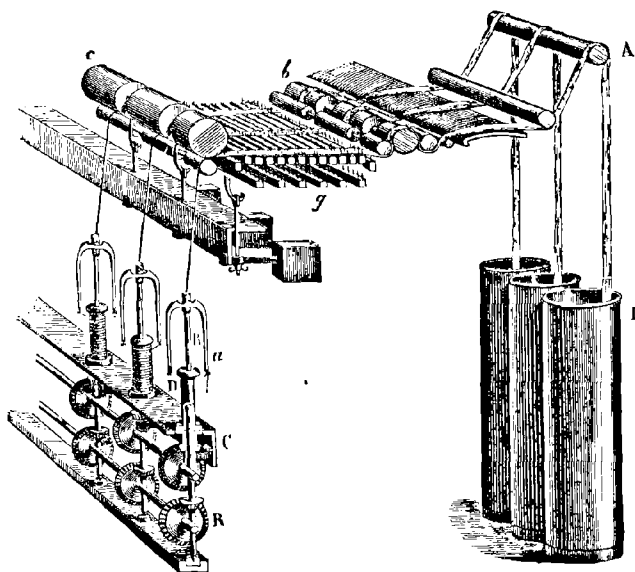


Fig. 198. — Banc à broches.

Chaque machine à étaler fournit quatre rubans qui, à la sortie, se fondent en un seul que l'on reçoit dans un grand pot cylindrique placé à l'extrémité de la machine.

On comprend que le ruban ainsi obtenu doit encore présenter des inégalités qui se reproduiraient dans le fil auquel il doit donner naissance (inégalités de largeur, de résistance, etc.). Pour corriger ces irrégularités, il suffit de superposer deux rubans, de les laminer et de les soumettre à l'étirage. Il est évident qu'il y a toute chance dans ce doublage pour que les parties faibles d'un des rubans soient recouvertes par les parties fortes de l'autre, et réciproquement. L'étirage, en répartissant ensuite sur une plus grande longueur les fibres de ce double ruban, produira une nouvelle régularisation.

Le doublage et l'étirage se font dans des machines munies, comme la machine à étaler, de guils et de cylindres lamineurs et étireurs. Le ruban sorti de la première machine à étirer passe dans une seconde, qui le double avec un autre

en le laminant et en l'étirant. Nous ferons remarquer que dans la pratique ce ne sont pas ordinairement deux rubans que l'on réunit pour les laminier et les étirer ensemble, mais quatre, six, huit, etc., rubans, de sorte qu'à chaque passage à la machine il y a plus que doublage. Quand le nombre des doublages est reconnu suffisant, on commence la torsion sur un *banc à broches*.

Le banc à broches est un appareil assez compliqué, dans lequel les rubans sortis de la dernière machine à étirer subissent encore un étirage sans doublage.

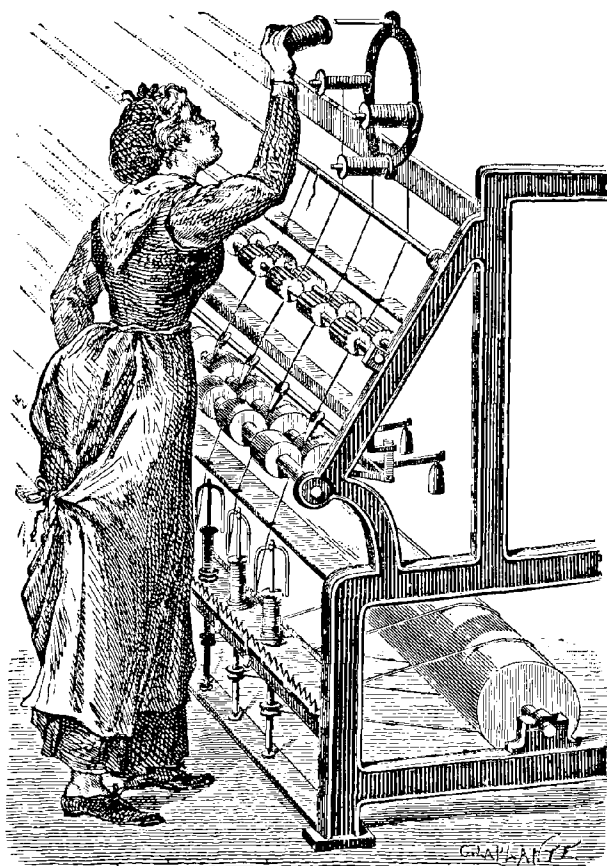


Fig. 199. — Métier à filer le lin à sec.

Cet étirage est suivi d'une torsion. Dans les machines précédentes nous obtenions des rubans que recevaient de grands pots cylindriques de tôle; ici, par le jeu même de la machine, le fil que donne la torsion, et que l'on appelle *mèche de préparation*, s'enroule sur une bobine D (fig. 198). Le ruban, venant des machines à doubler et à étirer, est apporté dans des pots P que l'on place à l'arrière du banc à broches. Il est engagé entre des cylindres lamineurs *b*, qui en tournant le font sortir des pots et le livrent à des guils *g*. En quittant les guils, il est pris par des cylindres étireurs *c*. En sortant des cylindres étireurs, le ruban s'engage dans la partie de l'appareil destinée à produire la torsion et l'envidage.

Elle se compose de la broche B ou tige verticale animée d'une très grande vitesse de

rotation. Cette broche traverse la bobine D suivant son axe, mais ne lui est pas fixée, de sorte que la bobine peut tourner librement sur elle. A la partie supérieure de la broche sont montées deux ailettes *a* qui se font équilibrer; l'une d'elles est creuse et reçoit le fil à tordre et à enrouler. Si l'on se rappelle ce que nous avons dit à propos de la soie, on comprendra facilement que, la broche étant mise en mouvement de rotation rapide, la torsion se produira entre elle et le cylindre étireur, et le fil s'enroulera sur la bobine; celle-ci reçoit elle-même un mouvement de rotation spécial et moins rapide que celui des ailettes, en même temps qu'un mouvement alternatif de déplacement

vertical, qui lui permet de venir présenter au fil ses différentes parties et de produire un enroulement régulier sur toute la hauteur. Il y aurait beaucoup à dire encore sur la manière dont se fait l'enroulement et sur les précautions prises pour assurer sa régularité, mais nous nous bornerons aux explications qui précèdent et qui suffisent pour donner une idée du banc à broches.

A la sortie du banc à broches, les bobines formées sont portées sur les *métiers à filer*, qui ont pour but d'achever le fil en lui faisant subir un nouvel étirage et une nouvelle torsion. Le métier à filer n'a pas de guils; ces organes sont devenus inutiles depuis que les fibres sont déjà tordues l'une sur l'autre. Il se compose essentiellement de cylindres lamineurs et étireurs qui livrent le fil à une broche et à une dernière bobine. La filature se fait soit au *sec*, soit au *mouillé*.

Dans le premier cas, on se sert du métier représenté par la figure 199. On y voit sur le haut les bobines venant du banc à broches, les cylindres lamineurs et étireurs, enfin la broche et la bobine; celle-ci repose sur une plaque horizontale appelée *monte et baisse*, et s'élève ou s'abaisse avec elle pour venir présenter ses différentes parties au fil sortant de l'ailette. Pour maintenir le fil à l'état de tension, une petite corde attachée à une gorge inférieure de la poulie passe sur cette gorge et soutient un contrepoids; cette corde, en frottant sur la

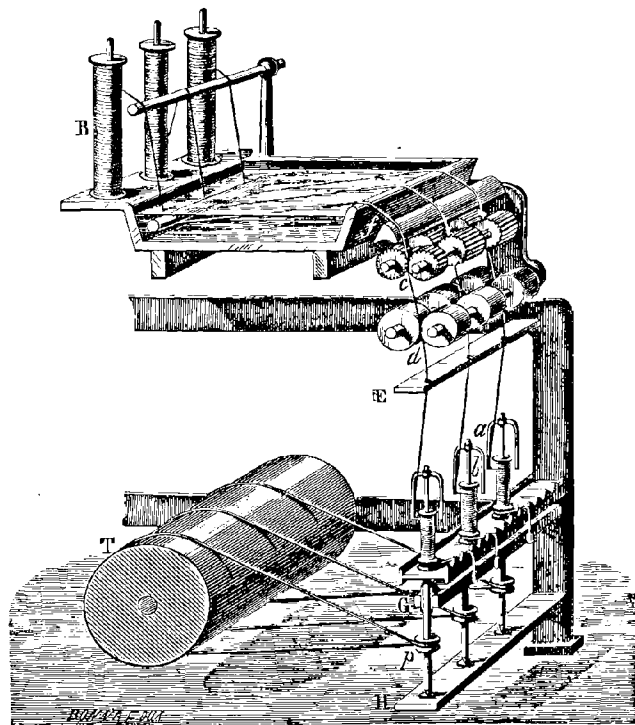


Fig. 200. — Métier à filer le lin au mouillé (1^{er} procédé).

bobine, lui sert de frein et le fil reste tendu : on fait varier sa tension en déplaçant la corde et en l'enroulant plus ou moins sur la gorge.

Dans le second cas, le fil *f*, en quittant les bobines B, passe dans l'eau chaude (fig. 200) avant d'arriver aux cylindres lamineurs *c* et aux cylindres étireurs *d*; l'eau, en mouillant le fil, lui donne une élasticité plus grande et facilite le glissement des fibres. Il en résulte que la filature se fait plus régulièrement et qu'on peut filer des lins plus durs qui casseraient si on les filait à sec.

L'emploi de l'eau chaude est souvent remplacé par celui de l'eau froide; mais alors les bobines B elles-mêmes plongent dans l'eau, et, le fil restant plus longtemps dans ce liquide, la même action se produit à froid. La figure 201 représente les

machines employées dans ce second cas : les bobines B sont mises dans un bassin rempli d'eau froide et situé derrière les cylindres. Ce procédé a l'avantage de ne pas élever autant la température des ateliers.

Après la filature, les bobines sont portées sur des appareils qui sont de véritables dévidoirs et qui mettent le fil en écheveaux. Après le dévidage, on doit sécher les fils qui ont été filés à l'eau, pour éviter qu'il ne se déclare une fermentation capable d'altérer la matière. On suspend pour cela les écheveaux sur des perches disposées dans des appartements appelés *étentes*, où l'air se renouvelle facilement.

Le dévidage du lin se fait d'après des règles déterminées. On forme d'abord

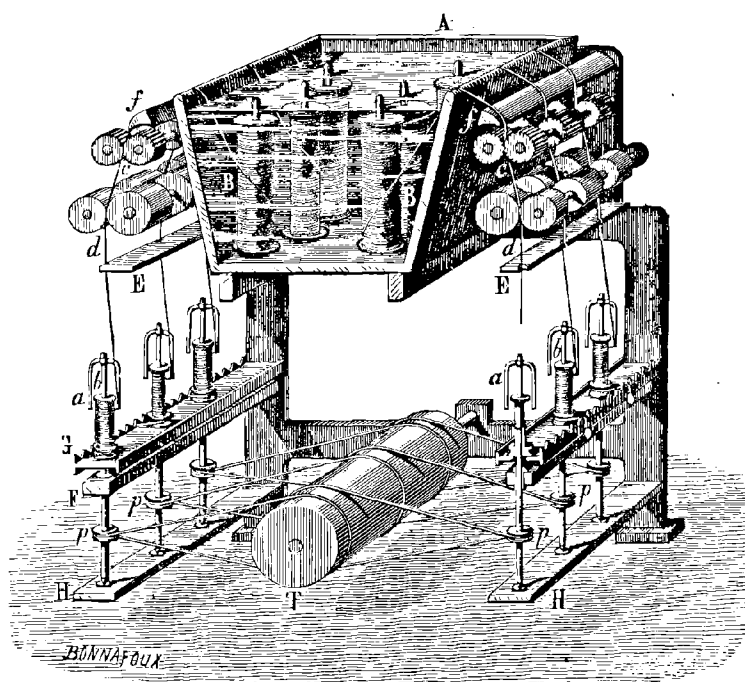


Fig. 201. — Métier à filer le lin au mouillé (2° procédé).

des *échevettes* : 12 échevettes réunies constituent l'*écheveau* et 100 écheveaux réunis font un *paquet*. Le paquet a toujours la même longueur (360 000 yards anglais, ou 329 040 mètres), et son poids varie avec le numéro du fil.

Il n'y a plus maintenant qu'à blanchir les fils, ce qui se fait par l'action alternative de bains de carbonate de soude et de chlorure de chaux. D'après les travaux de M. J. Kolb, le lin renferme, outre la cellulose qui constitue essentiellement la fibre textile, un principe nommé *pectose* et une matière colorante grise. Pendant le rouissage, ce principe se change en acide pectique, qui, sous forme de paillettes nacrées insolubles dans l'eau, reste adhérent au lin et ne s'en détache qu'incomplètement pendant le travail mécanique de la filature. Les bains de carbonate de soude ont pour effet de dissoudre l'acide pectique qui

est mélangé à la matière colorante, que le chlorure de chaux décompose et blanchit.

La lessive de soude à 2 degrés Baumé est renfermée dans des cuves pouvant contenir 500 kilogrammes de fils, qui reposent sur un premier fond percé de trous. Entre ce premier fond et celui de la cuve est un serpentín dans lequel circule la vapeur : elle échauffe le liquide et, par un dispositif variant d'une usine à l'autre, soulève jusqu'à la partie supérieure de la cuve la lessive chaude, qui retombe sur le fil et descend dans le double fond pour être soulevée de nouveau. Cette circulation de liquide alcalin est entretenue pendant huit heures; elle constitue ce qu'on appelle le *décreusage*. Au bout de ce temps, on rafraichit le fil par un fort arrosage d'eau froide, puis à l'aide d'une presse puissante on exprime la plus grande partie du liquide qui l'imbibe encore.

Les écheveaux sont alors soumis à l'action du chlorure de chaux en dissolution. Tantôt les filateurs emploient le chlorure de chaux solide fourni par les fabriques de produits chimiques et le dissolvent dans l'eau; tantôt ils le préparent eux-mêmes à l'état liquide, en faisant passer un courant de chlore gazeux dans un lait de chaux. Cette dernière méthode paraît préférable; elle a l'avantage d'affranchir le filateur des défauts de fabrication et des détériorations très fréquentes que subit le chlorure solide.

Quel que soit le moyen suivi pour préparer la dissolution, elle est mise dans des bassins en ciment; au-dessus d'eux tournent lentement des tourniquets, sur lesquels on place les écheveaux de lin qui plongent par leur partie inférieure dans le liquide. Le mouvement des tourniquets met successivement toutes les parties de l'écheveau en contact avec le bain, puis avec l'air qui, par son acide carbonique, décompose le chlorure de chaux et, faisant dégager le chlore, lui permet d'agir sur la matière colorante. Telle est au moins la théorie généralement adoptée pour le blanchiment du lin. M. Kolb prétend que l'action de l'acide carbonique de l'air n'est pas nécessaire, et que le blanchiment se fait aussi bien en laissant le fil complètement immergé dans le liquide. Le passage en bain de chlorure dure environ une heure. On rince ensuite le fil au moyen d'eau que laisse couler un tuyau percé de trous, qui court au-dessus du tourniquet et parallèlement à lui.

Enfin les fils sont passés pendant dix minutes dans un bain d'eau acidulée d'acide chlorhydrique ou d'acide sulfurique, pour dissoudre les sels calcaires produits sur le textile par la décomposition du chlorure de chaux. On rince de nouveau pendant vingt minutes; puis le lin est soumis à une presse qui extrait l'eau et on le porte au séchoir.

Les opérations que nous venons de décrire et qui consistent essentiellement en un passage au carbonate et un passage au chlorure, donneraient les *fils crévés* n° 1, les *fils crévés* n° 2; les *quart-blancs* et les *mi-blancs* s'obtiennent en répétant ces opérations un nombre de fois suffisant. Le *blanc parfait* ne se donne pas en général aux fils, mais aux tissus; il nécessite une manutention plus longue et l'exposition des toiles sur le pré, où l'action de l'air complète l'oxydation

et le blanchiment de la matière colorante, qui a résisté au traitement précédent.

La filature mécanique du lin a pris en France de très grands développements; c'est en 1833 que nos filateurs allèrent chercher en Angleterre les machines inventées par Philippe de Girard et perfectionnées, du reste, par les Anglais. Mais l'introduction de ces machines présenta de grandes difficultés, car le gouvernement anglais en prohibait l'exportation. On étudia sur les lieux mêmes le mouvement des métiers à préparer et à filer le lin; quelques machines furent introduites en France; nos constructeurs se mirent à l'œuvre, et MM. Schlumberger, de Guebwiller (Haut-Rhin), Decoster, de Paris, David, de Lille, furent bientôt en mesure de fournir à l'industrie française des machines à filer le lin. Au nombre des filateurs qui ont le plus contribué à doter la France de ce nouvel élément de richesses, nous devons citer MM. Feray, d'Essonnes, et Scrive, de Lille.

A partir de cette époque, la filature mécanique du lin se développa rapidement : en 1840, elle comptait 87 000 broches; en 1844, 121 000; en 1849, 250 000, et en 1866, 600 000.

Le grand accroissement de l'industrie linière se produisit à l'époque de la guerre d'Amérique; ce pays ne nous important plus de coton, on avait dû faire un grand nombre d'articles avec du lin; mais plus tard le coton ayant repris sa place sur nos marchés, l'industrie linière subit une véritable crise par suite de l'excès de production : un certain nombre de filatures disparurent et aujourd'hui la France ne compte pas plus de 425 000 broches. L'Angleterre, l'Écosse et l'Irlande ont environ 1 300 000 broches, la Belgique environ 280 000, l'Autriche-Hongrie 400 000. La Russie, qui importe chez nous des quantités considérables de lin brut, ne compte pas plus de 120 000 broches.

En France, les centres principaux où s'exerce cette industrie sont : Lille, Armentières (Nord), Amiens (usine Maberly), Ailly-sur-Somme, Pont-Rémy et Saleux (Somme), Saint-Jacques-de-Lisieux (Calvados), Angers, Pont-Audemer, Alençon, Nantes, Saint-Pierre-lez-Calais, etc.

CHANVRE, CORDES ET CORDAGES

Le chanvre est une plante présentant avec le lin de très grandes analogies, tant au point de vue de ses propriétés qu'à celui de ses applications. Ses tiges, plus hautes et plus grosses, produisent des filasses moins souples et moins fines. C'est en France, en Italie et en Russie que sa culture est surtout développée. En France les contrées qui en cultivent le plus sont la Picardie, la Champagne et l'Anjou.

Il subit, pour être amené à l'état de fil, les mêmes opérations que le lin; mais,

avant de le peigner, on l'assouplit en le battant dans des auges avec des pilons, ou en le soumettant à l'action de meules verticales; puis les tiges sont coupées à la longueur convenable pour le peignage.

Le chanvre filé sert au tissage de certaines étoffes. A l'état de chanvre peigné, il est employé à la fabrication des cordes et des câbles, industrie qui comprend la *filature* et le *commettage des fils*.

La filature s'effectue par un procédé très simple. Le cordier, après s'être mis autour de la ceinture une quantité convenable de chanvre bien peigné, ou *filasse*, en prend une poignée qu'il ne détache pas de la masse et qu'il accroche à un crochet, ou *molette*, mis en mouvement de rotation par un rouet. La poignée de chanvre se tord et le cordier marchant en arrière cède de la main droite la quantité de filasse suffisante, qui se tord au fur et à mesure. Tenant de la main gauche un morceau de drap appelé *paumelle*, il prend des fibres et les étale pour en régulariser la répartition, à mesure que se fait l'étirage. Un bon fileur peut faire dans sa journée 30 à 35 kilogrammes de fil de *caret*; le déchet ne doit pas dépasser 4 pour 100 pour ceux de qualité inférieure.

Quand on veut préserver les cordes et les cordages de l'action de l'humidité, on les goudronne; c'est ordinairement à ce moment de la fabrication que se fait cette opération, qui est des plus simples, et consiste à faire passer les carets dans des bains de goudron chaud; à leur sortie, ils traversent une pince qui est chargée de poids et qui exprime l'excès de goudron.

Les fils de *caret* étant terminés, il faut les *commettre*, c'est-à-dire les tordre ensemble pour en faire des cordes et cordages. Le commettage est très facile comme exécution, mais pour bien faire comprendre ce qui a lieu, une explication préalable est nécessaire. Supposons un morceau de ficelle dont l'une des extrémités est serrée entre le pouce et l'index de la main gauche; saisissons l'autre extrémité avec les mêmes doigts de la main droite et tordons-la : la torsion se propagera dans toute la longueur de la ficelle; rapprochons ensuite les deux mains de manière que la ficelle ne soit plus tendue : sous l'influence de la torsion, ses deux moitiés formeront une boucle et se tordront l'une sur l'autre (fig. 202).

C'est sur cette expérience que repose le *commettage des carets*.

Pour plus de simplicité, nous admettrons qu'il s'agisse de tordre ensemble deux carets. On accroche l'une de leurs extrémités au crochet d'un *émerillon* (fig. 203),

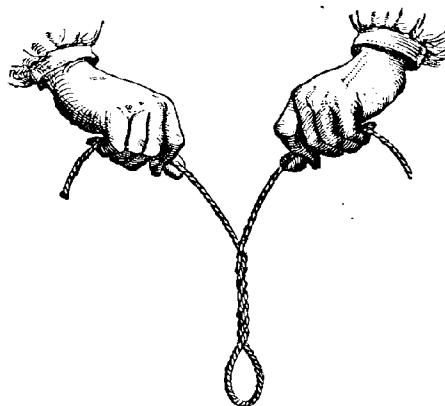


Fig. 202. — Commettage des fils.



Fig. 203.
Commettage
des fils.

appareil qui se compose d'une pièce cylindrique, ou *douille*, terminée d'un côté par un anneau et de l'autre par un crochet dont l'axe tourne librement dans la douille; l'anneau de l'émerillon est attaché à un chariot qui peut avancer ou reculer, et que l'on charge plus ou moins de pierres suivant qu'on veut obtenir un commettage plus ou moins dur. L'autre extrémité de chaque caret est fixée à une molette mise en mouvement par un rouet ou par une manivelle plus puissante. Puis on engage entre les deux carets une pièce conique en bois appelée *toupin* et présentant suivant sa longueur deux rigoles qui reçoivent les carets. Supposons que le toupin soit placé tout près de l'émerillon et tenu en place par un ouvrier : si l'on fait tourner le rouet, chaque caret va se tordre sur lui-même, comme précédemment le bout de ficelle se tordait entre les deux mains de l'opérateur; mais le toupin étant tout près de l'émerillon, cette torsion ne pourra pas produire son effet et tordre les deux carets l'un sur l'autre. Si, au contraire, l'ouvrier, tout en empêchant le toupin de tourner, l'éloigne de l'émerillon, la partie des carets comprise entre l'émerillon et le toupin devient moins tendue et les carets vont pouvoir se tordre l'un sur l'autre.

Telle est l'opération du commettage des carets. Ils sont tendus dans toute la longueur d'un atelier qui a quelquefois 300 ou 400 mètres, et à mesure que le rouet met les molettes en mouvement, l'ouvrier s'éloigne de l'émerillon en transportant le toupin vers les molettes.

Quand il s'agit de tordre ensemble plus de deux carets, le toupin présente un nombre de rigoles égal à celui des carets que l'on veut commettre.

Dans beaucoup de localités, la fabrication des cordes et cordages est réduite aux moyens simples et tout primitifs que nous venons de décrire; mais dans nos arsenaux maritimes et dans un certain nombre d'établissements importants installés près de nos grands ports, au Havre par exemple, le travail se fait mécaniquement.

JUTE

Pour compléter ce que nous avons dit sur la filature du chanvre et du lin, nous devons ajouter quelques mots sur un succédané du lin appelé *jute*, qui depuis quelques années a pris une large place dans la consommation. Il nous est fourni par deux variétés de *Corchorus* et nous vient presque exclusivement de l'Inde anglaise, qui en produit annuellement plus de 500 millions de kilogrammes, soit la moitié du poids de coton produit sur toute la surface de la terre. C'est à la fin du siècle dernier que remonte la découverte des qualités du jute : elle est due à la Compagnie anglaise des Indes Orientales, qui échoua d'abord dans les efforts qu'elle fit pour faire apprécier cette matière en Europe : elle ne réussit

qu'à en développer la culture dans les Indes. Ce n'est qu'à partir de 1835 que l'importation du jute en Europe commença à devenir régulière ; elle augmenta ensuite sous l'influence de deux causes différentes : en 1855 la guerre de Crimée priva l'Angleterre des chanvres de Russie et l'on essaya d'y substituer le jute ; en 1865, lors de la guerre de Sécession américaine, le coton fit défaut et l'on tenta de le remplacer par le jute pour la fabrication des articles à bon marché.

Le jute est cultivé aux Indes par de petits fermiers appelés *ryots*, qui le sèment à la volée au commencement de la saison des pluies, en mars ou en avril. Ils n'ont d'autre soin à lui donner que de l'éclaircir quand il est trop abondant. Les tiges atteignent bientôt une hauteur de 5^m,5 environ sur 2 centimètres de diamètre. On les coupe, on les débarrasse de leurs feuilles, des capsules à fruits et on les fait rouir par bottes dans l'eau en les recouvrant de gazon. Après dix à douze jours on délie les bottes, et en frappant les tiges contre une planche inclinée on sépare les couches corticales, qui constituent la fibre textile. Le jute est ensuite lavé, tordu, séché au soleil, mis en paquets de 80 kilogrammes environ et livré aux courtiers vendeurs.

Le jute étant naturellement très sec présente de grandes difficultés pour la filature mécanique. Aussi est-on obligé de lui donner plus de souplesse en l'arrosant avec de l'eau et de l'huile et en le laissant fermenter pendant quarante-huit heures. Après ce traitement, la filature s'exécute par deux procédés tout différents. Dans le premier on coupe le jute en deux ou trois parties, suivant sa longueur, et on le file à sec comme le lin. Dans le second procédé, on le réduit en fragments de 8 à 10 centimètres de long à l'aide d'une machine appelée *loup*, et les filaments ainsi produits sont travaillés et filés par des machines semblables à celles que l'on emploie pour le coton.

Le jute s'emploie actuellement à la confection d'un assez grand nombre de tissus, surtout de ceux qui ne craignent pas l'humidité, dont l'action pourrait altérer la fibre ; aussi ne peut-il donner de bons résultats pour la fabrication des tissus qui doivent être blanchis. On en fait des toiles d'emballage, des toiles cirées pour parquets, etc. On est arrivé dans ces dernières années à faire avec des fils de jute des peluches pour ameublement, des rideaux, des velours genre moquette, des velours frappés, imitant les velours d'Utrecht. Le bon marché de ces articles donne lieu à une consommation relativement considérable.

RAMIE

On désigne sous le nom de *ramie* ou *chinagrass* un autre succédané du lin. C'est une fibre textile extraite de l'écorce de la *Bœhmeria utilis* ou de la *Bœhmeria nivea*. Depuis longtemps ces plantes sont utilisées en Chine et dans l'Inde; mais l'emploi de la ramie en France n'a été signalé qu'en 1844 par M. J. Decaisne, et ce n'est que depuis quelques années qu'il a commencé à prendre une certaine importance. La ramie peut être cultivée en France sous le climat de l'olivier ou en Algérie. Elle a la forme d'une touffe formée de tiges d'environ deux mètres de hauteur et de la grosseur du petit doigt. On la propage par semis, par bouturage ou par marcottage : on peut en faire deux coupes par an. En Chine et aux Indes la décortication se fait à la main, en Europe à l'aide de machines spéciales semblables aux broyeuses à lin. Quand on veut la filer à l'état écreu, c'est-à-dire après le décortilage, on se sert de machines à lin. Le plus souvent on lui fait subir un traitement chimique qui consiste dans des lavages par l'eau bouillante et par des lessives de carbonate de soude. On la traite alors par les machines à laine longue. Au point de vue de la résistance à la traction et à la torsion, la ramie ne le cède qu'à la soie.

CHAPITRE X

LE COTON

Le coton est un filament court, un duvet végétal qui enveloppe les graines d'une plante appelée *cotonnier* (fig. 204), dont la hauteur varie de 50 centimètres à 4 mètres, et que l'on cultive en Amérique, dans l'Inde, en Égypte et en Chine. La longueur des brins de coton varie en général entre 1 et 3 centimètres (fig. 205). Cette dernière longueur est celle qu'ont le plus souvent les filaments de coton d'Amérique; celui des Indes est plus court. La récolte a lieu à des époques qui diffèrent d'un pays à l'autre. Quand les graines sont mûres, les capsules qui les renferment s'ouvrent et laissent échapper le coton, que l'on cueille et que l'on sépare des graines, soit à la main, soit plutôt avec des machines spéciales. Les filaments sont ensuite mis en balles et fortement comprimés; ces balles sont expédiées dans les différentes régions où l'industrie doit les transformer en fils destinés au tissage des étoffes.

Les principaux centres de production sont les États-Unis (800 millions de kilogrammes environ), les Indes Orientales (500 millions), l'Amérique du Sud et le Brésil (36 millions), l'Égypte (50 millions), l'Algérie (4 millions), l'Italie et la Turquie d'Asie (20 millions).

L'industrie du coton a pris naissance dans l'Inde et date de bien longtemps avant l'ère chrétienne; elle ne s'introduisit que lentement en Europe. Dès le

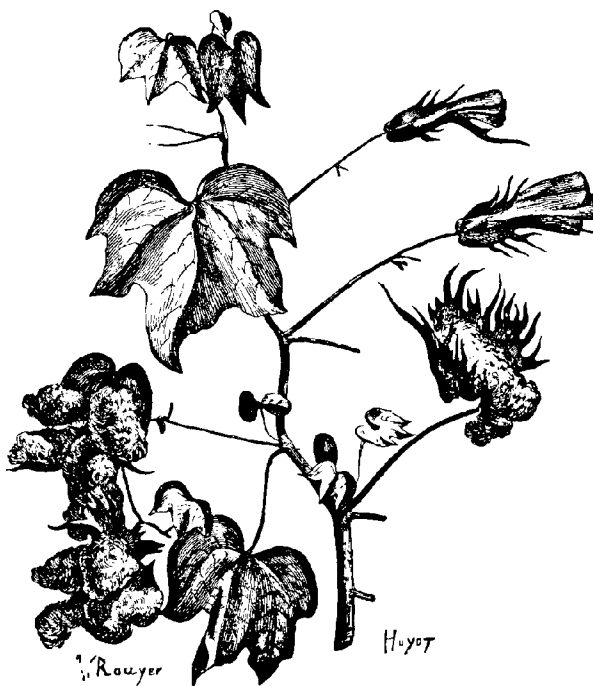


Fig. 204. — Branche de cotonnier.

ix^e siècle, les Maures voulaient l'implanter en Espagne; aux xiv^e et xv^e siècles, elle fut essayée en Italie, mais ces essais sans importance n'eurent pas de suites. En 1569, la première balle de coton arrivait en Angleterre; en 1641, la nouvelle industrie était établie à Manchester, qui, en 1678, filait déjà et tissait à la main 900 000 kilogrammes de coton. L'invention du métier à filer le coton fut faite en Angleterre et remonte à 1738. C'est à Amiens que fut ouverte la première filature de coton. En 1790, l'Angleterre filait déjà 12 millions de kilogrammes, et à la même époque la France, qui avait suivi sa rivale dans la voie nouvelle, traitait 4 millions de kilogrammes.

Deux industriels français, Richard et Lenoir-Dufresne, frappés de l'importance qu'il y aurait pour notre pays à se servir des machines inventées en Angleterre, les introduisirent en France; leurs essais furent couronnés de succès; ils créèrent



Fig. 205.
Brin de coton
vu au micro-
scope.

plus de quarante filatures de coton. Lorsque Lenoir-Dufresne mourut, en 1806, Richard continua l'œuvre commune et ajouta à son nom celui de son associé. L'industrie mécanique du coton se développa rapidement, et elle filait plus de 8 millions de kilogrammes lorsque l'invasion étrangère vint fondre sur la France : à sa suite pénétrèrent les étoffes d'Angleterre, et le droit énorme dont Napoléon I^{er} avait frappé le coton anglais fut brusquement levé. Alors éclata sur l'industrie du coton une terrible crise : tels de nos tissus qui se vendaient 5 francs en avril ne valaient plus que 1 fr. 50 en mai et 1 fr. 20 en juin. La plupart de nos filateurs ne purent résister à la tempête, et le plus célèbre, Richard-Lenoir, qui possédait sept filatures et occupait onze mille ouvriers, se trouva complètement ruiné.

Peu à peu cependant la nouvelle industrie répara ses pertes : en 1817 elle traitait déjà 1 200 000 kilogrammes, et, de progrès en progrès, elle est arrivée aujourd'hui à un chiffre supérieur à 12 millions.

L'importance de cette industrie peut être évaluée par le nombre de broches qui travaillent. La Grande-Bretagne compte 40 millions de broches, les États-Unis 11 millions, la France 5 millions, l'Allemagne 5 millions, la Russie et la Pologne près de 4 millions, la Suisse 2 millions.

En France la filature du coton est répandue principalement en Normandie, en Flandre et en Picardie : les départements où elle est le plus développée, sont ceux de la Seine-Inférieure, de l'Eure, du Calvados, de l'Orne, du Nord, de l'Aisne et de la Somme.

La filature de coton repose sur des principes analogues à ceux que nous avons exposés pour la filature du lin; mais on comprendra facilement que l'état des fibres, qui sont courtes et enchevêtrées, doit exiger des opérations différentes de celles qui ont été décrites pour le lin et la soie.

Le premier soin du filateur est de mélanger les cotons, ce qu'il fait en vue des qualités que doit avoir le fil et de manière à corriger les défauts de certaines espèces par les qualités d'autres espèces.

On procède ensuite à l'*ouvrage*, c'est-à-dire qu'on imprime mécaniquement aux fibres une agitation violente pour faire foisonner la masse comprimée par l'emballage et pour la débarrasser, en partie du moins, des corps étrangers. Cette opération, qui ne se pratique que sur les cotons très sales, se fait à l'aide d'une machine appelée *ouvreuse* que nous ne décrirons pas.

Le *battage*, qui est souvent la première opération que subit le coton, a pour but de restituer aux filaments leur élasticité naturelle que la compression dans les balles a momentanément détruite, et en même temps de les débarrasser des matières étrangères. Le battage se fait dans des machines nommées *batteur éplucheur* et *batteur étaleur*. Nous indiquerons le principe sur lequel elles reposent. Le coton est disposé sur une toile horizontale sans fin qui, tournant d'un mouvement continu, vient le présenter à deux cylindres cannelés appelés *alimentaires*; ceux-ci, en faisant l'office de laminoirs, saisissent les filaments et les entraînent. Au moment où les filaments, après avoir traversé l'intervalle des deux cylindres, se présentent à l'entrée de la machine, ils rencontrent une série de lames d'acier qui tournent d'un mouvement rapide autour d'un axe commun parallèle à celui des alimentaires. Ces lames battent les filaments à mesure qu'ils se présentent, les séparent violemment et les projettent sur une autre toile qui les porte au-devant d'un second groupe de cylindres chargés eux-mêmes de les présenter à l'action d'un autre système de lames. Cette machine a reçu le nom de *batteur éplucheur*, parce que l'action des lames projette au fond de la machine les corps mélangés au coton. Un ventilateur lance dans l'appareil un courant d'air qui enlève la poussière. Nous ferons remarquer qu'un appareil de ce genre ne devrait pas être employé pour des filaments un peu longs comme ceux des cotons *longue soie*, qui se briseraient sous l'influence des lames du frappeur; ils pourraient recevoir le choc à une de leurs pointes, pendant que l'autre serait encore engagée entre les alimentaires : de là rupture et détérioration des fibres; quant aux filaments courts, une de leurs extrémités est à peine présentée au frappeur que l'autre est déjà libre.

A la sortie de la machine, le coton est livré au *batteur étaleur*, dont la construction est analogue et d'où il sort à l'état de nappe formée par la juxtaposition et l'entre-croisement des fibres (fig. 206).

Mais les fibres provenant des opérations précédentes restent plus ou moins vrillées, et l'on y remarque des inégalités, des boutons et des nœuds : le *cardage*, auquel on soumet la nappe sortant du batteur étaleur, a pour but de développer les fibres, de les redresser complètement, de les paralléliser et de les échelonner par une première action de glissement; en même temps il nettoie et épure le coton. Nous allons essayer de faire comprendre le principe des machines appelées *cardes* à l'aide desquelles s'exécute le cardage.

Une carde se compose essentiellement d'un tambour horizontal A (fig. 207) (1 m. 20 de diamètre), pouvant tourner autour de son axe avec une grande vitesse. Autour du tambour et à une petite distance de sa surface sont disposés des cylindres C, de plus petit diamètre, qui tournent moins vite que lui. Le tambour

et les cylindres sont garnis sur leur surface extérieure de lames de cuir armées de dents formées par de petites aiguilles pointues et recourbées : c'est ce qu'on appelle *garniture de carde*.

Supposons maintenant que la nappe qui provient du batteur étaleur et que

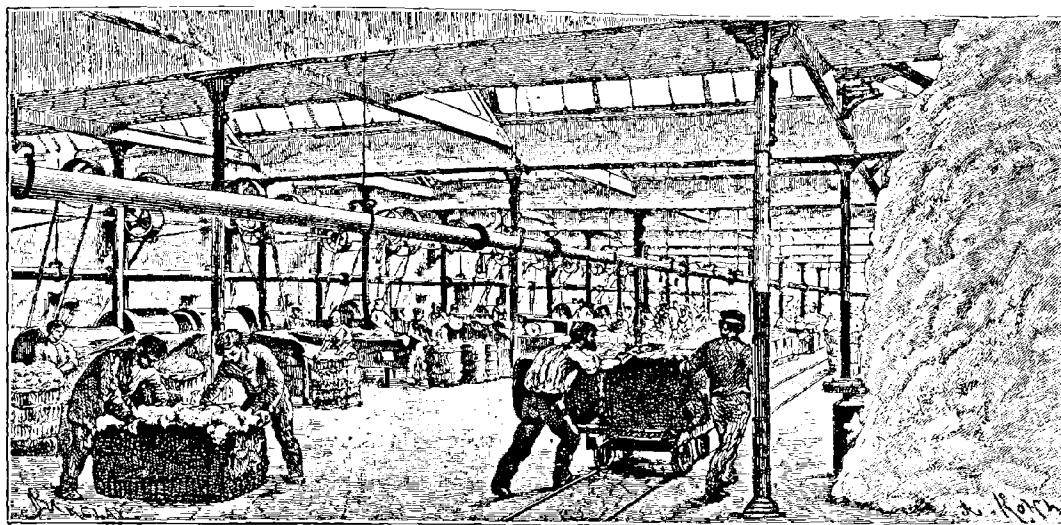


Fig. 206. — Ouvrage et battage du coton.

l'on voit disposée en rouleau sur la gauche de la figure, soit livrée à des cylindres alimentaires chargés de la présenter à la circonférence du tambour A. Celui-ci, en passant devant la nappe avec une grande vitesse, en entrainera une

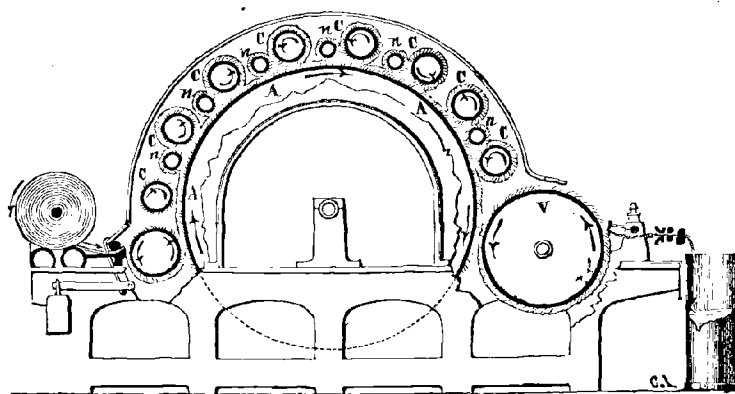


Fig. 207. — Carde à coton.

certaine quantité qui sera prise entre les dents de sa garniture. Ces filaments, rencontrant plus tard un des cylindres C, dont les dents sont à une très petite distance de celles du tambour, vont se trouver pris entre les deux systèmes de dents qui sont disposées en sens contraire, et, le grand tambour marchant

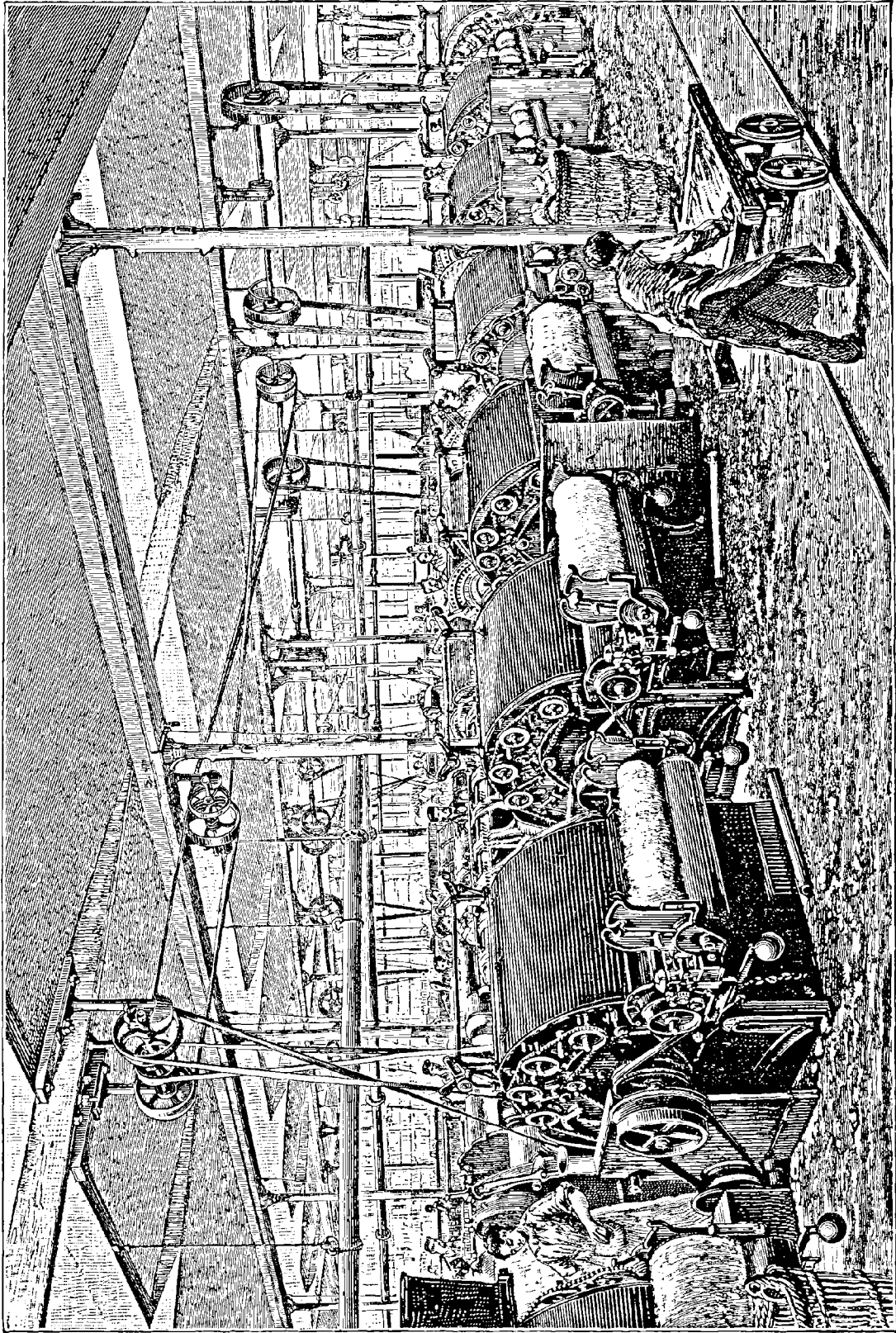


Fig. 208. — Carderie de coton.

beaucoup plus vite que le cylindre, celui-ci tendra à retenir à lui les filaments que le tambour tendra au contraire à entraîner : de là un commencement de parallélisation. On comprend que, la même opération se répétant autant de fois qu'il y a de cylindres sur la surface du grand tambour, les fibres vont subir des redressements successifs, se paralléliser et se débarrasser des aspérités, des nœuds et des impuretés qu'elles renferment. Les cylindres sont nettoyés des fibres et impuretés qu'ils retiennent par d'autres cylindres *n*, à dents plus longues, qui sont placés au-dessous d'eux.

Du côté opposé à celui où le coton est livré, on voit un dernier cylindre V, appelé *volant*, chargé de reprendre au tambour le coton cardé; tangentielle-

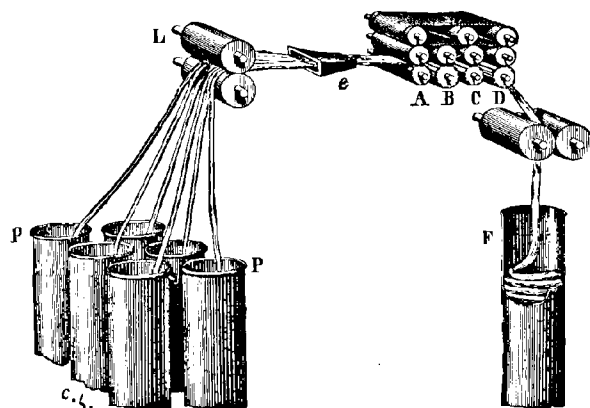


Fig. 209. — Doubleur étireur pour le coton.

ment à ce volant se meut d'un mouvement de va-et-vient vertical un peigne battant formé d'aiguilles droites, qui prennent les fibres sur le volant et les sortent à l'état de nappe très fine formée par leur juxtaposition; cette nappe passe, à la sortie du peigne, dans un entonnoir au milieu duquel elle est obligée de se comprimer et de se transformer en un ruban. Celui-ci est repris, à la sortie de l'entonnoir, par des cylindres lamineurs, qui le versent dans des pots cylindriques de fer-blanc disposés derrière la machine. (Voyez plus loin, fig. 215, sur la cardé à laine, le mouvement du peigne battant.)

Le plus souvent la partie supérieure des cardes à coton n'est pas munie de cylindres, mais de

plaques fixes sur lesquelles on a monté des garnitures de cardes. Ces plaques, nommées *chapeaux*, sont enlevés de temps en temps pour qu'on puisse les nettoyer. La question de nettoyage des garnitures est excessivement importante, puisque le cardage devient défectueux dès qu'elles sont chargées de bourre et de corps étrangers. Aussi a-t-on imaginé des dispositifs grâce auxquels les cardes se débourent automatiquement.

Les rubans fournis par la cardé doivent être doublés et étirés pour que les défauts de l'un soient corrigés par les qualités de l'autre. Les pots P (fig. 209) venant de la cardé sont placés derrière les machines à étirer; les rubans qu'ils renferment subissent d'abord en L un laminage qui condense les fibres; puis six d'entre eux ordinairement passent dans un même entonnoir *e*, où ils se réunissent. A la sortie de l'entonnoir le ruban unique est étiré entre deux paires A et B de cylindres; la seconde tourne plus vite que la première et, par conséquent, produit l'étirage; à la suite des deux premières paires de cylindres sont deux autres paires C et D qui déterminent un nouvel étirage. Le ruban fourni par cette

machine tombe dans un grand pot de fer-blanc F, où il est recueilli jusqu'à ce qu'on le livre à une seconde machine doubleuse et étireuse. En général, au bout de trois opérations semblables, les rubans doivent subir un commencement de torsion dans des bancs à broches analogues à ceux que nous avons décrits pour le lin, mais ne présentant pas de guils. Sur ces bancs, le coton est encore doublé, quoique dans une moindre proportion, étiré et tordu. Après avoir passé dans deux ou trois bancs à broches, il arrive au métier à filer.

Il y en a deux sortes : le métier à *filature continue* et la *mull-jenny*.

Le jeu du métier continu repose sur les mêmes principes que le métier à filer employé pour le lin. Il sert à la filature des fils qui doivent avoir une grande tension, comme ceux que l'on destine à faire les chaînes des tissus.

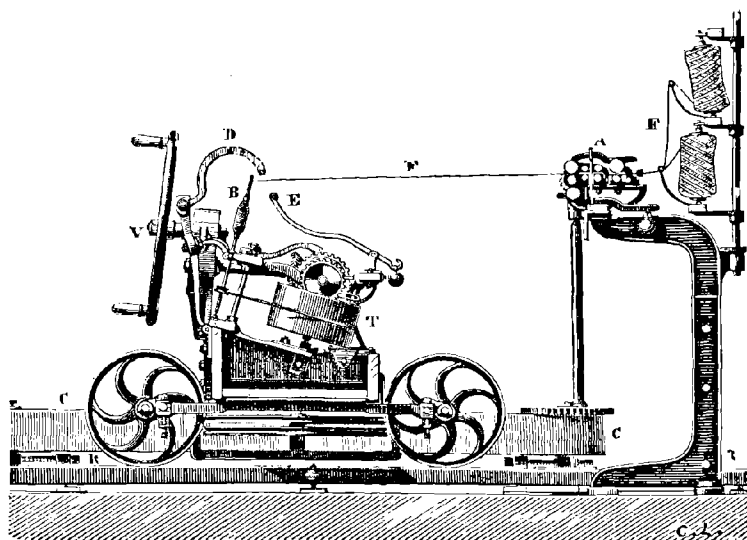


Fig. 210. — Mull-jenny ou métier à filer.

Quant à la mull-jenny, elle produit la torsion du fil par un mécanisme tout différent de celui du métier continu. Les bobines venant des bancs à broches sont placées sur des axes verticaux disposés sur un *râtelier* (fig. 210) et autour desquels elles peuvent tourner librement. Le ruban F, en les quittant, passe à travers une première paire de cylindres lamineurs, qui par leur mouvement l'attirent et le font dérouler de la bobine. En sortant des cylindres lamineurs, il passe en A entre des cylindres étireurs, puis entre deux paires de cylindres lamineurs et étireurs qui le livrent à l'appareil de torsion. Celui-ci se compose d'une série de broches inclinées B, portées sur un chariot mobile, qui a la largeur du râtelier et peut s'en éloigner ou s'en rapprocher alternativement en glissant sur des rails. Les broches reçoivent d'un tambour T un mouvement de rotation très rapide; sur ces broches on fixe à frottement les bobines sur lesquelles doit s'enrouler le fil tordu, et l'on attache à chacune des broches le bout de fil sortant d'une paire de cylindres. Par le mécanisme de la machine, le chariot s'éloigne à mesure que

les cylindres fournissent, et, pendant ce recul, les broches en tournant rapidement tordent le fil comme le faisait l'ailette du métier continu. Quand le chariot est arrivé à l'extrémité de sa course, il s'arrête : la longueur du fil qui a été livrée par les cylindres s'appelle *aiguillée*. Pendant cet arrêt du chariot, les cylindres cessent de livrer. Il faut maintenant renvider sur la bobine l'aiguillée de fil ; pour cela l'ouvrier repousse le chariot vers le bâti et agit sur une roue V qui fait tourner les broches plus lentement que tout à l'heure et produit le renvidage : pour que ce renvidage se fasse sur toute la hauteur de la bobine, il abat sur tous les fils une baguette de fer D qui les abaisse progressivement ; en même temps

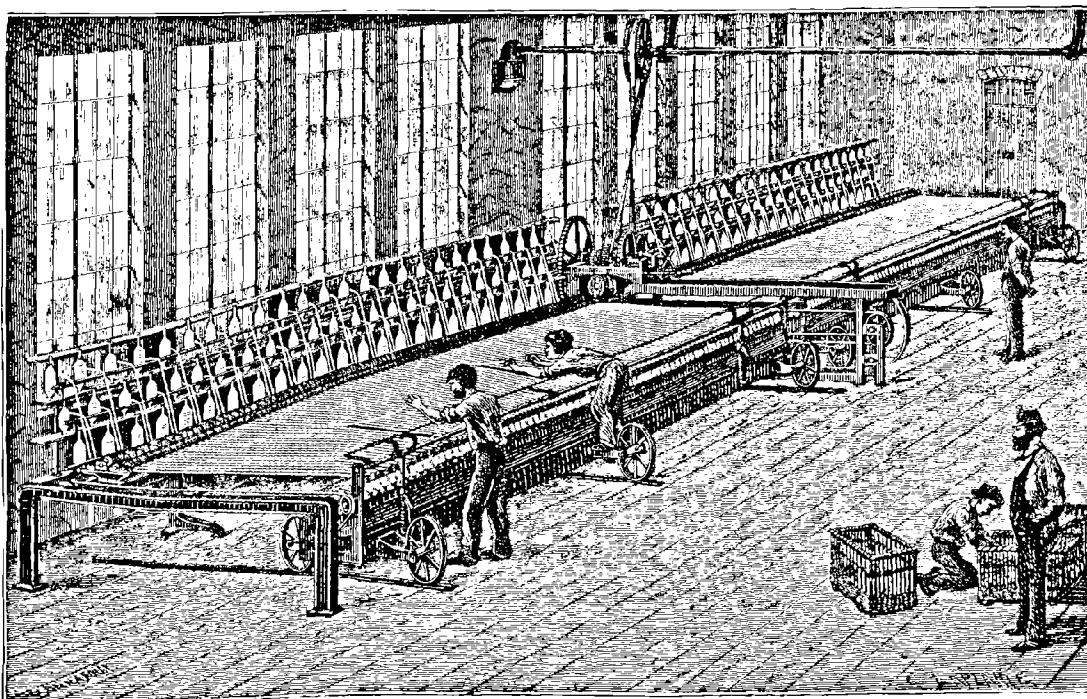


Fig. 211. — Self-acting ou métier renvideur automatique.

une autre tringle E, placée au-dessous des fils, les soutient et maintient leur développement. Lorsque le chariot est revenu au point de départ, l'aiguillée est renvidée et le mouvement recommence. L'habileté de l'ouvrier consiste surtout dans le maniement de la baguette qui détermine le renvidage.

On fait maintenant des métiers renvideurs mécaniques, appelés *self-acting*, dans lesquels tout se fait automatiquement : l'ouvrier n'a qu'à régler son métier et à s'occuper du rattachement des fils cassés. La figure 211 représente un *self-acting*.

Les fils destinés à faire la chaîne des tissus, qui doivent être doublés, sont ensuite transformés en écheveaux par un dévidage.

CHAPITRE XI

LA LAINE

La laine est une matière textile qui nous est fournie par la toison du mouton. L'usage de la laine remonte à la plus haute antiquité. Tous les auteurs anciens, Moïse, Homère, Hésiode, parlent de l'emploi de la toison des moutons à la fabrication des étoffes : les troupeaux formaient la principale richesse des premiers peuples. Les annales de la Chine viennent confirmer ces assertions. Pline attribue le tissage de la laine aux Égyptiens, la teinture aux Lydiens, les fuseaux employés pour la filer à Closter, fils d'Arachné, les foulons à Nicias de Mégare. Il parle aussi de la fabrication des tapis de laine, de l'invention des matelas bourrés de laine qu'il attribue aux Gaulois, des étoffes veloutées qui, selon lui, seraient dues aux Parthes. Sous la domination des empereurs romains, les Gaules possédaient d'importants ateliers, où se fabriquaient des étoffes en laine employées à l'habillement des soldats. Arras fut un des centres les plus importants de cette fabrication. Cette ville produisait des draps rouges imitant les étoffes de Phénicie connues sous le nom de *pourpre de Tyr*. Chez les Romains et chez les Grecs l'industrie de la laine fut peu développée. A la suite des croisades, l'Italie tira parti des connaissances que les croisés rapportèrent d'Orient : les Pays-Bas lui empruntèrent ses procédés de fabrication et eurent pendant longtemps le monopole de la production des étoffes de laine, dont ils fournissaient toute l'Europe. Au xv^e siècle l'Angleterre et la France vinrent disputer la prépondérance aux Pays-Bas et à l'Allemagne. Mais l'industrie de la laine ne prit véritablement son essor qu'au commencement de ce siècle, lorsqu'on commença en 1812 à filer mécaniquement la laine peignée. Les premiers essais sont dus à un mécanicien de Reims appelé Dobo; ils ne portèrent leurs fruits qu'après l'invention de la peigneuse mécanique, invention dont le principe est dû à Godart d'Amiens. C'est à Heilmann que l'on doit la première peigneuse mécanique. Le filage au rouet se maintint à Amiens jusqu'en 1823, mais à partir de cette époque s'établirent en Picardie et dans le nord de la France de nombreux établissements de filature mécanique. Citons la manufacture de Cateau-Cambrésis fondée par M. Paturel Lupin, et celle de Cercamps par M. de Fourment, et en Alsace, à partir de 1838, la filature d'André Kœchlin.

Aujourd'hui la France possède environ 5 millions de broches; 2 500 000 environ

pour la laine peignée et 700 000 pour la laine cardée. Le département du Nord tient la première place dans cette industrie; le nombre des broches à Roubaix, Tourcoing et Fourmies est évalué à 1 350 000; viennent ensuite les départements de la Marne, de la Somme, des Ardennes et de l'Aisne pour la laine peignée; la Marne, la Seine-Inférieure, les Ardennes et le Calvados pour la laine cardée.

Le brin de laine n'est pas une fibre lisse comme la soie, le lin et le coton (fig. 212). Lorsqu'il a été débarrassé des corps gras qui le recouvrent et que l'on appelle *suint*, il paraît, au microscope, (fig. 213), être formé d'une série de calottes coniques qui s'emboîtent l'une dans l'autre et présentent l'aspect qu'offrirait des dés à coudre emboîtés. Le brin

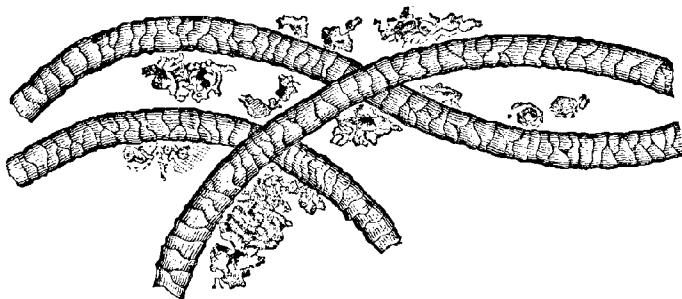


Fig. 212. — Brins de laine vus au microscope avant le désuintage.

de laine n'est pas en général rectiligne, il est plus ou moins contourné ou vrillé; c'est encore là un de ses caractères distinctifs, quoique toutes les laines ne le possèdent pas au même degré. Celles qui sont à peine ondulées sur leur longueur sont désignées sous le nom de *laines lisses*. La longueur du brin de laine est très variable d'une espèce à l'autre; elle varie de 2 à 30 centimètres. Certaines laines d'Australie donnent des brins de 2 centimètres, tandis qu'on rencontre dans les laines de la Gallicie des brins de 30 centimètres.

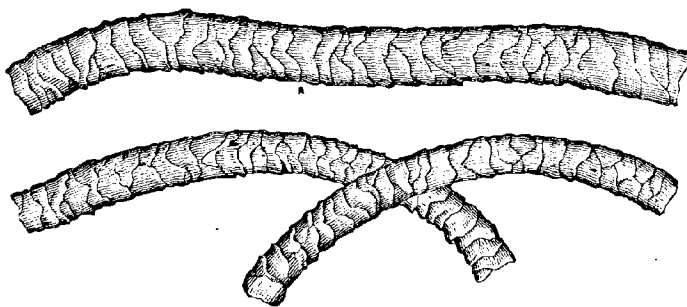


Fig. 213. — Brins de laine vus au microscope.

La finesse, la résistance ou nerf, la souplesse et la douceur de la laine sont encore de la plus haute importance quant à ses applications.

On peut classer les laines à bien des points de vue; nous donnerons la division généralement adoptée qui comprend trois classes:

1° les *laines mérinos*, qui sont les plus estimées; 2° les *laines communes*, qui représentent les qualités inférieures; 3° les *laines métis*, qui ont des qualités intermédiaires, mais qui souvent se rapprochent beaucoup des laines mérinos.

Nous ajouterons aussi que, sous le rapport de l'usage qu'on peut en faire, les laines se divisent en *laines courtes*, dont la longueur ne dépasse pas 8 à 10 centimètres, et en *laines longues*, dont la longueur est supérieure.

La France fait un commerce considérable de laines; la Beauce, la Champagne, la Brie, la Picardie fournissent des qualités estimées, mais l'importation entre

pour une proportion considérable dans la consommation. L'Australie, l'Allemagne, etc., nous expédient de grandes quantités de ce textile.

Les opérations que la laine doit subir pour être transformée en fils varient avec sa nature. Nous distinguerons la filature des laines *longues*, qui sont destinées à être *peignées*, et la filature des laines *courtes*, qui sont destinées à être *cardées*. Cette différence dans les opérations provient des qualités différentes que doivent avoir les tissus fabriqués avec ces deux espèces de fils, les laines longues étant employées à la fabrication des lainages ras, les laines courtes devant servir à celle des étoffes feutrées, comme les draps, ou à surface velue. On comprend en effet que lorsque les filaments ont été tordus en fils, les extrémités de ces filaments sortent toujours en plus ou moins grand nombre de la surface du fil; plus les laines sont longues, moins sur une longueur déterminée de fil il sortira d'extrémités filamenteuses, plus lisse sera le fil et plus rase l'étoffe qu'il fournira. Le contraire aura lieu avec les laines courtes.

L'industrie de la laine est très développée en France. Nous possédons environ 3 millions de broches, nombre dans lequel la laine peignée entre pour 2 300 000; le département du Nord en possède 1 400 000, la Marne plus de 400 000, dont 140 000 pour la laine cardée, l'Aisne 140 000, la Somme, 125 000. Les Ardennes constituent aussi un centre très important de fabrication de laines cardées et peignées. La laine peignée y est représentée par 120 000 broches. Nous citerons aussi le département de l'Oise.

LAINES PEIGNÉES

La laine est d'abord triée à la main : car ses qualités varient non seulement suivant la nature de la toison, mais aussi d'un point à l'autre de la même toison.

À l'état naturel, la toison du mouton est recouverte d'une substance huileuse et grasse qu'on appelle *suint*, qui salit la laine et qui maintient adhérents à sa surface beaucoup de corps étrangers. Il est donc important de dégraisser les filaments. Tantôt ce dégraissage est commencé par le marchand de laines qui, avant de tondre le mouton, le lave dans un courant d'eau froide : c'est le *lavage à dos*; tantôt aussi le lavage de la toison a lieu à froid après la tonte : c'est le *lavage à froid*. Souvent il se fait à l'eau chaude entre 60 et 70 degrés : c'est le *lavage marchand*. Enfin la laine, arrivée dans les usines, est lavée à l'eau pure, puis dans plusieurs bains de soude ou de potasse et de savon qui la dégraissent parfaitement : c'est le *lavage à fond*. Cette der-

nière opération s'exécute à la main ou mécaniquement. Dans le premier cas, les ouvriers, armés de fourches de bois, remuent la laine et la font avancer dans le liquide, avec beaucoup de précaution pour ne pas la froisser; dans le second cas, ce mouvement est produit par des fourches de fer installées au-dessus des bains. Après le lavage, la laine encore mouillée passe entre deux cylindres lamineurs, où elle subit une pression qui exprime la plus grande quantité de l'eau qu'elle renferme. Enfin le séchage est achevé dans un appartement où elle est traversée par un courant d'air lancé par un ventilateur.

La laine, après avoir reçu une certaine quantité d'huile d'olive, qui a pour but de la lubrifier et de faciliter son glissement dans les machines, subit un

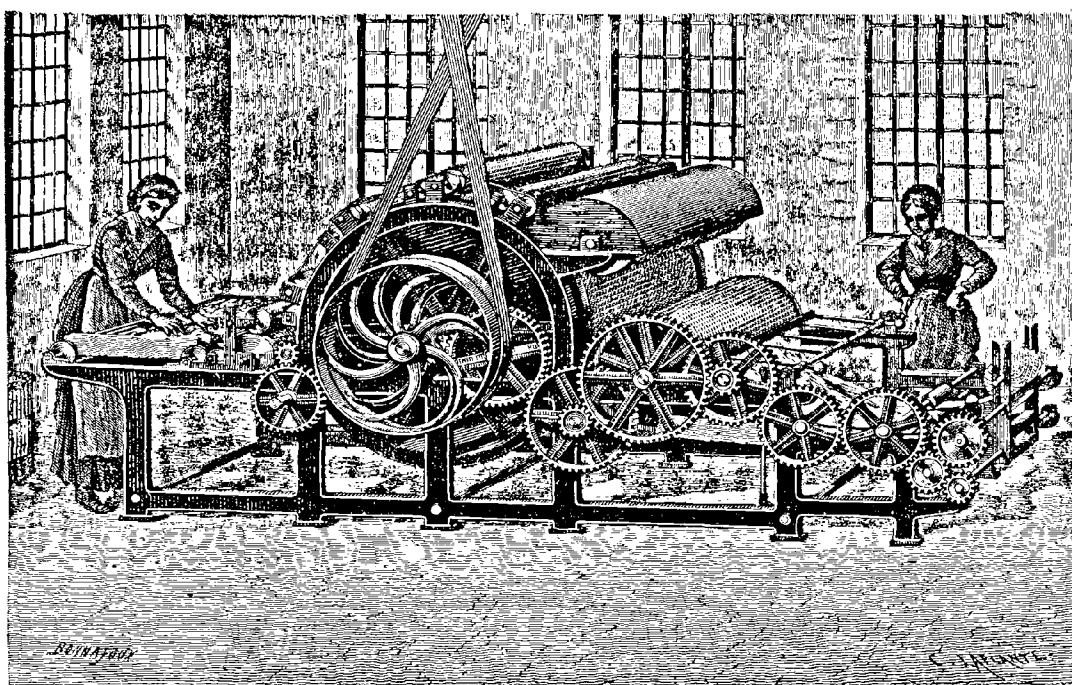


Fig. 214. — Carde à laine.

cardage destiné à l'épurer des matières étrangères et des filaments courts. La carde à laine peignée n'est point munie de chapeaux comme les cardes à coton : le grand tambour (fig. 214) est entouré sur toute sa surface de paires de cylindres plus petits tournant en sens contraire et appelés l'un *travailleur* et l'autre *nettoyeur*. Le tambour prend les filaments aux cylindres alimentaires et les amène à la rencontre d'un travailleur qui commence à les peigner; mais dans cette rencontre une certaine quantité de brins sont restés entre les dents du travailleur : ces brins sont repris par le nettoyeur, qui les rend lui-même au tambour. De proche en proche la laine arrive vis-à-vis d'un cylindre de cardes, nommé *volant*. La garniture de ce cylindre est armée de dents plus souples qui, pénétrant dans la denture du tambour, ramènent à la surface les filaments entrés

plus ou moins profondément dans les intervalles des dents, et un dernier travailleur reprend au tambour la laine qu'elle lui présente. Un peigne battant (fig. 215) détache les filaments sous forme d'une nappe, qui se transforme en ruban, comme dans les cardes à coton. Ce ruban ainsi formé se compose de filaments ayant subi un commencement de parallélisation, mais renfermant encore des nœuds, des boutons et des filaments courts qu'il faut en extraire : c'est l'opération du *peignage* qui atteindra ce but. Pour diminuer le déchet qu'occasionne le peignage, il importe de préparer mieux encore le ruban.

Cette préparation se fait à l'aide de machines dans lesquelles la laine subit à la fois des doublages et des étirages. La première machine est le *défeuteur*. Elle est analogue aux machines d'étirage employées pour le coton, mais elle a subi des modifications nécessitées par la nature des filaments. En raison de leur longueur, supérieure à celle des brins de coton, et de leur tendance à se contourner, on a disposé entre les deux paires de cylindres lamineurs et étireurs des peignes cylindriques dont les dents, en entrant dans les rubans, isolent les fibres, les empêchent de se recourber et les présentent aussi droites que possible à l'action des cylindres étireurs. Les figures 216 et 217 montrent l'ensemble et les détails d'un *défeuteur-étireur*. Deux rubans provenant de bobines placées

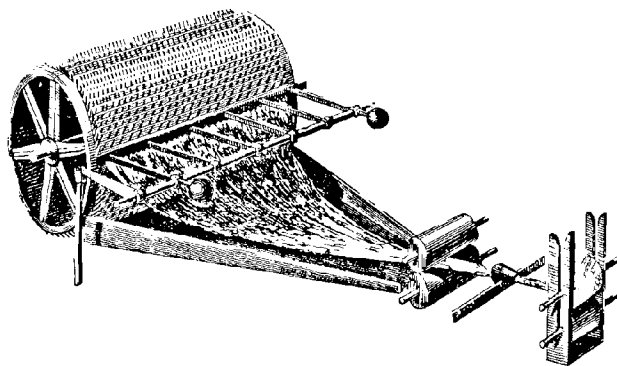


Fig. 215. — Carde à laine : détails du peigne battant.

sur un râtelier traversent les entonnoirs *oo* (fig. 217), passent entre des cylindres *a* dont l'un est cannelé, de là sur un peigne cylindrique *p*, ensuite entre les étireurs *b*. Après ce premier étirage, ils se doublent en venant se confondre sur une table *r r r*, subissent l'action du système *c p' d*, semblable au précédent; enfin le ruban unique, après s'être laminé entre deux toiles sans fin *T T'*, passe dans l'entonnoir *o'* pour aller s'enrouler sur la bobine *R*. A sa sortie du défeuteur, la laine est soumise à un dégraissage à l'eau de savon. Ce dégraissage s'exécute à l'aide de machines appelés *lisseuses*, dans lesquelles la laine, après avoir subi l'action d'un bain de savon, est soumise à la pression de cylindres chauffés à la vapeur, qui font subir à la fibre textile une espèce de repassage.

A la lisseuse succède l'action de deux, trois ou quatre machines à doubler et à étirer.

Le peignage, qui a pour but d'isoler les boutons et les filaments courts des longs brins, se pratiquait autrefois à l'aide de peignes manœuvrés à la main par des ouvriers, qui peignaient environ 1 kilogramme de laine par jour. Aujourd'hui il est exécuté par des machines, qui ont l'avantage de faire un travail beaucoup

plus parfait et plus productif. L'invention de la peigneuse, qui est due à Heilmann, a produit une véritable révolution dans l'industrie de la laine. Nous ne pouvons aborder ici l'étude des différentes peigneuses, dont le mécanisme est trop compliqué pour trouver place dans un ouvrage tel que celui que nous écrivons. Nous dirons seulement que les rubans venant des défetisseurs et enroulés sur des bobines, que l'on voit montées sur des râteliers à l'arrière de la figure 218, sont appelés par la peigneuse, laissent dans ses organes les filaments courts et les boutons et sortent à l'avant de la machine ne renfermant plus que des filaments longs.

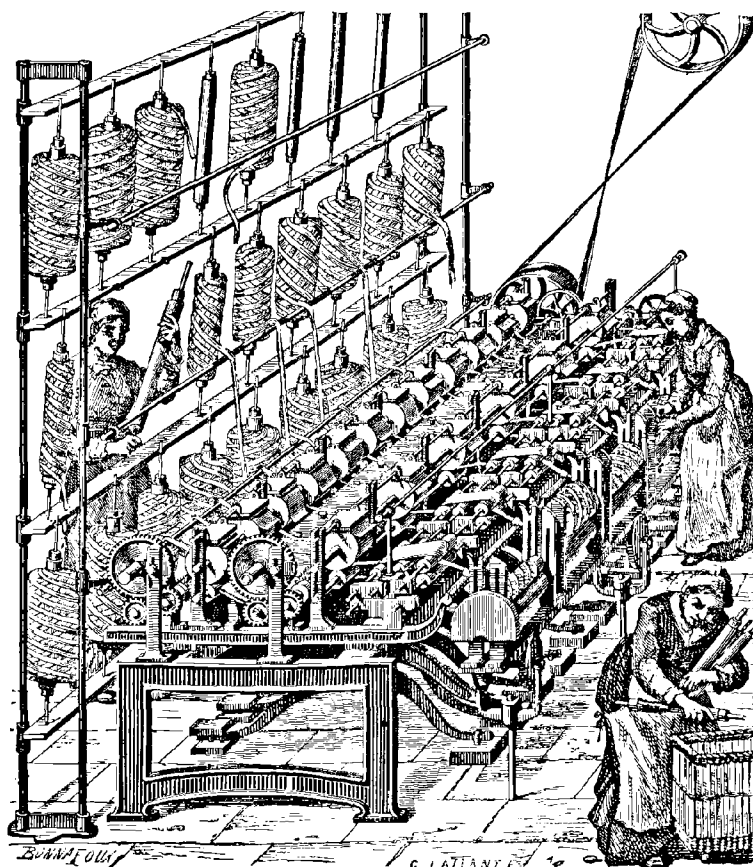


Fig. 216. — Défeteur-étireur.

Les filaments courts provenant du peignage sont appelés *blouse* et sont vendus aux filateurs de laine cardée.

Après le peignage la laine entre en filature. S'il s'agit de laines longues, comme les laines anglaises, les laines de Hollande, etc., il faut, avant la filature proprement dite, leur communiquer une légère torsion qui, donnant plus de consistance au ruban, permettra de le travailler plus facilement. Cette torsion lui est donnée sur des bancs à broches, où il est soumis à un étirage; après plusieurs passages au banc à broches, le ruban est livré au métier continu, sur lequel il est filé.

Quand il s'agit, au contraire, de laines plus courtes, comme les laines dites

mérinos, on se contente de faire passer le ruban sur des doubleuses étireuses, où

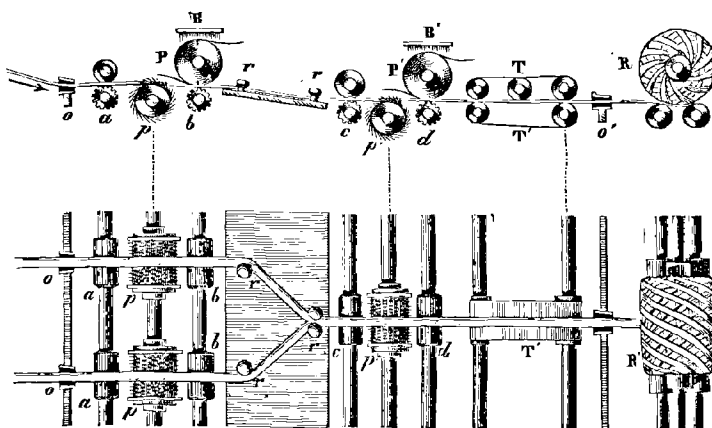


Fig. 217. — Défateur-étireur : détails.

il subit en même temps une friction qui le roule sur lui-même. Il suffit pour

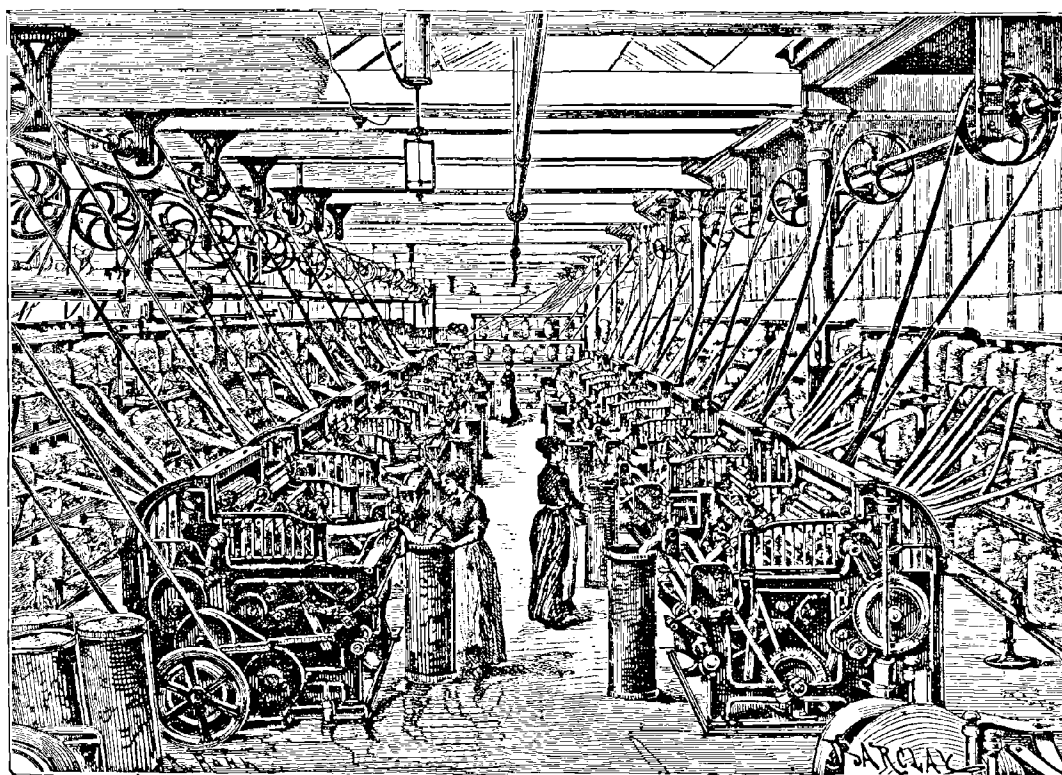


Fig. 218. — Peignage de la laine.

cela qu'en même temps que les cylindres lamineurs et étireurs tournent, l'un d'eux soit animé d'un mouvement de va-et-vient dans le sens de sa longueur. Le ruban

acquiert ainsi plus de consistance. Après huit ou neuf passages sur les étireuses, il est filé sur la mull-jenny ou sur le self-acting.

Pour les chaînes des tissus et pour un assez grand nombre d'articles, les fils obtenus en filature subissent l'opération du *retordage*, qui fait souvent l'objet d'une industrie spéciale et consiste à assembler plusieurs fils sur une première machine, puis à les retordre ensemble sur un appareil analogue au métier continu, mais ne présentant pas d'étirage.

Les fils de laine sont désignés dans le commerce par des numéros indiquant leur grosseur.

LAINES CARDÉES

Nous avons vu que, pour les tissus à surface plus ou moins velue, il y avait intérêt à employer des laines courtes. Ces laines sont en général travaillées à la carde, qui les prédispose au feutrage. Avant d'étudier la filature de la laine cardée, nous expliquerons ce que c'est que le feutrage. Si l'on prend un certain nombre de filaments de laine, qu'on les presse dans tous les sens par l'action de pilons qui les remuent constamment, on verra peu à peu ces filaments s'enchevêtrer et constituer par leur entre-croisement une véritable étoffe, appelée *feutre*. Cet enchevêtrement ne se fait et n'acquiert de solidité que parce que les brins s'accrochent l'un à l'autre par les stries et les aspérités qui résultent de l'emboîtement des cônes formant la fibre, et il est évident qu'il se produira d'autant mieux que les fibres seront mieux disposées en sens contraire (*tête à pied*, s'il est permis d'employer cette expression).

Supposons maintenant que l'action de foulage dont nous venons de parler soit subie par une étoffe dont les fils seront formés à l'aide de fibres placées en sens contraire; ces fils vont se feutrer, se condenser, et l'étoffe acquerra un moelleux et une épaisseur qui font le caractère des draps et de toutes les étoffes foulées. Pour obtenir ces effets on emploie des laines courtes que l'on ne peigne pas, mais que l'on carde, cette opération ayant pour effet, comme nous le verrons, de placer les filaments dans les conditions requises.

Les détails donnés précédemment pour la laine peignée et le coton vont nous permettre d'exposer rapidement le travail subi par les laines cardées.

Les opérations successives sont le *triage*, le *désuintage*, le *séchage*, qui ont le même but que pour la laine peignée. La matière textile est ensuite ouverte et débarrassée des pailles, des brins de bois et des saletés qu'elle contient, par des machines nommées *batteuses* et *échardeuses*. Nous ne décrirons pas ces machines; nous citerons l'échardeuse et la batteuse Mercier, qui sont très estimées.

Après un second triage, les laines passent à une machine nommée *loup*, qui a pour effet de mélanger les filaments de natures diverses, de donner de l'homogénéité à la masse et d'achever le travail du battage qui doit ouvrir et assouplir la laine. Puis on la mélange à une certaine quantité d'huile, qui facilitera son glissement dans les cardes : c'est l'opération de l'*ensimage*.

Ces préparations faites, on procède au cardage, qui s'exécute dans trois cardes successives. La première, appelée *briseuse*, fournit une nappe ou matelas qui s'enroule sur un tambour disposé à l'extrémité de la carde. Dans cette machine, les cylindres alimentaires, au lieu de fournir directement la laine au gros tambour, la donnent à un cylindre nommé *roule-ta-bosse*, qui débarrasse les filaments des corps étrangers et ménage ainsi les garnitures des organes suivants.

On comprend facilement que le jeu de la carde, tout en peignant légèrement les fibres et en les séparant des impuretés, les place, l'une par rapport à l'autre, dans les positions favorables au feutrage (*tête à pied*). L'opération se continue sur une seconde carde, nommée *repasseuse*, à laquelle on livre le matelas fourni par la briseuse. Enfin le matelas sortant de la repasseuse est transformé en rubans, ou boudins, par une dernière carde, dite *finisseuse*. Ces rubans sont roulés sur eux-mêmes et transformés en boudins par le mouvement longitudinal d'un cylindre tournant en même temps autour de son axe et appelé *rota-frotteur*.

De là ils passent aux appareils à filer, qui sont soit le métier continu pour les chaînes, soit la mull-jenny ou le self-acting pour les trames. Dans la filature des laines cardées, les cylindres délivreurs et étireurs de la mull-jenny ne livrent pas pendant tout le temps que le chariot roule. La torsion se fait en trois temps : 1° livraison et torsion simultanées; 2° les cylindres cessent de livrer et le chariot reculant étire et tord en même temps; 3° le chariot s'arrête lui-même et continue la torsion.

CHAPITRE XII

LES TISSUS

Nous avons vu, dans ce qui précède, les procédés par lesquels l'homme transforme en fils certains produits naturels, comme la soie, le lin, le coton et la laine. Il nous reste à voir maintenant comment il se sert de ces fils pour les transformer en tissus ou étoffes destinées elles-mêmes à la confection de ses vêtements et d'objets d'ameublement. Ces tissus sont produits par l'entrelacement de fils fournis par l'industrie de la filature,

La laine est la première matière textile dont l'homme se soit servi dès qu'il abandonna l'usage des peaux des animaux pour se couvrir le corps. Chez tous les peuples anciens on tissait des étoffes de laine. Cette industrie qui, chez les Grecs et chez les Romains, était abandonnée aux esclaves, resta longtemps dans un état d'infériorité marquée. Dans les Gaules, au contraire, sous les empereurs, existaient d'importants établissements où l'on fabriquait des tissus à raies appelés *saies* (*sagum*). Nous avons déjà eu l'occasion de dire qu'Arras tenait le premier rang dans cette industrie. L'invasion des barbares arrêta les progrès du tissage de la laine et pendant longtemps on tissait dans chaque famille les étoffes destinées à ses membres. Après les croisades se produisit un nouvel élan, grâce aux connaissances rapportées de l'Orient. Les Pays-Bas fabriquèrent avec les laines qu'ils tiraient de l'Angleterre, de la France, de l'Allemagne et de l'Espagne, les étoffes consommées par toutes les nations de l'Europe. Vers la fin du xv^e siècle les Anglais commencèrent à filer et à tisser la laine et entrèrent en lutte avec les Pays-Bas. En France la publication de l'édit de Nantes (1598) inaugura une ère de tranquillité, qui fut favorable au développement de l'industrie lainière et c'est de cette époque que date la fondation d'un certain nombre d'établissements importants. Peu de temps après, Philippe III, roi d'Espagne, chassait de ses États les 25 000 Maures qui les habitaient encore. Un grand nombre se réfugièrent en France et apportèrent dans le Midi l'industrie des draps, qui existe encore à Carcassonne et à Mazamet. Sous l'administration de Colbert, de nouveaux progrès furent réalisés : des offres séduisantes amenèrent chez nous des industriels de l'Italie et de la Hollande, et en 1646 Nicolas Cadeau fondait à Sedan la fabrication du drap dit *drap de Sedan*, fabrication dont la célébrité n'a fait que croître.

En 1665, Van Robais quittait la Hollande pour venir installer à Abbeville une manufacture de draps qui fut longtemps célèbre. Peu de temps après, l'industrie des draps se développa dans deux villes de Normandie, Louviers et Elbeuf, qui aujourd'hui encore concourent dans une proportion considérable à la production nationale. La révocation de l'édit de Nantes par Louis XIV, sans faire un grand tort à la fabrication des draps, eut des conséquences graves pour l'industrie des autres tissus de laine, parce qu'elle était exploitée presque exclusivement par les protestants. Pendant tout le xviii^e siècle l'industrie des lainages passa par une série de péripéties qui entravèrent ses progrès : le règne de Napoléon I^{er}, pendant lequel nos industriels furent momentanément à l'abri de la concurrence anglaise, fut le point de départ d'une série de découvertes importantes, mais c'est seulement de 1818 que date pour nos usines l'introduction des machines destinées à la fabrication des étoffes de laine. Aujourd'hui l'industrie de la laine, grâce à des perfectionnements successifs, est parvenue à une grande puissance. Reims, Roubaix, Amiens, Saint-Quentin, Bohain, le Cateau, Guise, Paris fabriquent des tissus de laine peignée (mérinos, satins, reps, etc.) ; Elbeuf, Louviers, Sedan, Beauvais, Mouy dans l'Oise, Vienne, Lodève, Châteauroux, Carcassonne et Castres, des tissus de laine cardée, comme les draps et les couvertures. On fabrique les draps à Elbeuf, Sedan, Louviers, Lisieux, Vienne, Châteauroux, etc., les couvertures de laine et les flanelles à Beauvais, Orléans, Paris, Reims, etc.

A propos de la filature de la soie nous avons vu que l'industrie de la soie remonte à l'antiquité la plus reculée, qu'elle a eu la Chine pour berceau, qu'elle nous a été apportée par les peuples orientaux et que, tout en restant une industrie de luxe, elle s'est progressivement développée en France : c'est dans le xix^e siècle qu'elle y a pris son essor et la France occupe aujourd'hui la première place en Europe pour l'industrie de la soie. Saint-Étienne pour la fabrication des rubans, Lyon pour la fabrication des étoffes de soie, sont les deux centres principaux de production. Quoique la fabrication mécanique se soit accrue pour les étoffes unies, le tissage à la main est encore de beaucoup le plus important. Roubaix et Amiens ne fabriquent pas de tissus de soie pure, mais consomment de grandes quantités de soie pour le tissage des étoffes de laine et soie, de soie et coton.

Les détails historiques que nous avons donnés sur le lin à propos de la filature nous dispensent d'insister sur l'histoire du tissage de cette fibre textile ; il s'est fait plus longtemps à la main que le tissage du coton. Les Grecs étaient vêtus de toile de lin, les Romains l'employaient pour la confection de leur vêtement de dessous ou *tunique*. Au moyen âge le lin était à peu près le seul textile qui se tissât couramment. Mais il resta très cher. La Hollande, la Frise et le Brabant ne commencèrent à fabriquer la toile que vers la fin du xiii^e siècle. Elle était surtout employée à la confection de services de table d'un grand luxe. Le linge damassé orné de fleurs, de fruits, de sujets empruntés à l'histoire a fait longtemps la réputation des Pays-Bas et de la Hollande, dont l'Europe, à ce point de vue, fut longtemps tributaire. On conserve encore aujourd'hui en Espagne un luxueux service de linge de table offert au duc d'Albe par le bourgmestre et

les notables de Bruxelles. Le ministère de Colbert développa en France cette industrie, à laquelle les découvertes de Philippe de Girard donnèrent une puissante impulsion au commencement de ce siècle. Aujourd'hui elle est très florissante et répandue dans un grand nombre de localités.

Les tissus de lin et de chanvre comprennent : 1° les *toiles fines et mi-fines*, qui servent principalement à faire les chemises, les blouses, les draps de lit, etc., et se fabriquent surtout dans les départements du Nord, de la Somme et dans la Normandie et la Sarthe; la Mayenne et l'Orne produisent de grandes quantités de toile de qualité moyenne ou commune; citons aussi les toiles de l'Aisne et des Vosges; 2° les *batistes*, tissu de lin qui est beaucoup plus fin que la toile, et qui se fabriquent dans les arrondissements de Cambrai et de Valenciennes; elles servent à la confection d'objets de lingerie, et à faire des mouchoirs de poche; Cholet produit aussi sur une grande échelle des toiles légères pour mouchoirs; 3° les *coutils* de lin, qui ont pour centres principaux de fabrication Lille et Tourcoing; 4° le *linge de table*, qui se fait principalement à Armentières (Nord), à Abbeville (Somme), à Saint-Quentin (Aisne); le linge uni, ou à liteaux, et le linge ouvré, ou à damiers et œils, sont tissés sur le métier à marches ou sur la petite Jacquard, dite *mécanique d'armure*; le linge damassé, ou à dessin artistique, est tissé à la Jacquard; 5° les *toiles à voiles*, dont la fabrication est répartie dans un petit nombre de localités. Dunkerque en est le siège principal.

L'usage du coton remonte à une époque beaucoup plus récente que celle des autres fils. Il n'est à étudier qu'à partir du moment où l'on est arrivé à le tisser mécaniquement. C'est du reste sur cette fibre textile que se firent les premiers essais de tissage mécanique, en 1695, par H. de Gennes. Son invention ne paraît avoir pris de développement qu'à partir de 1765, époque à laquelle M. Garsde fondait à Manchester un tissage mécanique, mis en mouvement par des machines hydrauliques. Les métiers paraissent être ceux qu'avait inventés Vaucanson et qui furent décrits dans l'*Encyclopédie* par Roland de la Platière. Le premier métier à tisser le coton mû par la vapeur fut inventé et construit en 1787 par le Révérend E. Cartwright. A partir de cette époque on assiste en Angleterre aux rapides développements de cette industrie, qui n'apparait en France, à Saint-Quentin, qu'en 1803.

La fabrication française des tissus de coton se divise en quatre groupes principaux : 1° le *groupe de l'Est*, qui a beaucoup perdu de son importance depuis 1871; 2° le *groupe de Normandie*, qui comprend la Seine-Inférieure, l'Eure, le Calvados et l'Orne, et fabrique des étoffes connues sous le nom de *rouenneries*; 3° le *groupe de la Somme, de l'Aisne et du Nord*, qui fabrique des velours et des toiles de coton, des cretonnes, des mousselines brochées pour rideaux, etc.; 4° le *groupe de Tarare (Rhône), Roanne (Loire) et Thisy (Rhône)*; cette région est le siège d'une importante fabrication de mousseline unie, claire ou garnie, tarlatane unie, mousseline façonnée, gaze, rideaux brodés, etc.

FABRICATION DES TISSUS

Les différents tissus qui servent soit à la confection de nos vêtements, soit à d'autres usages, sont formés par l'entrelacement régulier de fils.

Le mode d'entrelacement constitue la nature du tissu, et comme ce mode peut varier à l'infini, les espèces de tissus sont elles-mêmes très nombreuses. L'étude de ces espèces et des procédés de fabrication fait l'objet d'une véritable science, qui a ses lois et ses principes parfaitement définis. Nous ne pouvons avoir la pré-

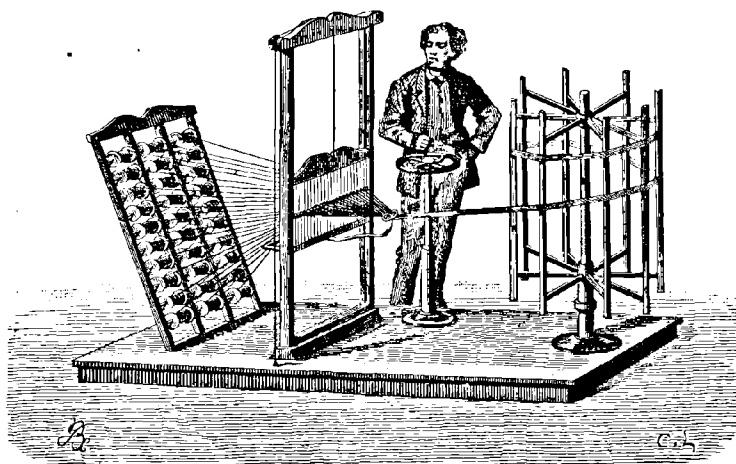


Fig. 219. — Ourdissoire.

tention de traiter ici avec développement un sujet aussi vaste; nous essayerons seulement d'en faire comprendre la partie la plus élémentaire.

La plupart des tissus ont un caractère commun : ils sont composés de fils de deux espèces : les fils de chaîne, qui sont disposés parallèlement à eux-mêmes suivant la longueur de l'étoffe, et les fils de trame, qui sont au contraire placés suivant la largeur. La chaîne, devant supporter une tension assez forte sur le métier à tisser, est en général plus résistante que la trame.

Les fils destinés à la fabrication des chaînes et des trames doivent avant le tissage subir des préparations que nous allons d'abord indiquer.

La première opération pour les fils de chaîne est l'*ourdisage*, qui a pour but de disposer parallèlement à eux-mêmes autant de fils qu'il doit y en avoir dans la largeur de l'étoffe. Cette opération se fait sur une machine nommée *ourdissoire*, dont la forme varie, mais que l'on peut comparer à un grand dévidoir sur lequel s'enroulent les fils des bobines venant de la filature. Les fils en quittant les bobines

passent à travers les dents d'un peigne (fig. 219) qui, se déplaçant verticalement, les distribue sur un grand dévidoir animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe vertical. Par un artifice particulier que nous ne décrirons pas, non seulement l'ourdissage range les fils parallèlement à eux-mêmes, mais il les dispose de manière qu'ils ne puissent pas se mêler en montant les uns sur les autres. La figure 220 représente des machines à ourdir : les fils, quittant les bobines vues à l'arrière, sortent à l'avant de la machine : ils sont ourdis et s'enroulent sur un cylindre.

La résistance des fils de chaîne est augmentée par une opération qu'on appelle *encollage* ou *parage*, et qui consiste à les tremper dans une pâte de farine et d'amidon. Cette préparation a aussi pour effet de rendre leur surface plus lisse

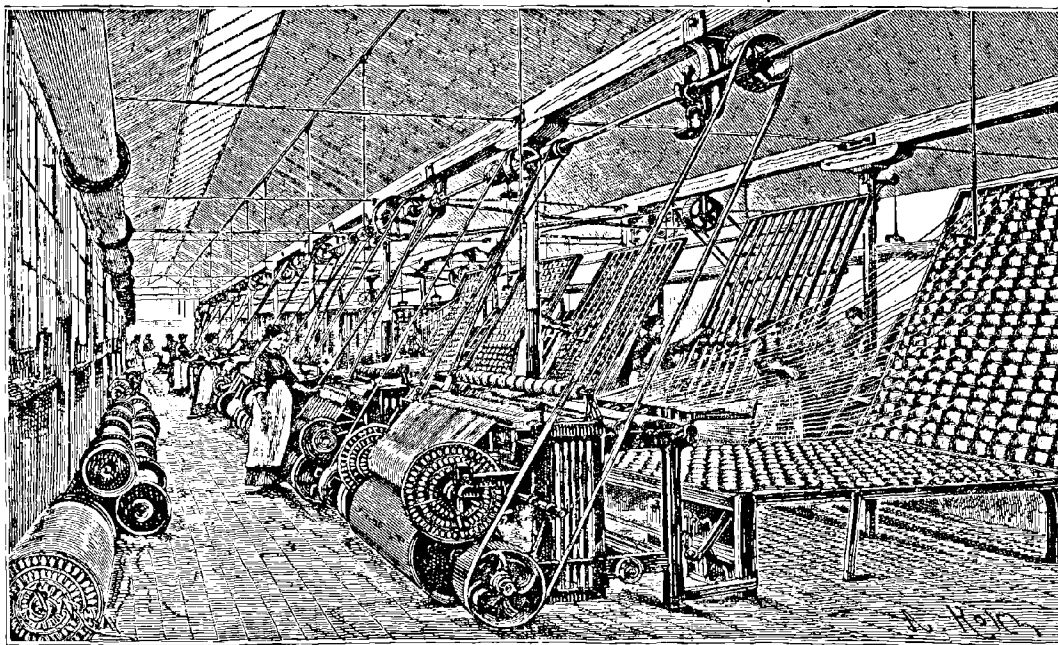


Fig. 220. — Ourdissage mécanique.

et de l'empêcher de s'érailler au contact de la navette du tisserand. L'encollage se fait à la main, ou mieux à l'aide de machines dont le fonctionnement, malgré leur variété, consiste toujours à faire passer les fils dans un bain d'encollage, à la sortie duquel ils vont s'enrouler sur un cylindre appelé *ensouple*, après avoir été séchés dans l'intervalle par l'action d'un ventilateur ou de tubes chauffés à la vapeur (fig. 221). La résistance et l'élasticité des fils de soie dispensent de les encoller.

Quant aux fils de trame, ils doivent être enroulés sur de petites bobines de papier nommées *canettes*, et ensuite sur des tiges de bois cylindriques, creuses ou demi-creuses, qui seront placées dans la navette du tisserand. Cette opération est exécutée par les machines appelées *canetières*. Leur construction est très variée.

Tout est prêt maintenant pour le tissage et il n'y a plus qu'à monter l'ensouple sur le métier du tisserand.

Les étoffes unies ou à *armures fondamentales* rentrent dans quatre types principaux : la *toile*, qui est le plus simple, le *batavia*, le *sergé* et le *satin*.

Nous allons expliquer le fonctionnement du métier à lames pour le cas le plus simple, c'est-à-dire pour le tissage de l'armure-toile.

A l'arrière d'un bâti en bois (fig. 222) est placé un cylindre horizontal E nommé *ensouple*, sur lequel sont enroulés les fils de chaîne ourdis. Vers le milieu du métier, dans sa longueur, sont suspendus deux organes L¹ L², appelés *lames*.

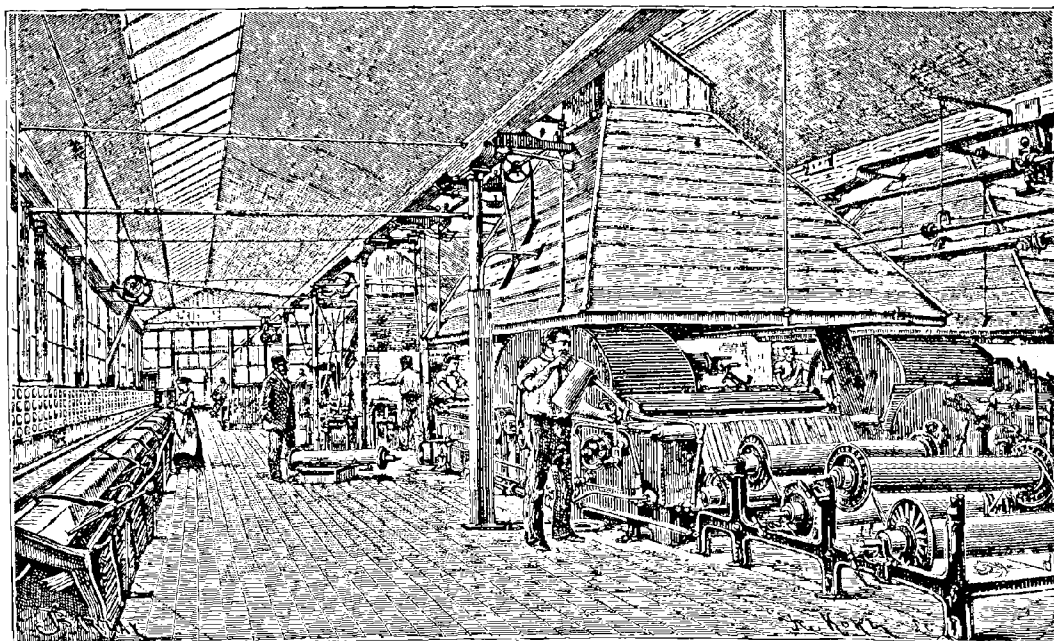


Fig. 221. — Encollage ou parage des fils.

Chacune d'elles se compose de deux barres de bois reliées par des fils verticaux ou *lisses*; au milieu de ces lisses se trouvent des anneaux ou *maillons*. Si l'on suppose que l'on numérote les fils de la chaîne en allant d'une lisière à l'autre, les uns seront pairs et les autres impairs. Chaque fil impair de la chaîne est passé dans un maillon de la lame n° 1, et chaque fil pair dans un maillon de la lame n° 2. A la sortie des lames, ces fils sont engagés entre les dents d'un peigne P, suspendu à un battant B, qui peut basculer autour d'un axe placé soit en haut, soit en bas du métier. Sur le devant du bâti est un rouleau R, sur lequel s'enroulera l'étoffe au fur et à mesure de sa fabrication.

L'ouvrier, assis sur le devant du métier, pose les pieds sur deux pédales ou marches M, N, qui sont reliées aux lames par des fils et des leviers de différents noms et disposés de telle sorte qu'en appuyant sur la pédale M avec le pied

gauche, on lève la lame n° 1 et l'on abaisse la lame n° 2; qu'en appuyant sur la pédale N, on fasse l'inverse. L'ouvrier a à sa disposition une navette, c'est-à-dire un outil en bois, qui a la forme d'une nacelle; cette navette est creuse vers son milieu, et l'on y place une canette ou bobine sur laquelle est enroulé le fil de trame, qui sort par un trou ou par une fente latérale (fig. 223).

Le métier étant préparé, supposons que l'ouvrier appuie sur la marche M : tous les fils de rang impair vont se lever et ceux de rang pair s'abaisser; il y aura ainsi deux nappes de fils de chaîne faisant entre elles un certain angle.

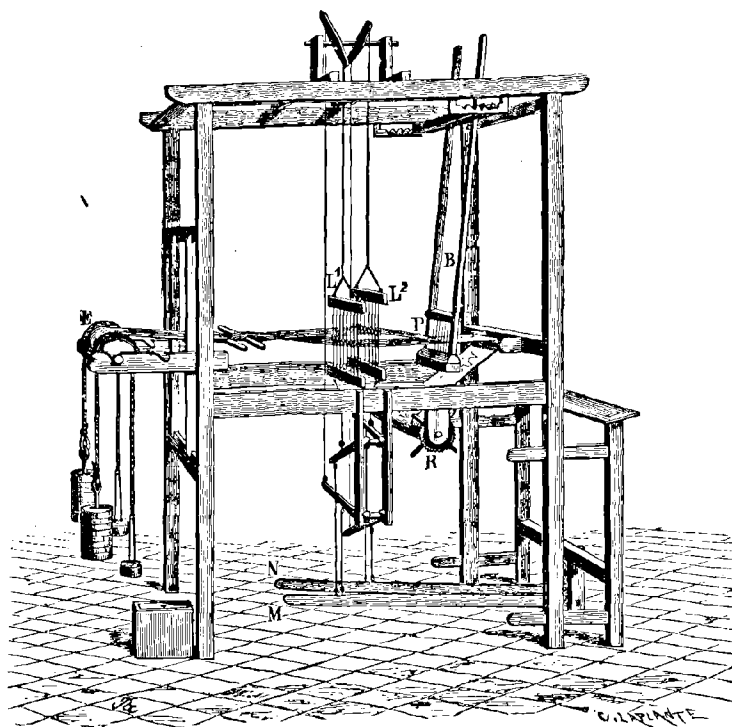


Fig. 222. — Métier à filer.

comme le représente la figure théorique 224. Tenant la navette de la main gauche, par exemple, il la fera glisser dans l'intervalle des deux nappes, perpendiculairement à la direction de la chaîne; la trame se déroulera de la canette, et quand la navette aura parcouru toute la largeur des deux nappes, elle aura inséré entre elles une longueur de fil appelée *duite*. L'ouvrier cessant d'appuyer sur la marche M, les fils vont revenir à leur position primitive et la *duite* se trouvera prise entre les fils pairs et les fils impairs, mais sa direction sera plus ou moins régulière. Pour la bien fixer perpendiculairement à la chaîne, l'ouvrier amène à lui le peigne battant, dont les dents rencontrent la *duite* et la disposent perpendiculairement aux fils de la chaîne. Cela fait, il appuie avec le pied droit sur la marche N qui lève à son tour les fils pairs et abaisse les impairs; dans le nouvel angle formé, le tisserand passe une nouvelle *duite*,

et ainsi de suite, de manière à produire un entrelacement de fils de chaîne et de trame tel qu'un même fil de chaîne passe successivement au-dessus et au-dessous des duites successives.

On voit cet entrelacement sur la figure 224, où les fils de trame sont représentés par de petites baguettes horizontales.

Le plus souvent l'ouvrier ne manœuvre pas la navette à la main : elle se trouve dans une boîte placée sur le côté du peigne battant, et en tirant une corde convenablement disposée, il met en mouvement dans la

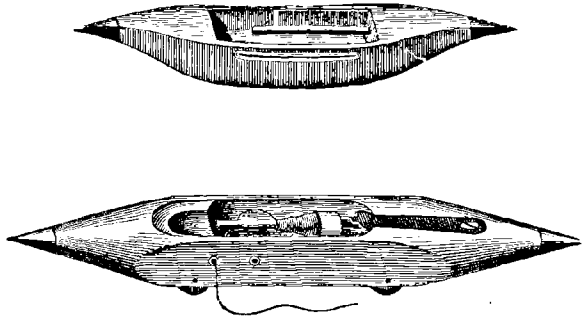


Fig. 223. — Navettes.

boîte un taquet qui, frappant sur la navette, la lance de droite à gauche; elle arrive dans une boîte symétrique située à gauche, et il l'en fait sortir, à la duite suivante, par le même moyen.

On s'explique très bien que les différents mouvements que nous venons de décrire puissent se faire mécaniquement; c'est là l'objet du tissage mécanique, dont les applications se développent chaque jour.

La figure théorique 225 va nous permettre d'en exposer le principe. Supposons qu'il s'agisse de faire mouvoir mécaniquement la chaîne, de la lever et de l'abaisser successivement : on dispose sur le côté du métier un disque R, composé de segments circulaires présentant des saillies H convexes; un levier L est relié à la lame par l'intermédiaire des leviers A et B; il peut osciller autour de son extrémité et porte un *galet* g capable de rouler entre les saillies des segments, qui sont d'ailleurs mobiles comme les pièces d'un jeu de patience, et que l'on peut juxtaposer de différentes manières. Sur la figure, la juxtaposition est faite pour produire l'armure-toile. En effet, quand le disque R tournera autour de son centre, le galet g parcourra les concavités C et les convexités H : il est facile de voir que, lorsque le galet montera sur une convexité H, la chaîne s'abaissera, et quand il descendra dans une concavité C, elle s'élèvera. Deux disques reliés chacun à une lame et mus mécaniquement détermineront donc le soulèvement des fils pairs et impairs. Si en même temps une

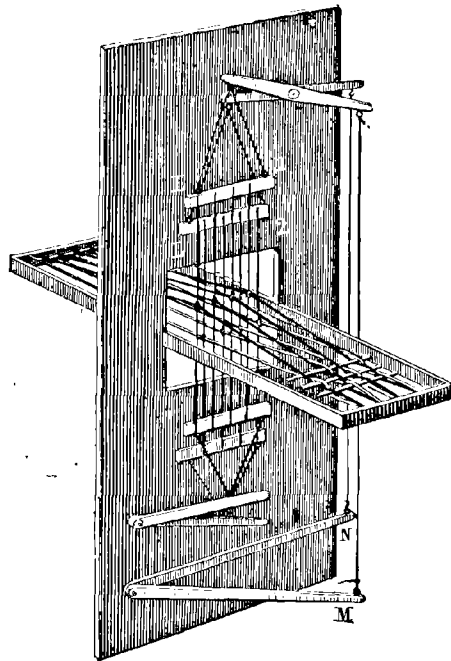


Fig. 224. — Théorie du métier à tisser.

navette est lancée entre les nappes de fils soulevés et abaissés, à chaque mouvement des lames, une duite pourra être insérée : un peigne battant, mû aussi mécaniquement, viendra faire l'office du peigne employé dans le tissage à la main.

Pour des étoffes à ornements plus compliqués, on aura recours à un nombre

de disques égal à celui des lames, et le mouvement de ces lames sera produit, comme l'exigera l'armure, par une disposition des segments spéciale à chaque cas.

Lorsque le métier est monté et mis en train, l'étoffe se fabrique par l'effet même du mouvement des différentes pièces de la machine ; l'ouvrier n'a qu'à la surveiller, à en régler la marche et à rattacher les fils cassés.

La figure 226 représente un atelier de tissage mécanique : les métiers sont disposés les uns à côté des autres et leurs organes sont mis en mouvement par les transmissions que l'on voit installées près du plafond : sur le devant de chaque métier est placée l'ensouple, qui livre la chaîne à mesure que se fait le tissage.

Les principales étoffes faites avec l'armure-toile sont dési-

gnées sous les noms de *mousselines*, *percales*, *taffetas*, *gros de Naples*, *pou-de-soie*, *marceline*, *foulard*, etc. La figure 227 indique le mode d'entrelacement qui est le même pour tous ces tissus ; mais, d'une étoffe à l'autre, on fait varier l'aspect en employant des fils de trame ou de chaîne de grosseurs différentes.

En style de tissage, les fils levés par la lame reçoivent la dénomination de *fils pris* ; ceux qui sont abaissés sont appelés *fils laissés*. En sorte que si l'on examine les fils de la toile le long d'une même duite, en allant d'une lisière à l'autre, on trouvera comme succession un fil pris, puis un fil laissé, un fil pris, un fil laissé, et ainsi de suite. Aussi dit-on que l'armure-toile a pour rythme un *pris*, un *laissé*.

Nous avons dit plus haut comment l'ouvrier devait monter son métier pour faire de la toile, que les fils impairs de la chaîne étaient passés par lui dans les

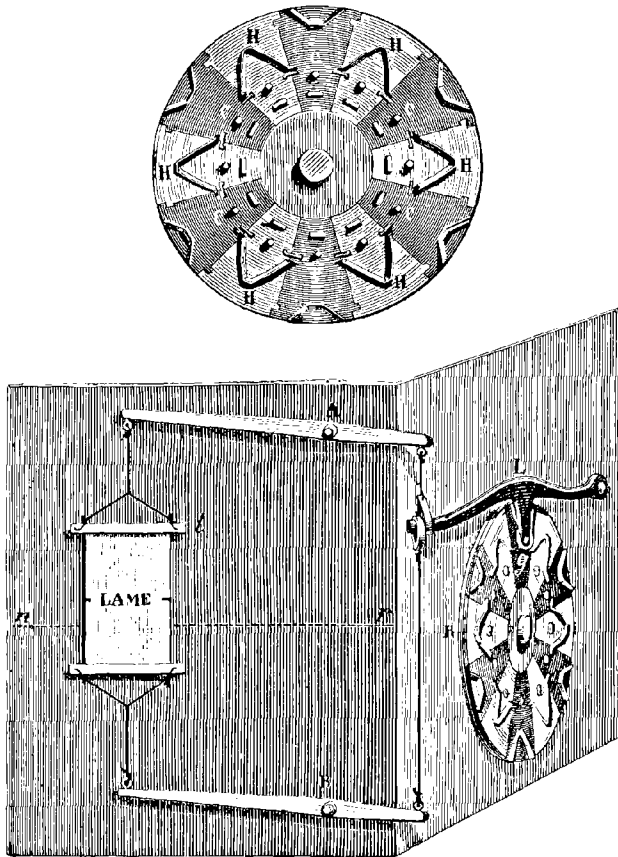


Fig. 225. — Tissage mécanique.

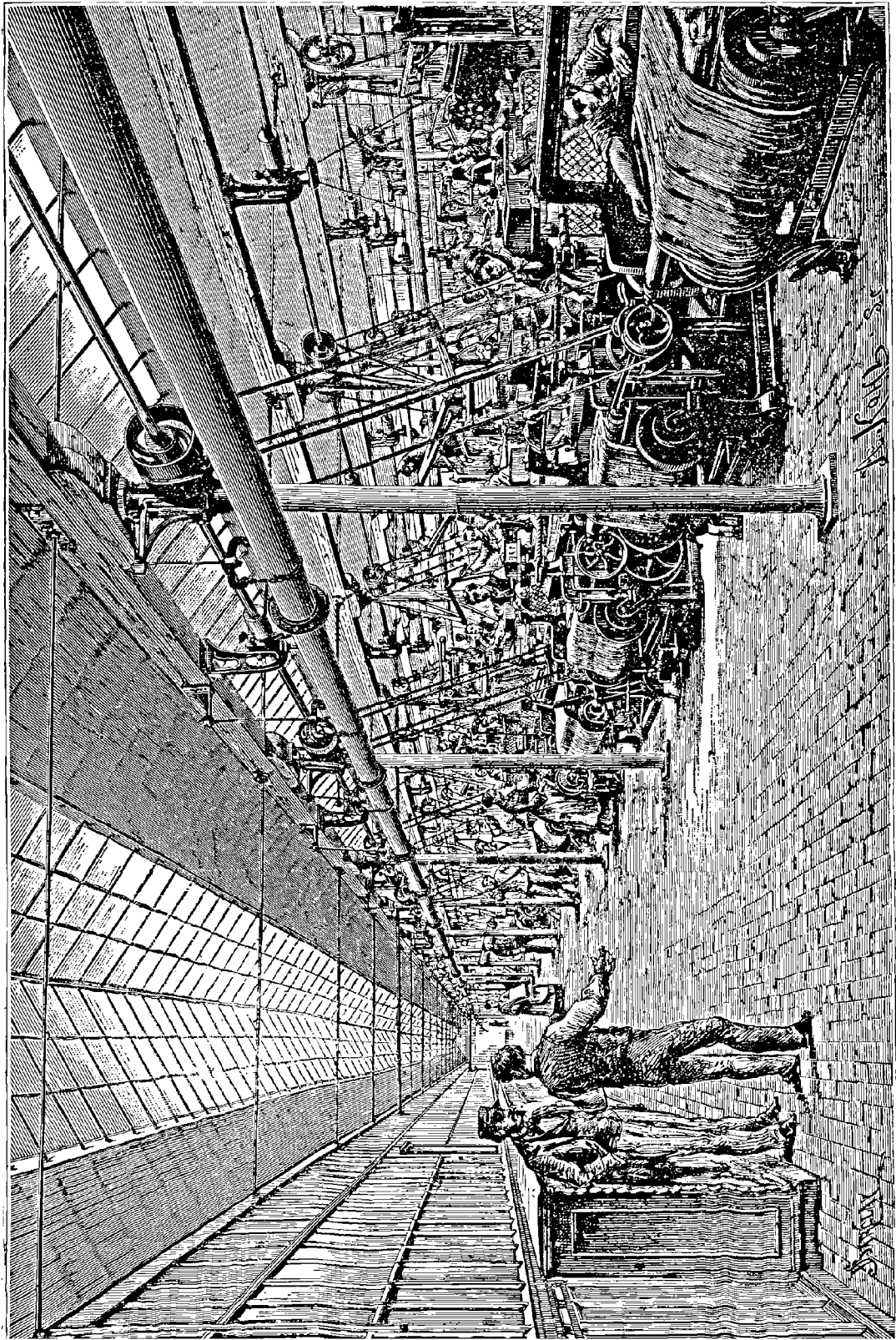


Fig. 226. — Atelier de tissage mécanique.

mailles de la lame n° 1, et les pairs dans ceux de la lame n° 2. Le montage du métier lui est indiqué par une figure qui, appelée *mise en carte*, lui est donnée par celui qui commande l'étoffe. Cette figure est un damier dans lequel les bandes verticales (fig. 227) représentent les fils de chaîne, et les bandes horizontales les fils de trame ou les duites. A la première duite tous les fils impairs devront être levés, c'est-à-dire *pris*; on indique cela en peignant en noir ou en rouge les carrés impairs formés par l'intersection des bandes verticales avec la première



Fig. 227. — Armure-toile avec sa mise en carte.

Fig. 228. — Armure batavia avec sa mise en carte.

bande horizontale, et en laissant en blanc les carrés pairs. A la seconde duite, tous les fils pairs devront être pris et les fils impairs laissés; on l'indique en peignant tous les carrés pairs de la seconde bande horizontale et en laissant en blanc tous les carrés impairs.

La seconde armure fondamentale est le *batavia*. La figure 228 montre le mode d'entrelacement et la mise en carte: elle a pour rythme deux *pris*, deux *laissés*, c'est-à-dire qu'à la première duite les fils 1, 2, 5, 6, 9, 10, etc., seront pris et les fils 3, 4, 7, 8, 11, 12, etc., seront laissés, et ainsi de suite.

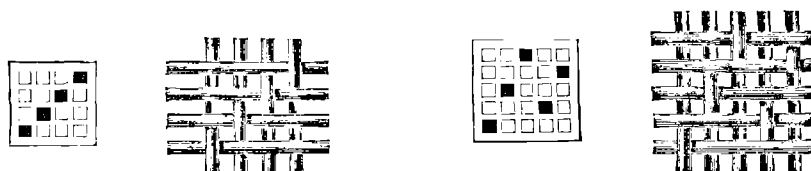


Fig. 229. — Armure sergé avec sa mise en carte.

Fig. 250. — Armure satin avec sa mise en carte.

Le *sergé* est caractérisé par le rythme un *pris*, trois *laissés*. La figure 229 représente la mise en carte et le mode d'entrelacement.

L'armure *satin* est caractérisée par un *pris*, quatre *laissés*. La figure 250 représente la mise en carte et le mode d'entrelacement.

Ces trois espèces d'armures se fabriquent avec des métiers à trois, quatre et cinq lames.

Il est un grand nombre d'étoffes, en particulier les étoffes à dessin, pour lesquelles le nombre des lames du métier à tisser devient considérable et constitue une grande difficulté d'exécution. Quand il n'en faut pas plus de vingt, on emploie encore le métier à lames; au delà cela devient impossible.

Pour éviter l'inconvénient résultant de cette multiplicité des lames, on employait autrefois des ouvriers spéciaux, qui étaient chargés de soulever chacun

des groupes de la chaîne en tirant sur des cordes convenablement disposées : ils étaient appelés *tireurs de lacs*. Leur travail était fort pénible, leur santé s'altérait bientôt par suite de la nécessité de rester souvent courbés, de prendre dans l'intérieur du métier des positions excessivement fatigantes. Jacquard, fils d'un maître ouvrier en soie de Lyon, inventa la machine dite *Jacquard*, par laquelle fut supprimé l'emploi de *tireurs de lacs*. Comme celle de beaucoup d'inventeurs, la vie de Jacquard fut traversée par de pénibles épreuves. En 1801, à la suite de longues recherches, il inventait la machine destinée à fabriquer les filets de pêche et presque en même temps celle qui devait supprimer l'emploi des *tireurs de lacs*. En 1804 la Société d'Encouragement lui décerna une médaille d'or et c'est à ce propos que Carnot, encore un peu sceptique sur les résultats de l'invention, se fit présenter Jacquard et lui dit : « C'est donc toi qui prétends toujours faire un nœud avec un fil tendu, tu veux donc réaliser l'impossible ». L'inventeur pour toute réponse fit fonctionner sa machine à faire les filets et Carnot se déclara convaincu. Jacquard travailla pendant quelques années au Conservatoire et, rappelé plus tard à Lyon, il fut placé à l'hospice de l'Antiquaille pour y établir un atelier de fabrication d'étoffes avec les métiers de son invention.

Le 27 octobre 1806 Napoléon I^{er} signait un décret qui autorisait la ville de Lyon à acheter de Jacquard son brevet d'invention moyennant une rente de 3000 francs, réversible sur sa femme. Jacquard accepta en demandant en plus une prime de 50 francs par chaque métier avec une tireuse de lacs. Napoléon y consentit en disant : *en voici un qui se contente de peu*. Cette intervention du gouvernement n'aurait pas encore le succès de l'illustre inventeur. Les ouvriers lyonnais, mécontents de voir supprimer l'emploi de *tireurs de lacs*, lui créèrent mille obstacles, le poursuivirent de leurs insultes et la police dut un jour l'arracher aux mains d'une troupe de mécontents qui voulaient le jeter dans le Rhône. D'autre part des industriels, qui n'avaient pas su se servir avec succès de la machine nouvelle, le traduisaient devant le Conseil des prud'hommes en demandant des dommages-intérêts. Cette assemblée fit briser en place publique une machine Jacquard. Mais l'inventeur était doué d'une rare énergie; il connaissait mieux que personne tous les mérites de sa machine; et soutenu par son patriotisme il résista aux violences dont il était l'objet, comme aux offres séduisantes que lui faisait l'étranger. Il resta en France et en 1812 les industriels lyonnais, à la suite de nouveaux essais, adoptèrent unanimement la machine à tireuse de lacs. A l'exposition de 1819 Jacquard obtint la croix de la Légion d'honneur et la médaille d'or. Retiré à Ollins, près de Lyon, il y mourut en 1834 à l'âge de 82 ans.

L'admirable machine de Jacquard a accompli dans l'industrie des tissus une véritable révolution. Sa description détaillée serait trop complexe; nous en donnerons seulement le principe.

La machine Jacquard permet, avec une seule pédale, de faire lever successivement un grand nombre de groupes de fils de chaîne. La figure théorique 231 nous servira à expliquer ses organes fondamentaux. Chaque fil horizontal *cc'* de

la chaîne est lié à un fil vertical *ff*, dit *lissette*, qui est suspendu à une tige métallique verticale *tt*, terminée à sa partie supérieure par un crochet *C* ou *bec-de-corbin*. Pour lever le fil de chaîne, il suffira que le crochet de la tige soit pris par la griffe *j* au moment où, appuyant sur la pédale unique *P*, l'ouvrier soulèvera cette griffe par l'intermédiaire du levier *LL'*. Mais si, à ce moment, le crochet était dévié de la verticale, il est évident que l'ouvrier pourrait impunément soulever la griffe et le fil de chaîne ne se soulèverait pas. Tout revient donc à trouver un moyen de dévier à volonté la tige à crochet. Pour cela cette tige traverse un anneau pratiqué dans une aiguille horizontale *AA'*; à l'extrémité *A'* de cette aiguille est

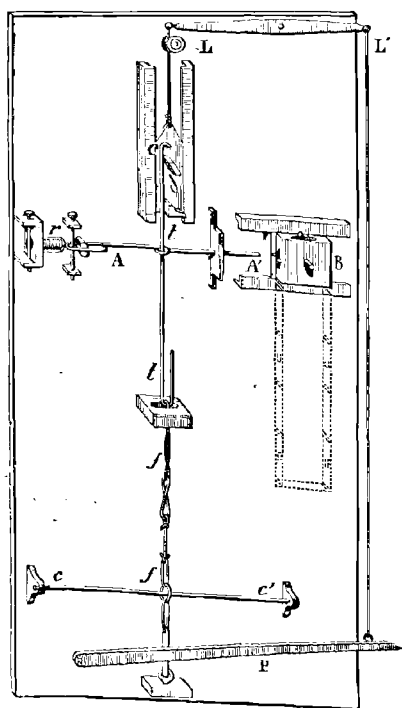


Fig. 251. — Organes essentiels du métier Jacquard.

un ressort *r* qui, poussant l'aiguille, maintient le crochet dans la verticale; supposons d'ailleurs que l'on puisse repousser l'aiguille de gauche à droite, le ressort va se comprimer et le crochet sera dévié. Il n'y a donc plus enfin qu'à trouver le moyen de produire ce mouvement. A cet effet une pièce de bois *B* est percée d'un trou dans lequel viendra se loger l'extrémité *A* de l'aiguille, quand le fil devra être levé; si l'on bouchait à ce moment le trou, l'aiguille serait repoussée et dévierait le crochet de la verticale. Il suffit donc de pouvoir à volonté boucher ou déboucher le trou en question; c'est ce que font des morceaux de carton qui forment chapelet et qui sont les uns pleins, les autres percés d'un trou correspondant à celui du morceau de bois. Il y a autant de cartons qu'il y a de duites à passer pour l'exécution du dessin. Le chapelet de cartons se déroule par le jeu même du métier. Il est évident que lorsqu'un carton plein se présente en face de l'aiguille, le trou sera bouché et le fil correspondant ne se lèvera pas; lorsque ce

sera, au contraire, un carton troué, l'aiguille entrera dans le trou et le fil sera levé.

Supposons sur le morceau de bois autant de trous que d'aiguilles, et, par suite, que de fils de chaîne; le jeu des cartons troués ou pleins divisera à un moment donné les fils de chaîne en fils baissés et en fils relevés.

Quant au perçage des cartons, il doit être fait en rapport avec la nature du dessin; c'est là une opération assez compliquée, qui constitue l'objet de l'industrie du *lisseur* et du *metteur en cartes*.

La figure 252 représente un métier Jacquard. On voit en *L, L* les lissettes à l'extrémité desquelles sont suspendus des plombs qui les maintiennent tendues et les abaissent lorsqu'elles sont abandonnées par la griffe; en *b, b* le système de cordes

qui produisent le mouvement de la navette, en C, C le jeu de cartons, en M la marche qui soulève la griffe.

Nous nous bornerons à cet exposé élémentaire des principes de la fabrication

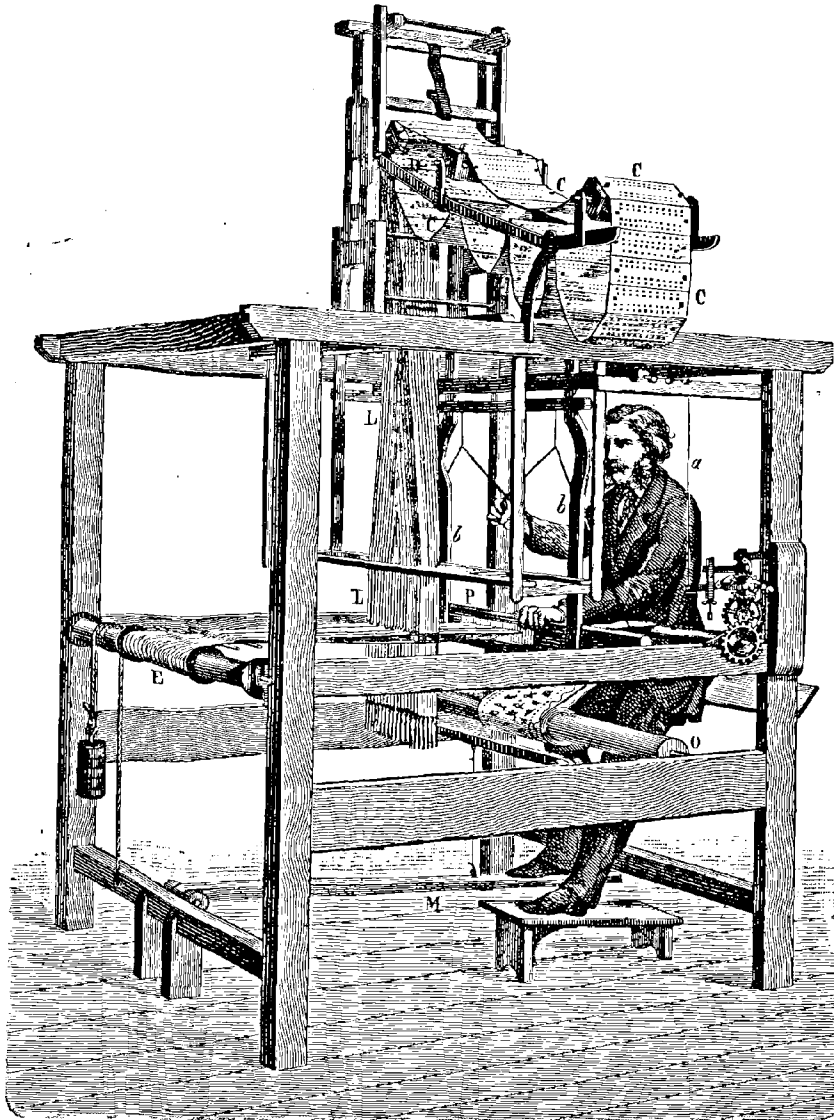


Fig. 232. — Métier Jacquard.

des tissus, laissant de côté l'étude des procédés plus compliqués employés pour la fabrication des velours, des tapis, des peluches, des astracans, des dentelles et des articles de bonneterie.

CHAPITRE XIII

TEINTURE, BLANCHIMENT, IMPRESSION ET APPRÊTS DES TISSUS

Lorsque les étoffes quittent le métier du tisserand, elles ne sont pas en état de servir à la confection de nos vêtements : la plupart ne sont pas teintées et ont encore la couleur naturelle des fils employés à leur fabrication. Nous excepterons cependant quelques étoffes qui sont fabriquées avec des fils teints avant le tissage : tels sont les draps, dont la laine est teinte avant l'opération de la filature, excepté pour les noirs et les rouges; les étoffes désignées sous le nom de *mélangés*, où l'entre-croisement de fils de diverses couleurs produit des effets plus ou moins variés, les soieries de Lyon, la bonneterie, etc. Pour teindre les étoffes, c'est-à-dire pour les colorer d'une manière durable, il y a deux méthodes principales, qui font l'objet de deux industries distinctes : celle du teinturier et celle de l'imprimeur sur étoffes. Le teinturier colore les tissus non seulement sur les deux faces, mais dans toute leur masse : une étoffe bien teinte doit être colorée jusqu'au centre de tous ses fils; l'imprimeur, au contraire, ne colore que l'une des faces du tissu et y dispose les matières colorantes de manière à y former des dessins. Ce sont des industries essentiellement chimiques, dont nous n'exposerons que les principes.

La teinture consistant, comme nous le verrons plus loin, dans la combinaison des étoffes avec les matières colorantes qui doivent former avec elles des composés *insolubles et colorés*, il est nécessaire de prédisposer le tissu à cette combinaison, de le débarrasser de toutes les substances qui pourraient diminuer son affinité pour les produits tinctoriaux, de le rendre parfaitement homogène, de sorte que toutes ses parties aient la même affinité pour eux et les fixent en égale proportion. Or les tissus en sortant de l'atelier de tissage sont loin d'être dans ces conditions; leurs fils renferment des substances dont les unes existent naturellement dans la fibre textile, tandis que les autres ont été introduites à la filature ou au tissage : tels sont les corps gras et le paré, qui empêcheraient les matières colorantes de se combiner à l'étoffe; puisqu'ils recouvrent chacun des fils comme d'une gaine protectrice. Il faut donc soumettre les tissus à un traitement dont l'effet sera d'éliminer toutes ces substances étrangères et nuisibles; on le désigne sous le nom de *premiers apprêts* et il varie avec la nature du tissu.

Pour les étoffes de laine, la première opération est en général le *fixage*, qui consiste à soumettre le tissu à l'action de la vapeur d'eau pour fixer les fils du tissu dans la position relative que leur a donnée le tisserand, pour les empêcher de se *godeler*.

Après le *fixage*, les tissus sont dégraissés par l'action de bains de carbonate de soude, lavés et séchés, soit dans des appartements chauds que l'on appelle *étentes*, soit à l'essoreuse. Enfin, pour les débarrasser du duvet qui existe toujours à leur surface, on les envoie au *grillage*, opération dans laquelle on passe l'étoffe sur un

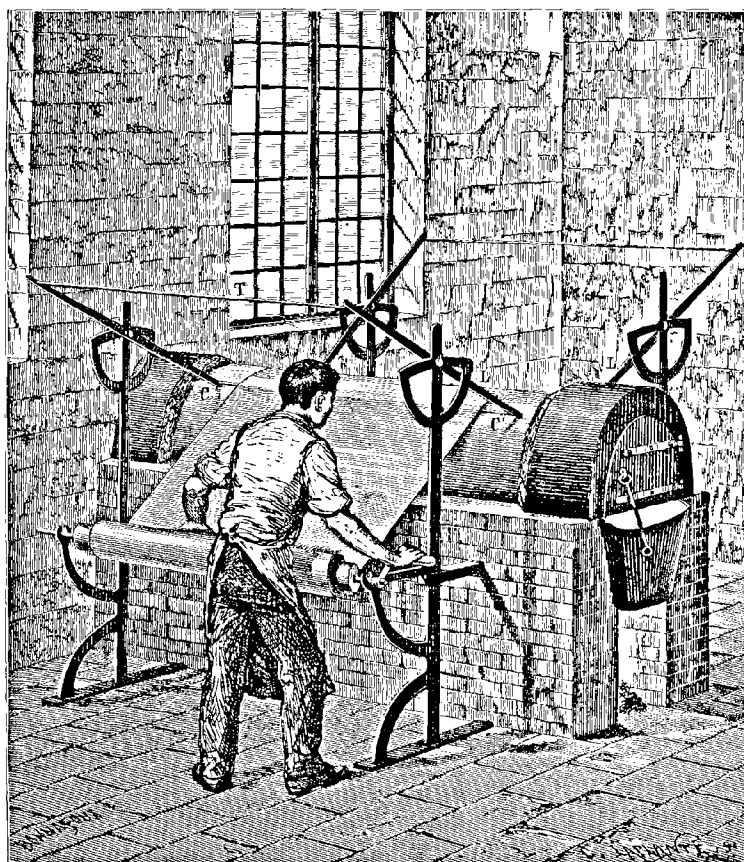


Fig. 233. — Grillage des étoffes.

cylindre métallique chauffé au rouge. La figure 233 représente l'appareil employé dans les ateliers : la pièce, enroulée sur un axe horizontal, est fixée de l'autre côté sur un autre axe que l'ouvrier met en mouvement à l'aide d'une manivelle, de manière à dérouler l'étoffe venant du premier axe et à l'enrouler sur le second. Des cadres à bascules TCC', TLL' permettent de soulever ou d'abattre la pièce sur le cylindre. Cette opération demande une grande habitude de la part de l'ouvrier, dont la moindre négligence pourrait compromettre la solidité du tissu et même le brûler complètement. Le nombre de passages sur le cylindre chauffé dépend de la nature de l'étoffe.

Le grillage se fait maintenant, dans la plupart des ateliers, à l'aide d'appareils à gaz dont les flammes viennent lécher le tissu; le plus connu est celui de M. Tulpin. Pour les étoffes de laine et soie les apprêts commencent par le grillage.

Les tissus de laine qui doivent rester blancs, ou recevoir des couleurs excessivement claires et tendres, sont blanchis dans des *souffroirs* : ce sont des chambres en maçonnerie, d'une hauteur de 6 à 7 mètres, et voûtées, pour que la vapeur qui pourrait se condenser coule le long des voûtes et ne retombe pas sur les étoffes que l'on suspend à des barres horizontales qui traversent la chambre. On allume le soufre aux quatre coins du souffroir et l'on ferme toutes les issues. Le lendemain on ouvre une trappe située à la partie supérieure de la chambre, on donne un peu d'air par la porte, le gaz sulfureux s'échappe et l'on peut entrer dans le souffroir pour dépendre les étoffes, qui sont envoyées à la teinture, ou au bain d'azurage si elles doivent rester blanches.

Les tissus de lin et de coton reçoivent, avant teinture, comme les étoffes de laine, des apprêts destinés à leur enlever les matières qui empêcheraient les produits tinctoriaux de se fixer sur eux d'une manière uniforme. Les tissus de lin ne sont pas grillés, mais les tissus de coton, présentant toujours à leur surface un duvet dû à la nature de la fibre textile, sont d'abord soumis au *grillage* ou *flambage*, qui se fait sur des appareils semblables à ceux que nous avons décrits pour les étoffes de laine. Les tissus de lin et de coton sont soumis à l'action de bains, dont l'effet est de débarrasser le tissu des substances qui nuiraient aux opérations de la teinture : ces substances sont des résines solubles dans l'eau bouillante et les solutions alcalines ou acides, une matière incrustante colorée et insoluble, mais qui deviendra soluble dès qu'elle aura été oxydée par le chlore, enfin le parement, les matières grasses, les saletés, les poussières que le tissu a reçues pendant sa fabrication. La première opération consiste à enlever le parement, ce qui se fait soit en laissant séjourner les pièces dans l'eau chaude, soit en les passant dans un appareil appelé *clapot*, que représente la figure 254, et qui se compose essentiellement de deux cylindres de bois A et B, dont le supérieur exerce sur l'autre une assez forte pression; ils sont installés sur un courant d'eau ou sur un réservoir où le liquide peut être facilement renouvelé. Le tissu engagé entre eux descend dans l'eau, passe sur un rouleau R, remonte, est dirigé par des chevilles placées sur la traverse CD, repasse entre les cylindres, et ainsi de suite.

Le parement une fois enlevé, on dissout les matières grasses par un bain de carbonate de soude, puis on lave. Si le tissu ne doit recevoir que des couleurs foncées, il n'est pas nécessaire de pousser plus loin ce traitement préparatoire. Mais s'il doit rester blanc ou être teint de couleurs claires, il faut procéder au blanchiment, qui se fait par l'action alternée de bains alcalins et de chlorure de chaux : pour la plupart des tissus de coton, l'alcali employé est la chaux, et le tissu est soumis à son action dans une cuve que représente la figure 255. Après y avoir circulé, dans un lait de chaux, sur des rouleaux autour desquels il tourne, il passe entre des cylindres compresseurs c, qui expriment l'excès de liquide. Les tissus imprégnés de lait de chaux doivent être soumis à une longue ébullition pour

que la décomposition des matières grasses et leur transformation en savons calcaires puissent s'effectuer. On les range à cet effet dans de vastes chaudières, de manière que l'entassement soit uniforme et que le liquide puisse passer partout. On remplit d'eau la chaudière et on la ferme; puis on fait arriver la vapeur à haute pression pour porter le liquide à une température élevée : une pompe prend continuellement la lessive en dessous pour la verser au-dessus des tissus. Après huit heures de ce traitement, on refroidit, on lave au clapot, on passe en acide chlorhydrique pour dissoudre les savons calcaires et on lave une seconde fois au clapot.

La figure 237 représente un atelier de blanchiment, où le passage des tissus d'un appareil à l'autre se fait automatiquement.

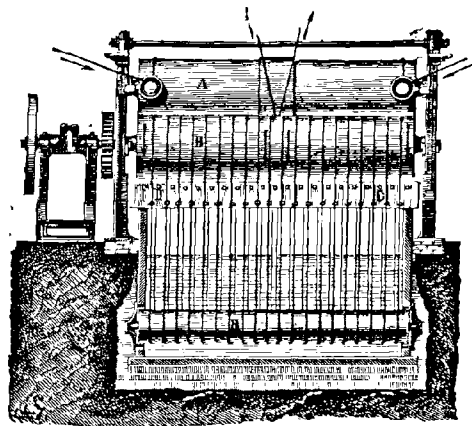


Fig. 234. — Appareil pour laver les pièces au clapot

La teinture des étoffes comprend une infinité de détails qui varient avec chaque nuance à obtenir et dans la description desquels nous ne pouvons entrer ici. C'est, comme nous l'avons déjà dit, une

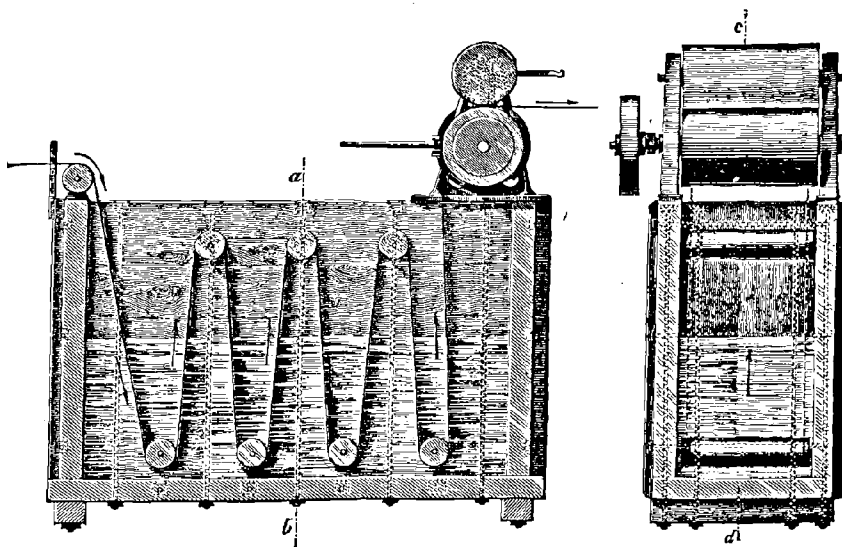


Fig. 235. — Cuve au lait de chaux (vue de face et de côté).

industrie essentiellement chimique et qui ne progresse qu'en s'appuyant sur les données de la science.

On emploie à la coloration des étoffes les substances les plus variées, comme la cochenille, les racines de garance, les bois de Campêche, du Brésil, le bois

jaune, la gaude, l'indigo, etc. Depuis un certain nombre d'années ces produits sont le plus souvent remplacés par des matières colorantes artificielles extraites du goudron de houille et de ses dérivés. L'application de ces couleurs nouvelles est en général plus facile; leur éclat est beaucoup plus vif.

Les procédés de teinture varient à l'infini avec la nature de l'étoffe et avec la couleur que l'on veut lui donner.

On peut combiner directement la matière colorante au tissu en le plongeant dans une solution portée à une température suffisante. Tels sont, par exemple,

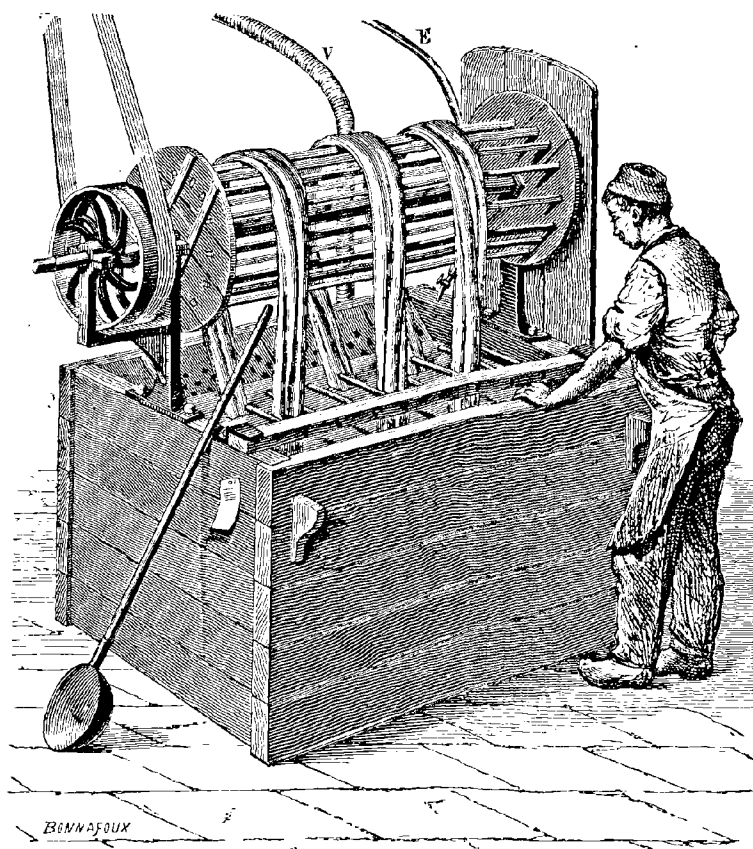


Fig. 236. — Cuve de teinture.

les procédés de teinture sur laine et sur soie avec l'acide picrique qui colore en jaune, avec la fuchsine pour les rouges, etc.

Dans la plupart des cas, la matière colorante n'a pas assez de tendance naturelle à s'unir à l'étoffe pour qu'on puisse opérer comme précédemment; il faut alors procéder par *mordançage*, c'est-à-dire faire servir à la coloration du tissu non seulement une substance colorante, mais aussi un ou plusieurs corps, appelés *mordants*, qui devront être choisis de manière à avoir de l'affinité pour l'étoffe et pour la matière colorante, entre lesquelles ils serviront d'intermédiaire pour fixer la seconde sur la première. Il faut aussi que le résultat de

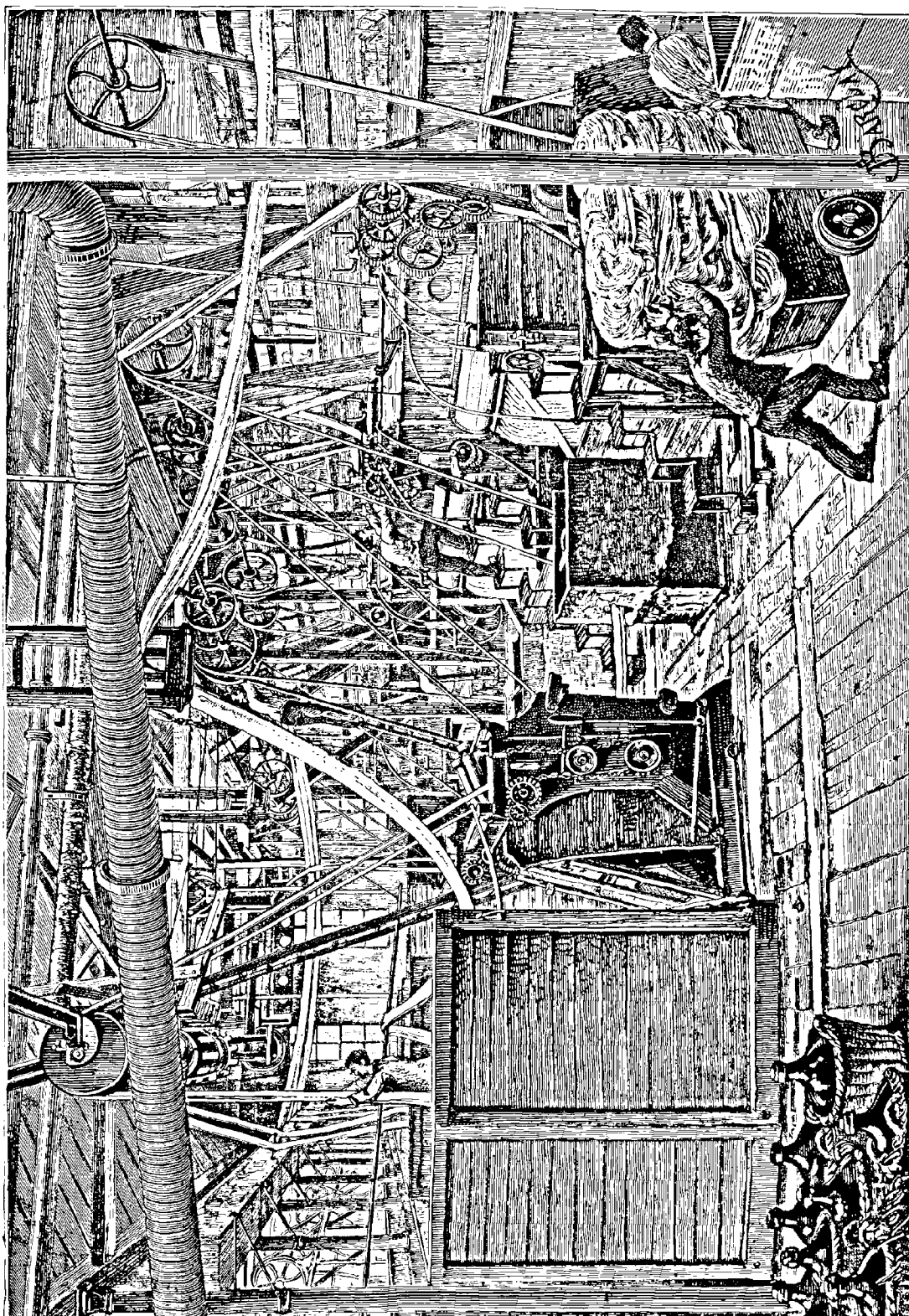


Fig. 257 — Atelier de blanchiment.

cette triple combinaison de l'étoffe, du mordant et de la matière colorante soit insoluble dans l'eau. Dans la teinture des laines et des soies, les mordants le plus souvent employés sont le tartre, l'alun et le sel d'étain. Dans la teinture des cotons, le mordant par excellence est le tanin, que l'on emprunte soit à la noix de galle, soit aux feuilles d'un arbuste appelé *sumac*.

La teinture des étoffes se fait en général dans des cuves chauffées à la vapeur; l'étoffe est passée sur un cylindre à claire-voie appelé *tournette* (fig. 256), puis cousue par ses deux bouts et plongée dans le bain. La tournette par son mouvement fait sortir l'étoffe du bain, puis l'y replonge et assure l'égalité répartition de la matière colorante sur le tissu.

IMPRESSION DES TISSUS

Avant de décrire les procédés d'impression, nous indiquerons quelques-uns des principes sur lesquels ils reposent.

1° On imprime des mordants convenables sur des points déterminés de la surface des étoffes; on plonge ensuite ces étoffes dans des bains de matière colorante. Celle-ci se fixe aux parties mordancées et donne des couleurs qui varient avec la nature du mordant, de sorte que si l'on a imprimé plusieurs mordants à la surface d'un tissu, on aura plusieurs couleurs avec le même bain colorant. Quant aux parties qui n'ont pas été mordancées, elles ne retiennent la matière colorante que très faiblement, et un simple lavage suffit pour les en débarrasser. Ce procédé ne s'applique qu'aux étoffes de lin et de coton : quand il s'agit de tissus de laine et de soie qui, par suite de leur plus grande affinité pour les matières colorantes, se combineraient avec elles, même dans les parties non mordancées, on imprime à la fois le mordant et la couleur mélangés; puis on les fixe par l'action de la vapeur d'eau.

2° On peut aussi teindre l'étoffe comme à l'ordinaire, après avoir eu soin d'imprimer aux endroits que l'on veut conserver blancs des matières qui les préservent de l'action du bain colorant. C'est le procédé dit par *réserve*.

3° Souvent, après avoir *mordancé* ou *teint* l'étoffe d'une manière uniforme, on imprime en certains points des substances appelées *rongeants*. Dans le cas où l'étoffe a été seulement mordancée, les rongeants détruisent le mordant; par suite le bain colorant dans lequel on passera le tissu respectera les parties rongées. Dans le cas où l'étoffe a été teinte avant impression, le rongeur détruira la couleur produite sur les parties où il sera imprimé.

4° Enfin, on peut imprimer à la surface du tissu une matière colorante épaissie avec de l'albumine ou de l'amidon, puis le soumettre à l'action d'un courant de vapeur d'eau, qui fixe la couleur à sa surface.

Quant à l'impression, elle s'exécute de deux manières : à la main ou à la machine.

L'impression à la main se fait au moyen de planches qui présentent en relief les dessins que l'on doit reproduire sur l'étoffe. Les tissus sont tendus à la surface de tables quelquefois très longues (fig. 238) et recouvertes de draps qui forment matelas. Un enfant, qui sert d'aide à l'imprimeur, enduit de couleur un tampon de drap renfermé dans un châssis monté sur une table à roulettes; l'imprimeur vient prendre la couleur sur ce drap en y appuyant plus ou moins la planche, qu'il applique ensuite sur l'étoffe à l'endroit où l'impression doit être faite : puis à l'aide d'un marteau il frappe, sur le dos de la planche, un coup sec qui détermine l'adhérence et assure une impression régulière. Pour imprimer les dessins

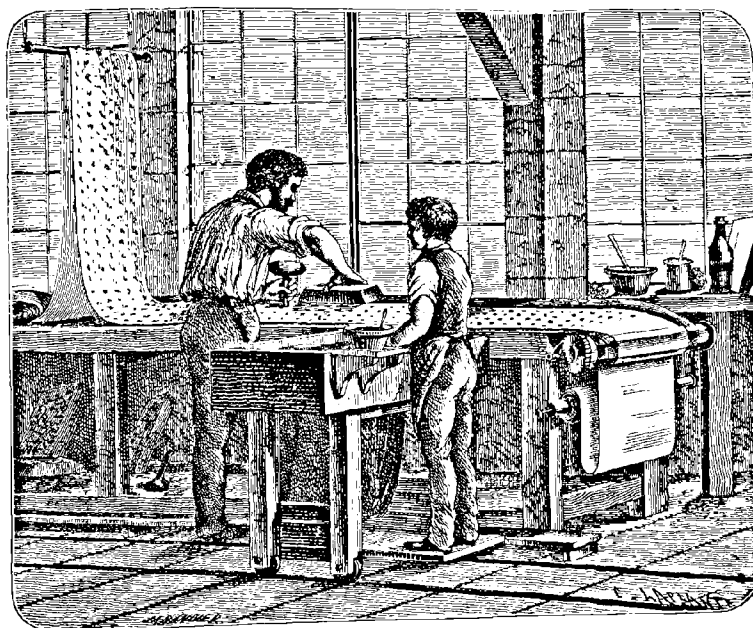


Fig. 238. — Impression des tissus

à leur place exacte, l'imprimeur se repère au moyen de picots que porte la planche et qu'il applique aux endroits convenables.

Les planches employées dans l'impression des tissus sont faites par trois méthodes différentes. On peut les obtenir par *gravure*, c'est-à-dire qu'après avoir reproduit le dessin à la surface d'un morceau de poirier ou de buis, un graveur armé d'un burin évide ce morceau de bois, de manière à ne laisser saillantes que les parties devant s'imprégner de couleurs. Le relief doit être très fort.

Quand on a à reproduire des dessins fins et compliqués devant servir très souvent, on a recours au *clichage*. Ce procédé, très expéditif, permet de tirer plusieurs épreuves du même sujet. Après avoir reporté le dessin sur un morceau de tilleul en bois *debout*, on place celui-ci sous un burin qui est chauffé au gaz

et qui, par l'intermédiaire d'une pédale, est animé d'un mouvement de va-et-vient vertical (fig. 259). Pendant ce mouvement on déplace le morceau de bois en présentant au burin les différents points des lignes du dessin; l'outil entre dans le bois en le brûlant et y creuse des trous dont la succession reproduit ces lignes. On coule ensuite dans cette espèce de moule un alliage métallique facilement fusible et l'on recouvre le moule d'une plaque ou semelle de fonte qui s'allie à la surface du métal fondu. Après refroidissement et solidification, on

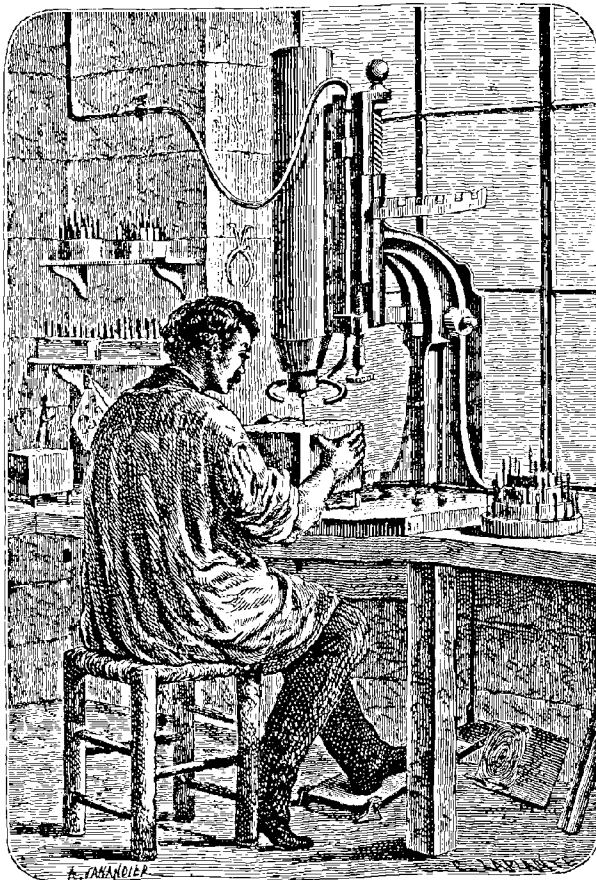


Fig. 259. — Clichage au gaz.

soulève la plaque de fonte, qui emporte avec elle le métal solidifié reproduisant tous les détails du moule. On le détache de la semelle de fonte, on le cloue sur une planche et on le ponce pour égaliser sa surface.

Enfin on emploie aussi un troisième procédé, qui est réservé aux dessins à lignes fines et nettes. On enfonce verticalement dans le bois, suivant les contours du dessin, de petites lamelles de laiton dont la succession produit à la surface de la planche un relief à arêtes unies et très nettes.

L'impression mécanique se fait soit au rouleau, soit avec une machine appelée *perrotine*. Nous ne décrirons pas en ce moment la machine à rouleaux, qui fut importée d'Angleterre au commencement de ce siècle et que nous retrouverons plus loin dans l'industrie des papiers peints; nous en donnerons seu-

lement le principe. Supposons qu'on grave en creux les détails du dessin à la surface d'un rouleau en bronze, et qu'après l'avoir recouverte de couleur on racle cette surface avec un couteau de manière à ne laisser de matière colorante que dans les parties creuses. Il est évident que si l'on fait ensuite passer ce rouleau sur une étoffe étendue, il y imprimera le dessin gravé en creux à sa surface.

L'impression est faite à l'aide d'une machine très délicate et très précise dans laquelle les rouleaux tournent sur eux-mêmes, se chargent de couleur, se nettoient et impriment sur l'étoffe, qui suit leur mouvement de rotation.

La machine présente ordinairement différents rouleaux fonctionnant en même

temps et pouvant imprimer jusqu'à seize couleurs à la fois. Supposons que l'on veuille imprimer des fleurs dont une partie serait jaune et l'autre rouge : un rouleau imprimera le jaune et l'autre le rouge. Dans les machines qui ont un grand nombre de rouleaux, pour que les uns n'écrasent pas les couleurs imprimées par les autres, certains rouleaux sont gravés en creux, les autres en relief.

Une autre machine, plus spéciale aux tissus de laine et remplaçant plus fidè-

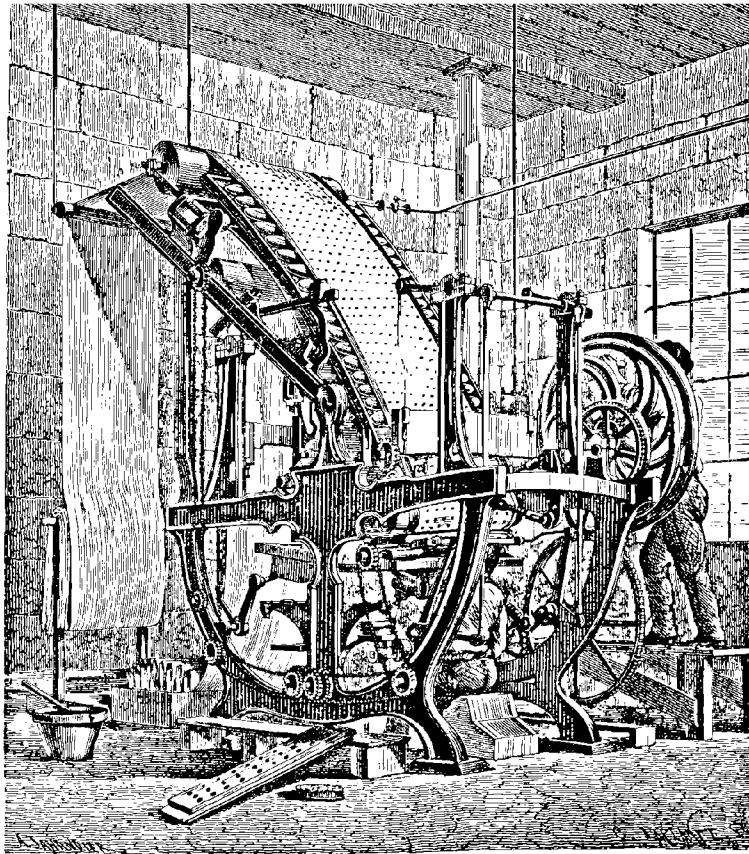


Fig. 240. — Perrotine : impression mécanique des tissus en plusieurs couleurs.

lement l'impression à la main, est la *perrotine*, ainsi appelée du nom de Perrot, son inventeur.

La figure 240 fait voir l'ensemble de cette machine assez compliquée, et la figure 241 nous permettra de décrire ses organes essentiels et d'en faire comprendre le jeu.

Le tissu circule dans le sens indiqué par les flèches sur des cylindres que l'on voit sur la figure 241 et vient présenter la face à imprimer à l'action d'une planche gravée PP qui est animée d'un mouvement de va-et-vient vertical ; lorsqu'elle est arrivée à la partie supérieure de sa course, elle appuie sur l'étoffe et

imprime la couleur qu'elle a reçue du tampon T. Voici comment se fait la distribution de couleur : le tampon est animé d'un mouvement alternatif d'arrière en avant et d'avant en arrière; dans le premier mouvement, il frotte sur un cylindre qui tourne dans un encrier fixe E au milieu de la couleur liquide; ce contact suffit

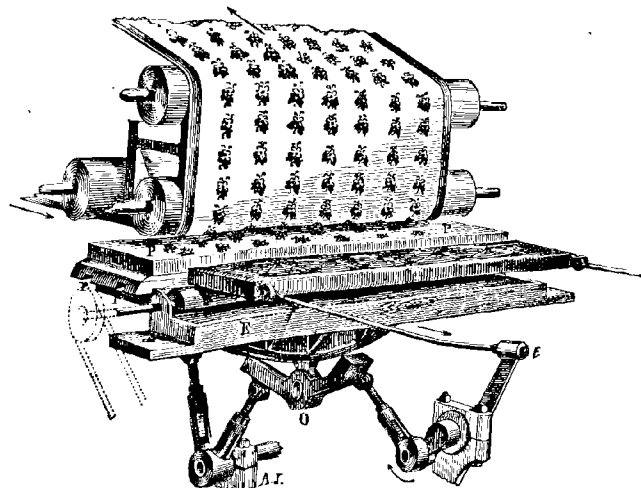


Fig. 241. — Organes travailleurs de la perrotine.

à l'imprégner de matière colorante. La planche P s'abaisse ensuite et le tampon en reculant dépose la couleur à sa surface; pendant que la planche remonte pour venir imprimer sur l'étoffe, le tampon revient en avant, se charge de nouveau, et ainsi de suite. On voit en O, E les différents organes qui transmettent le mouvement à la planche et au tampon.

On comprend qu'on pourra imprimer autant de couleurs qu'il y aura de planches et de tampons.

L'industrie de l'impression sur étoffe est très importante; Rouen et Saint-Denis sont les villes où elle est le plus développée. Elle est parvenue à une grande perfection et reproduit des dessins d'une extrême délicatesse à la surface des toiles de coton, dites *perses*, destinées à l'ameublement, des mousselines pour robes, des foulards, etc. On fait aussi par impression des châles imitant les cachemires tissés.

DERNIERS APPRÊTS DES TISSUS

Après teinture, blanchiment ou impression, les tissus ont encore à subir les derniers apprêts. Ces opérations, qui varient avec la nature des étoffes, n'ont le plus souvent pour but que de les soumettre à une espèce de *repassage* et de lustrer leur surface; c'est ce qui arrive pour les toiles de lin et de coton, pour les coutils, etc. On fait passer ces tissus dans des bains d'amidon et de fécule, qui produisent un véritable amidonnage; à leur sortie on les fait circuler avec tension sur des cylindres chauffés à la vapeur, tournant d'un mouvement continu et dont l'action peut être assimilée à celle d'un fer à repasser.

Les tissus légers et délicats, comme les étoffes blanches de Saint-Quentin, ne pourraient subir la tension dont nous venons de parler. Après l'amidonnage, on

les tend avec précaution sur de vastes cadres ou *tables d'apprêt*, sous lesquelles circulent des tuyaux chauffés à la vapeur.

Les étoffes de laine reçoivent aussi les derniers apprêts en sortant de teinture : ils consistent en un tondage exécuté par une machine que nous décrirons bientôt à propos de la fabrication des draps; ce tondage, qui ne se fait pas sur tous les tissus de laine, a pour effet de compléter l'action du grillage. Certaines étoffes sont soumises à une pression considérable entre des plateaux creux chauffés à la vapeur. Enfin, après avoir été humectés avec de l'eau, les tissus sont passés sur des cylindres C, C (fig. 242), en cuivre rouge, chauffés par la vapeur du tuyau T,

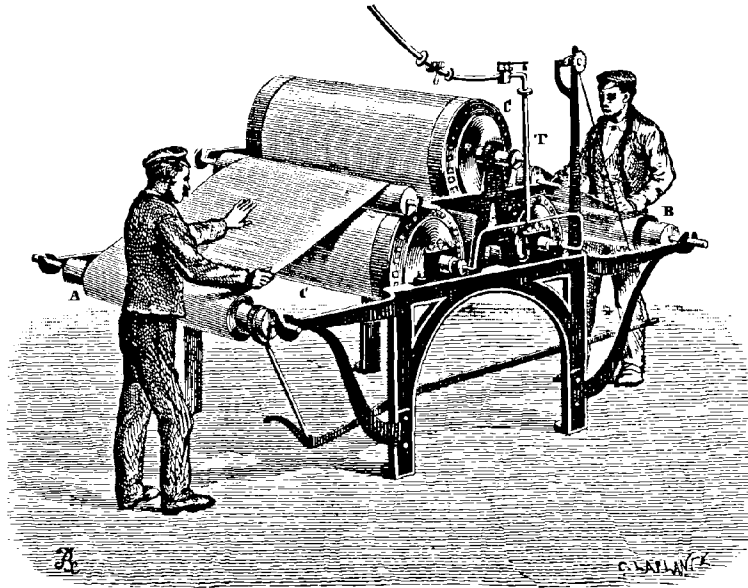


Fig. 242. — Apprêts des étoffes (cylindreur).

et y subissent un véritable repassage. L'étoffe se déroule du rouleau A pour aller s'enrouler sur le rouleau B.

Les velours de coton et les velours d'Utrecht reçoivent à l'envers un gommage plus ou moins fort, que l'on sèche en les faisant circuler sur une série de cylindres chauffés à la vapeur. Les velours d'Utrecht reçoivent quelquefois un dernier apprêt qui a pour but de tracer des dessins en relief à leur surface. C'est ce qu'on appelle *gaufre* ou *frapper* le velours. Cette opération s'exécute à l'aide de deux cylindres dont l'un est en bois et appuie sur le second qui est creux et en cuivre. Le cylindre de cuivre a été gravé à sa surface de manière que les dessins que l'on veut reproduire sur le velours soient en creux et que les intervalles qui les séparent soient en relief; il est chauffé à l'aide de morceaux de bois que l'on fait brûler à son intérieur et communique avec une cheminée par un tuyau de poêle. Supposons maintenant que, pendant que les deux cylindres tournent l'un sur l'autre on engage entre eux le velours à gaufrer, sa face veloutée étant du côté du cylindre de cuivre; les saillies de ce cylindre vont pénétrer dans le velours sans le brûler,

et refouleront les houpes du tissu qui, sous l'influence de la chaleur et de la pression, se coucheront l'une sur l'autre d'une manière définitive. Quant aux parties creuses, elles laisseront entrer à leur intérieur les fibres relevées du tissu, qui seront respectées et reproduiront en relief à la surface de l'étoffe les dessins gravés en creux sur le cylindre. La figure 243 représente une machine où l'on peut gaufrer deux pièces à la fois : elle a deux cylindres de bois appuyant sur le même cylindre de cuivre par la pression de deux vis que l'on voit sur la figure.

Les tissus en soie reçoivent aussi des apprêts destinés à leur donner du corps et du brillant; les satins unis ou façonnés, les articles à cravates, les failles sont

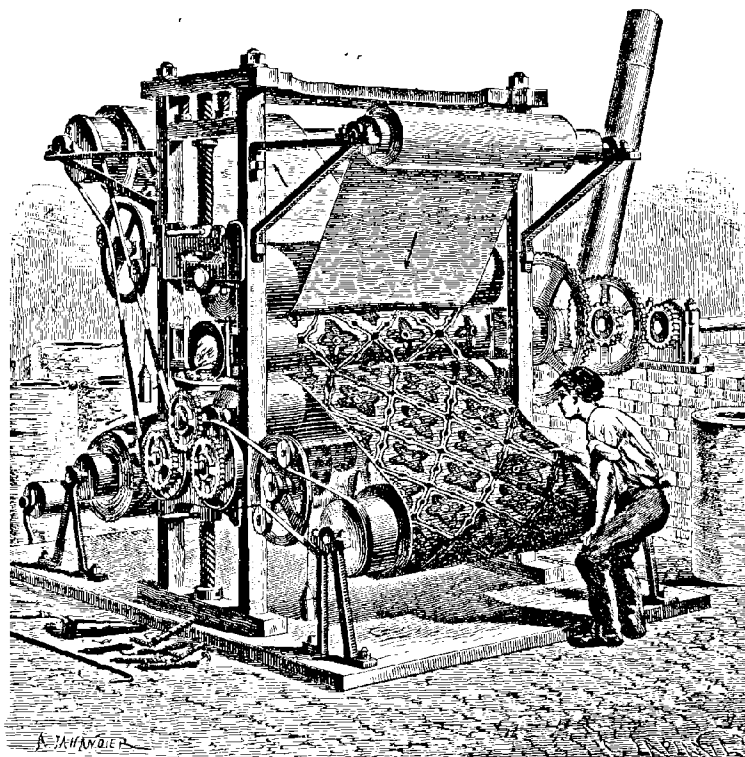


Fig. 243. — Machines à gaufrer le velours d'Utrecht.

gommés sur l'envers et passés entre des cylindres qui exercent sur eux une pression.

Quant aux dessins que l'on remarque à la surface des étoffes désignées sous le nom de *moire*, on les produit de la manière suivante. S'il s'agit de faire de la *moire française*, c'est-à-dire celle dont les dessins sont symétriques par rapport à une ligne médiane qui divise la largeur du tissu en deux parties égales, on plie l'étoffe suivant sa longueur, de manière que les deux moitiés d'une même duite se superposent; puis on la fait passer entre des cylindres; de la pression qu'ils exercent résulte un froissement qui fait briller l'étoffe en certains points et donne les dessins cherchés. S'il s'agit, au contraire, de faire de la *moire antique*, le tissu est plié en biais, suivant la chaîne, et passé au cylindre. Les dessins ne sont plus symétriques, mais ils ont plus de richesse.

FABRICATION DES DRAPS

Le drap est une étoffe qui tire toutes ses qualités des apprêts qu'il reçoit; lorsque le tissu destiné à être transformé en drap arrive du tissage, il présente l'aspect d'une toile grossière. Il doit d'abord être *dégraissé*. Cette opération, qui lui enlève les corps gras de l'ensimage, est exécutée par une machine appelée *dégraisseuse*, qui consiste en deux gros cylindres faisant fonction de laminoir et situés au-dessus d'une auge, où se trouve de l'eau et de l'argile à foulon. Le tissu, dont les deux bouts sont cousus ensemble, passe entre les cylindres qui, l'entraînant dans leur mouvement, le sortent du bain pour l'y replonger ensuite. L'argile s'unit aux corps gras qu'elle absorbe et un passage à l'eau débarrasse l'étoffe de l'argile chargée d'huile. Après un séchage pratiqué à l'air libre ou dans des séchoirs chauds, les pièces sont remises aux *épiceteuses*, qui, armées d'une petite pince nommée *épince*, les nettoient de toutes les impuretés, comme les pailles, les boutons, etc. Ce travail est en général exécuté par des femmes, ainsi que l'opération du *rentrayage*, qui vient immédiatement après et qui a pour but de réparer à la main les défauts du tissage. Il faut tendre les fils qui, s'étant cassés pendant le tissage, ne sont pas droits : cela se fait en saisissant l'extrémité du fil avec l'épince et en le tirant ensuite pour le tendre; il faut réparer les *faux pas*, c'est-à-dire passer des fils là où il manque une duite par suite d'une rupture de la trame, etc.

Le drap va ensuite au *fouillage*. Cette opération, la plus importante de toute la fabrication, a pour but de transformer l'étoffe, qui est lâche, relativement mince et molle, en un tissu serré et ferme, quoique moelleux; elle s'exécute à l'aide de machines appelées *foulons*. Nous décrirons l'une de celles qui sont le plus employées. La partie essentielle de l'appareil se compose de deux joues en bronze *a, a* (fig. 244), que l'on peut rapprocher plus ou moins. Le tissu est engagé entre ces deux joues, puis saisi par deux cylindres situés derrière elles et

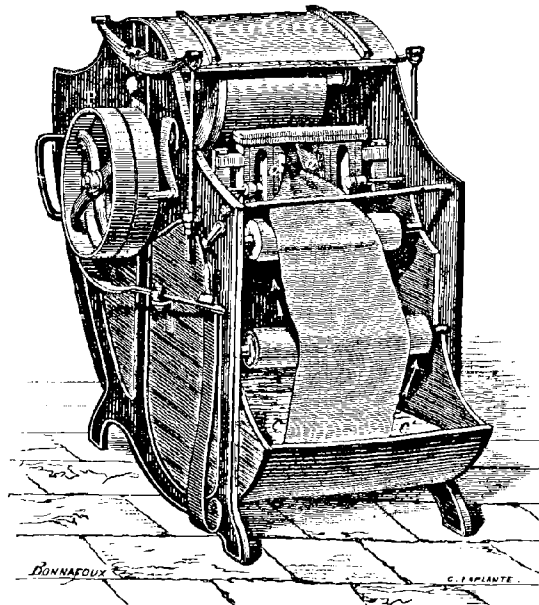


Fig. 244. — Fouillage des draps

animés d'un mouvement de rotation. Ces cylindres, appelant l'étoffe, la forcent à passer dans un intervalle qui est très petit, si on le compare à la largeur qu'elle a. Dans ce passage les fibres se rapprochent, se feutrent, et le tissu, se trouvant condensé, diminue de largeur. C'est le foulage en *largeur*. Il doit être accompagné d'un foulage en *longueur* : pour cela le drap, en sortant des cylindres, s'accumule dans un espace, ou *chambre*, d'où il ne pourra sortir qu'à condition de soulever une porte s'ouvrant de bas en haut et appuyée par un ressort très fort contre l'ouverture d'issue. Le tissu s'accumulant dans cette chambre va y être soumis à une pression suivant sa longueur et se foulera en *longueur*. Quand cette pres-

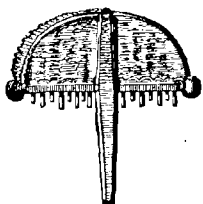
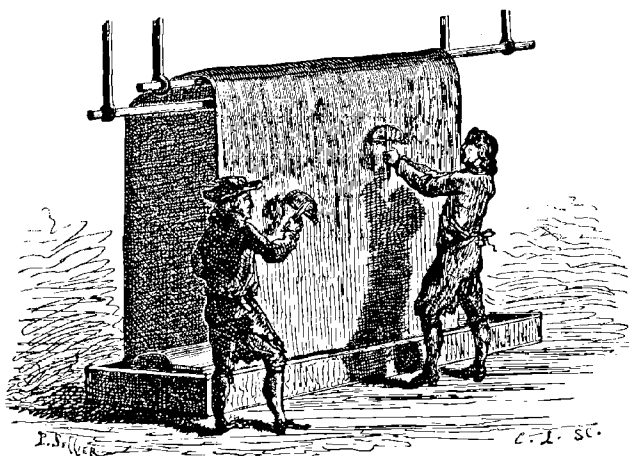


Fig. 245. — Lainage ancien du drap.

sion, qui augmente à mesure que l'étoffe est fournie par les cylindres, sera devenue suffisante, la porte se soulèvera et le drap accumulé dans la chambre sortira pour faire place à une nouvelle quantité livrée par les cylindres; mais, comme elle se refermera bientôt, l'opération recommencera pour les parties qui suivent. Les deux bouts de la pièce ayant été cousus ensemble, le mouvement se continuera aussi longtemps qu'il sera nécessaire.

Si le foulage se faisait à sec, les fils s'altéreraient : pour éviter cet inconvénient, la partie inférieure de la machine est munie d'une auge *c'c'* dans laquelle se trouve de l'eau de

savon. Le tissu, passant dans ce liquide, s'y imprègne de la dissolution, qui facilite le glissement et le ramollissement des fibres. L'opération du foulage diminue considérablement les dimensions de l'étoffe : pour les draps lisses, cette diminution est un tiers en longueur et en largeur. Le foulage est appliqué à toutes les étoffes feutrées, comme les couvertures de laine, les molletons, les flanelles, etc. A Sedan, il se fait avant le dégraissage.

A la sortie des foulons, le drap est débarrassé du savon par un lavage; puis il passe au *lainage*, qui a pour but de relever les filaments froissés par le foulage, de les coucher tous dans le même sens, de manière qu'ils forment à la surface une couche de duvet homogène recouvrant autant que possible les intervalles laissés par le croisement des fils. Pour atteindre ce but, on se servait autrefois d'une espèce de brosse formée de chardons que l'on passait sur les draps sus-

pendus verticalement (fig. 245). Aujourd'hui on emploie une machine appelée *laineuse*. La partie principale de cette machine est un cylindre tournant C (fig. 246) dont la surface est formée par des cadres garnis de chardons. L'étoffe se déroulant du rouleau R passe sur lui, et les aspérités des chardons font l'effet d'une brosse qui coucherait les filaments. Les figures 246 et 247 représentent une laineuse et un ouvrier garnissant de chardons un cadre devant former l'un des côtés. La figure 248 représente les chardons employés en draperie : le plus grand, appelé *drapier*, sert à la première passe : le second, nommé *bonnetier*, s'emploie généralement pour le tirage à poils à la main ou dans les cadres pour la deuxième passe ; le plus petit, ou *foulon*, est plus doux ; il sert pour les apprêts fins et pour le dernier passage.

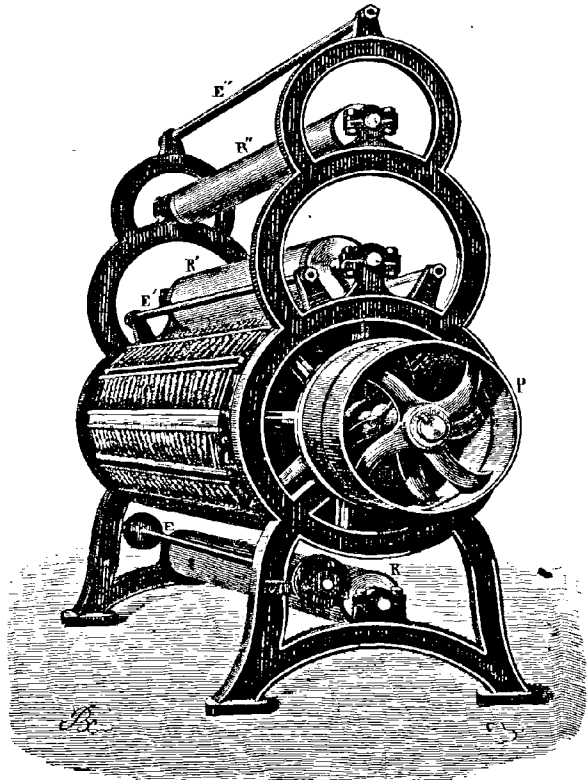


Fig. 246 — Laineuse.

Quand on veut obtenir des étoffes à poil droit comme les draps-velours, l'opération du lainage est suivie du *battage*, qui consiste à tendre horizontalement le drap mouillé et à le battre avec des baguettes flexibles qui redressent le poil.

Le lainage et le battage exigent que le drap soit mouillé ; on le sèche ensuite à l'air ou dans des étuves à air chaud. Pendant ce séchage il est tendu sur des appareils appelés *rames*.

Les filaments qu'a couchés la *laineuse* ne sont pas tous d'égale longueur : il en résulte une irrégularité d'aspect dans le tissu. Pour la faire disparaître, on tond le drap. Cette opération, qu'on

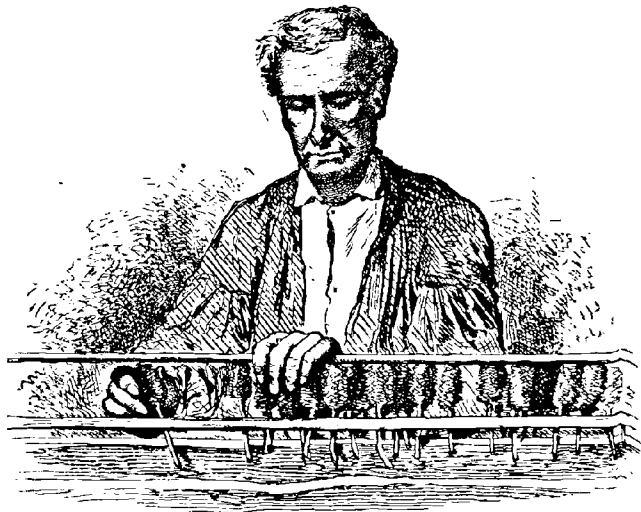
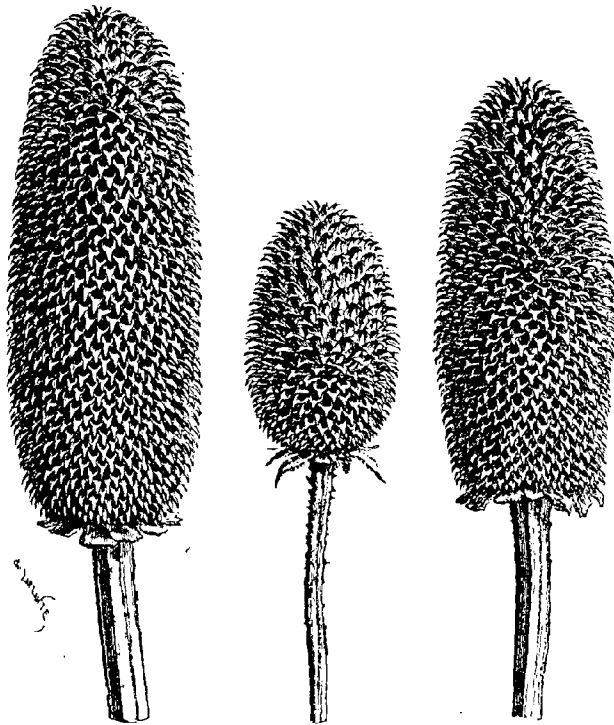


Fig. 247. — Pose des chardons dans les cadres.

se pratiquait autrefois à la main avec des ciseaux (fig. 249), s'exécute aujourd'hui sur des machines spéciales. Celle qui est le plus généralement employée se



Drapier. Foulon. Bonnetier.

Fig. 248. — Chardons pour lainage.

compose essentiellement d'un cylindre C (fig. 250) armé de lames d'acier H très aiguës et disposées sur lui en spirale; il est animé d'un mouvement rapide de rotation. A une petite distance de ce cylindre se trouve une lame aigüe et rectiligne L. Par le mouvement de la machine, le drap D vient passer au contact et au-dessous de cette lame fixe, et ses fibres, relevées par une traverse AA située au-dessous de lui, se trouvent prises comme dans une paire de ciseaux dont l'une des lames (la lame rectiligne) serait fixe et l'autre (les lames spirales) mobile.

Après le tondage, le drap retourne au lainage : c'est ce qu'on appelle lui donner une *seconde eau*, parce qu'à chaque

lainage il doit être mouillé; les opérations de lainage et de tondage sont répétées d'autant plus de fois que le drap doit être plus fin. Certains draps subissent jusqu'à vingt-quatre lainages et vingt-quatre tondages.

Quand le drap est fini, on l'expose simultanément à une forte pression et à

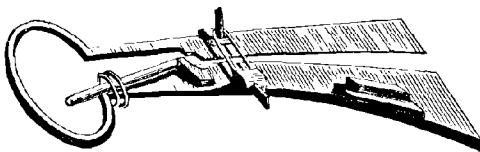


Fig. 249. — Ancien ciseau à tondre les draps.

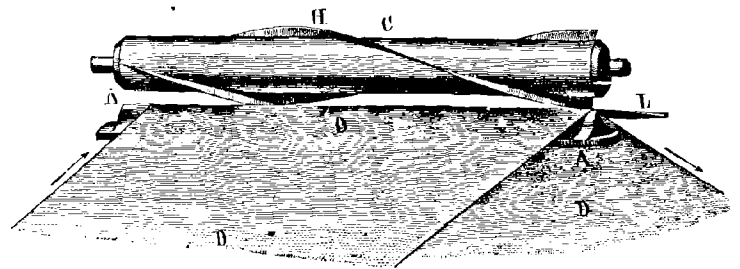


Fig. 250 — Tondage des draps.

l'action de la chaleur; le duvet se couche et l'étoffe prend le brillant recherché; c'est le *lustrage*. L'excès de brillant donné au lustrage est corrigé par le *décantissage*, opération qui consiste à exposer le tissu à l'action de la vapeur d'eau.

Certains draps destinés à la confection des vêtements d'hiver (paletots, par-

dessus, etc.) doivent avoir leur surface *frisée* ou *ondulée*. On leur communique cette propriété à l'aide d'une machine où le tissu, après avoir été tiré à poils, passe entre deux plaques P et Q (fig. 251) animées d'un double mouvement circu-

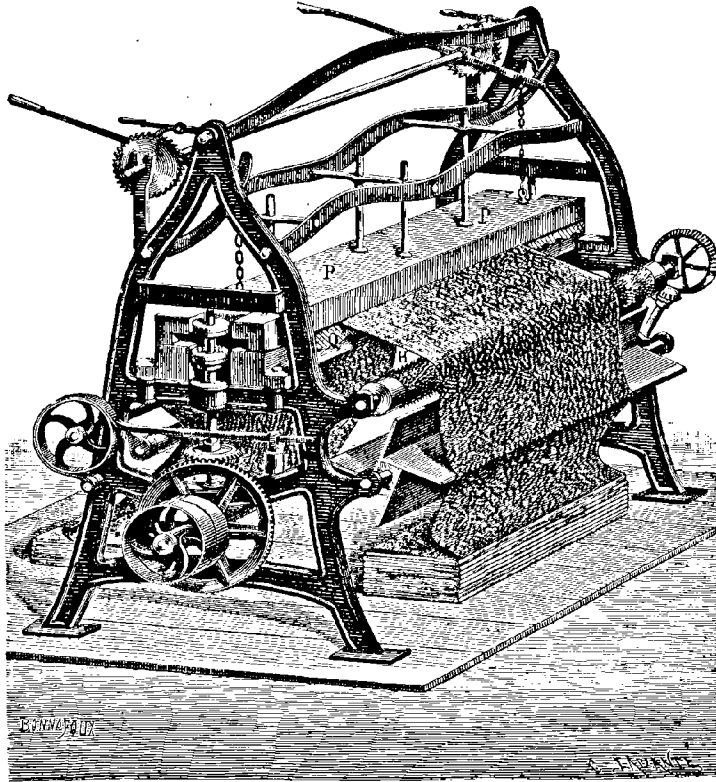


Fig. 251. — Machine à friser et à onduler les draps.

laire et rectiligne. La plaque supérieure est recouverte d'une étoffe grossière qui, frottant sur la laine, la *frise* et l'*ondule*.

On voit combien est longue la fabrication du drap; on peut l'estimer à deux mois et demi depuis l'entrée de la laine en filature jusqu'à l'achèvement de l'étoffe.

CHAPITRE XIV

LE VÊTEMENT ET LA COIFFURE

CONFECTION DES VÊTEMENTS

Les industries que nous avons étudiées dans les chapitres précédents avaient toutes pour but de fournir à l'homme les tissus destinés à la fabrication de ses vêtements; cette fabrication fait l'objet d'industries diverses, comme celles du tailleur, de la couturière, de la lingère, etc. Tout le monde connaît les principaux détails de ces industries, qui s'exercent à la main et qui, malgré leur importance, n'offrent rien de particulier à décrire. Nous dirons seulement quelques mots de la confection des vêtements d'hommes, qui a pris les proportions d'une grande industrie.

Les étoffes sont d'abord coupées sur des *patrons*, ou morceaux de papier épais, dont la forme varie avec la nature du vêtement; les dimensions sont données par la *mesure que prend* le tailleur sur le corps même de la personne qui commande l'objet à confectionner; puis les différentes pièces sont livrées à l'ouvrier qui les *assemble* et les prépare pour l'essayage. Les retouches à faire sont indiquées par le maître tailleur à l'aide de traits faits avec un morceau de savon taillé, et le vêtement, rendu à l'ouvrier, est définitivement confectionné. Le talent d'un bon ouvrier tailleur ne consiste pas seulement dans l'exactitude et dans le soin qu'il apporte à exécuter les indications qui lui sont données au point de vue des dimensions et de l'ajustement des pièces, mais aussi et surtout à donner au vêtement du cachet, de l'élégance et de la résistance à la déformation, etc. Toutes ces qualités dépendent des garnitures intérieures que l'ouvrier doit savoir placer et ajuster, de son habileté à manier le fer à repasser qui, par son poids et par sa chaleur, cambrera certaines parties du vêtement pour leur faire prendre la forme du corps, etc.

L'industrie du tailleur comprend deux classes distinctes : celle des tailleurs à façon et celle des confectionneurs. Les premiers essayent le vêtement lorsqu'il est ajusté, les autres le font sans essayer. Il en résulte évidemment qu'un habit de *confection* est toujours moins soigné et moins bien ajusté que celui qui est fait à façon. Mais nous devons ajouter que les confectionneurs produisent à

meilleur marché, tant à cause des capitaux considérables dont certaines maisons disposent, que par suite de la facilité qu'elles ont d'entretenir constamment le travail de leurs ouvriers, même pendant la *morte-saison*. Sous ce rapport, cette industrie rend chaque jour de grands services : le bon marché auquel elle arrive permet de répandre dans les classes ouvrières un confortable auquel elles ne pouvaient prétendre autrefois, et sous ce rapport on ne saurait trop encourager ses progrès.

L'invention de la *machine à coudre* a beaucoup contribué au résultat que nous signalons. Chacun connaît cette machine, qui est en usage maintenant jusque dans nos maisons particulières; il en existe bien des modèles capables d'exécuter les ouvrages les plus divers. Dans les plus simples, qui ne font que le point appelé *point de chaînette*, une aiguille disposée verticalement et recevant le fil d'une bobine montée sur l'appareil est mise en mouvement alternatif, soit par une roue mue à la main, soit par une pédale. Dans ce mouvement elle vient traverser l'étoffe placée sur un porte-objet et entraîne le fil : à chaque passage un organe situé au-dessus du porte-objet rencontre le fil et fait la boucle nécessaire à la formation du point. Quant à l'étoffe, elle est entraînée par le mouvement d'une pièce rugueuse, qui se meut dans une fente percée dans le porte-objet, et se trouve serrée contre lui par une autre pièce appelée *presse-étoffe*. L'ouvrière n'a qu'à guider le tissu dans son mouvement. Ces machines ont l'inconvénient de ne pas *arrêter* le point, c'est-à-dire que, lorsque la couture est faite, si le fil vient à se casser, il suffira de tirer sur l'une de ses extrémités pour qu'il quitte l'étoffe et que la couture se défasse tout entière.

Dans les machines plus complètes, on ne rencontre pas cet inconvénient : le point est constitué par l'enchevêtrement de deux fils, l'un est porté par l'aiguille, l'autre est livré par une navette qui est située au-dessous du porte-objet et s'y déplace d'un mouvement horizontal alternatif. La figure 252 représente une machine à deux aiguilles.

L'industrie de la confection des vêtements est répandue dans toute la France : Paris en est le centre principal.

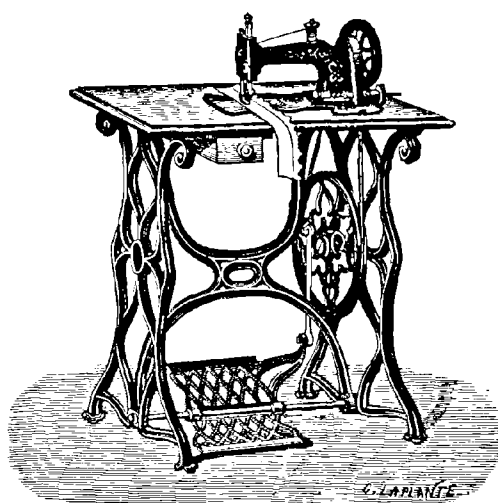


Fig. 252. — Machine à coudre.

CHAPELLERIE

La chapellerie comprend la fabrication des coiffures d'hommes et de femmes; nous ne nous occuperons que des premières : la confection des autres se fait exclusivement à la main et ne comporte pas une description détaillée, le talent de la modiste consistant surtout dans le bon goût et dans l'élégance des produits fabriqués.

La chapellerie pour hommes est une industrie très importante, qui embrasse la fabrication des chapeaux de feutre, de soie, de paille, et celle des casquettes.

Les chapeaux de *feutre* entrent aujourd'hui pour les neuf dixièmes dans la consommation annuelle, et la France en fabrique pour près de 80 millions de francs, somme dans laquelle la consommation intérieure est représentée par 60 millions environ. Les principaux centres de fabrication sont Paris, Lyon, Aix, Bordeaux, Roman, Bourg-du-Péage, Tarascon, Chazelles, Esperaza, Fontenay-le-Comte.

L'usage des chapeaux de feutre remonte au règne de Charles VI. Les premiers feutres furent faits en laine d'agneau, ensuite en poil de castor; plus tard on mélangea à la laine le poil de chevreau et de veau; aujourd'hui le feutre, qui sert à la confection des chapeaux, est fait avec des poils de chèvre, de lapin, de loutre, de rat gondin, auquel on mélange quelquefois une certaine quantité de laine.

La laine possède naturellement la propriété feutrante, c'est-à-dire que, si on la foule, les différents brins s'entre-croiseront, se fixeront l'un à l'autre par les aspérités qu'ils présentent et finiront par constituer un tissu appelé *feutre*. Les poils, dont nous avons parlé tout à l'heure, ne possèdent pas naturellement la propriété feutrante et l'on doit la développer chez eux par l'opération du *sécrétage*, qui consiste à les imprégner d'une dissolution de nitrate de mercure, avant de les détacher de la peau de l'animal : cela se fait en frottant cette peau du côté du poil avec une brosse préalablement trempée dans la dissolution. Après avoir séché les peaux, on arrache le poil ou on le coupe avec un outil très tranchant. Dans les usines bien montées, cette opération est exécutée mécaniquement par un couteau à lames hélicoïdales, qui est animé d'un mouvement rapide de rotation et qui rappelle les *tondeuses* employées pour les apprêts des étoffes. Le cuir sort de ces machines à l'état de copeaux.

Après ces opérations préliminaires commence la fabrication proprement dite du chapeau; nous la décrirons d'abord telle qu'elle a été pratiquée pendant longtemps, et nous indiquerons ensuite les modifications que la grande industrie y a apportées.

Les poils de diverses natures sont d'abord mélangés suivant la qualité du feutre

que l'on veut faire; après ce mélange, il faut *ouvrir les poils*, c'est-à-dire raréfier la masse par l'agitation et la faire foisonner : c'est le but de l'*arçonnage*, opération qui tire son nom de l'outil dont on se sert. L'*arçon* est un arc de 2 m. 50 environ, suspendu à une petite distance d'une table sur laquelle on met les poils. L'ouvrier, en faisant vibrer la corde au milieu de ces poils, les agite et les projette à une certaine hauteur; ils retombent peu à peu, s'enchevêtrent et forment une masse que l'on divise en plusieurs lots ou *capades*, pour la transformer par l'opération du *bastissage* en un tissu ayant la forme d'une cloche. Pour cela, on place une première capade sur une toile mouillée, appelée *feutrière*, au-dessus on applique une feuille de papier mouillée, puis la seconde capade et l'on replie la feutrière; en la pressant avec les mains, en la pliant et la repliant en tous sens, on commence le feutrage et l'on obtient deux lames de poils feutrés, qui ont déjà une certaine consistance. On les réunit par leurs bords et on les remet en feutrière pour opérer la soudure par un nouveau feutrage. Il faut avoir soin de séparer les deux lames par une feuille de papier pour les empêcher de se réunir sur toute leur surface.

Le tissu qui constitue la cloche n'ayant pas encore assez de consistance, on le porte au foulage. La figure 253 représente une *foule*. Cet appareil se compose d'une chaudière remplie d'eau acidulée par l'acide sulfurique. Sur les bords sont disposés des plans inclinés ou *bancs*. L'ouvrier trempe son feutre dans l'eau de la chaudière, puis il le place sur le banc, où il s'égoutte, le presse avec un rouleau de bois, l'arrose d'eau froide et, pendant quatre heures, continue à le fouler en tous sens, d'abord avec les mains nues, puis avec les mains garnies de manicles ou semelles de cuir.

Le feutre, après foulage, est placé sur une forme dont on le force à prendre les contours en le pressant fortement avec les mains : c'est ce qu'on appelle le *dressage de foule*. Pour faire les bords, l'ouvrier attache l'étoffe sur le bas de la forme avec une forte ficelle et relève, en tirant de long en large, la partie du tissu qui se trouve au-dessous de cette ficelle et qui constituera le bord du chapeau. On laisse sécher, on polit à la pierre ponce et à la peau de chamois; puis on teint dans un bain composé suivant la nuance que l'on veut obtenir. Après teinture, le tissu, lavé et séché à l'étuve, est livré à l'apprêteur, qui l'imprègne d'une dissolution de gomme laque; on fait ensuite sécher à l'air, et la gomme laque, qui est entrée dans les pores du chapeau, lui donne de la fermeté. Enfin le chapeau doit subir la *mise en tournure*; cette opération est faite par des ouvriers spéciaux appelés *tourneuriers*. Ils donnent au chapeau sa forme définitive en se servant de fers chauds, avec lesquels ils repassent le chapeau placé sur une forme en bois. Le fer ramollit la gomme laque, et l'ouvrier profite de ce ramollissement passager pour donner aux bords du chapeau la forme voulue.

Le travail à la main que nous venons de décrire est assez long, et le plus habile ouvrier ne peut guère *bastir* et *fouler* plus de trois chapeaux dans sa journée; la substitution du travail mécanique a fait une véritable révolution

dans la chapellerie : en augmentant la production et en abaissant le prix de revient, elle a mis le chapeau de feutre à la portée de toutes les bourses; c'est ce qui explique le développement important que cette industrie a pris.

Le mélange des poils se fait dans une série d'armoires communiquant entre elles; le poil est placé sur une toile sans fin où il est pris par des cylindres alimentaires et par un arbre à palettes qui le lancent dans la première armoire. Un ventilateur entretient son mouvement, et l'on voit, à travers les vitres de

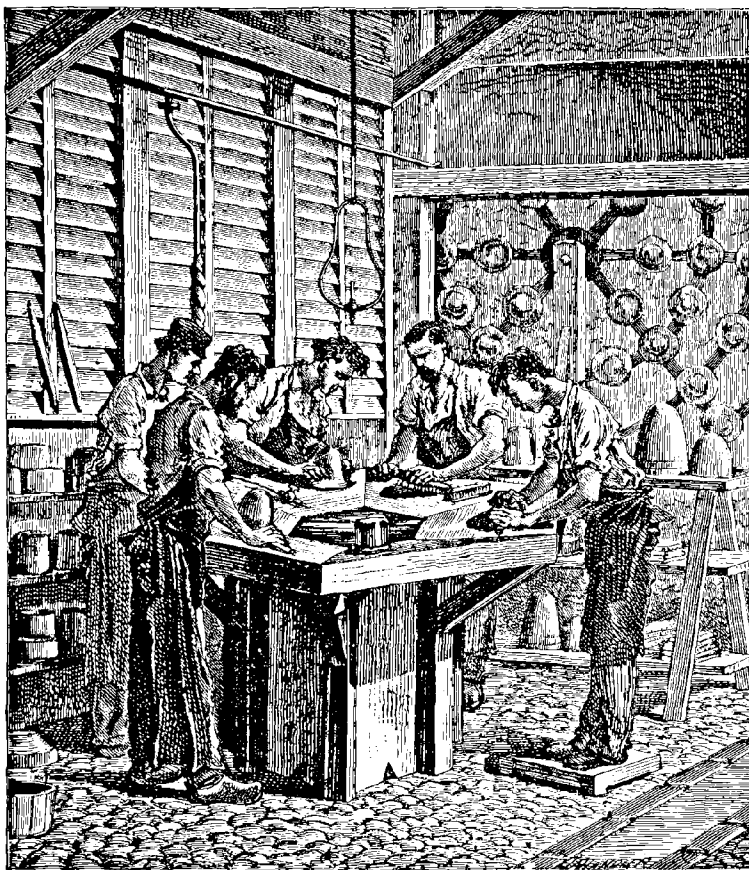


Fig. 253. — Atelier de foule.

ces armoires, voltiger et tourbillonner les poils, qui se mélangent et laissent déposer le *jarre*, ou poil de qualité inférieure, dans les tiroirs situés à la partie inférieure de l'appareil.

Le mélange ainsi produit est livré à une machine appelée *bastisseuse*, chargée d'exécuter l'*arçonnage* et le *bastissage*. Les poils sont placés sur la toile sans fin **T** (fig. 254), et y sont pris par des cylindres alimentaires qui viennent les présenter à un cylindre garni de brosses disposées suivant sa longueur : la rotation les lance dans un conduit **A**, où ils sont agités en tous sens par un courant d'air actif qui les fait progresser dans ce conduit. Arrivés à l'extré-

mité, ils sortent par une large fente et vont se fixer sur une cloche de cuivre C percée de trous et recouverte d'un linge mouillé. Elle tourne lentement autour d'un axe vertical et repose sur un pied P, dans lequel une pompe à air, qui communique avec l'appareil, fait le vide, aspire les poils et les fixe sur la cloche. Comme celle-ci est conique, on comprend qu'à sa base il se déposerait moins de poils qu'à son sommet, puisque la quantité, qui sort en un temps donné par une longueur déterminée de la fente, étant la même partout, se répartirait à la base sur une plus large surface et y fournirait une moins

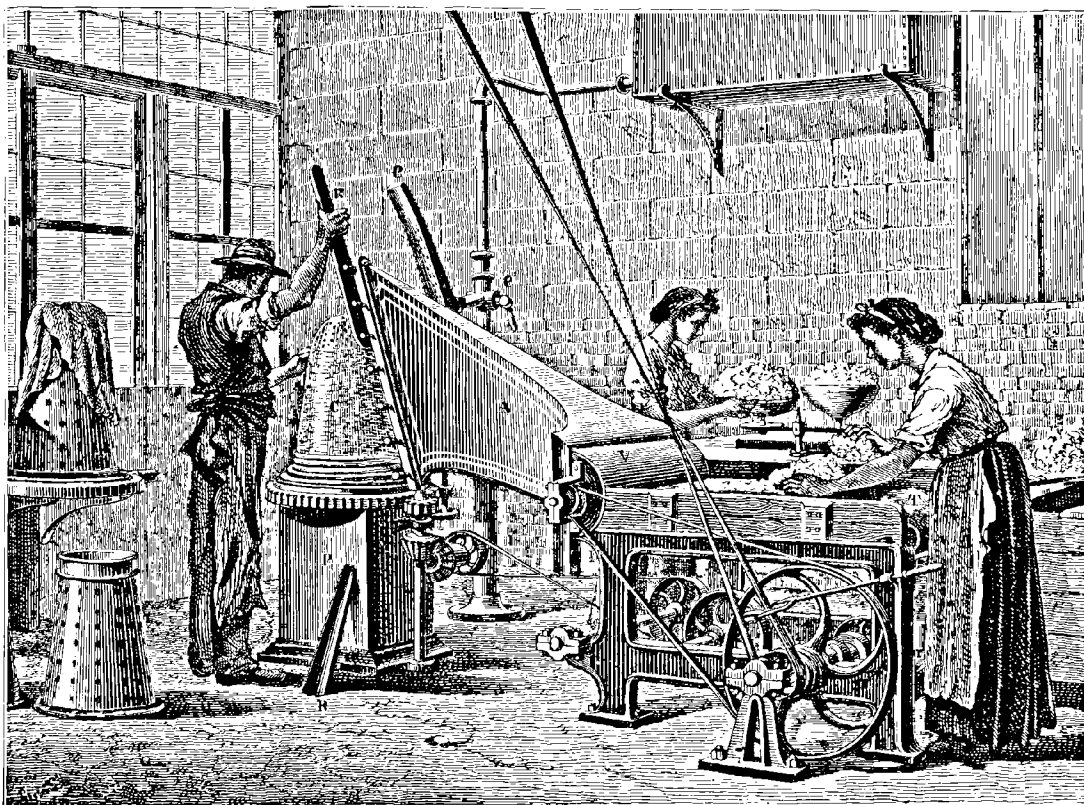


Fig. 254. — Bastissage.

grande épaisseur. Pour régulariser cette répartition la fente n'est pas ouverte en même temps sur toute sa hauteur : un ouvrier place devant elle une plaque R, qu'il soulève peu à peu de bas en haut; le mouvement qu'il donne à cette plaque est plus lent lorsqu'elle est en bas que lorsqu'elle est en haut, de telle sorte que la partie inférieure de la cloche reçoit le poil pendant plus de temps que la partie supérieure. On recouvre ensuite la cloche d'une toile mouillée, et on l'enlève pour la plonger dans un bain d'eau acidulée, qui augmente la consistance du tissu et permet de le détacher plus facilement de la cloche.

Le tissu très léger ainsi obtenu est ensuite *assuré*, c'est-à-dire qu'on augmente sa solidité en le plaçant dans une feutrière et en lui faisant subir le feutrage à

la main que nous avons décrit. Le feutrage est achevé dans une machine à feutrer, où l'étoffe est soumise à une pression et à une friction simultanées. Le feutre passe ensuite à la foule, au dressage et aux apprêts. Ces opérations se font de la manière que nous avons décrite; souvent maintenant on se sert, pour donner au chapeau la forme qu'il doit avoir, de machines spéciales que nous décrirons à propos des chapeaux de paille. Le ponçage s'exécute mécaniquement sur des formes que représente la figure 255. Ces formes F, animées d'un mouvement rapide



Fig. 255. — Ponçage des chapeaux de feutre.

de rotation, reçoivent le chapeau, et, pendant qu'elles tournent, l'ouvrier appuie sur l'étoffe la ponce qui doit la polir. Le ponçage des bords se fait en plaçant le chapeau dans une forme creuse et en les rabattant sur une partie plate qui se trouve autour de la cavité. On voit en T un tuyau par lequel une pompe aspire d'une manière continue la poussière, qui nuirait à la santé de l'ouvrier.

Après ponçage le chapeau passe entre les mains du tournurier.

Le chapeau de soie fut inventé à Florence vers 1760; en 1770, il y en avait déjà deux fabriques à Paris : cependant cette industrie sommeilla jusqu'en 1828, époque à laquelle elle a pris un grand essor; aujourd'hui elle a diminué beau-

coup d'importance, par suite du développement de l'usage des chapeaux de feutre. Les principaux centres de fabrication sont Paris, Lyon, Bordeaux, Douai, Rouen, Marseille, Arras, Nantes, Yvetot, Essonnes.

Un chapeau de soie se compose d'une carcasse, ou *galette*, à la surface de laquelle on colle un tissu de soie appelé *peluche*, qui se fabrique à Sarreguemines et à Tarare.

La galette était faite autrefois en poils de lapin feutrés et apprêtés; aujourd'hui elle est en toile recouverte de couches de gomme laque destinées à lui donner de la raideur : elle se compose de trois parties : la partie latérale, le fond et les bords.

La partie latérale se fait en entourant une forme cylindrique d'un morceau de toile apprêtée dont on réunit les bords en les collant l'un à l'autre. Sur le fond de cette forme on applique un disque circulaire que l'on colle au premier morceau de toile. Pour les bords on se sert de toiles plus fortes superposées et l'on façonne avec elles un anneau plat qui présente sur sa circonférence intérieure une saillie sur laquelle on colle le reste de la galette. Il s'agit maintenant de recouvrir cette galette. On prend pour cela une espèce de coiffe en peluche de soie, dont le fond et le flanc ont été cousus et qui est fendue suivant une ligne oblique; on l'applique sur la galette placée sur la forme et on la force à en épouser les contours par la pression d'un fer chaud; la chaleur du fer fond la gomme laque, qui se trouve sur la galette et qui devient par le refroidissement un véritable ciment entre la peluche et cette galette. Les bords de la fente oblique, qui avaient été garnis de gomme laque, sont réunis de la même manière.

Pour donner au chapeau les contours voulus, on le repasse à chaud sur une forme et on rend la peluche brillante en la mouillant, en la repassant plusieurs fois et en appliquant sur elle un morceau d'étoffe de laine pendant que le chapeau, placé sur un tour, tourne avec rapidité. Il n'y a plus maintenant qu'à garnir le chapeau, c'est-à-dire à y mettre la coiffe, y coudre le cuir et le galon qui le borde.

Une industrie qui a pris à Paris quelque importance, c'est celle des *chapeaux refaits*. Elle consiste à utiliser les vieux chapeaux pour en refaire d'autres ayant la forme à la mode et passant pour neufs. On commence par séparer la peluche de la carcasse et on la dégraisse : on enlève le cuir, la coiffe et la bordure. Puis on reprend la carcasse, on lui donne la forme, et l'on achève le chapeau avec la peluche dégraissée. Les peluches ainsi dégraissées roussissent facilement et ces chapeaux ne peuvent faire un usage bien long sans qu'on reconnaisse leur origine.

Nous comprendrons sous la dénomination de *chapeaux de paille* : les chapeaux de paille proprement dits, les chapeaux de panama et les chapeaux de latanier ou palmier. Nancy, Strasbourg et Lyon sont les trois principaux centres de fabrication. La paille employée pour la fabrication des chapeaux est, en général, celle du blé ou du seigle; la meilleure nous vient d'Italie et particulièrement de

Toscane. Florence nous expédie des pailles à l'état de petits rubans tressés, qui sont livrés en France à des ouvrières chargées de les coudre ensemble et d'en faire des chapeaux de formes différentes. Toulouse, Grenoble et l'Angleterre livrent aussi à l'industrie des quantités considérables de tresses de paille. Les chapeaux dits *chapeaux de paille d'Italie* ne se composent pas de tresses cousues, mais de tresses *remmaillées*, qui sont réunies par un fil imperceptible que l'ouvrière dissimule sous un brin de paille. Ces chapeaux nous arrivent tout faits d'Italie, et nos fabricants les *dressent* comme ceux que l'on confectionne en France.

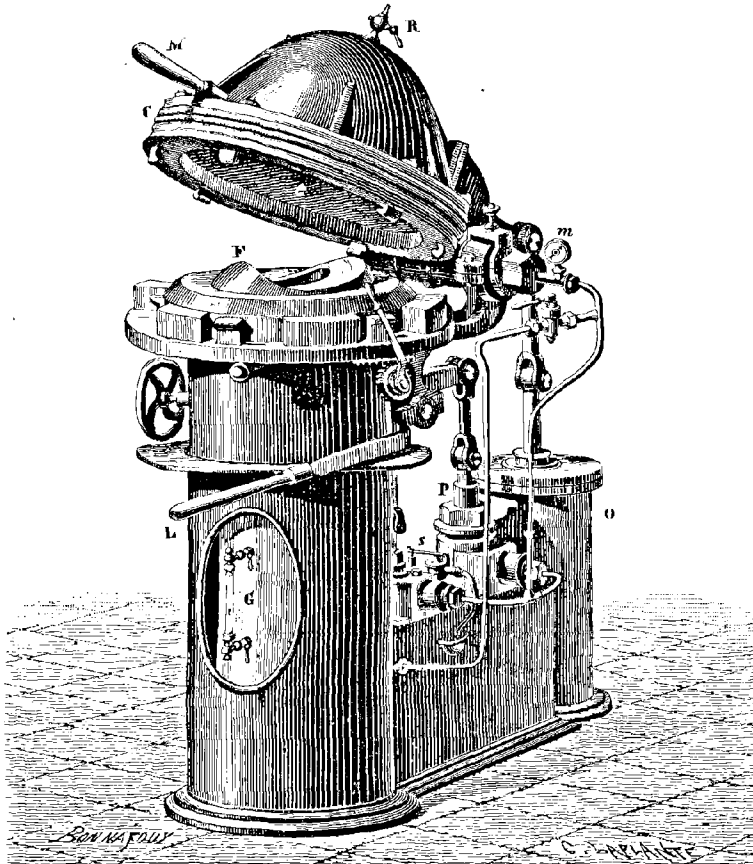


Fig. 256. — Machine Mathias et Legat pour dresser les chapeaux de paille.

Le *dressage* du chapeau de paille a pour but de donner au chapeau la forme qu'il doit avoir. Après avoir imprégné la paille de colle ou de gélatine destinée à lui communiquer une certaine raideur, le chapelier place le chapeau sur une forme et le soumet à des repassages à chaud qui dressent successivement le fond, les côtés et les bords : c'est là le *dressage à la main*. Il se fait maintenant d'une manière beaucoup plus rapide et plus parfaite à l'aide de l'*apprêteuse* ou *dresseuse* mécanique de MM. Mathias et Legat (fig. 256). On peut regarder cette machine comme étant composée d'une forme métallique F, chauffée à la vapeur et sur laquelle on place le chapeau, déjà apprêté et légèrement humide; sur cette forme

bascule à charnières un couvercle creux et métallique C, dans lequel on peut injecter de l'eau chaude à une forte pression. La partie intérieure de ce couvercle, qui s'abat au-dessus du chapeau, est faite avec une feuille de caoutchouc. On comprend que, si l'on enferme le chapeau entre la forme et ce couvercle et qu'on donne ensuite la pression dans l'intérieur de celui-ci, la feuille de caoutchouc, poussée par la pression de l'eau, le forcera à prendre les contours de la forme. Au bout de trois ou quatre minutes, sous l'influence combinée de la chaleur et de la pression, le dressage est fait. Un ouvrier ne peut dresser à la main que dix chapeaux par jour : la machine Mathias et Legat en dresse quatre cents.

Cette machine est employée aussi, comme nous l'avons dit, pour le dressage des chapeaux de feutre.

Les chapeaux dits *panamas* sont fabriqués avec les feuilles d'un arbuste qui croît en Amérique; ces feuilles s'enroulent naturellement sous forme de filaments assez fins et ressemblant à de petits joncs. Cette fabrication, qui ne se faisait autrefois qu'en Amérique, est maintenant très importante en France : Nancy reçoit des quantités considérables des feuilles dont nous parlons, et les fabricants les livrent aux ouvriers des campagnes, qui se chargent de les tresser. Ces chapeaux diffèrent des chapeaux de paille en ce qu'ils ne sont pas cousus; ils sont constitués par une tresse unique que l'ouvrier confectionne en partant du sommet de la forme et en allant en élargissant par l'addition de brins de plus en plus nombreux.

Les chapeaux de latanier ou palmier sont fabriqués avec les feuilles plates d'un arbre originaire d'Afrique et d'Amérique. Mais ces feuilles étant trop larges doivent être refendues en brins plus étroits; ce refendage s'opère en faisant glisser la feuille, suivant sa longueur, sur un outil formé de plusieurs lames coupantes juxtaposées. Les brins ainsi obtenus sont livrés aux tresseurs, qui opèrent comme pour le panama; celui-ci constitue cependant un article plus soigné et plus fin. Les chapeaux de panama ou de latanier doivent, après le dressage, être soumis à un *flambage*, qui grille l'espèce de duvet formé par les brins sortant du tissu. Ils sont ensuite lavés avec une brosse mue mécaniquement dans une chaudière renfermant une dissolution de carbonate de soude; puis ils sont blanchis par l'action du soufre. Après le blanchiment, ils sont apprêtés et dressés comme les chapeaux de paille.

La casquette fait l'objet d'une industrie pratiquée à domicile par des ouvriers ou par de petits entrepreneurs travaillant pour le compte des grandes maisons de commerce. Les différentes pièces d'étoffe qui constituent la casquette et la visière sont préparées à l'avance et livrées par douzaines à l'ouvrier. Il les assemble, les coud à la machine et rabat les coutures au fer chaud. Puis il *bichonne* la casquette, c'est-à-dire que par une espèce de repassage il lui donne la forme voulue. S'il s'agit d'une casquette en drap, il se sert d'une forme en bois sur laquelle il repasse la casquette avec un fer chaud, en la couvrant d'un linge humide. Si elle est en soie, après l'avoir légèrement humectée à l'intérieur, l'ouvrier l'applique sur un moule en fonte chauffé. Le moule fait l'office de fer : l'eau se vaporise et la vapeur passe à travers le tissu sans lui enlever son lustre.

CHAPITRE XV

LA CHAUSSURE ET LA GANTERIE

TANNAGE

L'homme a de tout temps utilisé les peaux des animaux à un certain nombre d'usages : la fabrication des chaussures constitue la plus importante de ces applications ; nous citerons aussi l'emploi qu'en font le sellier, le carrossier, les fabricants d'articles de voyage, de maroquinerie, etc. Mais ces peaux ne peuvent servir à l'état naturel ; elles ne tarderaient pas à entrer en putréfaction si on ne les soumettait à un certain nombre d'opérations dont l'ensemble constitue le tannage.

Le *tannage* a pour effet de combiner la peau avec une substance capable de former avec elle un produit imputrescible et moins perméable à l'eau. Le tannin, que l'on rencontre dans un certain nombre de végétaux et surtout dans l'écorce du chêne, jouit de cette propriété au plus haut degré ; il sert exclusivement en France à l'usage que nous venons d'indiquer.

Les écorces propres à la tannerie sont celles de chêne, de sapin, de hêtre, de châtaignier ; mais la première est généralement préférée : dans certains pays, tels que l'Angleterre et les États-Unis, on n'en emploie pas d'autre. Dans le nord de l'Europe, où les chênes sont plus rares, on utilise l'écorce des sapins, qui sont plus abondants. En France, on récolte des écorces à tan dans les départements des Ardennes, de Meurthe-et-Moselle, de la Meuse, de la Nièvre, de l'Yonne, de Saône-et-Loire, de la Côte-d'Or, d'Ille-et-Vilaine, des Deux-Sèvres, de la Gironde, de la Haute-Garonne, de Vaucluse, de l'Hérault, des Bouches-du-Rhône, du Var, de la Corse.

L'industrie du tannage est pratiquée dans toutes les parties de la France, mais les villes où elle est le plus développée sont Paris, Lyon, Bordeaux, Marseille et Nantes. Les peaux employées sont principalement celles de taureau, de vache, de buffle, de veau, de cheval, etc. ; elles proviennent des animaux tués dans nos pays, ou sont importées en France des principaux ports de l'Amérique méridionale. Les races bovine et chevaline ont pris un grand développement dans les plaines immenses de l'Amérique du Sud et de l'Australie. Les bœufs et les chevaux errent en liberté par bandes innombrables dans les excellents

pâturages de ces régions, et ces troupeaux fournissent à l'industrie des cuirs très estimés; nous citerons ceux de Buenos-Ayres et de Caracas.

Les peaux, avant le tannage, se divisent en trois catégories : les *peaux fraîches*, comme celles qui sont vendues par les bouchers, les *peaux salées* et les *peaux desséchées*. C'est dans ces deux derniers états que nous arrivent celles de l'Amérique du Sud; on a dû les saler ou les dessécher pour les conserver jusqu'au moment où elles subissent l'opération du tannage.

Les peaux de buffle et de bœuf servent à la fabrication des cuirs *forts em-*



Fig. 257. — Travail des peaux sur le chevalet.

ployés pour semelles; les peaux de vache, de veau, de cheval, à la fabrication des cuirs *mous*. Les procédés de tannage ne sont pas les mêmes suivant que l'on se propose d'obtenir les uns ou les autres.

Quand il s'agit de faire des *cuirs mous*, on doit d'abord laver les peaux pour les ramollir et leur faire perdre le sang qu'elles contiennent. Ce lavage s'exécute autant que possible dans une eau courante; il ne dure que deux ou trois jours pour les peaux fraîches, mais il est plus long pour les peaux sèches et pour les peaux salées.

Il faut ensuite arracher les poils et les morceaux de chair qui sont adhérents

à la peau; mais cela ne peut se faire qu'à condition d'attaquer sa surface par un agent chimique qui diminue l'adhérence des poils pour le cuir. Cette opération, que l'on appelle *pelanage*, consiste à passer successivement les peaux dans des cuves nommées *pelains*, contenant un lait de chaux, dont la concentration va en croissant d'une cuve à l'autre. Le pelanage dure de quinze jours à trois semaines, et, chaque jour, les ouvriers doivent lever deux fois les peaux pour renouveler les surfaces.

Vient ensuite le *débourrage* ou *épilage* qui, comme son nom l'indique, consiste à enlever le poil, ce qui se fait en plaçant les peaux sur un chevalet (fig. 257) et en les raclant de haut en bas avec un couteau émoussé dit *couteau rond*; ensuite on les lave et on les racle avec un couteau tranchant à lame circulaire pour enlever la chair et les impuretés qui restent attachées à la surface. Puis on doit adoucir le grain, du côté du poil, avec une pierre à affûter emmanchée comme le couteau rond et appelée *quæurce*; enfin on nettoie facilement les deux faces de la peau, avec un couteau à lame circulaire, jusqu'à ce que l'eau de lavage soit bien limpide. Dans ces différentes opérations on n'a pas seulement pour but de nettoyer la surface de la peau, mais d'en faire sortir toute la chaux que le pelanage y a déposée et qui nuirait aux opérations suivantes.

Les peaux de vache doivent avoir le plus de souplesse possible et exigent un travail supplémentaire, qui est le *foulage*. Après les façons précédentes, qu'on appelle souvent *façons de rivière*, quatre hommes armés d'un pilon de bois dur frappent sur les peaux placées dans un baquet contenant un peu d'eau. Ils rompent ainsi le nerf de la peau, ce qui lui donne de la douceur et de la souplesse.

Après avoir été ainsi nettoyées, les peaux sont soumises à l'action du tan ou écorce de chêne hachée, séchée et pulvérisée. Cette action ne doit pas être trop brusque, mais graduelle, pour permettre au cuir de s'assouplir. Aussi, avant l'opération du tannage proprement dit, fait-on passer les cuirs dans une dissolution faible et légère d'écorce de chêne appelée *pasement*.

Ce pasement est enfermé dans une cuve où l'on empile les peaux; elles y restent un mois, et pendant ce temps on renouvelle quatre fois l'écorce sans changer le liquide. Le séjour au milieu du pasement assouplit le cuir et commence le tannage.

On procède alors au *tannage proprement dit*. On superpose les peaux dans des cuves de bois ou de maçonnerie, en les séparant par des couches de tan, puis on y fait arriver une quantité d'eau suffisante. L'eau est l'intermédiaire nécessaire entre la peau et le tannin; elle dissout ce dernier, pénètre avec lui dans la peau et facilite son action. Le séjour dans les fosses varie avec la nature des cuirs: les peaux de vaches *reçoivent trois poudres*, c'est-à-dire qu'on renouvelle trois fois la poudre, en ayant soin à chaque fois de détacher la tannée qui est adhérente; la première poudre dure trois mois, et les deux autres quatre mois.

Les peaux destinées à faire des cuirs *forts* sont, comme nous l'avons dit, celles de bœuf, de buffle, etc. Leur préparation diffère un peu du traitement

que nous venons de décrire. Le pelanage à la chaux est supprimé, parce qu'il rendrait le cuir trop poreux; il est remplacé par une fermentation qui facilite l'épilage. Cette fermentation est produite de deux manières :

Ou bien on opère par *échauffe naturelle*, c'est-à-dire qu'après avoir empilé les peaux, on les abandonne à elles-mêmes jusqu'à ce qu'un commencement de fermentation s'établisse spontanément. Il faut avoir soin de visiter souvent la pile, afin de saisir le moment où la fermentation doit être arrêtée, et ne pas attendre que le poil tombe trop facilement. *Le poil doit crier en s'arrachant*; si la fermentation continuait trop longtemps, le cuir se trouverait altéré. Cette méthode s'emploie surtout pour les peaux fraîches.

Ou bien on place les peaux dans une chambre que l'on chauffe de manière à élever la température et faciliter la fermentation. Deux ou trois jours suffisent en été, huit jours en hiver; on introduit dans les chambres à fermentation une certaine quantité de vapeur d'eau.

On procède ensuite à l'épilage comme pour les cuirs mous, et l'on fait gonfler les peaux en les soumettant à l'action de jus de tan qui se sont aigris dans les fosses; les premiers bains doivent être peu concentrés : au bout de huit jours, le cuir commence à *s'affamer*, comme disent les tanneurs; il faut alors le nourrir en lui donnant des bains plus forts, sans quoi l'effet produit par les premiers se détruirait, le cuir *retomberait*. Après douze jours on commence le tannage. Les cuirs forts pour semelles doivent recevoir quatre poudres : la première est de neuf semaines, les deux suivantes de quatre mois et la dernière de cinq mois.

Le cuir pour semelle doit être battu pour acquérir de la compacité. C'est la seule opération qu'il subisse après le tannage : dans les grands établissements, elle se fait avec de puissants marteaux mus mécaniquement.

CORROIRIE

Les cuirs destinés à d'autres usages qu'à la fabrication des semelles de chaussures subissent différentes préparations qui les assouplissent et les mettent en état de servir aux besoins de l'industrie. Ils passent pour cela, en sortant des mains du tanneur, dans celles du corroyeur, qui les met d'abord tremper dans l'eau; lorsque le séjour au milieu de ce liquide les a suffisamment amollis, il les *butte*, c'est-à-dire qu'à l'aide d'une lame d'acier, appelée *étire*, il enlève les chairs encore adhérentes aux cuirs.

Cette opération est suivie d'un travail qui consiste à faire disparaître les inégalités de la peau et à la mettre à l'épaisseur voulue. Autrefois cela se faisait à la main au moyen d'outils tranchants qui occasionnaient des déchets consi-

dérables. Aujourd'hui les cuirs sont refendus à l'épaisseur voulue par une *machine à refendre*, qui se compose d'un couteau fixe aigu, contre lequel la peau se trouve poussée par un rouleau faisant office de laminoir : la peau en passant contre ce couteau est refendue, suivant son épaisseur, en deux lames, dont l'une a l'épaisseur uniforme que l'on a voulu lui donner; l'autre, d'épaisseur irrégulière, au lieu de passer dans les déchets, est employée comme peau de qualité inférieure.

Après la *refente* ou *tranchage*, on assouplit le cuir en l'étendant sur une table et en le frottant avec une *marguerite* (fig. 258). Cet instrument, en bois de poirier, a la forme d'un arc de cercle cannelé; il est muni d'une poignée qui permet de le tenir et d'appuyer en frottant sur le cuir. Cette opération se fait d'abord du côté de la *fleur* ou épiderme, ensuite du côté de la chair. Dans le



Fig. 258. — Travail à la marguerite.

premier cas, on dit que l'on *corrompt le cuir*; dans le second, qu'on le *rebrousse*.

Puis on *met au vent*, c'est-à-dire qu'avec une étire on frotte le cuir sur une table, de manière à faire sortir la chaux qu'il a pu rapporter du tannage.

Ensuite on *met le cuir en huile*, afin de le nourrir et de l'empêcher de durcir à l'usage : pour cela, après l'avoir étalé sur une table de marbre, on étend à sa surface, à l'aide d'une brosse, une couche d'huile ou de dégras. (Le dégras est une espèce de savon d'huile de poisson, qui provient de l'industrie du chamoisage.) On laisse sécher, et on enlève par le décrassage l'excès de dégras sur la chair et sur la fleur.

Enfin vient le *blanchissage*, qui consiste à unir la peau étalée sur une table en la raclant à l'aide d'une étire; ce travail est suivi du *tirage au liège*, opération par laquelle on adoucit la surface de la peau au moyen d'une marguerite de liège.

Il n'y a plus maintenant qu'à cirer le cuir, ce qui se fait en l'enduisant, avec une brosse, de cirage noir formé d'huile, de noir de fumée et de suif; on incorpore ensuite ce cirage et on le répartit également en frottant avec une lame de glace dont l'épaisseur sert de racloir. Le brillant est donné par une couche de colle étendue avec une éponge.

La corroirie comprend encore, dans certains cas, d'autres opérations, que nous laisserons de côté. Nous dirons seulement quelques mots de la préparation des *cuirs vernis*.

Après avoir subi les opérations premières que nous venons de décrire, les cuirs destinés à être vernis passent à l'*apprêtage*. Ce travail a pour but de boucher les pores de la peau en étendant à sa surface un mélange d'huile de lin, d'oxyde de plomb et de terre d'ombre. On donne plusieurs couches de cet apprêt et l'on polit à la pierre ponce après chaque couche; puis on délaye le même apprêt dans l'essence de térébenthine, et on l'étend au pinceau; c'est ce qu'on appelle *donner la couleur*. Les diverses couches d'apprêt et de teinture doivent être séchées dans des étuves avant d'être poncées. Enfin, après avoir nettoyé la surface de la peau, on y applique le vernis. Chaque fabricant conserve secrète la composition de son vernis, mais on peut dire qu'il est essentiellement formé d'huile de lin siccativée et colorée par du bleu de Prusse et du bitume de Judée. La cuisson du vernis demande beaucoup d'expérience et d'habileté; elle est ordinairement commencée à l'étuve et finie au soleil.

Avant de passer à l'étude de la cordonnerie, nous dirons quelques mots de la mégisserie et de la chamoiserie, industries voisines de celles que nous venons de décrire, et qui préparent les peaux par des procédés qui se rapprochent plus ou moins de ceux qu'emploie le tanneur.

Le travail du mégissier s'adresse aux peaux de mouton, de veau et aux peaux d'agneau et de chevreau qui sont destinées à la ganterie. Après un débouillage obtenu soit par des bains de chaux, soit par l'application, sur le côté de la chair, d'une bouillie d'orpin (sulfure d'arsenic), les peaux sont soumises à des opérations mécaniques analogues à celles qu'exécute le tanneur: puis, après une fermentation dans un bain de son et de froment, appelé *confit*, elles reçoivent une pâte qui est composée de farine, d'œufs, d'alun et de sel et qui est considérée comme la substance tannante.

Le chamoiseur emploie les mêmes peaux que le mégissier, et les premières opérations qu'il leur fait subir sont les mêmes. A la sortie du bain de son, il imprègne la peau d'huile de poisson par des foulonnages répétés; cette huile remplace le mélange d'œufs, de farine, d'alun et de sel. Elle est incorporée par un grand nombre de foulonnages séparés les uns des autres par une dessiccation à l'étuve.

On appelle *maroquin* des peaux de chèvre teintes en diverses couleurs et le plus souvent grainées à leur surface. On emploie aussi pour cette fabrication les peaux de mouton, qu'on désigne alors sous le nom de *moutons maroquinés*, et qu'on travaille de la même manière que les peaux de chèvre.

Si le maroquin doit présenter un grain à sa surface on le roule, la fleur en l'air, sous des outils appelés *paumelles*, qui sont formés d'un morceau de bois plat, plus long que large et garni de peau de chien marin dont les rugosités déterminent la formation du grain.

Au lieu de se servir de la paumelle, on imprime souvent le grain sur la fleur de la peau en lui faisant subir la pression de cylindres cannelés; mais le résultat obtenu est inférieur à celui que donne l'autre procédé.

CORDONNERIE

La cordonnerie a réalisé depuis quelques années des progrès importants qui, en abaissant le prix de revient des chaussures de cuir, en ont répandu l'emploi et ont diminué celui des chaussures en bois ou sabots, dont l'usage, autrefois général dans les campagnes, devient chaque jour moins considérable. Elle s'exerce partout dans les villes et dans les campagnes, mais on rencontre cette industrie plus développée dans certaines villes, où se sont élevées d'importantes maisons auxquelles on doit surtout les progrès accomplis. Nous citerons Paris, Boulogne-sur-mer, Bordeaux, Nancy, Liancourt (Oise), Limoges, Marseille et Amiens. La cordonnerie emploie aujourd'hui trois procédés principaux de fabrication, qui produisent trois catégories distinctes de chaussures, le *cousu*, le *cloué*, le *vissé*.

La chaussure cousue est encore la plus répandue et la meilleure; mais c'est aussi celle qui coûte le plus cher.

Pour expliquer la fabrication des chaussures cousues, nous prendrons le cas le plus simple, c'est-à-dire celui d'un soulier ordinaire, qui se compose de trois parties essentielles : l'*empeigne*, ou dessus de la chaussure, la *semelle* et le *talon*.

L'empeigne se fait ordinairement avec un cuir souple et peu épais, comme le veau ciré ou verni, la vache vernie, le maroquin, le chevreau; elle est coupée sur un patron en zinc, ainsi que la doublure en toile ou en peau de mouton, dont on la revêt intérieurement. La coupe est exécutée par le maître cordonnier ou par des contremaîtres.

La semelle et les talons sont faits avec des cuirs plus épais de bœuf et de vache. Autrefois l'ouvrier cordonnier était toujours chargé de découper la semelle, avec un outil appelé *tranchet*, dans un morceau de cuir épais livré par le patron. Aujourd'hui encore cela a lieu quelquefois ainsi, mais le plus souvent les semelles sont découpées à l'aide d'emporte-pièce et livrées à l'ouvrier avec les dimensions qu'elles doivent avoir. Il en est de même des rondelles qui, par leur superposition, doivent constituer le talon.

L'ouvrier cordonnier se sert d'une *forme de bois*, qui doit avoir la forme et

les dimensions du pied de la personne à laquelle la chaussure est destinée. Il commence par fixer sur la face inférieure de cette forme une semelle, appelée *première*, qu'il bat pour l'assouplir et la forcer à prendre la courbure inférieure du pied. Il y fait la *gravure*, c'est-à-dire qu'avec son tranchet il y pratique des entailles à travers lesquelles devra passer l'alêne, qui coudra l'empeigne à la semelle; puis, appliquant son empeigne sur le dessus de la forme, il la tend avec des pinces aussi fort que possible (fig. 259), en rabat les bords sur la *première*, et les fixe provisoirement avec quelques pointes. Il prend alors une bande de cuir, nommée *trépointe*, qu'il applique sur les bords rabattus de l'empeigne, tout autour de la forme jusqu'au talon inclusivement, et, à l'aide de fil enduit de poix et d'une alêne qui lui sert d'aiguille, il coud ensemble la première, la tré-



Fig. 259. — Cordonnier ajustant l'empeigne.

pointe et l'empeigne, qui se trouve ainsi saisie entre la première et la trépointe. Puis il applique sur la trépointe une seconde semelle, qui sera cousue à la *première*. Remarquons toutefois que le fond de la chaussure ainsi faite serait plat et que le pied, dans sa cambrure inférieure, ne serait pas soutenu par elle; d'où résulterait une fatigue très grande pendant la marche. Afin d'éviter cet inconvénient, il faut *cambrer* la semelle. Pour cela l'ouvrier dispose, sur la première et à l'endroit correspondant à la cambrure du pied, un morceau de cuir assez épais appelé *cambrion*, qui est destiné à remplir le vide de cette cambrure et à soutenir le pied; il applique la seconde semelle par-dessus le tout, fixe la forme sur son genou avec une courroie appelée *tire-pied*, qui passe sous son pied, et, battant alors la seconde semelle avec son marteau, l'assouplit et la force à se modeler sur la forme (fig. 260); puis il coud avec son alêne. Quant au talon, il est fait à l'aide de rondelles de

cuir superposées, réunies entre elles par des chevilles et de la colle, les premières rondelles ayant été d'abord cousues à l'empaigne et à la *première*.

Ajoutons que, pour soutenir le derrière du pied, l'ouvrier a placé entre le cuir et la doublure des morceaux de cuir assez épais appelés *renforts*. La semelle est ensuite finie au tranchet et à la râpe; ses bords sont rendus brillants et lisses à l'aide d'un fer chaud qui les *cornifie*.

Le plus souvent les semelles sont cambrées avant d'être livrées à l'ouvrier; on se sert pour cela de machines à cambrer que nous décrirons bientôt.

Souvent aussi, au lieu d'un soulier ordinaire, le cordonnier a à faire une chaussure d'une autre forme, une bottine par exemple, dont l'empaigne en étoffe ou en cuir léger claqué de vernis sera munie de boutons ou d'un caoutchouc destiné



Fig. 260. — Cordonnier battant la semelle.

à permettre au pied d'entrer plus facilement dans la chaussure. Dans ce cas, l'étoffe, le cuir léger et le vernis sont découpés à part, puis livrés à des ouvrières appelées *apprêteuses*, qui assemblent le caoutchouc, l'étoffe, le vernis, et fixent provisoirement les pièces à l'aide d'un peu de colle; puis le tout est livré aux *couseuses*, qui se servent de machines à coudre pour fixer définitivement les différentes parties.

Tels sont les procédés employés pour la fabrication des chaussures cousues. Ce sont encore celles qui sont le mieux confectionnées, les plus agréables à porter, les plus élégantes parce qu'elles sont confectionnées sur une forme faite pour le pied du consommateur. Elles sont plus souples que les chaussures clouées et vissées dont nous allons parler.

Toutefois l'industrie mécanique de la chaussure a pris de grands développements et nous allons en indiquer les points principaux.

On est arrivé à exécuter mécaniquement les diverses opérations que comporte la fabrication des chaussures. Les différentes pièces, semelles, empeignes, tiges et talons, sont découpées mécaniquement à l'aide d'emporte-pièce mus à la vapeur et venant s'abattre sur une table où est placé le cuir à découper. La machine peut donner trente coups à la minute : les outils découpeurs sont disposés de telle sorte que la pièce découpée se loge dans l'outil et se trouve poussée de bas en haut par la pièce qui suit : toutes les pièces découpées s'élèvent graduellement et sortent à la partie supérieure du découpoir. L'ouvrier n'a qu'à déplacer le morceau de cuir sur la table où vient battre l'outil découpeur.

Après découpage les semelles doivent subir l'opération du cambrage, qui se fait aussi mécaniquement. Les machines à cambrer sont de diverses sortes : elles reviennent toutes à deux matrices horizontales, l'une fixe *m'* (fig. 261), l'autre *m* mobile verticalement. Ces deux matrices ont la courbure que doit avoir la semelle après cambrage : si l'on vient à glisser entre elles, la semelle encore plate et qu'on appuie sur la pédale *P*, la matrice inférieure en s'élevant entre les colonnes *S*, *S'* forcera la semelle, par la pression qu'elle exerce sur elle, à prendre la forme voulue. La même opération peut s'exécuter sur les tiges de nos chaussures de manière à les courber et à leur permettre d'épouser la forme du pied.

Quant aux tiges qui sont faites soit en étoffes diverses, soit en cuir souple, les parties différentes qui les composent sont réunies, à l'aide de machines à coudre spéciales, qui font les piqûres. La piqûre mécanique a remplacé aujourd'hui la piqûre à la main même pour les chaussures fabriquées à la main par l'ouvrier cordonnier.

Les pièces étant préparées, il s'agit maintenant de procéder à l'opération du montage. On se sert pour cela d'une machine qui, à l'aide de pinces convenablement disposées, saisit la tige ou l'empeigne dont on a revêtu la forme qui est tenue à la main. Ces pinces en se rabattant tendent la tige sur la forme et lui en font épouser la courbure, pendant que d'autres organes de la machine fabriquent et enfoncent quelques pointes destinées à faire un premier assemblage de la trépointe, de l'empeigne et de la semelle. Enfin on est arrivé à l'aide d'une machine, que nous ne décrirons pas, à coudre mécaniquement la chaussure. Les talons sont fabriqués et posés mécaniquement. Un dernier travail, appelé *finissage*, consiste à coller la semelle intérieure, à ébarber les semelles en dressant leurs bords, à donner aux talons la forme et le poli. Cette dernière opération s'exécute à l'aide de fraises mues mécaniquement.

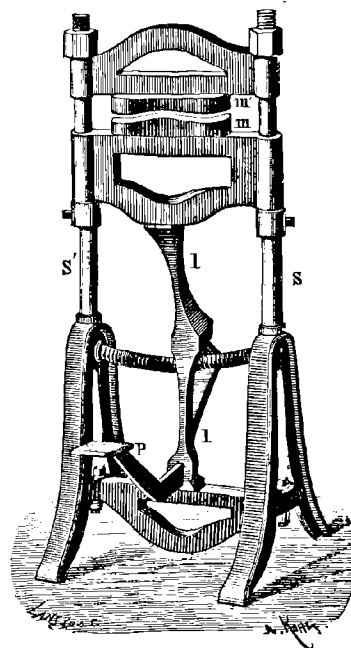


Fig. 261. — Machine à cambrer.

La chaussure *clouée* diffère de la chaussure cousue en ce que la *première*, l'*empeigne* et la *semelle*, au lieu d'être cousues, sont réunies entre elles par des clous. L'ouvrier se sert pour clouer d'une forme sur la face inférieure de laquelle se trouve incrustée une bande de fer contre laquelle viendra s'aplatir et se river la pointe des clous. La chaussure clouée revient à bien meilleur marché que celle qui est cousue, mais elle est plus dure au pied et plus lourde; car ce mode de réunion des pièces exige des semelles plus fortes.

La chaussure à vis, sans être exempte de ces inconvénients, est cependant

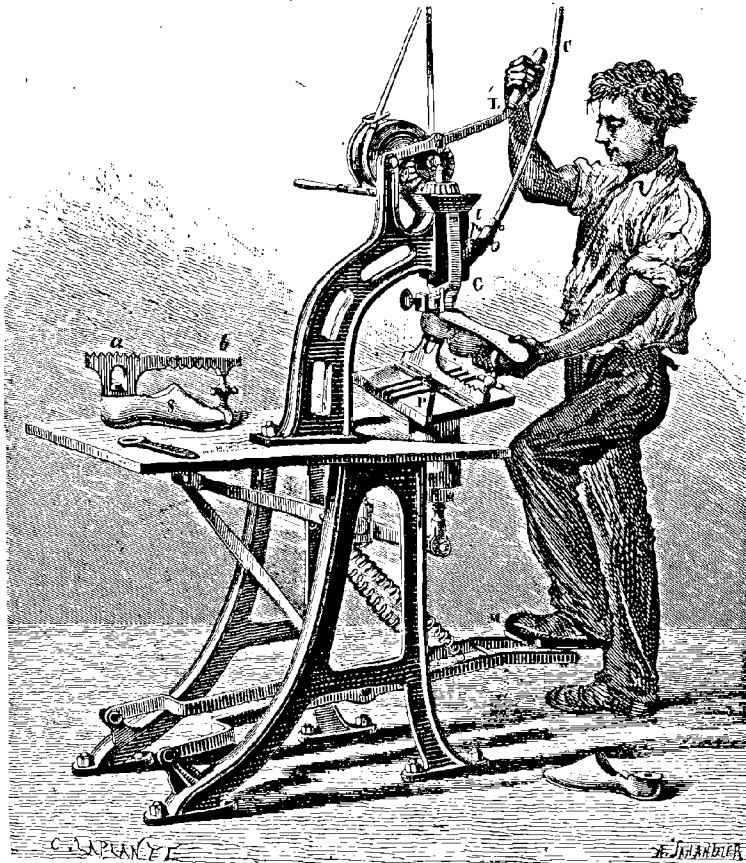


Fig. 262. — Machine à visser les chaussures.

meilleure; les clous sont remplacés par des vis. La fabrication de cette espèce de chaussures est devenue l'objet d'une grande industrie, qui se pratique dans des usines où le travail manuel est remplacé par celui de la machine.

Les semelles sont découpées à l'emporte-pièce, cambrées, lissées et cornifiées mécaniquement; il en est de même des talons. Le montage se fait sur une machine à monter qui reçoit les formes : l'ouvrière place d'abord une première semelle sur la forme, puis elle monte l'empeigne et la tend au moyen d'une série de petites tenailles dépendant toutes de la machine et à l'aide desquelles, sans efforts ni

fatigue, elle opère une tension considérable; la *première* est liée à l'empeigne par une série de petits clous.

La chaussure passe ensuite à la machine à visser. Il y en a de plusieurs espèces : nous citerons la machine Maugin; elle a reçu de M. Félix Hunebelle, fabricant de chaussures à Amiens, un heureux perfectionnement, qui permet de visser la chaussure sans la séparer de la forme.

Celle-ci, que l'on voit en S (fig. 262), reçoit à cet effet une pièce en fer rectangulaire *ab* qui permet de la placer sur la tablette P de la machine et de lui donner toutes les positions nécessaires à l'exécution du travail. Quant au vissage, il se fait avec une grande rapidité de la manière suivante. Toutes les vis sont placées les unes au-dessus des autres dans un tube C qui sert à l'alimentation, et elles tombent une à une dans un conduit qui les mène au contact de la semelle. Pour cela, l'ouvrier, en agissant sur un levier L, fait glisser verticalement de haut en bas un système mobile renfermant deux coussinets *a a* (fig. 263), qui s'éloignent à un moment donné pour laisser la vis venir se mettre en contact avec la semelle; la vis est immédiatement saisie par un tournevis T, qui la fait entrer dans le cuir. Quand le système mobile se relève, le levier *l*, qui bouche le tube d'alimentation, vient buter en *b*, bascule et laisse tomber une nouvelle vis entre les deux coussinets.

Au moyen d'une cisaille mécanique on coupe les bouts de vis qui dépassent, et les bavures laissées par la cisaille sont elles-mêmes rivées avec une meule à l'émeri.

Enfin, une dernière machine, appelée *fraiseuse*, met en mouvement de rotation très rapide un outil contre lequel l'ouvrier appuie le talon de la chaussure pour lui donner la forme voulue; une machine analogue polit ensuite sa surface.

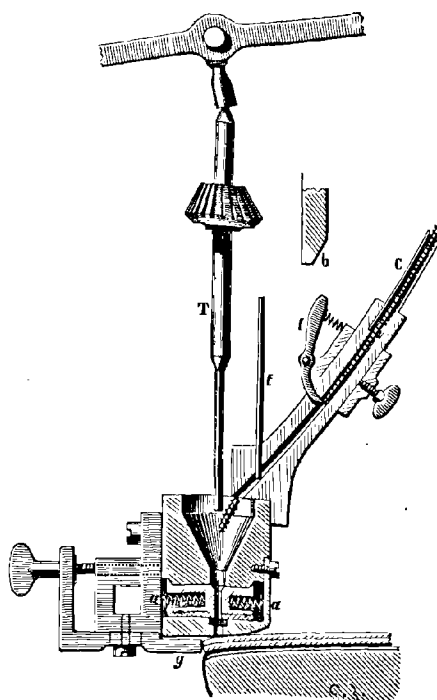


Fig. 263. — Tournevis et distribution des vis.

GANTERIE

La confection des gants fait l'objet d'une industrie considérable; nous nous occuperons seulement des gants de peau, ceux de laine, de soie et de coton étant faits soit en étoffes, soit en articles de bonneterie. Les principaux centres de fabrication sont Annonay, Paris, Millau, Saint-Junien, Chaumont, pour la ganterie ordinaire; Niort pour les gants de daim, de castor et de chamois pour militaires. Les peaux servant à la ganterie sont des peaux d'agneau, de chevreau et de mouton. Elles subissent d'abord les opérations de la mégisserie, quand elles sont destinées à faire des gants glacés et des gants de Suède, celles de la chamoiserie, quand elles doivent être employées à la confection des gants de daim ou de castor.

En sortant de la mégisserie, la peau est d'abord *ouverte*, c'est-à-dire étirée, en tous sens et du côté de la chair, sur un outil appelé *palisson*, qui est une lame à tranchant demi-circulaire fixée verticalement sur le sol; puis elle est plongée dans un bain d'eau additionnée de jaunes d'œufs battus, où un ouvrier, jambes nues, la piétine pendant deux heures. Elle est ensuite portée à l'atelier de teinture. Pour les couleurs tendres, la teinture se fait dans un bain colorant; s'il s'agit de nuances foncées, la peau n'est teinte que sur une face : on l'étend sur une table en plomb cintré et on la frotte avec une brosse préalablement trempée dans les matières tinctoriales. Après teinture la peau est séchée, puis ouverte une seconde fois sur le palisson.



Fig. 264.
Outil à
doler les
gants.

Les peaux sont ensuite *notisées*, c'est-à-dire choisies par le contre-maitre, qui les destine, suivant leur qualité et leurs dimensions, à tel ou tel genre de gants.

Le gantier prend alors la peau *notisée* et la mouille avec de l'eau et des jaunes d'œufs; il l'étend sur une plaque de marbre et la soumet au *dolage*. Cette opération, qui est très importante pour la qualité des gants, a pour but de *dénervier* la peau, c'est-à-dire de l'assouplir, de l'amincir et de lui donner partout la même épaisseur. Le dolage se fait avec une lame rectangulaire très aiguë (fig. 264) à l'aide de laquelle l'ouvrier racle la peau du côté de la chair, en l'étirant de temps en temps dans différents sens. Pour que le dolage soit bon, il faut le faire en travers et en long. Ce travail est très fatigant.

Le dolage ayant pour effet de dessécher la peau, il faut humecter celle-ci pour pouvoir continuer à la doler : aussi la met-on dans un linge mouillé, où elle reste quinze à vingt minutes; si elle y séjournait plus longtemps, elle pourrait se piquer.

Vient alors le *dépeçage*, qui consiste à découper des morceaux ayant la forme

d'un carré long, chacun d'eux devant servir à la confection d'un gant. Chaque morceau est ensuite *étavillonné* : cela veut dire que l'ouvrier le plie en deux suivant sa longueur, et le tend de manière à lui donner grossièrement la forme de la main quand elle est ouverte. Tous ces morceaux pliés sont empilés par groupes de douze et mis sous presse. Puis ils passent à l'opération de la *fente*, par laquelle le gantier pratique dans chaque morceau des fentes qui sépareront les doigts; il fait en même temps le trou qui doit recevoir le pouce. Pour se guider dans la fente, il place d'abord sur le morceau de peau une plaque de zinc, appelée *modèle*, qui porte des saillies, ou picots, indiquant les principaux détails du gant (extrémités des doigts, place du pouce); en exerçant une pression sur ce modèle, il trace à la surface de la peau une empreinte qui indiquera le passage des ciseaux. Le morceau présente

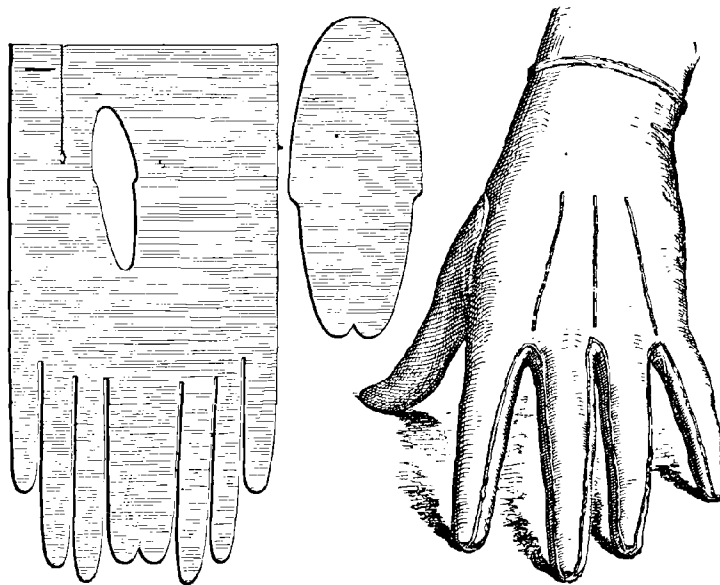


Fig. 265. — Coupe des gants. Fig. 266. — Gant gonflé par la main pour faire voir les fourchettes.

après la fente huit bandelettes, dont la superposition deux à deux constituerait après couture quatre gaines destinées à recevoir les quatre doigts (index, majeur, annulaire, auriculaire) (fig. 265). Mais ces gaines ne prendraient pas bien la forme des doigts : pour éviter cet inconvénient, l'ouvrier découpe des bandelettes nommées *fourchettes*, que l'on coudra sur le côté des gaines, de sorte que chaque doigt se composera de quatre parties : la face supérieure, la face inférieure et les deux faces latérales (fig. 266). Remarquons toutefois que le pouce, que l'on découpe à part, n'a pas de fourchettes, et que l'index et l'auriculaire n'en sont munis que sur la face interne.

La fente des gants se fait aussi mécaniquement à l'aide d'une espèce d'emporte-pièce armé de lames correspondant aux fentes : un certain nombre de morceaux, non pliés comme dans la fente à la main, sont superposés et fendus en une seule fois par l'action de l'emporte-pièce.

Les gants découpés sont ensuite donnés à la couseuse, qui se sert pour cela d'un appareil appelé *métier à coudre*. Il se compose essentiellement (fig. 267)

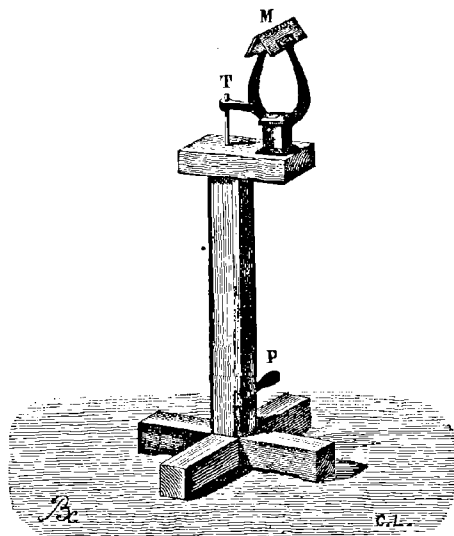


Fig. 267. — Métier à coudre les gants.

d'une pince en cuivre M, entre les mâchoires de laquelle on serre les deux lames de peau qu'il faut coudre. Ces mâchoires présentent sur leur bord supérieur de petites fentes qui se correspondent et les font ressembler au bord d'un peigne. C'est entre ces fentes que l'ouvrière passe l'aiguille et le fil; par conséquent elle fait toujours autant de points dans une longueur déterminée, puisque chaque fente correspond à un point. La pédale P permet, par l'intermédiaire de la tige T, d'ouvrir ou de fermer la pince.

Les gants de Suède sont fabriqués avec les mauvaises peaux d'agneau; on les racle sur le côté de la chair et on dole la fleur: ils sont moins épais, plus perméables et, par suite, moins chauds. Les gants de castor, qui se fabriquent en général à Niort,

sont faits avec des peaux d'agneau chamoisées; les gants de daim avec des peaux de mouton chamoisées.

CHAPITRE XVI

FABRICATION

DES ÉPINGLES, DES AIGUILLES, DES BOUTONS, DES BROSSES DES PEIGNES ET DE LA BIJOUTERIE

FABRICATION DES ÉPINGLES

La fabrication des épingles a pour centre, en France, Laigle, Rugles et ses environs. La description des procédés de cette industrie va nous montrer la fécondité du principe de la division du travail et nous prouver que, lorsque la fabrication d'un objet exige plusieurs opérations distinctes, il est bon de les faire exécuter par des ouvriers différents. Chacun d'eux répétant toujours la même opération y acquiert bientôt une habileté et une dextérité dont il serait incapable, s'il devait les exécuter toutes successivement.

Les épingles sont faites ordinairement en fil de laiton, qu'on étame après fabrication.

La confection d'une épingle comporte quatorze opérations successives :

1° *Dressage du fil.* — Le fil de laiton qui sert à la fabrication des épingles, étant livré à l'ouvrier à l'état d'écheveau circulaire, doit d'abord être dressé. Pour cela, après l'avoir placé sur un dévidoir, l'ouvrier engage le fil entre les clous d'un outil appelé *engin*, en saisit l'extrémité avec des tenailles, et le tire en courant sur une longueur de 10 mètres environ; le fil se dévide et se redresse en passant entre les clous de l'engin; l'ouvrier revient alors, coupe le fil et recommence l'opération. Lorsqu'il a dressé une botte de 10 à 15 kilogrammes, ce qui s'appelle *une dressée*, il la découpe à la cisaille par morceaux ou *tronçons*, capables de donner chacun trois ou quatre épingles.

2° *Empointage.* — Un ouvrier nommé *empointeur* est ensuite chargé de rendre pointues les extrémités des tronçons, opération qui se fait sur des meules de fer ou d'acier.

3° *Découpage.* — Les tronçons sont coupés à la cisaille en morceaux de longueur égale à celle que doivent avoir les épingles; les morceaux provenant de

la région intermédiaire du tronçon n'ont pas de pointes et doivent être rendus à l'empointeur. On appelle *hanses* les morceaux coupés à longueur d'épingle.

4° *Confection de la tête.* — La tête des épingles se fait avec un tortillon de fil de laiton. Un fil plus fin que celui qui constitue l'épingle est à cet effet enroulé en hélice sur une broche à l'aide d'un petit rouet.

5° *Coupe des têtes.* — L'ouvrier prend dans la main une douzaine des hélices ainsi obtenues et les présente ensemble à l'action d'une cisaille, qui les découpe en petits morceaux correspondant chacun à deux spires de l'hélice. Chaque morceau servira à faire une tête.

6° *Recuite des têtes.* — Les têtes sont recuites en les faisant rougir dans une cuiller de fer, puis en les trempant dans l'eau froide. Cette trempe produit sur le cuivre un effet contraire à celui qu'elle a sur l'acier : elle le ramollit et rend l'opération suivante plus facile.

7° *Frappage de la tête.* — L'ouvrière chargée de façonner la tête est appelée *têtière*. Elle a devant elle trois écuellen en bois, dont l'une renferme les *hanses* empointées, une autre les têtes, et la troisième sert à mettre les épingles faites. D'une main elle enfle, sans les regarder, les épingles dans les têtes, puis de l'autre main place l'épingle sur une petite enclume munie d'une rigole destinée à loger le corps de l'épingle et d'une cavité hémisphérique qui reçoit la tête. Sur cette enclume peut s'abattre un outil nommé *mouton*. Il se compose d'un poids assez lourd surmontant une petite matrice en acier qui présente une cavité hémisphérique correspondant à celle de l'enclume. Le mouton est suspendu à une corde, qui passe sur une poulie et se termine par un étrier dans lequel l'ouvrière met le pied; lorsqu'elle appuie sur l'étrier, la matrice est maintenue en l'air; lorsqu'elle soulève le pied, le mouton glisse verticalement entre deux montants qui le guident et tombe avec force sur l'enclume; la tête de l'épingle, se trouvant comprimée dans les deux cavités hémisphériques, se soude mécaniquement à la hanse; l'ouvrière doit donner cinq ou six coups de mouton pour la confection d'une tête, en ayant soin de tourner l'épingle sur elle-même pour frapper la tête de tous côtés.

8° *Décapage des épingles.* — Les épingles en sortant des mains des têtieres sont noires; on les décape en les faisant bouillir dans de la lie de vin ou dans la dissolution d'un sel connu sous le nom de *crème de tartre*.

9° *Étamage.* — Les épingles doivent ensuite être étamées, ce qui se fait en les plaçant sur le fond de bassines en étain, qui sont très peu profondes et que l'on empile dans une chaudière contenant une dissolution de crème de tartre. L'ébullition détermine la formation d'un sel d'étain, qui est ensuite décomposé par le cuivre des épingles et laisse déposer à leur surface une couche très mince d'étain. Elles sont ensuite lavées à l'eau fraîche et claire : ce qui s'appelle *les éteindre*.

10° *Séchage et polissage.* — On les sèche ensuite et on les polit dans du son renfermé dans un tonneau qui tourne autour de son axe.

11° *Vannage.* — On les sépare du son au moyen d'un ventilateur ou d'un vannage sur un van à blé.

12° *Piquage des papiers.* — Le piquage du papier sur lequel on place les épingles est pratiqué à l'aide d'un peigne à dents très effilées, dont on fait entrer les pointes dans le papier au moyen d'un coup de marteau frappé sur le peigne.

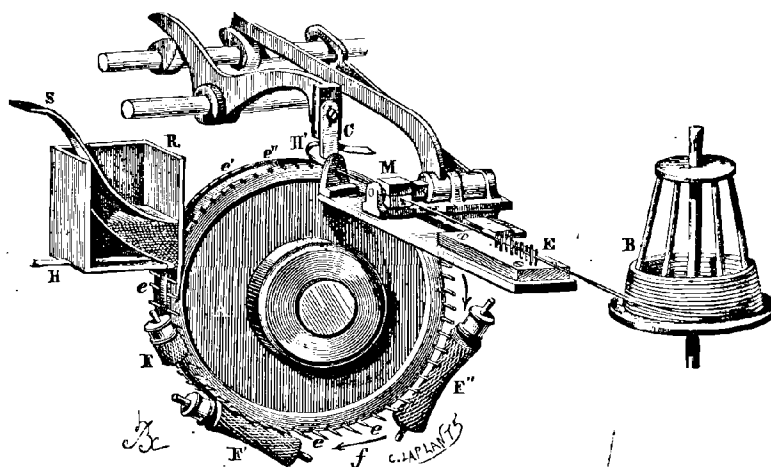


Fig. 268. — Machine à faire les pointes des épingles.

15° *Boutage.* — C'est la dernière opération; elle consiste à mettre les épingles dans les trous du papier.

Les épingles noires sont faites en fer ou en acier que l'on recouvre de vernis noir.

La fabrication des épingles a reçu d'importants perfectionnements. M. Henri Cribier a importé en France des machines, d'origine anglaise, qui fabriquent les épingles dans des conditions bien meilleures que celles que peut atteindre la fabrication à la main. Ces machines, qui ont été améliorées par M. Cribier, sont au nombre de trois : la machine à faire les pointes, la machine à faire les têtes, et enfin la machine qui fait le piquage et le boutage; cette dernière est appelée *machine à bouter*. Nous les décrirons successivement, au moins quant à leurs organes principaux.

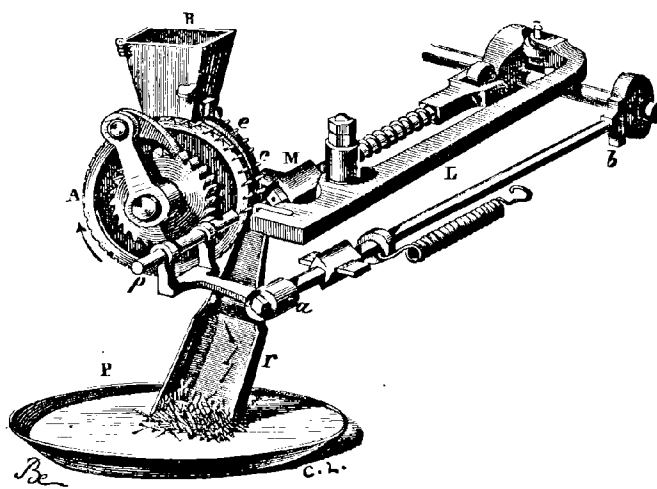


Fig. 269. — Machines à faire les têtes des épingles.

Le fil de cuivre amené au diamètre voulu est enroulé sur une bobine B (fig. 268), puis il s'engage entre huit clous verticaux plantés sur une plate-forme horizontale E fixe; c'est par le passage entre ces clous que le fil se dresse et devient

rectiligne. A sa sortie, il entre dans une pièce M animée d'un mouvement alternatif d'avant en arrière. A un moment donné, il s'y trouve serré, et la pièce M marchant d'avant en arrière engage le bout de fil dans les encoches opposées *e, e', e''* de deux roues A, qui sont animées d'un mouvement de rotation. A ce moment un couteau C s'abat et coupe une longueur de fil égale à celle qui doit servir à la confection d'une épingle. Puis les roues tournant entraînent avec elles ce tronçon de fil. Pendant ce temps la pièce M est retournée en arrière en glissant le long du fil, qu'elle va bientôt entraîner d'avant en arrière, pour venir le présenter de nouveau à l'action du couteau.

On comprend que par ce mouvement la roue se trouve garnie de tronçons de fil; ils sont maintenus sur elle par une espèce de frein fixe, qui enveloppe la roue

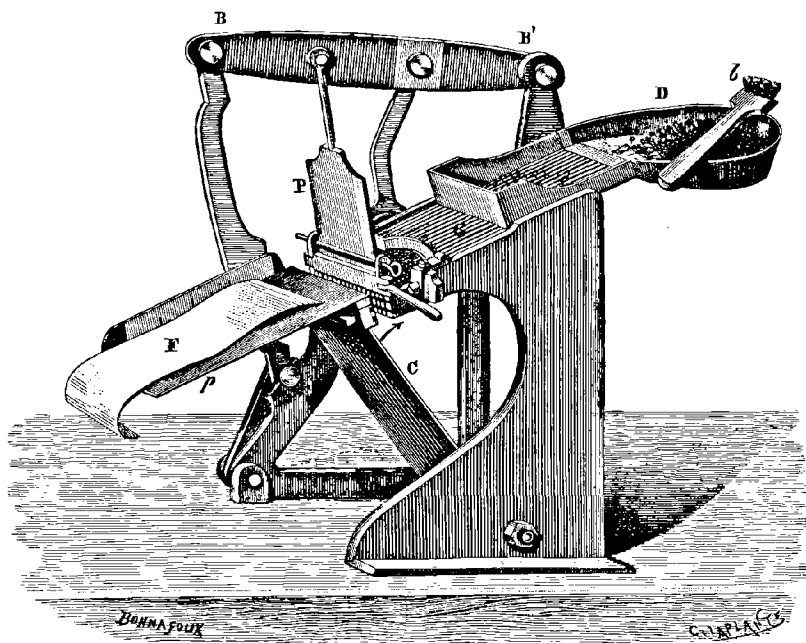


Fig. 270. — Machine à bouter.

dans toute la partie garnie de tronçons. La rotation des roues amène alors l'une des extrémités de ces morceaux de fil au contact de deux organes *F', F''* en acier, striés et appelés *fraises*. Ces fraises tournent, font tourner les morceaux de fil eux-mêmes et les appointent. Une dernière fraise *F* achève d'appointer l'extrémité de l'épingle.

Il faut maintenant que les roues se débarrassent des épingles; pour cela la rotation les amène au niveau d'une boîte *R* que l'on a figurée ouverte et qui porte une fente à sa partie inférieure. Le frein qui soutient les épingles entre dans la boîte d'où on le voit sortir en *H*; les épingles abandonnées par la roue restent dans la boîte, où on les recueille avec une lame métallique *S*.

La machine à faire les têtes se compose d'une boîte *R* (fig. 269), qui reçoit les épingles sortant de la machine précédente. Cette boîte n'a pas de fond et

se trouve au-dessus d'une roue A munie aussi d'encoches. Les épingles tombent dans ces encoches, sont entraînées par le mouvement de la roue A, et sont amenées au niveau d'un levier L; ce levier, qui se meut d'un mouvement alternatif, porte à son extrémité une pince qui saisit l'épingle, pendant qu'une pièce *p* s'avance pour en recevoir la pointe. A ce moment une espèce de marteau M, muni sur sa face antérieure d'une petite cavité, vient frapper sur l'extrémité de l'épingle, et la tête se trouve faite par l'écrasement du métal pris entre cette cavité et les bords de la pince. Bientôt après, l'épingle se dégage et tombe dans un panier P par une rigole *r*, pour faire place à celle qui la suivait sur la roue A.

Les épingles sont ensuite étamées, séchées et polies, puis livrées à la machine à bouter, que représente la figure 270. Les épingles placées dans la sébile D sont poussées par l'ouvrière sur une plate-forme inclinée G que l'on peut comparer à un gril. Cette plate-forme présente quarante fentes d'une largeur telle que le corps de l'épingle peut s'y engager, la pointe en bas, mais se trouve retenu par la tête qui est trop grosse pour pouvoir passer à travers les fentes. L'ouvrière, à l'aide d'une brosse *b*, force les épingles à s'engager dans les fentes. On a ainsi quarante rangées d'épingles qui pendent la pointe en bas. Ces rangées glissent le long de la fente de la plate-forme et quarante épingles viennent se présenter à la fois à l'extrémité de cette plate-forme. A ce moment, un organe P se soulève par l'action du balancier BB' : les épingles sont alors au-dessus d'une bande en papier F que l'ouvrière fait glisser sur une plate-forme *p*. Cette bande de papier se trouve rabattue et plissée de deux plis entre le gril G et *p*. A ce moment la pièce P redescend et poussant les épingles par la tête les force à entrer par rangées de quarante dans les deux plis de la feuille de papier.

FABRICATION DES AIGUILLES A COUDRE

L'Angleterre et la Prusse se partagent le monopole de la fabrication des aiguilles à coudre. Cette industrie est peu développée en France; la ville de Laigle est le seul centre de production de cet article et elle n'arrive point à le produire dans d'aussi bonnes conditions que nos voisins. En Angleterre, les aiguilles se font encore à la main; en Prusse, l'usage des machines a réalisé de grands progrès tant au point de vue du prix de revient qu'à celui de la qualité. La fabrication des aiguilles comporte, comme celle des épingles, un grand nombre d'opérations, que nous ne ferons qu'indiquer.

La matière première employée est du fil d'acier, ou du fil de fer que l'on transforme en acier au cours de la fabrication. On commence par choisir les fils et par

vérifier leur calibre; on renvoie à la filière ceux d'un trop gros diamètre. On procède ensuite au dévidage et au coupage en morceaux d'une longueur égale à celle de deux aiguilles; puis on les dresse en faisant des bottes cylindriques que l'on roule sur une table, et on les empoigne sur des meules. On procède alors à l'*estampage* : cette opération s'exécute à l'aide d'un mouton semblable à celui que nous avons décrit à propos des épingles; la matrice, en tombant sur la région moyenne jumelle, y estampe la rigole que l'on voit à la suite du trou et prépare en l'aminçant la région où doit être foré le trou. Ce forage se fait avec un poinçon à double pointe, qui percé d'un coup les deux trous de chaque aiguille jumelle.

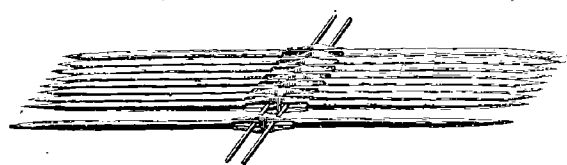


Fig. 271. — Aiguilles enfilées dans deux broches.

Les aiguilles sont ensuite enfilées sur deux broches traversant chacune un des trous (fig. 271); l'ensemble rappelle par son aspect une arête de poisson, et l'on procède à la séparation des aiguilles jumelles en aminçant à la lime l'intervalle qui sépare les deux

trous et en exerçant ensuite une pression qui les rompt à l'endroit affaibli.

Les aiguilles sont alors transformées en acier par la cémentation, quand on a employé du fil de fer. Lorsqu'au contraire on s'est servi de fil d'acier, la chaleur développée par les différentes opérations l'ayant détrempe, il faut le tremper à nouveau en projetant les aiguilles chauffées dans l'eau ou dans l'huile froides. On passe alors au *polissage*, qui dure quelquefois une semaine, mais qui s'exécute dans des machines où l'on polit dix ou quinze millions d'aiguilles à la fois. Ces aiguilles sont pour cela disposées, par couches alternatives, avec du silex ou de l'émeri en poudre, dans des sacs auxquels on fait subir l'action de

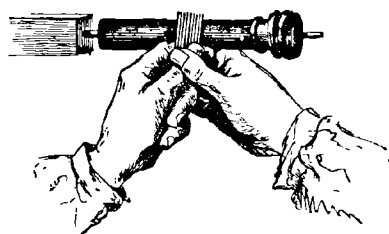


Fig. 272. — Polissage des aiguilles.

rouleaux chargés d'opérer la friction du sable et des aiguilles. Après le premier polissage, elles sont dégraissées comme les épingles dans la sciure de bois, vannées et soumises à un nombre de polissages suffisant. Les aiguilles bien polies sont ensuite triées de celles qui le sont moins et passent à l'opération du *drillage*, dont l'effet est d'achever ou d'arrondir le trou fait au poinçon et qu'on appelle *chas* ou *œil*. Pour cela l'ouvrière, après avoir disposé

une trentaine d'aiguilles sur une plaque de cuivre, les y maintient par la pression des doigts et les présente à l'action d'un burin nommé *drille* qui entre dans chaque trou et l'achève. Cette opération exige une très bonne vue et une grande dextérité.

Les aiguilles reçoivent alors le dernier polissage sur une bobine garnie de buffle et de matières pulvérulentes (fig. 272). Pendant que la bobine tourne, l'ouvrière appuie sur sa surface une certaine quantité d'aiguilles qu'elle fait en même temps rouler sur elles-mêmes. C'est là qu'excellent les ouvrières anglaises. La mise en paquets comprend encore une dizaine d'opérations, que nous ne décrirons pas.

FABRICATION DES BOUTONS

Les boutons, qui entrent dans la confection de nos vêtements, sont faits par des procédés qui varient suivant leur forme et leur nature.

Les boutons d'os et de bois sont ordinairement fabriqués au tour. Les os et le bois sont d'abord découpés en plaquettes par une scie circulaire; puis ces plaquettes sont présentées verticalement à un outil monté sur l'arbre du tour.

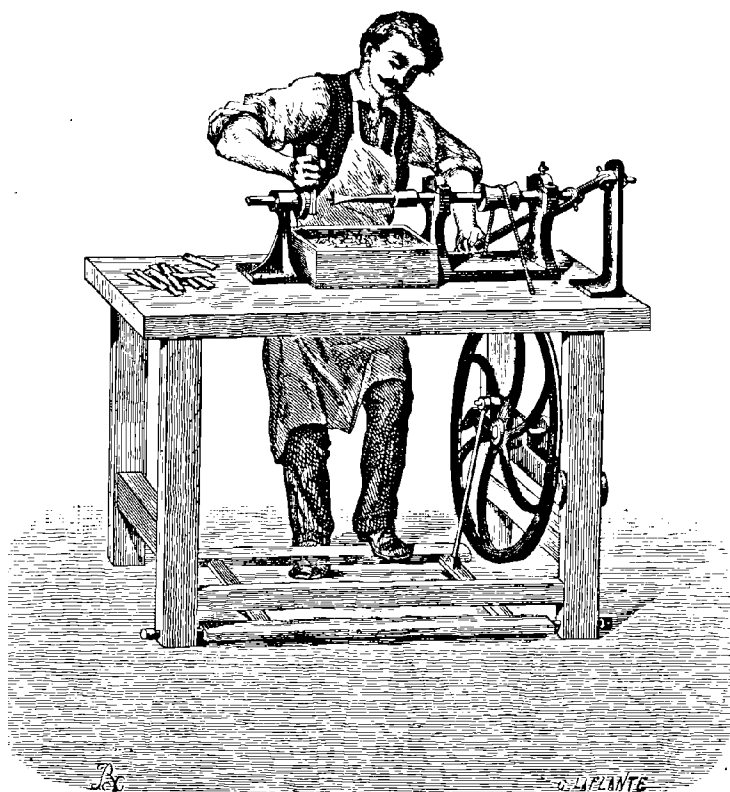


Fig. 273. — Tour à faire les boutons.

L'ouvrier appuie sur la plaquette (fig. 273) et y fait entrer l'outil qui porte deux dents pointues chargées de découper la rondelle devant former le bouton, pendant qu'une autre partie y creuse les gorges et les baguettes destinées à orner sa surface. Aussitôt que le bouton est tourné, il tombe dans une boîte ou dans une toile située au-dessous du tour, et l'ouvrier, présentant à l'outil une autre partie de la plaquette, recommence l'opération.

Le *polissage* des boutons s'exécute aussi sur le tour. L'arbre porte une pièce

de bois, ou *mandrin*, offrant une cavité assez grande pour recevoir le bouton, mais trop petite pour l'y laisser entrer tout entier. L'ouvrier l'y place avec dextérité; et, pendant que le mandrin tourne rapidement, il appuie sur le bouton un linge enduit d'une pâte de savon et de blanc d'Espagne.

Les trous sont aussi percés mécaniquement à l'aide d'un foret monté sur le tour. Quand le bouton doit avoir plusieurs trous, le tour porte plusieurs forets non solidaires l'un de l'autre et tournant ensemble; les trois ou quatre trous sont donc percés à la fois (fig. 274).

L'application des machines à la fabrication des boutons explique le bon marché auquel le commerce les livre actuellement.

On se sert aussi, dans cette industrie, d'un fruit d'Afrique, appelé *corozo*, analogue à la noix de coco et dont la matière, susceptible d'un travail facile

et d'un beau poli, peut recevoir des teintes variables que l'on assortit à la couleur des vêtements. On désigne souvent cette substance sous le nom d'*ivoire végétal*. La fabrication des boutons d'os et de corozo est concentrée dans le département de l'Oise. MM. Dupont et Deschamps ont installé à Beauvais une importante usine, où nous avons vu fonctionner les procédés mécaniques que nous venons de décrire.

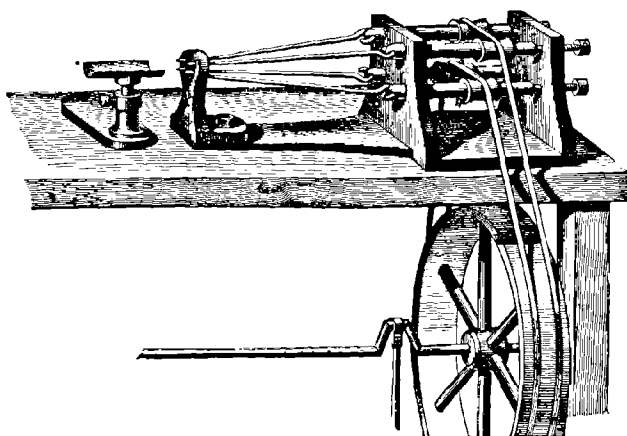


Fig. 274. — Tour à percer plusieurs trous à la fois dans les boutons.

Les *boutons de corne* sont fabriqués en comprimant dans des moules, dont la forme rappelle celle des gaufriers, des morceaux de corne ramollie dans l'eau bouillante.

Les *boutons métalliques*, au moins les plus usités, sont en général faits en étain, ou en un alliage de cuivre et d'étain que l'on fond et que l'on coule dans des moules en sable. Les boutons de laiton ou de cuivre doré sont confectionnés par estampage sur des lamelles de cuivre auxquelles on soude ensuite les queues et que l'on polit.

Les *boutons d'étoffe* sont faits en recouvrant d'étoffe ou de passementerie des moules en bois fabriqués en général dans les campagnes de la Lorraine, et qui, rendus à Paris, coûtent 1 centime $\frac{1}{4}$ les douze douzaines.

Les boutons de *pâte céramique* entrent maintenant pour une très large part dans la consommation; tels sont, par exemple, les boutons de chemise.

La matière première employée à leur fabrication est composée de feldspath, d'oxydes métalliques, de phosphates, de borates, qui entrent dans la fabrication des émaux pour porcelaine; ces matières, après pulvérisation, sont

lavées successivement dans l'eau, les acides et le lait, puis tamisées et mises dans des sacs de toile où on les comprime pour en extraire l'eau; elles sont ensuite séchées. La substance pulvérulente est répartie sur une plaque de fonte fixe présentant des cavités, ou matrices, qui sont autant de moules où se moulera la pâte : au-dessus de cette plaque est une autre plaque mobile, qui présente autant de saillies ou poinçons que l'autre a de cavités : elle peut descendre sur la première de manière que les poinçons entrent dans les matrices et y soient appliqués par une presse à vis. La pâte, comprimée entre le poinçon et la matrice, en prend la forme et acquiert assez de consistance pour pouvoir être transportée, sans s'émietter, sur des feuilles de papier. Cette machine permet de faire cinq cents boutons à la fois. Les trous des boutons sont percés par des forets mus mécaniquement, pendant que la pâte est pressée dans les matrices.

Il faut maintenant donner à cette pâte une consistance définitive; c'est par la cuisson qu'on y arrive. On place les feuilles de papier sur des plaques de tôle que l'on met dans des fours; le papier brûle, et la pâte prend par la cuisson la consistance voulue.

FABRICATION DES BROSSES

La fabrication des brosses fait l'objet d'une industrie qui est répandue dans un grand nombre de localités, mais qui est surtout développée à Beauvais et dans ses environs.

Une brosse, quel qu'en soit l'usage, se compose de deux parties essentielles : la *patte* et les *soies*. La patte est faite en bois, en os ou en ivoire; sa forme est variable; elle est destinée à recevoir des soies de porc ou de sanglier, à les réunir et à en faire un tout assez résistant pour que, lorsqu'on les passe à la surface de l'objet que l'on veut brosser, elles enlèvent les corps étrangers, poussière, etc.

Les soies de porc ou de sanglier sont d'abord triées par couleur et par force; elles sont ensuite peignées, comme le lin, sur un peigne fixe à dents verticales. Après ce peignage elles sont lavées à la potasse, passées par paquets sur une meule qui achève le nettoyage, blanchies dans des chambres à soufre, puis *redressées*. Le redressage a pour but de leur faire perdre la forme courbe qu'elles présentent; on les enveloppe pour cela par paquets dans des morceaux de toile que l'on serre avec une ficelle, et on les porte dans des étuves où elles sèchent en se redressant sous la pression exercée par la ficelle. Enfin il faut procéder au *triage*, qui divise généralement les soies en quinze classes d'après leur longueur. A cet effet, l'ouvrière en prend une poignée que d'une main elle tient verticalement sur une table; elle place au milieu une tige de cuivre

d'une certaine longueur, puis avec la main libre elle tire tous les poils qui sont plus longs que la tige et les met à part. Elle remplace la première tige par une plus courte et continue ainsi jusqu'à ce qu'elle soit arrivée aux poils de la plus courte dimension.

Étudions maintenant la fabrication des pattes qui doivent recevoir les soies. Le bois, l'os ou l'ivoire sont débités à la scie circulaire, et les morceaux provenant de ce débitage sont ébauchés à l'aide d'outils mécaniques, qui leur donnent grossièrement la forme que doit avoir la patte; ils sont finis à la lime, mouillés avec un mélange de savon et de blanc d'Espagne et polis sur des meules garnies de coton, qui tournent avec une grande rapidité. Les pattes sont ensuite percées de trous destinés à recevoir les soies : ce forage se faisait autrefois à la main, aujourd'hui il est exécuté par des machines qui sont construites avec tant

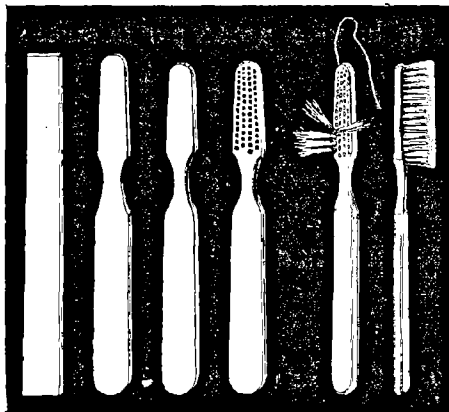


Fig. 275. — Fabrication des brosses à dents.

d'habileté, que la patte disposée sur elles se déplace avec une régularité parfaite pour venir présenter ses différents points à l'action des forets. Tantôt les trous sont percés de part en part, tantôt ils ne traversent qu'une partie de l'épaisseur.

Il faut maintenant *monter* les soies. Supposons d'abord le cas où les trous sont percés de part en part. L'ouvrier passe dans le premier trou une ficelle pliée en boucle et dont l'un des bouts est fixé à une extrémité de la patte; il engage dans la boucle un faisceau de poils, puis il tire le fil de manière

à forcer la boucle à descendre dans le trou et à y entraîner le faisceau de poils qui se replie par le milieu et qui doit être assez gros pour boucher le trou; il fait une nouvelle boucle, engage le fil dans le trou suivant, et ainsi de suite. On coule, sur le dos de la patte, de la colle forte, chaude et liquide, de manière à maintenir le tout, et l'on place au-dessus une plaque qui cache le travail. Enfin on égalise les poils en les coupant avec des ciseaux appelés *forces*.

Pour les brosses à ongles et à dents, qui sont ordinairement en os ou en ivoire, on ne perce pas les trous de part en part, et chacun d'eux vient aboutir dans un canal percé longitudinalement; il y a autant de canaux longitudinaux qu'il y a de rangées de trous transversaux. On engage le fil horizontalement à travers le canal (fig. 275) et, à l'aide d'un petit crochet, l'ouvrier va le chercher au fond de chaque trou pour le sortir en forme de boucle.

FABRICATION DES PEIGNES

Les peignes qui servent à la toilette sont fabriqués avec la corne, l'ivoire ou l'écaille.

Les cornes employées à cet usage sont ordinairement celles de bœuf et de buffle sauvage : le Brésil nous en envoie des quantités considérables.

Le premier travail que l'on fait subir aux cornes consiste à les débarrasser de leur noyau intérieur : on les met d'abord macérer dans l'eau froide, puis, en les tenant par le bout le plus petit, on les frappe avec un morceau de bois de manière à faire sortir le noyau qui les remplit. On coupe ensuite à la scie la pointe et la base de la corne et on les vend aux couteliers, qui s'en servent pour garnir les couteaux, ou aux fabricants de cannes et de parapluies, qui en font des pommes et des crosses. La partie moyenne des cornes est alors ramollie de nouveau dans l'eau froide, puis dans une chaudière remplie d'eau bouillante; on les retire deux par deux de la chaudière et on les enfle sur les branches d'une longue pince, qui sert à les exposer à l'action d'une flamme claire. La chaleur les ramollit plus encore, et, pendant qu'elles sont chaudes, on les fend suivant leur longueur avec une serpette; à l'aide de pinces plates, on saisit les deux bords de la fente et l'on ouvre peu à peu la corne en la réchauffant pendant le travail pour lui conserver son extensibilité. Les plaques de corne ainsi obtenues sont mises en presse entre des plaques de fer poli et on les laisse refroidir sous une pression peu considérable; après refroidissement, on les jette dans l'eau froide, où elles restent pendant quelques instants. Les opérations qui précèdent constituent ce qu'on appelle l'*aplatissage à blanc* : elles s'appliquent spécialement aux cornes noires et sans transparence, comme celles de buffle.

Les cornes blanches et transparentes sont soumises à l'*aplatissage à vert*, qui a pour effet d'augmenter leur transparence. Ce travail consiste à chauffer la corne, préparée à blanc, au-dessus d'un feu de charbon de bois et à la gratter avec des outils qui enlèvent toutes les parties non transparentes; puis on la ramollit dans l'eau froide, dans l'eau chaude, et on la soumet à l'action d'une presse dont les plaques sont chauffées. Après refroidissement complet, on desserre les plaques, on retire les cornes et on les charge de poids pendant quelque temps pour les empêcher de se gauchir.

Les opérations précédentes sont souvent exécutées dans des usines autres que celles où se confectionnent les peignes : à leur arrivée chez le fabricant, les lames de corne subissent le travail du *redressage* par lequel on leur donne la forme plane en les ramollissant par la chaleur et en les mettant encore chaudes

dans des presses formées de plaques de bois que l'on serrre avec des vis. Alors commence une série d'opérations qui constituent la fabrication proprement dite du peigne et où l'on applique encore avec succès le principe de la division du travail, principe dont nous avons déjà constaté plus d'une fois la fécondité.

1° *Traçage des cornes.* — Les plaques sont livrées à des ouvriers qui placent sur elles des patrons en zinc rectangulaires, dont ils suivent les bords avec un stylet, en traçant sur la corne les lignes où devra passer la scie. Le talent de l'ouvrier consiste à tirer d'une plaque le plus de peignes possible, en plaçant des patrons de dimensions différentes, de manière à utiliser toute la surface.

2° *Rognage.* — Les plaques sont découpées, suivant les lignes tracées au stylet, à l'aide d'une scie circulaire.

3° *Mise en modèle ou en forme.* — Les morceaux rectangulaires ainsi obtenus reçoivent la forme générale du peigne, dont les extrémités sont ordinairement arrondies, par l'action de petites meules d'acier qui tournent autour d'un axe horizontal.

4° *Grattage.* — La corne est ensuite amincie et biseautée sur ses bords par des meules d'acier.

5° *Coupage.* — Cette opération consiste à refendre la plaque pour former les dents du peigne. Elle s'exécute, avec autant de précision que de rapidité, au moyen d'une petite machine qui se compose principalement d'un outil appelé *fraise*, tournant autour d'un axe horizontal, en avant d'une pince dans laquelle on a serré la plaque de corne. Cette fraise fait l'office d'une scie circulaire et a une épaisseur égale à l'intervalle des dents. Par un déplacement convenable de la plaque l'ouvrier l'amène devant la fraise aux points où elle doit être entaillée. Cette machine peut, en une journée, tailler six cents peignes.

6° *Plaintage.* — Les dents ainsi formées doivent ensuite être amincies et appointées : on emploie, à cet effet, des meules d'émeri qui servent en même temps à adoucir les coins du peigne.

7° *Grélage des dents.* — Pour éviter que les dents ne soient trop aiguës et ne blessent la tête, on les *gréle*, c'est-à-dire qu'on les use sur des meules d'émeri.

8° *Ratissage.* — Cette opération, qui s'exécute comme le grélage, a pour but d'adoucir les arêtes du dos du peigne.

9° *Ponçage.* — Il faut maintenant commencer à polir la surface, ce qui se fait à l'aide d'une meule en peau de buffle, qu'on arrose avec de la ponce en suspension dans l'eau.

10° *Tamponnage.* — L'opération précédente est complétée par le *tamponnage*, qui consiste à user la corne contre des meules tournant autour d'un axe horizontal et formées par des lames de drap juxtaposées. Ces meules sont arrosées avec de la ponce. Nous avons vu employer à leur confection les vieux pantalons de troupes, dont le drap est très bon pour cet usage.

11° *Mise en couleur.* — On met ensuite la corne en couleur en la faisant bouillir dans des liquides de composition convenable et ordinairement tenue secrète par les fabricants. Elle en sort avec des tons noirs ou autres qui son

plus flatteurs à l'œil que ceux de la corne naturelle. Quand on veut fabriquer de la fausse écaille, la corne est attaquée à l'aide de liquides acides qui y produisent les taches transparentes que présente l'écaille.

12° *Polissage*. — Pour le polissage proprement dit on emploie d'abord des meules en peau de mouton, mouillées de vinaigre, puis des brosses à ongles qui nettoient l'intervalle des dents, enfin des meules en drap.

13° *Emballage*. — Des ouvrières spéciales sont chargées de mettre en paquets les peignes sortant des ateliers de fabrication.

Les procédés que nous venons de décrire permettent de livrer à la consommation des peignes que l'on peut vendre 3 francs la douzaine.

L'*écaille* est aussi employée à la fabrication des peignes. C'est une substance cornée qui recouvre, en plaques plus ou moins grandes et plus ou moins épaisses, la carapace de quelques espèces de tortues. La plus belle qualité est fournie par le *caret*, que l'on pêche en Asie et en Amérique. Ces lames sont détachées de la carapace par l'action de la chaleur. L'écaille se travaille à peu près comme la corne et subit comme elle l'opération de l'aplatissage : ces lames peuvent se souder à chaud. La fabrication du peigne d'écaille est la même que celle du peigne de corne.

Nous devons ajouter que les peignes d'écaille faits à la main sont d'un usage bien supérieur à celui des peignes découpés à la mécanique. Les premiers sont, pendant le travail, chauffés à l'eau salée, qui entretient l'élasticité de la matière, et leurs dents sont découpées à la scie, qui ne les ébranle pas autant que le découpoir mécanique, dont le frottement échauffe la matière et la rend plus ou moins cassante.

Les mêmes moyens de fabrication s'appliquent aussi aux peignes d'ivoire, de caoutchouc et de buis.

Les peignes de parure ou à chignon se font à la main; ils sont soumis aux caprices de la mode, et leur fabrication rentre presque dans les industries artistiques.

L'intéressante industrie qui nous occupe s'exerce à Paris, dans les départements de la Seine, de l'Eure, Eure-et-Loir, de l'Oise, de l'Ain, du Jura et de la Somme. Parmi les usines qui pratiquent avec succès la fabrication mécanique, nous citerons celles d'Ezy (Eure) et d'Airaines (Somme).

BIJOUTERIE

La bijouterie a pour but la fabrication d'un grand nombre d'objets de luxe qui servent à la parure et à la toilette. Nous ne pouvons étudier ici tous les procédés de fabrication, qui varient à l'infini avec la nature et avec la forme des objets; nous nous bornerons à quelques considérations générales sur les principales branches de cette industrie.

La bijouterie proprement dite a pour matière première l'or et l'argent. Lorsqu'elle associe à ces métaux les pierreries dans une notable proportion, on la désigne sous le nom de *joaillerie*.

L'or et l'argent purs ne sont pas assez durs, assez résistants, pour conserver les formes délicates que leur donne le bijoutier; aussi doit-on, avant de les



Fig. 276. — Ouvrier bijoutier manœuvrant la drille.

travailler, les allier avec une certaine quantité de cuivre. Le titre de cet alliage, c'est-à-dire le poids d'argent ou d'or pur contenu dans 1000 parties d'alliage, est déterminée dans des bureaux d'essai nommés *garanties*, qui en indiquent la valeur par un *contrôle*, ou marque appliquée au poinçon.

Le bijoutier et le joaillier se servent le plus souvent de plaques laminées d'or et d'argent, qu'ils découpent avec de petites scies à main dont la lame, très fine, est engagée dans des trous préalablement faits avec un foret appelé *drille* (fig. 276). Des limes de toutes grandeurs servent aussi au bijoutier pour achever le travail du découpage. Les parties concaves ou convexes sont façonnées par emboutissage dans des cavités pratiquées dans un cube en bronze nommé *dé à emboutir*. On refoule le métal dans les cavités à l'aide d'un outil appelé *bouterolle* (fig. 277).

Un grand nombre de pièces de bijouterie sont faites par *estampage*; d'autres sont fondues dans des moules de cuivre, dont la matière a été d'abord coulée dans des moules en plâtre, puis retravaillée au burin pour avoir plus de fini. Les différentes pièces des bijoux sont réunies par la *soudure*, qui est une opération très fréquente en bijouterie : elle consiste à faire fondre un alliage de cuivre et d'argent entre les parties à réunir. La fusion s'obtient en dirigeant à

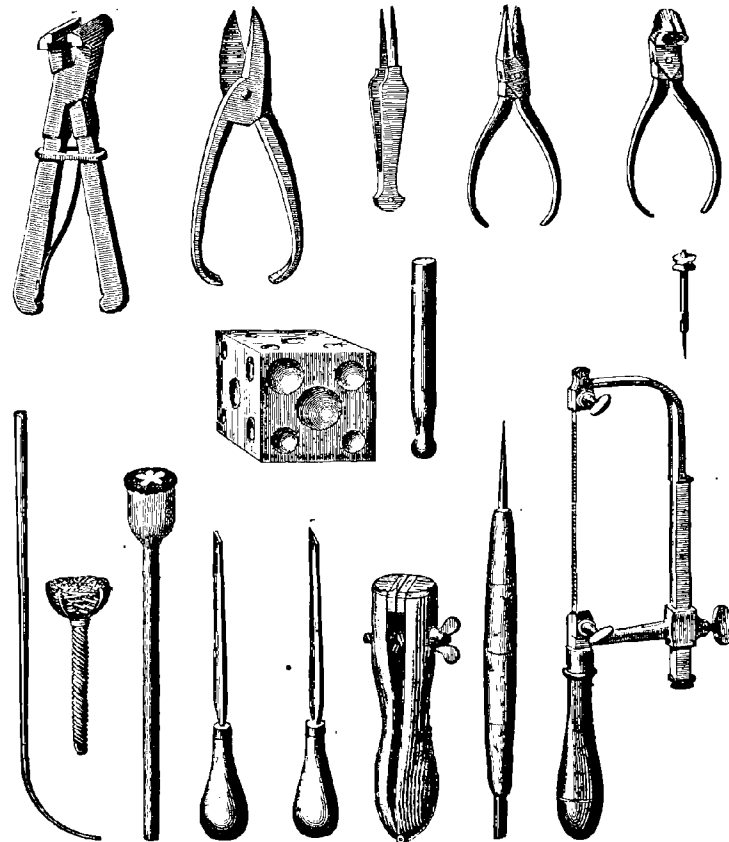


Fig. 277. — *Outils de bijoutier* : Pince à coulant, cisoir, presselle, pince ronde ou pince plate, pince à couper, dé à emboutir, bouterolle, foret, chalumeau, perruque ou teignasse (masse en fil de fer sur laquelle on place les bijoux à souder), poignée (outil sur lequel on fixe les bijoux), échoppe à arrêter, échoppe à refendre, étau, pointe à découvrir (pour sertir), scie à main.

l'aide d'un chalumeau, sur les parties à souder garnies de soudure, un jet de gaz, dont la flamme est rendue plus chaude par l'injection au milieu d'elle d'un courant d'air plus ou moins actif. On emploie aussi la flamme de l'alcool ou de l'huile.

Pour monter les pierreries, le joaillier opère par *sertissage* : après avoir fait un tube cylindrique, il le découpe en anneaux appelés *charnières à chatons*, qu'il soude sur le bijou; puis il monte celui-ci sur un manche de bois avec du ciment. Ensuite il *met en cire*, c'est-à-dire qu'il fixe les pierres avec de la cire à l'extrémité de petits bâtons de bois, qui lui permettront de les porter dans les cavités où ils

doivent être sertis. Lorsque les pierres sont en place, l'ouvrier, au moyen d'outils appelés *échope à refendre*, *échope à arrêter*, *marteau à sertir*, rabat le métal ou chaton sur les bords de la pierre de manière à l'y emprisonner solidement. Tel est le moyen employé pour monter les diamants; dans tous les autres cas la sertissure se fait par des procédés analogues.

Lorsque les bijoux sont montés, ils sont livrés au brunissage et au polissage, qui ont pour but de polir leur surface. Le bijou, après avoir été gratte-brossé, c'est-à-dire soumis à l'action d'une brosse métallique animée d'un mouvement rapide de rotation, est frotté à l'aide d'outils que l'on appelle *brunissoirs* et qui sont en acier, en hématite, en pierre d'ardoise, etc. Après le brunissage vient le polissage, qui se fait à la ponce, au tripoli, au rouge d'Angleterre, etc.

On désigne sous le nom de *bijouterie d'imitation* l'industrie qui fabrique les bijoux à bon marché, en se servant non plus de lames d'or et d'argent, mais de lames de cuivre recouvertes d'une faible épaisseur d'or ou d'argent. On fait ainsi à un prix moindre des objets dont la surface peut avoir l'éclat et l'inaltérabilité des bijoux faits entièrement avec les métaux précieux. Cette industrie a pris depuis quelques années un très grand développement : Paris et Lyon en sont les principaux centres; à Paris les maisons Savart et Héricé lui ont fait atteindre une grande perfection.

Il y a lieu de considérer deux espèces principales de bijoux d'imitation : le *doublé* et le *doré*.

La matière première des bijoux doublés s'obtient en soudant ensemble, par la pression à chaud, une lame d'or et de maillechort (alliage de nickel et de cuivre fait dans des proportions déterminées).

Voici comment nous avons vu pratiquer cette opération dans le bel établissement de M. Héricé.

On prend une lame de maillechort de 700 grammes et, après l'avoir bien décapée avec du grès fin, on lui superpose une lame d'or qui a été décapée par le même moyen et dont le poids varie avec le titre des bijoux que l'on veut fabriquer. Au-dessus de cette double lame d'or et de maillechort, on met une plaque de tôle, qui a été frottée sur ses deux faces avec des gousses d'ail. On superpose ainsi huit ou dix lames doubles en séparant chaque groupe du voisin par une feuille de tôle; puis on enveloppe le tout avec une feuille de cuivre mince en serrant très fort : le paquet ainsi formé est mis entre deux fortes lames de tôle enduites de blanc d'Espagne et on le porte à la température du rouge cerise; pendant qu'il est à cette température, on le place sur le plateau d'une presse hydraulique et l'on donne la pression. Sous l'influence de cette pression, les lames d'or et de maillechort se soudent deux à deux; quant aux feuilles de tôle, comme on les a enduites d'ail, elles n'adhèrent ni à l'or ni au maillechort. On obtient ainsi des plaques formées d'or sur l'une de leurs faces, de maillechort sur l'autre; elles sont appelées *lingots*, on les transforme par le laminage à froid en bandes métalliques, qui sont désignées sous le nom de *plané* et qui, après avoir été polies, servent à la fabrication des bijoux.

On fait aussi par ce procédé du plané d'argent, c'est-à-dire une lame formée d'une plaque d'argent sur laquelle a été appliquée une lame d'or.

La plupart des pièces qui entrent dans la composition des bijoux doublés se fabriquent par *estampage*. On a gravé en creux, dans une matrice d'acier, la forme du bijou; on place sur cette matrice un morceau de plané et on laisse tomber sur lui un mouton, ou masse métallique très lourde, analogue à celui que l'on emploie dans la fabrication des épingles et qui porte sur sa base inférieure l'empreinte en relief de la pièce à fabriquer. La lame de plané prise entre les deux empreintes se modèle sur elles. Cette opération exige d'assez grandes précautions. Il est impossible d'estamper en une seule fois, on n'obtiendrait pas de formes assez pures et le métal se déchirerait. Aussi commence-t-on par faire une empreinte en relief avec une lame de plomb que l'on place sur la matrice; le mouton en tombant sur le plomb le modèle sur la matrice et en remontant l'emporte avec lui, attendu que le métal mou s'est grippé dans des trous pratiqués sur la face inférieure du mouton. On commence l'estampage avec ce relief en plomb, on le continue avec une empreinte de cuivre faite de la même manière, et, par plusieurs passages au mouton, on arrive à donner à la lame de plané les formes les plus délicates et les plus compliquées.

Quant aux bijoux *dorés*, ils sont fabriqués d'abord en cuivre, puis recouverts d'une couche d'or. On emploie trois moyens principaux. 1° La *dorure au mercure* consiste à frotter les bijoux bien décapés avec une brosse imprégnée d'un alliage semi-fluide d'or et de mercure; cet alliage s'attache à la surface du bijou, que l'on chauffe ensuite, de manière à volatiliser le mercure, qui laisse l'or adhérent au cuivre. Ce procédé, quand il est bien pratiqué, donne des produits d'excellente qualité. 2° La *dorure au trempé* consiste à plonger le bijou de cuivre bien décapé dans une dissolution bouillante d'or. Au bout de quelques instants, il s'est déposé à la surface du cuivre une couche d'or assez solide pour être brunie et polie. 3° Dans la *dorure galvanique*, on produit le dépôt en suspendant le bijou dans une dissolution d'or et en faisant agir sur le liquide un courant électrique, qui le décompose et précipite l'or à la surface du cuivre. Nous étudierons avec plus de détails la dorure au mercure et la dorure galvanique, quand nous décrirons la fabrication des bronzes d'art.

CHAPITRE XVII

LA SAVONNERIE ET LA PARFUMERIE

Nous avons eu occasion bien souvent dans ce qui précède de parler du savon, qui sert soit dans la filature de la laine et de la soie, soit dans la fabrication des tissus. Il est aussi employé dans le blanchissage du linge et pour les besoins de la toilette. Nous allons étudier les procédés que l'on emploie pour préparer cette substance aussi utile à l'industrie qu'à l'économie domestique.

Les savons sont des combinaisons de certains acides gras (acides margarique, stéarique et oléique) avec une base, en général la potasse ou la soude.

Les peuples anciens ont connu le savon; on prétend trouver son existence mentionnée dans la Bible; d'autres pensent que le mot hébreu *borith*, qui avait été longtemps considéré comme l'équivalent de notre mot *savon*, signifie plus exactement *alkali*. Sans chercher à décider cette question d'érudition, nous ajouterons que Pline, dans son *Histoire naturelle*, parle, de la manière la plus nette, du savon des Gaulois; il l'indique comme composé de suif et de cendre et signale l'usage que l'on peut en faire pour *se rougir les cheveux*.

L'industrie du savon paraît avoir pris naissance à Marseille et c'est de là qu'elle se répandit dans les autres colonies grecques et dans les possessions romaines. On a retrouvé dans les ruines de Pompéi, ville de Campanie qui fut ensevelie en l'an 79 après Jésus-Christ sous les cendres du Vésuve, deux fabriques de savon et des débris de cette matière dans un assez bon état de conservation. Au ix^e siècle, Marseille faisait déjà un commerce important de savon; mais cette substance n'était encore qu'un objet de luxe. Elle ne prit d'importance qu'après le xii^e siècle, les croisés ayant rapporté de l'Orient l'usage du linge blanc, que ne connaissaient pas les peuples du moyen âge. Nos pères, malgré le luxe de leurs vêtements et de leurs armures, étaient bien peu avancés sous le rapport de la propreté et des soins à donner à leur personne. Ce n'est qu'à partir de cette époque que le savon devint un objet de première nécessité pour les usages de la toilette. Marseille eut bientôt des rivales redoutables : Venise, Gênes, Savone en Italie lui disputèrent le monopole de cette fabrication.

C'est à la puissante impulsion de Colbert que l'on doit le développement en France de l'industrie de la savonnerie. Elle s'établit d'abord à Toulon et le choix de cette localité, située à côté des contrées qui produisent l'huile d'olive, indique

que le grand ministre se préoccupait surtout de trouver un débouché nouveau aux produits du sol. Il avait également en vue de donner du travail aux ouvriers nationaux à l'exclusion des étrangers; car, quelques années plus tard, Louis XIV rendit un arrêt dans le but de *constituer un monopole pour la fabrication du savon en faveur du sieur Rigat, de Lyon*, à la condition qu'il n'emploierait que des ouvriers français et des huiles françaises. Le décret, qui avait soulevé des tempêtes à son apparition et ne fut enregistré au parlement d'Aix que sur injonction royale, ne dura que deux ans; la force des choses en fit justice. Le sieur Rigat perdit son privilège par un arrêté du 10 octobre 1669. L'industrie savonnaire, libre de choisir son milieu le plus convenable, vint s'établir définitivement, à la fin du xvii^e siècle, à Marseille, qui, par son important commerce avec les pays producteurs d'huile d'olive et par les avantages qu'offrait son grand marché, était pour cette fabrication spéciale dans des conditions incontestables de supériorité.

Quand on étudie la marche de cette industrie depuis Colbert jusqu'à nos jours, on voit que la réglementation sévère à laquelle elle a été soumise dès l'origine, en maintenant l'observation rigoureuse du procédé normal et la bonne qualité des produits, a puissamment contribué à sa richesse. Est-ce à dire que l'industrie de Marseille n'ait jamais livré à la consommation que des savons exempts de toute fraude? Non, et malgré le rigorisme dont elle a paru se targuer vis-à-vis des villes rivales, Marseille a eu, à ce point de vue, ses moments de faiblesse, et ses produits n'ont pas toujours eu la pureté que les Marseillais semblent réclamer comme privilège de leurs savons. En 1790, les lavandières adressaient aux États généraux une plainte dans laquelle elles s'élevaient contre les falsifications du savon blanc et demandaient l'application de mesures répressives. En 1791, le conseil municipal de Marseille lui-même faisait à l'Assemblée législative une demande semblable.

La découverte de Leblanc sur la fabrication de la soude artificielle devait exercer une influence heureuse sur l'industrie qui nous occupe; en même temps qu'elle affranchissait la France de la nécessité de demander des soudes à l'étranger, elle fournissait pour la fabrication du savon un produit plus pur que les soudes naturelles, exempt de tout alcali déliquescents, et permettant de mélanger à l'huile d'olive l'huile d'œillette, dont la culture avait pris naissance à la même époque dans les départements du Nord.

Malgré ces avantages, les fabricants de savon ne firent pas tout d'abord à cette découverte l'accueil qu'elle méritait; le nouveau produit fut longtemps en butte aux préjugés les plus absurdes. On s'imaginait que le savon fait avec la soude artificielle gâtait le linge et nuisait à la santé de ceux qui l'employaient. Les paysans se figuraient que les fabriques de soude repoussaient les nuages et empêchaient la pluie. Cette croyance ridicule s'était tellement répandue qu'on fut obligé, en 1815 et 1816, de faire camper des troupes pendant quelque temps à Septème pour préserver d'une destruction presque certaine les fabriques de soude situées dans cette localité.

Nous trouvons dans l'histoire de la science et de l'industrie plus d'un fait sem-

blable. Les plus belles découvertes n'ont parfois été accueillies qu'avec froideur et défiance; le préjugé et la routine ont frappé de stérilité les efforts les plus nobles. C'est là pour nous un enseignement précieux que nous ne devons pas oublier : ne repoussons jamais les procédés nouveaux qui nous sont présentés, mais étudions-les toujours sans enthousiasme ni prévention, et ne les condamnons que lorsque l'expérience nous a démontré leur insuffisance.

Dès 1854, la culture de la betterave devint tellement envahissante dans le Nord que celle de la graine d'œillette fut négligée, et les usines de Marseille furent exposées à manquer de cet utile auxiliaire. Pour suppléer à ce déficit, on dut recourir alors aux graines de lin de la Baltique et surtout de l'Égypte et de la mer Noire. Mais, l'huile de lin ne pouvant avoir en savonnerie qu'un emploi assez borné à cause de l'odeur et de la couleur qu'elle communique au savon, on rechercha si d'autres graines oléagineuses ne donneraient pas une huile plus convenable.

On pensa au *sésame*, connu dans tout l'Orient depuis un temps immémorial, et la culture de cette graine fut d'abord essayée en Égypte. Les premiers essais ayant réussi, les champs de l'Égypte, de l'Anatolie, de la Roumanie, puis ceux de Karamanie, de la Syrie et de la Palestine, se couvrirent de sésames. Quelques années plus tard, cette culture s'introduisit dans l'Inde et dépassa bientôt en importance celle des provinces turques et égyptiennes.

Pendant que la graine de sésame se récoltait ainsi aux deux extrémités de l'Asie et sur les bords du Nil, une autre graine oléagineuse, l'arachide, était recueillie sur les côtes occidentales de l'Afrique et venait fournir à la navigation et à l'activité nationale de nouveaux éléments de travail et de fortune.

Mentionnons aussi l'*huile de palme*, qui provient du fruit de l'*avoiira* de Guinée (plante qui appartient à la famille des Palmiers). Cette huile s'extraît par l'action de l'eau bouillante sur le sarcocarpe fibreux qui enveloppe le noyau du fruit. Les Anglais, qui ont de nombreuses factoreries de cette huile sur la côte occidentale d'Afrique, en importent chez nous des quantités considérables; ce produit est pour les nègres de la côte l'objet d'un commerce d'échange fait avec les Européens.

Le noyau du fruit de l'*avoiira* est aussi importé en France, et l'on en extrait, par expression, l'*huile de palmiste*, que l'on utilise comme la précédente dans la fabrication des savons.

L'huile de coco, qui nous vient de Pondichéry, de Cochin, de Karical, de Ceylan et de Sydney, est extraite, par expression ou par fusion, de l'amande de plusieurs espèces de cocotiers (*Cocos nucifera*, *Elæis butyracea*). En même temps que ces différents corps, l'acide oléique, qui est un résidu de la fabrication des bougies stéariques, prenait sa place dans la savonnerie.

Il était facile de prévoir que du jour où Marseille appelait au secours de son industrie les corps gras que nous venons de citer, d'autres villes, aussi bien placées qu'elle pour les recevoir, voudraient concourir à la production du savon et lui disputer le monopole qu'elle avait conservé si longtemps et qu'elle ne devait, en définitive, qu'à sa situation géographique auprès des régions où pousse l'olivier. Ce

fut en effet ce qui arriva, et plusieurs villes du nord et de l'ouest de la France entreprirent la fabrication du savon : Rouen, Nantes, Paris, Elbeuf, Reims, Dijon, Amiens et Tours sont à citer parmi celles où cette industrie s'est le plus développée.

Nous avons dit plus haut que les savons sont des combinaisons d'acides gras avec un alcali, la potasse ou la soude : leur usage vient de ce qu'ils ont la propriété de dissoudre les corps gras et de former avec eux des composés solubles. C'est à leur alcali qu'ils doivent cette propriété, de sorte que si un linge est gras et sale, il suffira de le laver avec une dissolution de potasse ou de soude pour le blanchir, puisque cette potasse ou cette soude se combinant avec le corps gras l'enlèverait au linge et l'entraînerait dans l'eau à l'état de corps soluble. L'usage de la potasse et de la soude peut avoir quelques inconvénients. Employées à trop grande dose et sans précaution, elles peuvent nuire à la qualité du linge; elles agissent avec énergie sur les mains des laveuses; aussi préfère-t-on les prendre à l'état de savon, c'est-à-dire de combinaison soluble avec un acide gras, combinaison qui conserve la propriété de dissoudre les graisses, les huiles, etc.

Les acides gras nous sont fournis par des corps d'origines différentes, les suifs de mouton, de bœuf, de chèvre, les huiles d'olive, de sésame, d'arachide, d'aillette, de colza, de palme, de palmiste, de coco, etc. Ces corps ne renferment pas l'acide gras à l'état libre, mais ordinairement combiné avec une substance que l'on désigne sous le nom de *glycérine* et qui forme avec eux des composés différents : avec l'acide oléique, l'oléine; avec l'acide margarique, la margarine; avec l'acide stéarique, la stéarine. Les corps gras d'origine végétale sont essentiellement formés d'oléine et de margarine, et ceux d'origine animale contiennent en plus la stéarine.

Le savon étant, comme nous venons de le dire, le résultat de la combinaison d'un ou de plusieurs acides gras avec une base alcaline, la potasse ou la soude, sa fabrication consiste à éliminer la glycérine de ses combinaisons avec les acides gras pour lui substituer la potasse ou la soude. Or cette élimination se fait justement à l'aide de l'une de ces deux bases : lorsqu'on met un corps gras en présence de l'une d'elles, elle chasse la glycérine, prend sa place et se combine avec l'acide gras pour former avec lui un savon, qui est *dur* si la base est la soude, qui est *mou* si la base est la potasse.

Tels sont les principes chimiques sur lesquels repose la fabrication des savons. La science les doit à Chevreul.

La fabrication du savon telle qu'elle se pratique à Marseille comprend deux phases principales : 1° la préparation des lessives de potasse ou de soude, ou *caustification*; 2° la fabrication proprement dite du savon.

L'industrie des produits chimiques ne livre pas au savonnier la potasse et la soude à l'état de bases caustiques; elles sont ordinairement combinées avec une proportion plus ou moins grande d'acide carbonique, dont il faut les priver pour qu'elles puissent agir efficacement sur les corps gras. C'est là le but de la caustification. On met la dissolution de potasse ou de soude en présence d'une certaine quantité de chaux qui, s'emparant de l'acide carbonique, combiné avec

l'alcali, forme avec lui un composé insoluble appelé *carbonate de chaux*; ce composé tombe au fond du récipient, où se fait la caustification, tandis que le liquide surnageant constitue une lessive contenant en dissolution la potasse ou la soude caustiques. A Marseille la préparation des lessives se fait dans des bassins de pierre appelés *barquieux*. Après avoir concassé la soude artificielle, on y ajoute un tiers en poids de chaux parfaitement éteinte, et le mélange est placé dans les barquieux. L'eau pure, ou une lessive faible provenant d'un lavage précédent, est amenée dans ces bassins. La dissolution de la soude s'opère peu à peu, la chaux lui enlève son acide carbonique. Au bout d'un certain temps on soutire cette première lessive dans des citernes placées au-dessous des barquieux et appelées *trous*. Le résidu est épuisé par des additions d'eau pure, et la lessive faible qui provient du dernier lavage sert à dissoudre une nouvelle quantité de soude neuve, et ainsi de suite.

Quand on veut avoir des lessives concentrées, ce qui est nécessaire à certains moments de la fabrication, on a recours à un procédé de lixiviation souvent appliqué dans les industries chimiques et appelé *lessivage méthodique*.

La fabrication proprement dite du savon comprend trois phases principales : l'*empâtage*, le *relargage* et la *coction*. L'huile n'étant pas miscible à l'eau, il est nécessaire de la diviser pour la faire arriver au contact de l'alcali avec lequel elle doit se combiner : tel est le but de l'*empâtage*, qui émulsionne l'huile, c'est-à-dire qui la met, à l'état de division extrême, en suspension dans l'alcali. On se sert à Marseille, pour cette opération, de grandes chaudières en maçonnerie, dont la capacité est en général de plus de 200 hectolitres. Leur fond est en tôle et a une forme hémisphérique; il est en contact avec le foyer et constitue la surface de chauffe. On emploie aussi le chauffage par la vapeur d'eau, qui parcourt un serpentín placé au fond de la chaudière.

On verse d'abord dans la chaudière la lessive, et lorsqu'elle est à la température voulue, on fait rouler des barriques contenant l'huile sur deux fortes planches mises en travers de la chaudière. L'huile en tombant dans la lessive s'émulsionne : la matière d'abord très limpide va peu à peu en épaississant, et au bout de vingt-quatre à quarante-huit heures d'ébullition elle a acquis une consistance et une homogénéité suffisantes.

Il faut alors procéder au *relargage*, c'est-à-dire enlever au mélange la trop grande quantité d'eau qu'il renferme. Pour cela, on ajoute en plusieurs fois une lessive chargée de sel marin; en même temps un ouvrier armé d'un *redable* (outil composé d'une planche de noyer traversée par un manche de 5 à 6 mètres de long) remue constamment la masse pour y répartir la lessive salée. L'émulsion savonneuse, insoluble dans l'eau salée, se grumelle et se réunit à la surface sous forme de pâte consistante et colorée, en abandonnant l'excès d'eau qu'elle retenait; cette eau entraîne avec elle la glycérine, l'huile en excès et la plus grande partie des sels contenus dans la lessive d'empâtage et dans celle qui a servi à relarguer. On laisse alors tomber le feu, et après quelques heures de repos on soutire le liquide à l'aide d'un tuyau placé au fond de la chaudière, ouvrant au dehors et appelé *épine*.

Après le relargage on procède à la *coction*, qui consiste à faire bouillir le savon avec de nouvelles lessives douces et concentrées, mélangées vers la fin de l'opération à des lessives salées. La saponification s'achève, le sel marin contracte la pâte et la réduit en grumeaux. Lorsque la pâte, comprimée entre le pouce et l'index, résiste à la pression, forme une plaque solide et se dissout complètement dans l'eau sans laisser d'yeux à sa surface, le savon est fait, et on le met à sec en épinant de nouveau.

Il est d'un bleu foncé, tirant sur le noir, et ne contient que 16 pour 100 d'eau. La couleur est due à un sulfure de fer mêlé à un savon à base d'alumine et de protoxyde de fer provenant de la soude brute employée.

Le savon ainsi obtenu est ordinairement transformé soit en *savon blanc*, soit en *savon marbré*.

Pour le convertir en *savon blanc*, on le délaye peu à peu, à une douce chaleur, avec des lessives faibles, que l'on y verse par petites quantités et qu'on y incorpore en brassant continuellement avec un redable. Ce travail, connu sous le nom de *liquidation*, est fort pénible; il est exécuté par un ouvrier qui, pieds nus et debout sur une planche placée en travers de la chaudière, remue la matière en enfonçant le redable jusqu'au fond, et en le ramenant ensuite à la surface. Lorsque la pâte est devenue homogène, on la maintient à l'état de fluidité en allumant un peu de feu sous la chaudière, et on laisse reposer : une certaine quantité de savon, nommée *gras*, se dissout dans la lessive et va au fond de la chaudière, en entraînant avec elle l'excès d'eau, le sulfure de fer, le savon d'alumine et de fer. Quant au savon proprement dit, insoluble dans cette même lessive, il reste à la surface; après avoir enlevé l'écume produite par l'ébullition, on le puise avec des poches de cuivre appelées *pouadous*, et, à l'aide de cornues de bois, nommées *servidous*, on le transporte dans la salle des mises, où il est coulé, soit sur un lit de chaux délitée, soit sur des feuilles de papier gris lorsqu'il doit servir au décreusage de la soie.

Plusieurs jours après l'*empli* des mises et lorsque le savon s'est solidifié, on l'aplanit et on le rend plus compact en frappant sur toute sa surface avec de larges battes de bois. Après quelques jours de repos on procède au *découpage*. A cet effet, un ouvrier commence à tracer à la règle et au poinçon les lignes de séparation; ensuite, au moyen d'un long couteau manœuvré par trois ouvriers, on découpe la masse en pains de 20 à 25 kilogrammes. Ces morceaux seront plus tard divisés en briques plus petites par un fil de fer.

Quand, au lieu de savon blanc, on veut fabriquer du *savon marbré*, on ajoute, vers la fin de l'empâtage et par cuite, 2 à 3 kilogrammes de sulfate de fer dissous dans l'eau; il se forme du sulfure de fer et la pâte prend une couleur vert bleu. Les lessives servant dans la coction du savon marbré doivent être plus salées que lorsqu'il s'agit de savon blanc; car il faut que le grain de la pâte reste assez sec pour empêcher la précipitation de la matière colorante, résultat que l'on obtient par un excès de sel, ce corps ayant pour effet, comme nous l'avons dit, de produire la séparation du savon et de l'eau. Pour bien distribuer dans la masse le savon ferrugineux en veines plus ou moins grandes, qui produiront une espèce de *mar-*

brure ou *madrure*, des ouvriers montés sur des planches en travers de la chaudière brassent continuellement la pâte avec le redable. Cette agitation aide aussi à l'absorption des lessives, qui ne se ferait que difficilement, la réussite de l'opération exigeant qu'on ne porte pas le liquide à l'ébullition. L'ouvrier madreur agite d'abord la surface de la masse : c'est ce qu'on appelle *rompre la pâte*. Il se transporte à différents points de la planche qui traverse la chaudière; quand il l'a parcourue tout entière, il a effectué une *passée*. Il doit faire trois ou quatre *passées* pour *rompre*, puis il achève en *tirant du fond*, c'est-à-dire qu'après avoir enfoncé son redable jusqu'au fond de la chaudière, il le retire verticalement jusqu'à la surface et par mouvements saccadés.

Le madrage est un des points les plus délicats de la fabrication du savon; car si la pâte est trop délayée ou se refroidit trop lentement, la matière colorante s'isole et tombe au fond de la chaudière; si, au contraire, la pâte est trop épaisse ou se refroidit trop vite, la matière colorante ne peut se rapprocher pour former des marbrures.

Lorsque l'opération est finie, on puise la pâte à l'aide de *pouadous*, et on la verse dans des conduits en bois qui la mènent dans les mises ou bassins en maçonnerie de 70 à 80 centimètres de profondeur. En se refroidissant, elle abandonne l'excès de lessive qu'elle contenait encore, et au bout de huit à dix jours elle a assez de consistance pour pouvoir être découpée.

Nous ferons remarquer que le savon marbré est souvent préféré, dans la consommation, au savon blanc. Voici la cause de cette préférence : la marbrure ne peut se faire qu'à condition que la pâte ne soit pas trop fluide, et par conséquent ne contienne pas trop d'eau; c'est une garantie que l'on n'a pas avec le savon blanc, qui peut contenir une proportion d'eau plus considérable, et qui est alors appelé savon d'*augmentation* ou *augmenté*.

Dans les autres parties de la France on se sert de procédés qui diffèrent un peu des procédés marseillais, et qui ont sur eux, dans certains cas, des avantages incontestables. Les savons sont faits avec les huiles de palme, de coco, de sésame, d'arachide, l'acide oléique, etc. Nous n'insisterons pas sur ces procédés; nous dirons seulement quelques mots de celui que nous avons vu pratiquer dans les usines du Nord pour la coulée en mises et le découpage.

Ces mises sont des caisses de bois, ou de tôle à parois mobiles, elles sont disposées sur le sol par rangées perpendiculaires à l'axe longitudinal de la travée où sont les cuves. Lorsqu'on veut faire la coulée, on les réunit au tuyau de vidange de la chaudière à l'aide d'une rigole de tôle assez longue pour courir tout le long d'une rangée; cette rigole est divisée, par des vannes mobiles, en compartiments correspondant à chacune des mises et munis de soupapes. Quand on commence la coulée, toutes les vannes sont levées et la pâte liquide s'écoule jusqu'au bout de la rigole. On soulève la dernière soupape, et la mise, qui est au-dessous d'elle, s'emplit; on ferme ensuite la soupape, on abaisse la dernière vanne, et le savon, arrêté par elle, ne coule plus que jusqu'à l'avant-dernière mise, que l'on remplit de la même manière, et ainsi de suite.

Le refroidissement, qui dure six jours dans les mises de tôle, dix dans celles de bois, donne des blocs de savon qu'il faut découper en tranches. Pour cela, on démonte les parois mobiles des mises et l'on entoure le bloc par une pile de châssis ayant chacun 10 centimètres environ de hauteur. Entre le premier et le second, deux ouvriers glissent un fil de fer qu'ils tirent à eux en le forçant à traverser le bloc de savon. Ils isolent ainsi une première tranche ayant pour base la base du bloc et pour hauteur 10 centimètres. Après avoir enlevé cette tranche ainsi que le premier châssis, ils répètent l'opération entre le second et le troisième châssis et continuent jusqu'au bas du bloc.

Les tranches sont chargées dans des wagonnets et portées à l'atelier de découpage, où elles doivent d'abord être divisées en quilles. A cet effet, on place chaque tranche sur un chariot horizontal qui est muni de fentes longitudinales et qui peut, par l'action d'une manivelle et d'un engrenage, se déplacer horizontalement à la surface d'une table, sur laquelle se dresse un cadre où sont tendus six fils de fer verticaux; ce cadre est assez large pour laisser passer le chariot mobile. Lorsqu'on met celui-ci en mouvement, le savon rencontre les fils de fer qui, pénétrant dans sa masse et dans les fentes longitudinales, le débitent en morceaux prismatiques. Tantôt ces morceaux sont expédiés sans autre découpage, tantôt ils sont découpés en cubes à l'aide d'un couteau à guillotine.

Il ne reste plus qu'à donner à chaque bloc l'estampille de l'usine et la marque qui indiquera au consommateur la qualité du savon. Cet estampillage doit être précédé d'un étuvage, qui a pour effet de durcir la surface du savon et de la rendre plus apte à recevoir l'empreinte avec netteté.

L'estampille est appliquée à la main ou mécaniquement. Dans le premier cas, un ouvrier place au-dessus de chaque morceau de savon, qui lui est présenté par un aide, une petite matrice portant, en relief ou en creux, les caractères à reproduire; d'un coup de maillet il fait pénétrer les saillies de la matrice dans le morceau, que l'aide retourne immédiatement pour présenter une autre face.

L'estampillage mécanique se fait avec des machines diverses. Nous décrirons l'une d'elles à propos de la fabrication du savon de toilette.

Les *savons de toilette* se faisaient autrefois avec du savon blanc de Marseille; mais les parfumeurs préfèrent maintenant les fabriquer eux-mêmes. Les corps gras employés sont la graisse de rognons de mouton, l'axonge ou panne, le suif, le saindoux, l'huile de palme, qui donne des savons jaunes, et l'huile d'olive, qui entre dans la composition des savons les plus fins.

Les procédés de fabrication sont à peu près les mêmes que ceux que l'on pratique à Marseille : les chaudières sont plus petites et chauffées à feu nu. Après fabrication, le savon est coulé dans des mises qui peuvent se démonter : après solidification, il est découpé en pains et porté dans des étuves où il se dessèche lentement. Quand le savon est suffisamment sec, il est soumis à une série d'opérations mécaniques que nous avons vu exécuter dans l'usine de parfumerie de M. Ed. Pinaud, à Pantin.

La première opération subie est un découpage en copeaux. Il a pour but de mettre le savon en fragments petits et capables d'être mieux desséchés. Ce découpage est fait à l'aide d'une machine composée de deux disques, dont un seul est vu sur la figure 278, percés chacun de six fentes sur le bord desquelles sont placées des lames coupantes C. Les deux disques tournent en même temps autour d'un axe horizontal. Deux briquettes de savon engagées dans deux rainures R, R inclinées viennent par leur poids présenter leurs extrémités inférieures aux lames coupantes, qui les réduisent en copeaux. Ces copeaux sortent par les fentes et tombent dans une caisse M située au-dessous de la machine. Ils sont ensuite

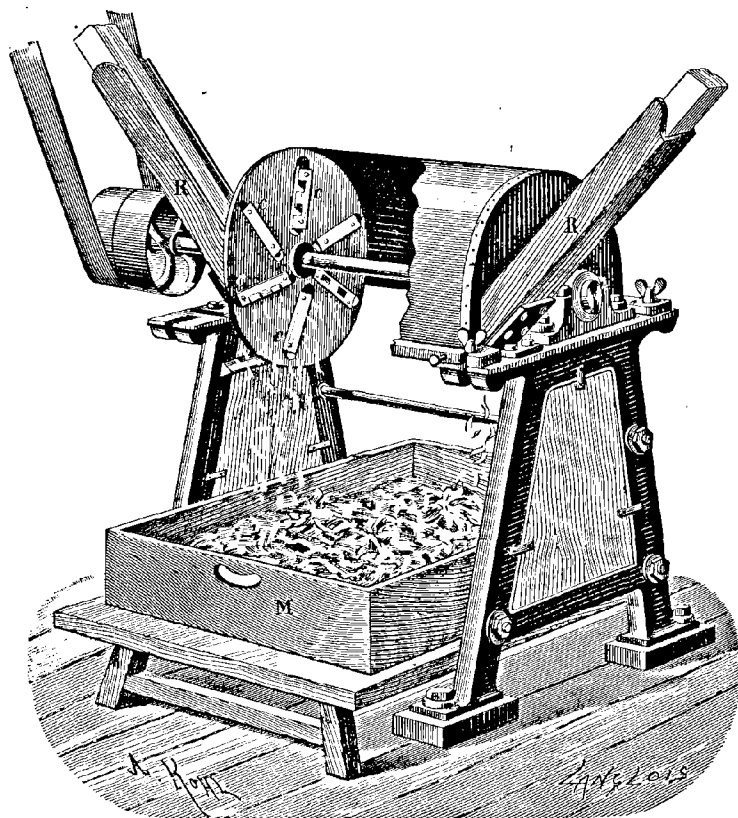


Fig. 278. — Découpage en copeaux du savon de toilette.

portés dans un séchoir chauffé où ils sont étalés sur des claies et séjournent pendant vingt-quatre heures. A la sortie du séchoir, ils entrent en fabrication.

Il faut d'abord procéder à la confection de la pâte, dont la composition varie suivant le parfum et la couleur que l'on veut donner au savon. Le mélange des copeaux, de la matière colorante et du parfum se fait par couches alternatives dans des cuves C (fig. 279) en pierre des Vosges compacte et polie. Des ouvriers brassent ensuite le mélange pendant cinq minutes avec des pelles en bois. Chaque cuve contient 100 kilogrammes de matière.

Il faut maintenant donner à la pâte une homogénéité que le brassage à la pelle

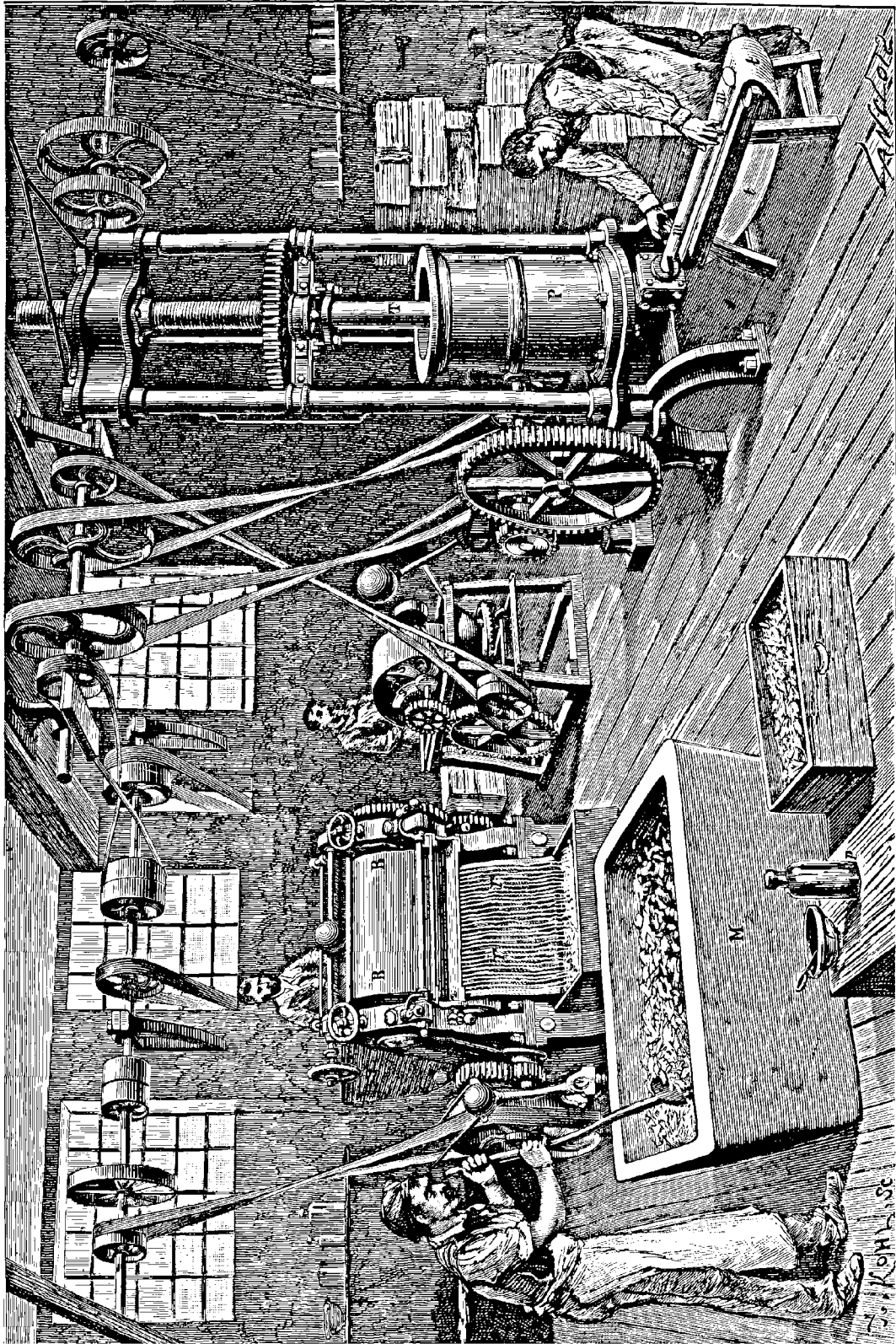


Fig. 270. — Fabrication du savon de toilette. (Vue prise dans l'usine de M. Ed. Pinaud.)

n'a fait que commencer : il faut répartir d'une manière uniforme la matière colorante, le parfum et le savon. A cet effet le mélange est livré à des machines *broyeuses* BB que l'on voit (fig. 279) derrière la cuve M. Ces machines sont essentiellement formées de cylindres lamineurs BB en granite, qui triturent la pâte que livre à la broyeuse un ouvrier monté derrière la machine. Cinq passages successifs sont nécessaires. La pâte ainsi broyée sort d'abord à l'état de toile; à la fin de l'opération un couteau approché du dernier cylindre la découpe en rubans *r, r* que l'on voit sur la figure.

Il faut maintenant réduire le savon en grains; c'est ce que fait un couteau SS

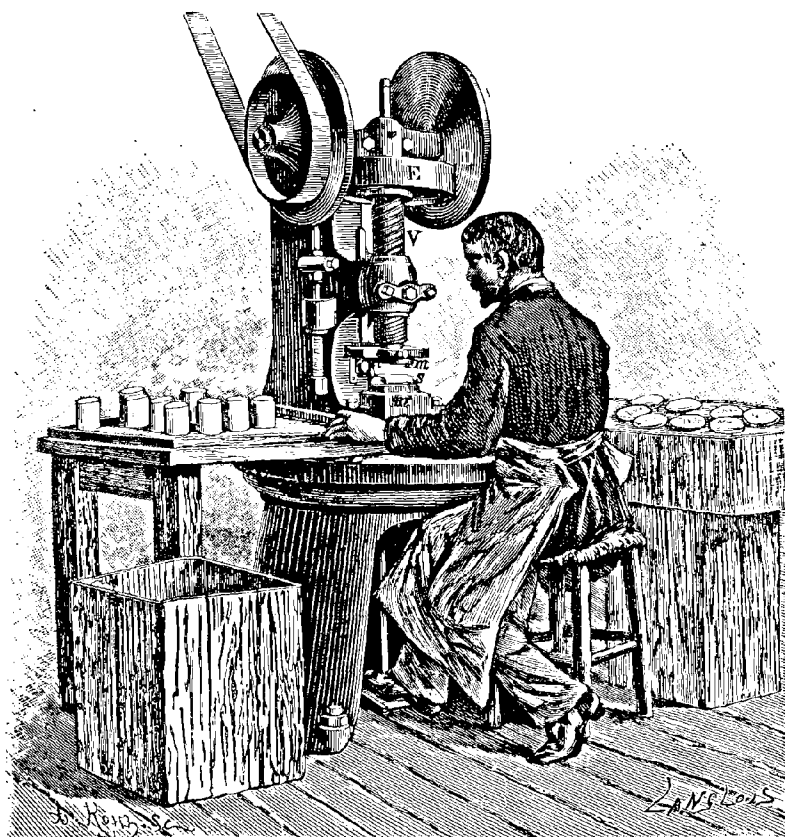


Fig. 280. — Frappage du savon de toilette.

semblable à celui du charcutier et composé de lames plates ayant la forme d'un S. On le voit sur la droite des machines broyeuses : il tourne dans une cuve hémisphérique située au-dessous de lui et tournant elle-même autour d'un axe vertical. On met des rubans de savon dans la cuve et on la recouvre d'un couvercle. Pendant que le couteau tourne autour d'un axe horizontal, la cuve par sa rotation vient lui présenter les rubans, qu'il déchire et réduit en grains.

Cette poussière grossière une fois obtenue, il faut la comprimer pour lui donner de la compacité et une homogénéité définitive. Autrefois ce travail était exécuté par des ouvriers qui pressaient la pâte entre les mains et en faisaient des pelotes.

Aujourd'hui il est exécuté par des machines appelées *peloteuses*. Elles se composent d'un cylindre métallique P (fig. 279), dans lequel peut descendre un piston compresseur dont la tige T se meut d'un mouvement vertical et de rotation qu'elle communique au piston. On commence par charger le cylindre de savon en grains et on donne la pression qui le comprime jusqu'à un volume déterminé; on remplit de nouveau et on donne une nouvelle pression : après trois chargements et trois pressions successives, on débouche une ouverture pratiquée à la partie inférieure, et le savon sort sous forme de brique *mm* allongée et arrondie, qui s'étale sur une toile sans fin *tt* marchant en même temps que lui. Quand il en est sorti une longueur suffisante, l'ouvrier coupe le morceau avec un couteau, et l'opération recommence. Les morceaux longs ainsi obtenus sont ensuite découpés à la longueur voulue à l'aide d'un fil métallique.

Enfin on procède à l'opération du *frappage*, qui consiste à imprimer la marque de fabrique en caractères en relief sur les deux faces de chaque morceau. L'ouvrier chargé de ce travail est assis en face de la machine que représente la figure 280. Il place le morceau de savon dans une boîte métallique *m'* sur le fond de laquelle sont gravés en creux les caractères à imprimer sur la base inférieure du morceau. Une matrice *m*, présentant en creux aussi les caractères que doit recevoir la base supérieure, descend verticalement, s'abat sur le savon, et le comprime dans la boîte. Elle se relève ensuite; le fond de la boîte est mobile et, en se relevant lui-même, fait sortir le morceau de savon, qui passe entre les mains d'ouvrières chargées d'enlever au couteau les bavures qu'il peut présenter. Il n'y a plus qu'à procéder à l'emballage.

Pour compléter ce que nous venons de dire sur la fabrication des savons, nous ferons un exposé sommaire des procédés employés pour la préparation des parfums.

La parfumerie a dû prendre naissance en Arabie, où l'on faisait brûler des résines et des bois aromatiques, usage d'où elle tire son nom (*per fumum*, par la fumée). Tous les peuples de l'Orient ont connu l'usage des parfums; on trouve chez tous ces peuples la coutume d'oindre de parfums le corps des morts. De l'Orient l'usage des parfums se répandit en Grèce et de là chez les Romains, où il prit des proportions immodérées. Les Gaulois préparaient avec habileté des baumes et des onguents parfumés. A l'époque de la Renaissance les artistes italiens importèrent à la cour de François I^{er} l'usage des pâtes, des pommades et des gants parfumés, qui se développa plus tard jusqu'à l'abus. Cette mode, qui sous Henri IV avait presque disparu, reprit faveur à la cour de Louis XIII, sous l'influence d'Anne d'Autriche. Louis XIV proscrivit dans son entourage l'usage des parfums, qui reparut sous Louis XVI, cessa à l'époque de la Révolution et reprit sous le Directoire. Aujourd'hui l'industrie de la parfumerie est très florissante et, quoique peu de personnes aient conservé l'habitude de parfumer leur corps et les objets dont elles font usage, les parfums entrent dans la composition de beaucoup de produits employés pour la toilette, comme les savons, les huiles, les pommades et les cosmétiques

servant à l'entretien de la chevelure. La production de la parfumerie française est d'environ 40 millions de francs.

On se sert de quatre procédés principaux pour extraire l'arome que contiennent certains produits végétaux, qui constituent la source principale des parfums : l'*absorption*, la *macération*, la *distillation* et l'*expression*.

L'absorption est le procédé le plus généralement employé; c'est lui qui sert dans le Midi et particulièrement à Grasse, à Cannes et à Nice, qui sont les centres les plus importants de la fabrication des parfums. Il est désigné sous le nom d'*enfleurage* et se pratique de deux manières, à froid ou à chaud; il repose sur la propriété qu'ont les corps gras d'absorber facilement les principes odorants des plantes.

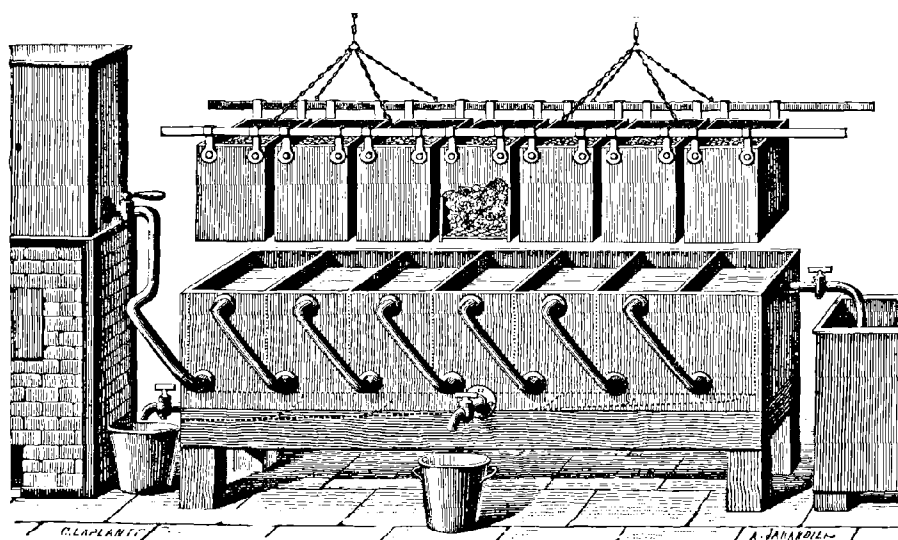


Fig. 281. — Saturateur rationnel de Piver.

Pour le jasmin et la tubéreuse, l'enfleurage se fait à froid et consiste à déposer les fleurs sur une couche de graisse : le tout est contenu dans une espèce de boîte ou châssis dont les bases supérieure et inférieure sont en verre. Au bout d'un certain temps tout le parfum est absorbé, les fleurs sont enlevées et remplacées par d'autres. Pour l'enfleurage à chaud on fond le corps gras et on y dissémine les pétales des fleurs qui lui cèdent leur parfum : après épuisement des fleurs on les enlève et on les remplace par d'autres pour charger le corps gras d'une quantité suffisante de parfum. C'est ainsi qu'on opère pour la rose, la violette, la fleur d'oranger et la fleur de cassie, etc.

On obtient par ces deux procédés des espèces de pommades que l'on expédie aux parfumeurs, qui en extraient le parfum par des procédés que nous décrivons.

L'enfleurage à chaud peut aussi se faire à l'aide du *saturateur rationnel* de M. Piver. Cet appareil (fig. 281) permet de saturer 800 kilogrammes de graisses par jour.

Les graisses fondues dans une cuve chauffée, que l'on voit à gauche de la figure,

arrivent dans un appareil formé de sept compartiments. Elles passent du compartiment n° 1 au compartiment n° 2, et ainsi de suite, par des tubes extérieurs servant de trop-pleins et qui les amènent de la partie supérieure de l'un dans la partie inférieure de l'autre. Pendant que le corps gras fondu circule ainsi en zigzag, on plonge dans chaque compartiment des paniers en toile métallique que l'on a représentés soulevés au-dessus de l'appareil. Le panier n° 1 renferme des fleurs déjà presque épuisées; elles cèdent le reste de leurs principes odorants au corps gras qui arrive en 1 et qui, étant vierge, jouit de toute sa propriété dissolvante; le panier 2 renferme des fleurs moins épuisées, et ainsi de suite, jusqu'au panier 7, qui contient des fleurs fraîches. Le liquide du compartiment n° 7 n'a plus qu'un pouvoir dissolvant faible, mais comme il se trouvera en présence de fleurs fraîches, contenant un excès de parfum, il pourra se saturer à leur contact.

Quand on opère par *distillation*, on met les plantes dans de grands alambics pouvant contenir 500 litres. On y ajoute de l'eau et l'on chauffe l'alambic par un courant de vapeur d'eau qui arrive dans un double fond. L'essence distille avec l'eau, passe dans un serpentin condenseur, et le mélange d'eau et d'essence est recueilli dans des récipients où les deux liquides se séparent par ordre de densités (fig. 282 et 283).

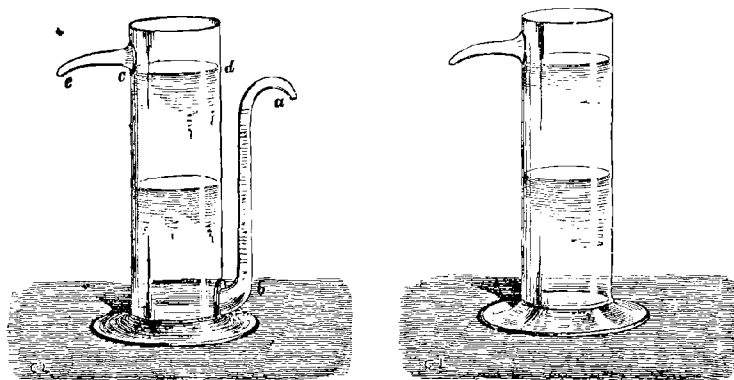


Fig. 282 et 283. — Distillation des parfums.

La distillation ne peut s'appliquer qu'aux plantes renfermant un parfum volatil et inaltérable par la vapeur d'eau sous l'influence de la chaleur. Nous citerons les épices comme le girofle et la cannelle, les bois odorants de santal et de rose, les fleurs du rosier et de l'oranger.

L'extraction des parfums par *macération* se fait soit sur les plantes elles-mêmes, soit sur les pommades parfumées venant du Midi. Dans le premier cas, on se sert d'appareils à déplacement qui renferment la plante et sur laquelle on fait couler de l'alcool de haut en bas. L'alcool dissout le parfum, il est recueilli, puis versé de nouveau dans l'appareil jusqu'à épuisement de la plante. On s'est aussi servi du sulfure de carbone pur comme dissolvant. Dans d'autres cas on agite dans des vases fermés le mélange de la plante et du dissolvant. Autrefois cette agitation se faisait à la main, aujourd'hui on se sert d'agitateurs mécaniques.

La figure 284 représente celui que nous avons vu fonctionner dans l'usine de M. Ed. Pinaud. Une table en fonte est montée sur un axe vertical et reçoit du moteur, par l'intermédiaire d'un excentrique *e* et d'une bielle *b*, un mouvement de rotation avec va-et-vient alternatif. Sur cette table sont disposés en relief des arcs

verticaux en bois, *a, a*, garnis de peau : on y place les vases à agiter F en les attachant avec des courroies. La table donne 90 secousses par minute. Le liquide se trouve ainsi agité avec remous : sa surface de contact avec la plante est constamment renouvelée et la dissolution du parfum se fait plus rapidement.

On se sert aussi d'appareils appelés *extracteurs* qui se composent de cylindres verticaux en tôle dont le couvercle est traversé par un axe vertical armé de palettes horizontales. Ces appareils servent à extraire les principes odorants des graisses parfumées venant du Midi. La graisse et l'alcool sont mis dans l'extrac-

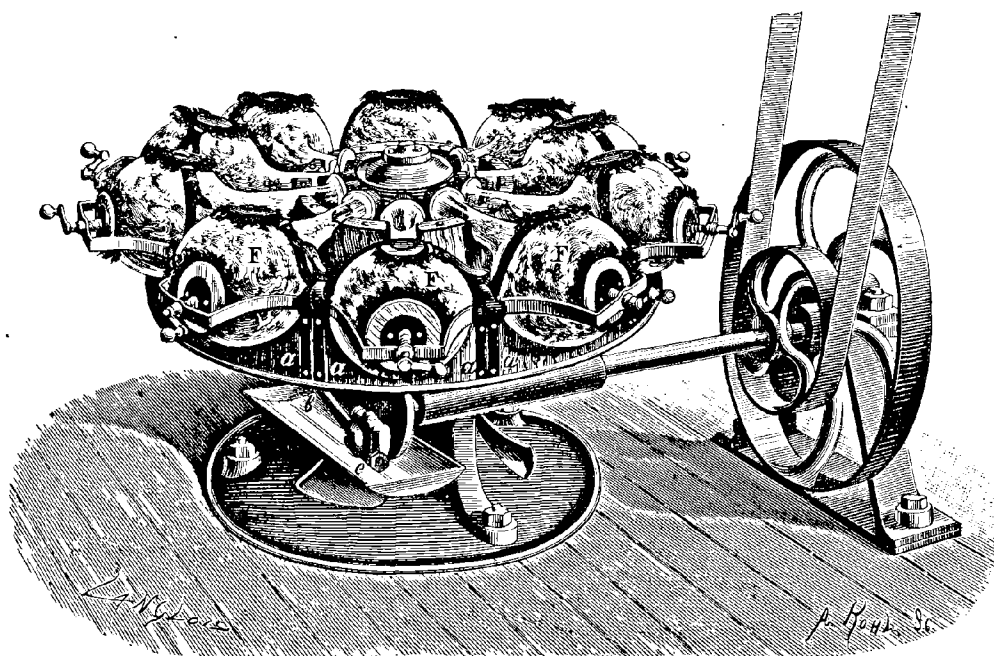


Fig. 284. — Agitateur mécanique pour l'extraction des parfums.

teur et malaxés par le mouvement des palettes. Quand l'opération est finie, la graisse va au fond et l'alcool parfumé reste au-dessus.

L'extraction des parfums par *expression* s'applique aux plantes contenant en proportion notable des jus parfumés tels que l'orange, le citron, la bergamote, le cédrat, etc.

Nous ajouterons que l'industrie de la parfumerie emploie aujourd'hui des proportions considérables de parfums artificiels préparés par des procédés chimiques, tels que la vanilline, la nitrobenzine, le muse artificiel.

Les différents parfums extraits par les méthodes précédentes sont employés par les parfumeurs pour la préparation des graisses parfumées, telles que les pommades et les cosmétiques, des huiles parfumées (huile d'olive) et des eaux de toilette. Pour les préparations de ces différents corps, on mélange souvent ensemble plusieurs parfums de manière à constituer ce que les parfumeurs appellent un *bouquet*.

INDUSTRIES

DU LOGEMENT ET DE L'AMEUBLEMENT

Les industries de l'alimentation, du vêtement et de la toilette ne suffisent pas à satisfaire les besoins physiques de l'homme; il faut encore qu'il se protège contre les intempéries des saisons en construisant des maisons destinées à l'abriter et qu'il les meuble des objets destinés à en rendre l'habitation plus commode et plus confortable. Nous ne décrirons pas les méthodes suivies dans la construction des maisons, nous supposerons la maison construite et nous étudierons quelques industries, qui ont pour but de la décorer et de la meubler.

CHAPITRE XVIII

TRAVAUX DE DÉCORATION DES MAISONS FABRICATION DES PAPIERS PEINTS ÉBÉNISTERIE

TRAVAUX DE DÉCORATION

Les travaux de décoration consistent principalement dans la peinture des murs, des plafonds, des bois, et dans le collage des papiers de tenture.

Peinture en bâtiments. — Suivant la nature du liquide qui sert à délayer les couleurs, on distingue deux genres de peinture : la peinture à la *détrempe* et la peinture à l'*huile*.

Pour la première, les couleurs sont délayées dans de la colle très claire. Ce genre de peinture ne peut servir que pour les objets non exposés aux intempéries de l'atmosphère; il n'est employé généralement qu'à l'intérieur de nos habitations, et encore seulement lorsqu'on ne tient pas à une grande durée. Les teintes ne s'appliquent que sur des encollages, c'est-à-dire qu'on ne peint qu'après avoir passé à la surface des parties à peindre plusieurs couches d'un liquide obtenu en délayant du blanc d'Espagne dans de la colle. Tout le monde sait comment le peintre applique les couches à l'aide d'une brosse qu'il trempe dans la peinture.

La peinture à l'huile a l'avantage de ne pas se laisser pénétrer aussi vite par l'humidité; elle sert autant à conserver les travaux de menuiserie qu'à les décorer. Les premières couches doivent toujours être faites avec du blanc de plomb délayé dans l'huile de lin ou l'huile de noix. On doit boucher les trous des clous avec du mastic, puis appliquer la teinte, qui se fabrique en délayant, dans de l'huile additionnée d'un peu d'essence de térébenthine, du blanc de céruse et la couleur nécessaire, qui varie d'une teinte à l'autre. Nous citerons parmi les substances employées le minium ou rouge de Saturne, le jaune de chrome, l'ocre jaune, le vert de Scheele, le vert de Schweinfurt, etc.

FABRICATION DES PAPIERS PEINTS

Au moyen âge, les murs des maisons luxueuses étaient recouverts de tapisseries ; à l'époque de la Renaissance, on employait des tentures de soie brochée ou du cuir gaufré doré. Vers le milieu du xvi^e siècle, les Hollandais avaient introduit en Europe des papiers peints fabriqués en Chine et au Japon. Cette importation fut le point de départ de l'industrie du papier peint. Au xvii^e siècle, on essaya d'imiter les tapisseries avec des papiers sur lesquels on produisait des dessins à l'aide de raclures de soieries de couleurs différentes et fixées sur le papier au moyen d'une eau gommeuse. C'est là l'origine des papiers veloutés, dont nous aurons à parler plus loin et qui furent pendant longtemps les seuls papiers employés à décorer les murs des habitations. C'est à Rouen que fut inventée en France, par Lefrançois, le procédé de fabrication des papiers veloutés. Peu à peu cette industrie, qui était restée toute rouennaise, se développa. Jean Hautsche, de Nuremberg, mort en 1670, parvenait à produire le satinage de certaines parties du papier en y appliquant du talc pulvérisé. Au siècle suivant, Abraham Mieser, d'Augsbourg, arrivait à produire à la surface du papier des ornements d'or et d'argent. Peu à peu les Anglais, qui revendiquent l'invention du papier velouté ou *tondissime* en faveur de Jérôme Lanyer, auquel Charles I^{er} accorda une patente en 1650, perfectionnèrent peu à peu cette industrie. Ils étaient arrivés à nous faire sur le marché français une concurrence redoutable, lorsque Réveillon, fabricant à Paris, inventa en 1785 des procédés qui triomphèrent de cette concurrence. Après Réveillon, on doit citer Arthur Meyer, manufacturier établi à Paris, rue de l'Arbalète. Joseph-Démosthène Dugourc, habile graveur sur bois, lui succéda et fonda, place du Carrousel, dans l'hôtel de Longueville, une fabrique de papiers peints très recherchés des patriotes et portant les insignes de l'Égalité et de la Liberté. A la même époque, Zuber, dans son usine de Rixheim, inventait de nouveaux perfectionnements : c'est à lui que l'on doit l'invention des rouleaux sans fin, l'impression avec cylindres gravés sur cuivre, la production des teintes fondues, la machine à faire les papiers rayés. A partir de cette époque cette industrie fit de rapides progrès, complétés par l'importation en France des machines anglaises, importation qui est due à l'initiative de MM. Gillou et Thoraillet.

La fabrication des papiers peints constitue aujourd'hui pour la France l'objet d'une industrie très importante et dans laquelle elle tient le premier rang. L'Angleterre et les États-Unis, par le développement des procédés mécaniques, sont arrivés à une production supérieure à la nôtre. Mais la France leur est restée supérieure par la qualité de ses papiers peints, qui se distinguent par l'élégance du dessin, la richesse des couleurs, la variété des motifs, en même temps que par la perfection de l'exécution.

Paris est le centre de cette fabrication, qui y occupe près de 5000 ouvriers. Il existe aussi des fabriques importantes dans divers départements, notamment à Lyon, Caen, Toulouse, Épinal et au Mans.

La première opération que subit le papier est le *fonçage*, qui consiste à étaler à sa surface une teinte plate, dont la couleur varie; les papiers à fonds blancs sont eux-mêmes *foncés*. La couleur servant à faire la teinte plate de fonçage est ordinairement délayée dans de la colle de peau assez claire, qui est fabriquée avec de vieux cuirs et des résidus de bourrelleries, etc.

Le fonçage peut s'exécuter à la main ou mécaniquement. Dans le premier cas, le papier est étalé et fixé sur des tables horizontales, longues de 9 mètres environ, longueur un peu plus grande que celle d'un rouleau; des ouvriers armés de brosses étalent la couleur à sa surface. Les ouvriers fonceurs se servent pour cela de deux espèces de brosses; des brosses carrées, manœuvrées par un aide, servent à étaler la couleur répandue par le premier ouvrier, et un troisième fonceur, armé de grandes brosses circulaires à longues soies, achève de répartir la teinte d'une manière égale. Lorsque le fonçage est fait, des enfants enlèvent rapidement le papier sur un bâton disposé à angle droit au bout d'une perche, et le suspendent sur des perches horizontales disposées dans l'intérieur des ateliers : il y reste jusqu'à ce que la couche de fond soit parfaitement sèche.

Le fonçage se fait maintenant, dans un certain nombre d'usines, à l'aide de machines ingénieuses qui permettent de produire beaucoup plus et à meilleur marché.

Elles se composent d'une table à l'arrière de laquelle se trouve disposée horizontalement une grosse bobine contenant environ 850 mètres de papier. Le papier se déroule mécaniquement et reçoit la couleur par deux procédés différents. Tantôt, avant de s'étaler sur la table, il s'est présenté au contact d'un drap sans fin qui, tournant sur deux rouleaux animés d'un mouvement de rotation continu, passe dans une auge remplie de la couleur qu'il dépose à sa surface. Tantôt, en arrivant sur la table, la feuille glisse sous une boîte verticale C (fig. 285), remplie de couleur et ayant à sa base une fente longitudinale par laquelle le produit coloré s'écoule d'une manière continue.

Lorsque la feuille a reçu la couleur par l'un des deux procédés précédents, elle s'engage sur la table, où elle est soumise à l'action de brosses horizontales qui sont animées d'un mouvement de va-et-vient dans le sens de la largeur du papier et répartissent, en l'égalisant, la couche de couleur. En quittant la table de fonçage, la feuille de papier glisse sur un rouleau après lequel elle est prise par des baguettes plates *a* qui la soutiennent, et qui, par l'intermédiaire d'une courroie sans fin, la conduisent sur un système de cordes sans fin, horizontales, que l'on voit en D, et qui sont disposées près du plafond dans toute la longueur de l'atelier. Sur le plancher circulent des tuyaux chauffés à la vapeur. Le papier se trouve ainsi disposé en spirales qui pendent verticalement. Le mouvement des cordes fait progresser les baguettes, et par suite le papier s'avance lentement

en se séchant par l'action des tubes chauffés. Arrivées à l'extrémité de l'atelier, les baguettes, prises par un ingénieux mécanisme, tournent, décrivent une demi-circonférence et conduisent le papier sur un second système de cordes qui marchent en sens inverse et ramènent la feuille en II. A la fin de cette course, qui dure une heure un quart, la feuille est sèche et elle est roulée à l'aide d'une autre machine, que l'on voit en A. Pour les papiers d'un prix élevé, le fonçage exige plusieurs couches.

Les papiers dont le fond doit être satiné passent ordinairement au *satina* en sortant du fonçage.

Cette opération se pratiquait autrefois à la main; aujourd'hui elle s'exécute

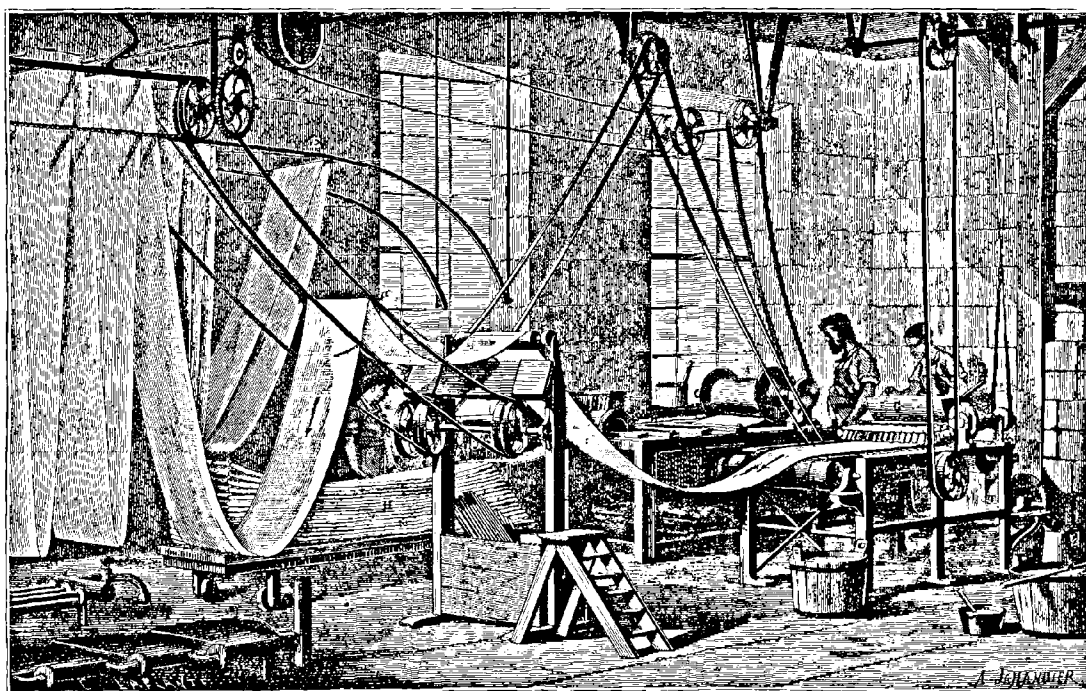


Fig. 285. — Atelier de fonçage des papiers peints.

mécaniquement dans les grands établissements. Quand on satine à la main, voici comment on opère : le papier a été foncé avec une colle contenant des substances capables de prendre le poli par le frottement; l'ouvrier, placé devant un marbre où il étale le papier, saupoudre la surface de celui-ci avec du talc de Venise; puis, avec une brosse suspendue à l'extrémité d'un levier vertical et mobile autour de charnières fixées au plafond, il frotte énergiquement la feuille, en donnant à la brosse un mouvement oscillatoire d'arrière en avant et d'avant en arrière : la partie de la feuille qui se trouve sur le marbre se polit peu à peu et prend l'aspect satiné. Lorsque l'opération est terminée, l'ouvrier la fait glisser et recommence sur la partie qu'il a amenée sur le marbre.

Le *satina* mécanique est exécuté d'une manière bien plus rapide et avec au

moins autant de perfection. La bobine venant du fonçage est placée à l'arrière d'une *machine à satiner*; la feuille se déroule et passe d'abord au-dessus d'un drap sans fin et mouillé qui l'humecte légèrement, puis au-dessous d'un tamis prismatique dont les faces sont percées de trous. Ce tamis, qui contient du talc, est animé d'un mouvement de rotation continu autour d'un axe horizontal; chaque fois que l'une de ses faces se trouve au-dessus de la feuille, il laisse tomber une certaine quantité de talc qui y est retenue par l'humidité du papier. La feuille vient alors présenter sa surface à une série de brosses cylindriques et horizontales qui, tournant avec rapidité, répartissent également la poussière de talc et produisent le satinage. A la sortie de la machine, la feuille s'enroule mécaniquement et reforme une bobine semblable à celle qui avait été livrée à la satineuse.

On communique quelquefois aux papiers peints le poli et le lustrage en frottant leur surface à l'aide d'une pierre dure, silex ou agate; c'est ce qui se fait sur les papiers marbrés, lorsqu'ils sont arrivés au terme de leur fabrication. Enfin, certaines espèces sont vernies.

Les dessins plus ou moins riches que l'on remarque à la surface des papiers de tenture sont appliqués par des procédés d'impression qui ont de grandes analogies avec ceux qu'emploient les imprimeurs sur étoffes.

L'impression se fait *à la main, au rouleau ou au tire-ligne*.

L'imprimeur à la main se sert de planches en bois où l'on a gravé en relief les dessins à reproduire. Ces planches sont semblables à celles dont se servent les imprimeurs sur étoffes. L'ouvrier imprimeur A est placé devant une table à l'arrière de laquelle se trouve une traverse horizontale TT (fig. 286), portée par deux montants; elle servira de point d'appui à un levier dont nous verrons l'usage tout à l'heure. L'imprimeur étale le papier à la surface de la table et l'y fixe à l'aide d'une baguette placée à sa droite. Près de lui est un châssis B dont le fond est une lame de drap, à la surface de laquelle un apprenti étale avec une brosse la couleur à imprimer. L'ouvrier imprimeur, après avoir constaté que la couche de couleur a été bien répartie sur le drap, y applique la planche, dont les saillies se chargent de pâte colorée : puis il la pose sur le papier : des picots placés sur les bords de la planche feront sur la feuille de petites marques qui serviront de points de repère. S'il s'agissait d'une étoffe, il suffirait de peser un peu sur la planche pour que les dessins s'imprimassent; mais le papier prenant moins bien la couleur que l'étoffe, il est nécessaire d'exercer une pression assez considérable. Pour cela, l'ouvrier pose sur la planche P un petit chevalet C et place sur celui-ci un levier en bois LL' de 3 mètres environ, dont l'une des extrémités est engagée sous la traverse dont nous avons parlé. Sur un signe de l'imprimeur, l'apprenti saute sur l'autre extrémité, s'y assied et, se balançant légèrement, détermine par son poids une pression suffisante. L'imprimeur écarte ensuite le levier, lève la planche et recommence l'opération autant de fois qu'il est nécessaire pour couvrir avec les dessins à reproduire toute la surface du papier. La place où il doit poser la planche lui est indiquée par l'empreinte des picots.

Si le dessin ne comporte qu'une couleur, il n'y a plus qu'à laisser sécher le papier; mais, dans la plupart des cas au contraire, il se compose de couleurs variées qu'il faut imprimer successivement, en ayant soin de laisser sécher entre chaque application. On a cherché à rendre la fabrication plus rapide en imprimant plusieurs couleurs à la fois. Si le dessin exige l'emploi du rouge en un point, un peu plus loin celui du vert et plus loin encore celui du jaune, on dispose ces trois couleurs sur le drap dans l'ordre indiqué; des clous fixés sur le bord du châssis guident l'imprimeur et l'aident à placer sa planche de ma-

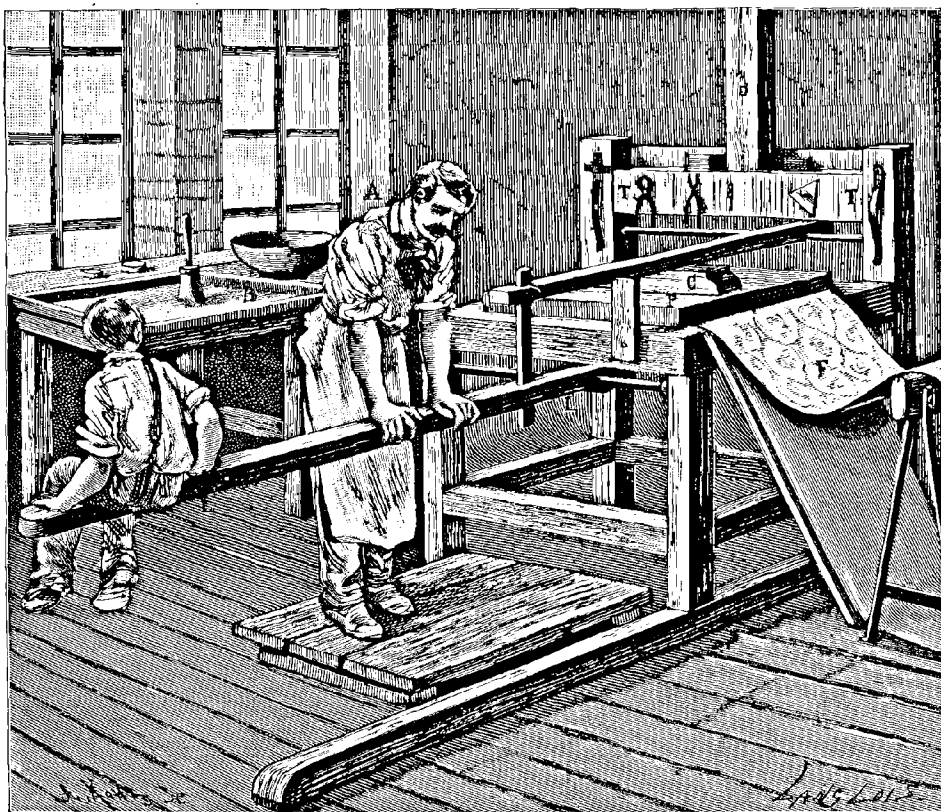


Fig. 286. — Impression du papier à la planche.

nière que ses différentes parties se recouvrent de la couleur qui leur convient.

L'impression à la main exige beaucoup de soin et d'habileté de la part de l'ouvrier; elle demande souvent un temps considérable quand les dessins sont à couleurs très variées et à tons très fondus, mais elle donne des produits bien supérieurs à l'impression au rouleau : aussi l'emploie-t-on exclusivement pour les papiers dont le prix dépasse 1 fr. 50 le rouleau.

L'impression mécanique se fait à l'aide de machines mues à la main ou à la vapeur (fig. 287). Dans les unes comme dans les autres, le papier s'engage entre des cylindres disposés horizontalement et animés d'un mouvement de rotation continu qui fait progresser la feuille. L'un des cylindres, que l'on voit en

C C (fig. 288), porte à sa surface des dessins en relief : c'est le rouleau imprimeur; l'autre, garni de molleton, est chargé d'appuyer la feuille de papier sur le rouleau imprimeur. Celui-ci est à chaque instant chargé de couleur par un drap sans fin T T, qui est mû par des rouleaux R R et passe dans un réservoir E, où il s'imprègne de la matière colorante. On comprend que si le dessin que

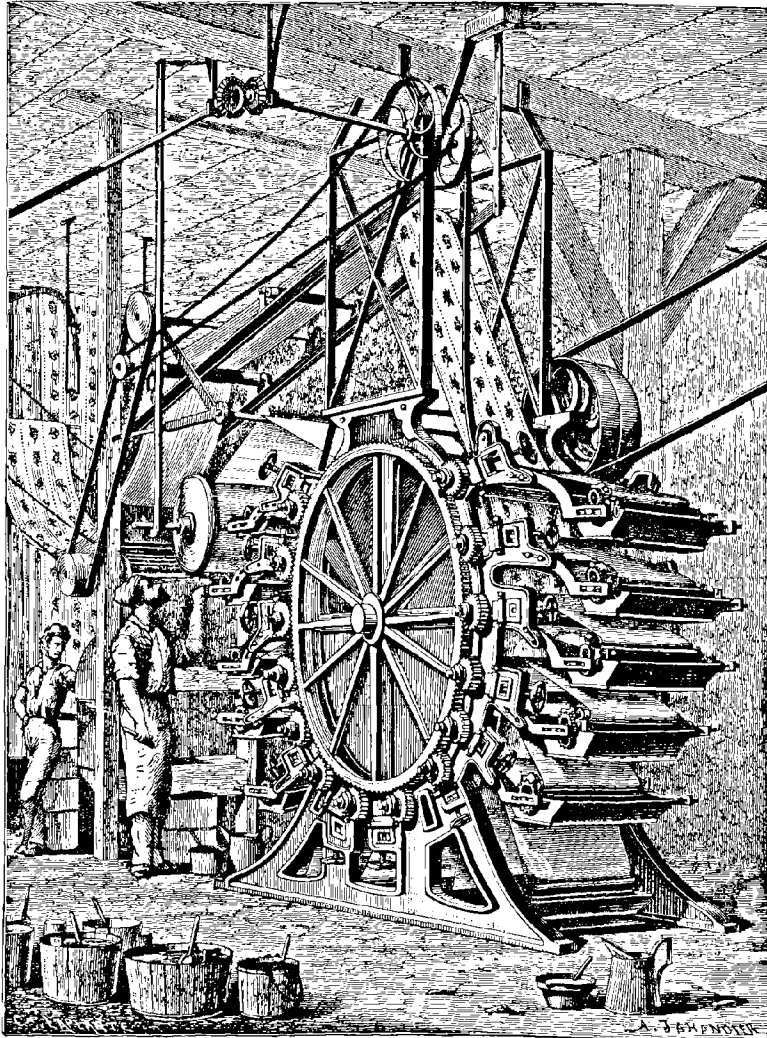


Fig. 287. — Machine à imprimer les papiers peints.

l'on veut reproduire sur le papier comporte l'emploi de six couleurs, par exemple, la machine aura six paires de rouleaux qui imprimeront chacune une couleur. La plus grande difficulté dans l'impression au rouleau est le réglage de la machine, ou *rentrure*. Cette opération consiste à disposer tous les rouleaux de manière que chacun d'eux vienne déposer la couleur exactement à la place qui lui convient. Quand on met la machine en marche, les dessins manquent de couleur, les couleurs empiètent les unes sur les autres; à l'examen de l'épreuve

obtenue, le mécanicien juge du mouvement latéral qu'il doit imprimer au rouleau pour que ces défauts disparaissent et pour que les dessins acquièrent la netteté cherchée; il y arrive par une série de tâtonnements qui sont toujours assez longs. Lorsque la machine est réglée, il n'y a plus qu'à engager la feuille de papier qui, par le mouvement même des rouleaux, vient s'appuyer sur chacun d'eux et sort de l'appareil recouverte des dessins destinés à orner sa surface.

Il y a des machines qui peuvent imprimer jusqu'à dix-huit couleurs à la fois. On est même parvenu, par un artifice particulier, à augmenter beaucoup ce nombre, sans augmenter celui des rouleaux. Voici en quoi consiste cet ingénieux procédé : on compose le dessin de manière que sur une même largeur trois couleurs, par exemple le rouge, le bleu et le vert, se reproduisent toujours dans le même ordre, le rouge étant à droite, le bleu au milieu et le vert à gauche; on fait imprimer ces trois couleurs au même rouleau en divisant son bac à couleurs en trois compartiments, celui de droite contenant le rouge, celui du milieu le bleu, et enfin celui de gauche le vert; dans chacun d'eux circule un drap sans fin qui porte sur le rouleau la couleur qu'il a prise dans le compar-

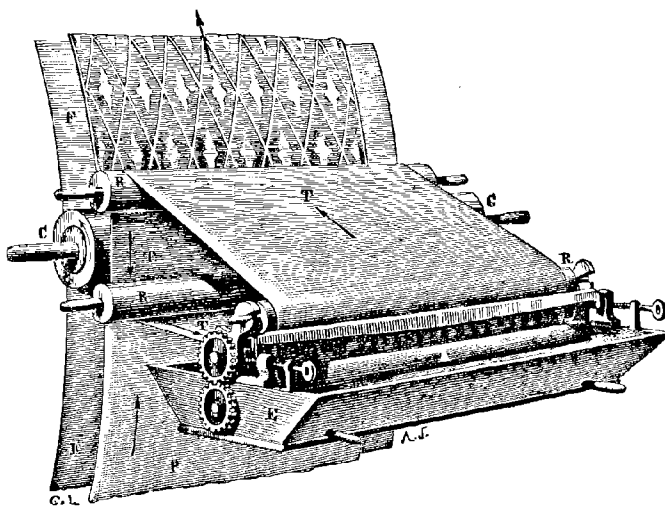


Fig. 288. — Détails de la machine pour l'impression au rouleau.

timent. On comprend que par cet artifice, avec une machine à dix-huit rouleaux, on pourra imprimer cinquante-quatre couleurs à la fois.



Fig. 289. — Rouleau imprimeur.

ment. On comprend que par cet artifice, avec une machine à dix-huit rouleaux, on pourra imprimer cinquante-quatre couleurs à la fois.

A la sortie des machines, le papier est séché comme après le fonçage.

La fabrication des rouleaux destinés aux machines à imprimer est assez coûteuse. Quand le dessin est composé; on calque sur un papier transparent les contours correspondant aux différentes nuances et l'on reporte les dessins calqués sur autant de rouleaux qu'il doit y avoir de couleurs. Ces rouleaux sont en bois de poirier et montés sur un axe en fer. On sculpte alors la surface du cylindre de manière à mettre en relief les lignes qu'il faut imprimer sur le

papier; pour les parties qui doivent avoir le plus de netteté, on incruste dans le bois de petites lames de laiton disposées suivant les contours de ces parties.

Ce procédé de fabrication est assez coûteux; aussi se sert-on souvent de rouleaux faits de la manière suivante : sur un axe en fer on applique une couche de plâtre; quand elle est durcie, on la tourne pour la rendre bien cylindrique et l'on fixe à sa surface (fig. 289) des planches en alliage de plomb, d'étain et de nickel, faites par le procédé de gravure au gaz que nous avons décrit à propos de l'impression sur étoffes. Ces planches se laissent contourner à la chaleur.

Ajoutons que maintenant on prend la précaution de recouvrir les saillies des rouleaux de petites lames de feutre qui se chargent plus facilement de couleurs que le bois ou le métal; c'est ce qu'on appelle *chapeauder* le cylindre. On évite ainsi les manques de touche ou les bavures.

Pour l'impression des papiers rayés on emploie un procédé très ingénieux, et qui donne d'excellents résultats : c'est l'impression *au tire-ligne*. Le réservoir à

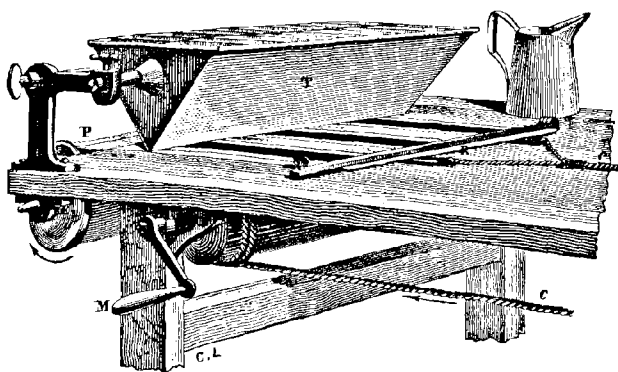


Fig. 290. — Impression des papiers rayés au tire-ligne.

couleurs est une boîte triangulaire T, percée suivant une de ses arêtes d'autant de trous qu'il doit y avoir de raies (fig. 290 et 291). La boîte, dont la longueur est égale à la largeur du papier, contient d'ailleurs des compartiments remplis de couleurs différentes et repose par son arête percée de trous sur une table longue de 9 mètres environ. Supposons qu'entre cette arête et la table

nous faisons glisser la feuille de papier : chaque trou laissera tomber sur elle la couleur du compartiment au-dessous duquel il se trouve, et toutes les raies seront imprimées à la fois sur la largeur. Le rouleau de papier à imprimer est disposé en P à l'extrémité de la table et derrière la boîte, dès que son extrémité a été engagée sous la boîte, on la saisit suivant sa largeur entre deux baguettes de bois R qui forment pince et auxquelles est attachée une corde C qui passe sur une poulie de renvoi située à l'autre extrémité de la table; il est évident qu'en enroulant cette corde sur le cylindre, que fait mouvoir la manivelle M, on fera progresser la feuille de papier, qui se déroulera au fur et à mesure.

Papier velouté. — Le velouté que l'on produit sur certains papiers de luxe s'obtient en imprimant aux endroits qui doivent être veloutés un mordant fait avec de l'huile demi-cuite, de l'huile forte et du blanc de céruse. Avant que ce mordant soit sec, on fait passer le papier dans une caisse contenant de la laine en poussière ou *tontisse*, provenant de la tonte des draps; le fond de cette caisse est en toile et il est battu à l'aide de baguettes, de manière à soulever la pous-

sière, qui forme un nuage dans l'atmosphère de la caisse, tombe sur le papier et s'attache aux endroits mordancés.

Papiers dorés et argentés. — Les dessins dorés ou argentés que l'on remarque à la surface de certains papiers de luxe s'obtiennent en imprimant un mordant à l'huile et à l'essence aux endroits qui doivent recevoir le métal. L'application de ce dernier se fait de deux manières.

Le premier procédé, ou *dorure à la feuille*, consiste à couvrir toute la surface du papier avec des feuilles très minces de laiton; on détermine leur adhérence par la pression d'un rouleau; après avoir frotté avec de l'ouate, on laisse sécher le mordant, et l'on passe ensuite de la mie de pain à la surface de la feuille. On comprend que par ce procédé le métal ne reste définitivement attaché qu'aux endroits couverts de mordant; l'excès se résout en poussière, qui est soigneusement recueillie pour servir dans le second procédé de dorure.

Ce procédé, dit *à la poudre*, est tout à fait analogue à celui que l'on emploie pour les papiers veloutés. Il consiste à remplacer la laine en poussière par de la poudre métallique.

Lorsque les papiers ont été dorés, il faut donner du brillant à la partie métallique. Il suffit pour cela de faire passer la feuille de papier dans une machine à cylindrer, qui se compose essentiellement de deux rouleaux, l'un en fonte parfaitement polie, l'autre en papier et situé en dessous du premier : ces deux rouleaux font l'office de laminoir, et la feuille de papier est engagée entre les deux, le côté doré se trouvant contre le cylindre métallique : la pression qu'exerce le rouleau supérieur suffit à polir les parties dorées.

L'argenture se pratique par un procédé tout à fait semblable.

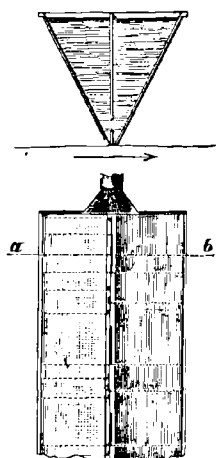


Fig. 291. — Coupe du tire-ligne et vue de dessous.

ÉBÉNISTERIE

Lorsque les maisons sont construites et décorées, on les garnit de meubles destinés à en rendre l'habitation plus confortable. La fabrication des meubles fait l'objet de l'ébénisterie, industrie qui s'exerce dans toute la France, mais qui a son centre le plus important à Paris, où elle occupe presque toute la population du faubourg Saint-Antoine.

Le bois est, par excellence, la matière convenable à la fabrication des meubles, et quoiqu'on se serve souvent aussi d'autres matières (ivoire, nacre, métaux), c'est

lui qui peut être considéré comme formant toujours la partie principale des objets d'ébénisterie. Indépendamment de la beauté de leurs teintes, de leurs veinures, de l'éclat qu'ils acquièrent par le polissage et le vernissage, les bois d'ébénisterie ont surtout le mérite de se travailler avec facilité et de se prêter aux formes élégantes qu'on veut leur donner.

L'ébénisterie emploie à la fois les bois de pays, comme le chêne, le poirier, le noyer, et les bois exotiques, comme l'acajou, l'ébène, le palissandre et le thuya. Les bois exotiques étant d'un prix élevé, on a vulgarisé leur emploi par le *placage*, c'est-à-dire en construisant les meubles avec du bois de pays et en appliquant à leur surface une lame très mince de bois exotique.

Les différentes manières de façonner le bois suivant des formes voulues ont nécessairement une relation intime avec les formes décoratives qui sont le plus souvent employées. Nous distinguerons : 1° le *travail à la scie et au rabot*, qui permet de produire toutes les surfaces, dites en géométrie à génératrices rectilignes, c'est-à-dire que l'on peut obtenir par le mouvement d'une ligne droite : les *moulures* par exemple; 2° le *travail au tour*, qui permet d'obtenir les surfaces sphériques, cylindriques et coniques; 3° enfin le *travail au ciseau*, qui, dans les mains du sculpteur, vient ajouter à l'élégance des meubles de luxe toutes les ressources de la sculpture décorative.

Les différentes pièces d'un meuble, quand leurs contours et leurs formes ont été déterminés, doivent être *assemblées*, et c'est ici que se présente une différence essentielle entre la menuiserie et l'ébénisterie. L'ébéniste ne se sert jamais ni de clous, ni de chevilles pour fixer ses assemblages, mais toujours de la colle forte.

Quand les différentes pièces d'un meuble sont préparées, et que, faites avec du bois de pays, elles sont destinées à être recouvertes avec des feuilles minces de bois exotique, on procède au placage. Les feuilles de placage peuvent être faites avec la scie ordinaire, mais on emploie ordinairement des machines spéciales, qui opèrent avec plus de rapidité, d'économie et donnent des lames de bois plus minces. Nous citerons celles de M. Garaud. Tantôt ces machines sont disposées de manière à couper le bois à plat, c'est-à-dire à diviser une planche en lames planes et plus minces. Tantôt elles le découpent circulairement : l'arbre étant animé d'un mouvement de rotation autour de son axe, l'outil de la machine reçoit un mouvement de va-et-vient qui découpe le bois en feuilles circulaires, de telle sorte qu'après le découpage le morceau de bois n'est plus qu'un rouleau de feuilles; on produit journallement des feuilles de 2 mètres de largeur sur 20 mètres de long.

Les feuilles de placage s'appliquent à la surface des bois par quatre procédés différents :

1° *Au marteau*. — Cette méthode est surtout employée pour les parties plates. Après avoir passé à la surface du bois à plaquer, ou *bâti*, un rabot à dents dit *brette*, qui rend cette surface rugueuse et la prédispose à recevoir la colle, on colle le bâti et l'on applique le placage. Puis, à l'aide d'un marteau de forme spé-

ciale, on appuie en raclant sur la feuille de placage et en poussant toujours l'outil en avant (fig. 292). La main droite tient le marteau, et la main gauche, appuyant sur le bois, doit toujours contrarier l'effet de la main droite, pour empêcher la feuille de glisser. De cette manière on détermine l'adhérence de la feuille, et l'on repousse en avant l'excès de colle; à mesure que celle-ci apparaît sur les bords, on l'essuie, afin de l'empêcher de s'y fixer et de former un bourrelet solide qui s'opposerait à la sortie de l'excès pouvant encore rester entre le bâti et la feuille. On est souvent obligé de mouiller extérieurement la feuille de placage pour contrarier l'effet de la colle, qui tend à la faire *voiler* ou *gondoler*. Quand on s'aperçoit que la colle n'a pas pris en certains endroits, on y passe un



Fig. 292. — Placage au marteau.

fer chaud (fer à plaquer) qui, amollissant la colle, permettra à une nouvelle action du marteau de déterminer l'adhérence.

2° *A la cale.* — On comprend que le procédé que nous venons de décrire ne puisse pas s'appliquer au placage des parties courbes. Pour les moulures, par exemple, on emploie la *cale* : c'est un morceau de bois offrant la contre-partie de la pièce à plaquer. On donne à la feuille la courbure nécessaire, soit à l'aide du fer, soit en la mouillant légèrement d'un côté et en la chauffant de l'autre. On encolle, on pose la feuille et l'on applique au-dessus d'elle la cale que l'on a chauffée pour maintenir la colle liquide pendant un temps suffisant, on serre le tout avec des presses spéciales (fig. 295). Nous ajouterons que le placage à la cale s'emploie très souvent aussi pour les parties plates.

3° *Au sable.* — Quand la moulure est trop contournée dans sa forme pour per-

mettre l'emploi facile de la cale, on se sert de sacs remplis de sable chaud qui, pressés à l'aide de presses et de cales, forcent la feuille à bien épouser les détails de la moulure (fig. 294).

4° *A la sangle.* — Dans d'autres cas, ce moyen lui-même ne suffit plus. S'il s'agit, par exemple, de plaquer le cylindre d'un secrétaire, cette pièce, creuse en

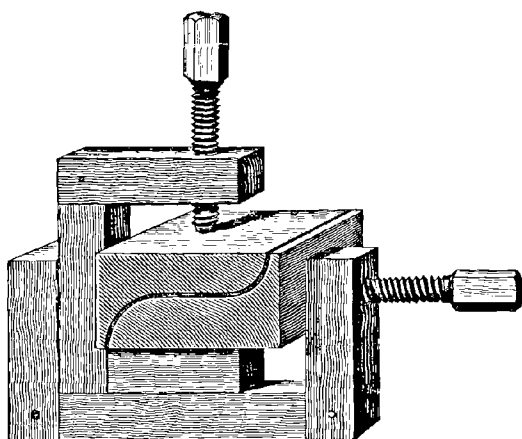


Fig. 293. — Placage à la cale.

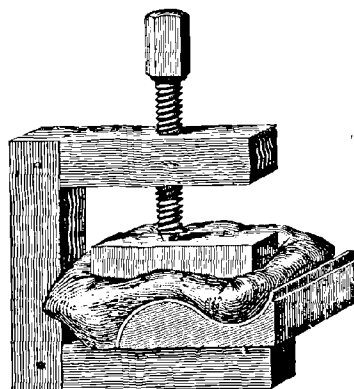


Fig. 294. — Placage au sable.

dedans et convexe en dehors, ne pourrait se plaquer par les moyens précédents. On a recours aux *sangles*, c'est-à-dire qu'après avoir soutenu la pièce par des morceaux de bois (fig. 295) appelés *calibres* et appliqués dans la concavité, on pose, après encollage, la feuille de placage et on la force à adhérer à l'aide de sangles que l'on serre peu à peu.

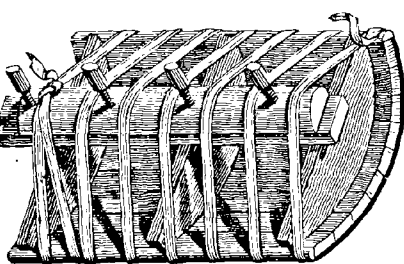


Fig. 295. — Placage à la sangle.

Nous ferons remarquer que le placage ne s'emploie pas seulement pour les bois exotiques; dans la confection des meubles à bon marché, on plaque souvent des bois de pays, comme le chêne, sur des bois d'un prix moins élevé. C'est ainsi que trop souvent on vend comme meubles en chêne des meubles faits en bois de Caroline et plaqués en chêne. Toutes les précautions sont prises pour cacher cet artifice, car on plaque jusqu'aux tenons et mortaises.

Quand les pièces d'un meuble sont faites et prêtes à être montées, on les polit. Pour cela, à l'aide d'un *racloir*, outil composé d'une lame d'acier montée dans un manche de bois, on racle la surface du bois de manière à faire disparaître les dernières inégalités qu'a pu laisser le rabot. On achève le polissage en frottant avec un morceau de pierre ponce et avec de l'huile, ou bien avec le papier de verre. Après le polissage, si le meuble doit être verni, on promène à sa surface un tampon imprégné de vernis à la gomme laque et fait avec un morceau de toile bourré de laine ou de coton.

Le vernissage exige une grande légèreté de main; l'ouvrier ne doit pas appuyer sur le bois, mais tourner en spirale et ne jamais laisser arrêter le tampon. L'alcool du vernis s'évaporant peu à peu, la gomme laque bouche les pores du bois, et la surface devient polie et brillante.

Pour certains bois de pays, comme le chêne, le poirier, on ne vernit pas toujours. Après le polissage, on applique une ou plusieurs couches de teinture qui varie suivant l'effet à obtenir; on ponce pour faire disparaître les rugosités qu'a produites l'action du liquide (action qui consiste, comme disent les ouvriers, à *faire ressortir les pores du bois*), on passe à l'encaustique et l'on brosse. Pour le vieux chêne, la teinture est un liquide formé d'une dissolution de potasse d'Amérique colorée avec de la terre de Cassel. Pour les meubles en poirier que l'on veut faire noirs, ou bien on se sert de bois teints par injection de matières colorantes, ou bien on les noircit en passant à leur surface des couches alternatives de pyrolignite de fer dissous et de décoction de campêche.

CHAPITRE XIX

INDUSTRIES DE LA CÉRAMIQUE

La céramique comprend l'ensemble des procédés employés pour la fabrication de vases et d'objets destinés soit aux usages domestiques, soit à la décoration de nos appartements. Cet art remonte à la plus haute antiquité, et c'est encore chez les peuples de l'Orient que l'on en trouve les origines, comme celles de la plupart de nos industries. Les Égyptiens, plus de cinq mille ans avant Jésus-Christ, plaçaient dans les tombeaux, à côté des cadavres, des vases en poterie commune, renfermant des provisions que l'on donnait au mort pour le voyage dans l'autre vie. On retrouve sur des monuments égyptiens remontant à trois mille ans avant Jésus-Christ des peintures représentant les potiers modelant des vases et les faisant cuire au four. Les Égyptiens ont connu le moyen de recouvrir la faïence d'une glaçure destinée à lui donner de l'imperméabilité. Est-il besoin d'ajouter que le vaste empire de la Chine et le Japon ont connu de tout temps l'art de fabriquer la porcelaine en pâte dure et la poterie de grès. Les Persans et les Indiens ont aussi excellé dans cet art et nous ont laissé les preuves d'un goût artistique et d'une habileté très développés.

Les Grecs paraissent avoir reçu des Phéniciens les premiers vases de poterie, qu'ils imitèrent bientôt et fabriquèrent eux-mêmes. Céramus, fils de Bacchus et d'Ariane, était pour eux le protecteur du potier, et ils donnèrent le nom de *Céramique* à un quartier d'Athènes occupé par les fabricants de vases. Cet art était déjà connu au temps d'Homère, qui compare le mouvement de jeunes gens et de jeunes filles dansant une ronde à celui que le potier imprime à la roue de son tour. L'art du potier ne se développa chez les Romains qu'après la deuxième guerre punique, et ils ont excellé dans la fabrication de plaques et de bas-reliefs destinés à l'ornementation des temples et des palais. Leurs voisins les Étrusques les avaient précédés dans cette voie.

Avant l'invasion des Gaules par les Romains, les Gaulois s'étaient livrés à l'art de la céramique, et si, après la conquête, ils empruntèrent à leurs vainqueurs des procédés de fabrication qui leur permirent de perfectionner leurs propres produits, il n'en est pas moins établi que ces produits conservèrent pendant longtemps un véritable caractère national. Les poteries gauloises, comme celles des Grecs et des Romains, étaient faites avec la pâte qui sert aujourd'hui à fabri-

quer nos poteries communes, marmites, écuelles, etc., mais elles se rapprochent plutôt de la pâte des faïences. Leur texture est lâche, leur surface ordinairement raboteuse. Certaines portent des ornements gravés en creux, d'autres des ornements et des caractères en relief, qui paraissent avoir été fabriqués dans des moules, puis appliqués à la surface de la poterie. Ces vases ont été fabriqués au tour, comme le prouvent des lignes en spirale attestant le passage des doigts du tourneur sur la pièce en rotation.

Les poteries, dont nous venons de faire un historique très sommaire, subissaient une cuisson qui leur donnait de la dureté; mais elles ont pour caractère commun de ne pas présenter une surface glacée et vernie, capable de leur communiquer de l'imperméabilité. Elles sont poreuses et laissent transsuder l'eau. Les Persans et les Arabes ont connu de tout temps l'art d'imperméabiliser les poteries, de glacer les surfaces par l'application d'une substance appelée *émail*, qui, fondant pendant la cuisson, s'étale régulièrement à la surface de la poterie et la vernit.

Après la chute de l'empire d'Occident, l'art de fabriquer les poteries décoratives s'était presque perdu en Europe. L'invasion des Maures en Espagne fit revivre cette industrie, qui prit un grand développement et se perfectionna peu à peu. D'autre part, les croisés rapportèrent de l'Orient des goûts artistiques, qui les poussèrent à imiter les produits des industries orientales. Jusqu'au ^{xii}^e siècle les temples étaient pavés avec des dalles de pierre ou avec des mosaïques fournies par la juxtaposition de pierres de couleurs diverses. A partir du ^{xii}^e siècle apparaît une idée nouvelle. Des briques en terre rouge, de formes diverses, se substituent à la pierre. On couvre leur surface d'une couche mince d'argile blanche, dans laquelle on incruste des ornements faits avec une terre de couleur plus foncée, et la cuisson glace ces briques ou carreaux et leur communique de la dureté. L'abbaye de Voulton, près Provins, la galerie des Chasses à Fontainebleau, Saint-Étienne d'Agen, les monuments du Crotoy, de Rue, de Cosne, etc., nous ont conservé de curieux spécimens de cette fabrication céramique.

La glaçure des poteries de cette époque est composée en grande partie d'oxydes de plomb : elle est vitreuse et transparente et laisse voir la couleur rougeâtre de l'argile ferrugineuse qui formait la pâte de ces poteries. On y mélangeait des oxydes métalliques plus ou moins foncés, des oxydes de cuivre et de manganèse. Plus tard les procédés se perfectionnèrent. On eut l'idée d'étendre sur le noyau de terre brune une couche mince d'argile blanche, de gratter dans cette couche superficielle, appelée *engobe*, des ornements, des légendes, qui ressortaient en ton vif sur la terre blanche, qu'on panachait elle-même en la couvrant d'un vernis incolore parsemé de taches vertes ou brunâtres. La cuisson venait ensuite fixer ces caprices de l'artiste potier.

Les poteries dont nous venons de parler servent en quelque sorte de transition entre les objets grossiers fabriqués par les Gaulois et les admirables produits de la Renaissance italienne et de la Renaissance française. Au point de vue de la céramique, le caractère de la Renaissance italienne, c'est l'invention de l'émail d'étain

et l'application de cet émail sur la terre cuite. Quoique cette invention paraisse remonter au ^{xiv}^e siècle, ce n'est qu'au ^{xv}^e siècle que nous la voyons prendre tous ses développements par les travaux des Della Robbia. Luca della Robbia, le chef de cette famille d'artistes célèbres, naquit en 1400. Il fut d'abord orfèvre, puis devint sculpteur. Sa réputation grandit vite et dès 1438 il ne pouvait plus satisfaire aux commandes que lui attirèrent ses premiers travaux.

Tout le monde sait que le statuaire fait d'abord de son œuvre un modèle en argile plastique, qui est ensuite reproduit par la fonte ou par la taille du marbre. Luca chercha un procédé expéditif qui lui permit d'éviter les tâtonnements du ciseau et les opérations compliquées de la fonte. Il imagina de faire cuire le modèle en argile et, pour le soustraire aux intempéries atmosphériques, il l'enveloppa d'un émail vitrifié et inattaquable, l'émail d'étain et de plomb. Le plus ancien de ces ouvrages est le bas-relief de la *Résurrection*, placé au-dessus de la porte en bronze de la sacristie de Sainte-Marie de la Fleur à Florence. Les œuvres de Luca della Robbia, qui mourut en 1481, sont caractérisées par un style très pur, souvent raphaëlesque, par un emploi modéré des procédés de la peinture vitrifiable. Statuaire avant tout, il laisse souvent à son art le rôle principal : les chairs de ses œuvres sont souvent épargnées par l'émail, qu'il n'emploie que pour les accessoires, les vêtements et les draperies. Tel est le point de départ de ces chefs-d'œuvre de la Renaissance italienne sortis des fabriques de la Toscane, des Marches, du duché d'Urbin, des États Pontificaux, de Gênes et de la Vénétie, et dont le musée du Louvre conserve un certain nombre d'échantillons.

A la suite des guerres en Italie de Charles VIII, de Louis XII et de François I^{er}, nos soldats rapportèrent de ce pays le goût des arts, nos artisans s'en inspirèrent et alors commença chez nous cette époque de la Renaissance française, qui nous a laissé tant de chefs-d'œuvre d'art et qui, au point de vue de la céramique, a produit les admirables travaux de Bernard Palissy, potier de terre né dans l'Agenais vers 1500 et qui, après seize ans d'efforts et de ruineuses dépenses, trouva, en 1555, le secret de l'émail dont on se servait en Italie.

Bernard Palissy se livra d'abord aux travaux de la vitrerie, qui comprenait la préparation, l'assemblage des vitraux colorés et la peinture sur verre. *En peignant des images pour exister*, il sentit, comme il le dit lui-même, se développer en lui les instincts de l'artiste. Il étudia les maîtres de l'École italienne et entreprit une longue suite de voyages dans les Pyrénées, les provinces du Midi et de l'Est, dans la Basse Allemagne, le Luxembourg et les Flandres. Il en rapporta les connaissances les plus variées et s'éleva au-dessus des idées de son siècle. Ses écrits prouvent qu'il étudia les sciences, la géométrie, l'agriculture et la géologie.

En 1539 il était venu s'établir à Saintes, et se mit à la recherche des procédés employés pour émailler les faïences : il y épuisa toutes ses ressources, construisant lui-même ses fourneaux, broyant des matières sans nombre, cuisant à grands frais des tessons de poteries enduites de substances qu'il croyait devoir le conduire à la découverte de l'émail. Poursuivi par ses créanciers, n'ayant plus de

combustible, on le voit briser ses meubles et en jeter les débris dans le foyer de son four pour entretenir la flamme. Enfin il finit par atteindre le but si longuement et si chèrement poursuivi. La réputation qu'il acquit le fit bientôt appeler à Paris, où il perfectionna ses qualités d'artiste et où il enseigna la géologie.

A la suite des travaux de Bernard Palissy, l'industrie de la faïence émaillée prit en France un grand essor. Nous citerons en première ligne la faïence de Rouen, dont l'origine paraît remonter à Poirel de Grandval, qui obtint un privilège officiel en 1646, et à Louis Poterat, dont le privilège date de 1673. Nos musées et nos collections particulières conservent de beaux spécimens de cette fabrication.

Citons aussi les faïences de Nevers, de Moustiers, de Strasbourg, de Lille, de Rennes, etc.; à l'étranger, celles de Delft en Hollande, dont l'origine remonte à Claes Janssen Wytmans (1614), de Nuremberg, les faïences anglaises, dont l'origine est assez obscure et ne paraît pas remonter au delà de la fin du xvi^e siècle, les faïences italiennes et en particulier celles de la Vénétie et de la Lombardie.

La faïence, déjà si supérieure aux poteries anciennes, ne devait pas cependant marquer en céramique la dernière étape du progrès. Sa pâte est souvent colorée, opaque et plus ou moins tendre; ce sont là des défauts que ne présentaient pas les porcelaines de la Chine et du Japon, qui furent importées en Europe par les Portugais et par les Hollandais. On se mit à la recherche des procédés de fabrication employés par les Chinois. Dès 1673 Louis Poterat fabriquait à Saint-Sever de la porcelaine tendre; à Saint-Cloud, Pierre Chicaneau arrivait un peu plus tard à des résultats plus complets et plus sûrs.

La porcelaine tendre n'a aucun des caractères de la porcelaine dure des Chinois; elle fond à température plus basse, son vernis se laisse rayer par l'acier. C'est un verre plutôt qu'une porcelaine, elle contient des alcalis comme le verre et ne renferme ni kaolin, ni feldspath, substances qui caractérisent la porcelaine de Chine et la porcelaine de Saxe. Elle est d'une fabrication bien plus difficile, à cause du ramollissement des pièces par la chaleur du four. La manufacture de Saint-Cloud florissait encore en 1718 : en 1735 un ouvrier de Chicaneau, Cicaire Ciroux, alla fonder à Chantilly une manufacture de porcelaines, dont la décoration rappelait celle de la porcelaine chinoise.

En 1740 le marquis d'Ory fit établir à Vincennes un laboratoire de recherches céramiques pour les frères Dubois, anciens ouvriers de la manufacture de Chantilly. Ils eurent pour successeur Gravaut, qui fabriqua de la porcelaine tendre et vendit le secret de la fabrication à Ory de Fulvy, frère du ministre des finances. Ory de Fulvy s'associa au sculpteur Charles Adams et établit dans le château de Vincennes une manufacture de porcelaine tendre; il avait obtenu un privilège de trente ans à partir de 1745. Le directeur de la manufacture, un nommé Boileau, homme instruit, qui sut s'entourer des conseils de savants, tels que le chimiste Hellot, fit faire de grands progrès à l'industrie de la porcelaine tendre. En 1753 Louis XV achetait le tiers des actions, donnait à la manufacture le nom de Manufacture royale, la transportait à Sévres et devenait seul propriétaire en 1761.

Pendant toute cette période de la fabrication de la porcelaine tendre, des recherches se faisaient partout pour arriver à trouver le secret de la production de la porcelaine dure ou porcelaine de Chine. Parmi les chercheurs se trouvait le fils d'un alchimiste, Jean-Frédéric Botger. Un jour il s'aperçut que sa perruque avait un poids plus grand qu'à l'ordinaire. Il examina la poudre qui la couvrait et constata qu'on avait employé pour la poudrer non pas de la fécule, mais une poudre minérale, qu'il reconnut pour le kaolin. Il apprit que cette poudre avait été trouvée dans les environs d'Ane en Saxe : il la fit rechercher, s'en servit pour faire de la porcelaine et dès ses premiers essais arriva à fabriquer des porcelaines imitant parfaitement la porcelaine chinoise. Cette découverte date de 1709. L'électeur de Saxe Frédéric-Auguste I^{er}, qui s'était attaché Botger et l'avait soutenu dans ses recherches, prit immédiatement possession du gisement kaolinique : l'usine, renfermée dans l'Albrechtsburg de Meissen, devint une forteresse où personne ne pouvait pénétrer : les ouvriers avant d'y entrer juraient de garder jusqu'au tombeau les secrets de fabrication. Cette manufacture fit de rapides progrès tant au point de vue technique qu'au point de vue artistique, et produisit de véritables chefs-d'œuvre de goût, que recherchent encore sous le nom de *vieux saxe* les collectionneurs de porcelaine.

A Sèvres, on cherchait toujours avec persévérance sans arriver au résultat poursuivi. En 1761 Boileau avait su, à prix d'argent, du fils de Hanong, directeur de la fabrique de porcelaine de Frankenthal en Bavière, que les porcelaines de Saxe et de Chine se fabriquaient avec du kaolin pour la pâte et du feldspath pour l'émail. Mais le kaolin manquait et l'on n'en connaissait pas de gisement en France. Un jour Mme Darnet, femme d'un chirurgien de Saint-Yrieix, découvrit, dans une promenade aux environs de cette ville, une poudre blanche onctueuse, qui lui parut propre à blanchir le linge. Elle en rapporta un échantillon à son mari, qui crut y reconnaître le kaolin. Son opinion fut bientôt confirmée par Villaris, pharmacien de Bordeaux, et par Macquer, professeur de chimie à Paris et membre de l'Académie des sciences. Macquer s'occupait déjà de cette question. Il part pour Saint-Yrieix afin de juger de l'importance et de la qualité du gisement découvert par Mme Darnet. Il revient à Paris, essaie à Sèvres la nouvelle terre, réussit, et la porcelaine dure était trouvée pour la France. Depuis cette époque la manufacture de Sèvres n'a cessé de faire faire des progrès considérables à l'industrie céramique au point de vue de la qualité des pâtes, de la perfection des produits fabriqués et de leur décoration artistique. Elle a été successivement dirigée par des hommes offrant toutes les garanties sous les rapports scientifique et artistique, Boileau, Regnier, Brongniart (Alexandre), Ebelmen, Victor Regnault, Louis Robert, Lauth, Deck. Elle est aujourd'hui connue du monde entier pour sa suprématie incontestée. Le musée de la manufacture de Sèvres, organisé par Brongniart, renferme les pièces les plus curieuses pour l'histoire de l'industrie céramique et pour celle de la manufacture elle-même.

La fabrication de la porcelaine se répandit bientôt en France et dans toute l'Europe. Limoges a acquis dans cette industrie une grande réputation et en est

le centre principal. Dès le xviii^e siècle s'élevèrent en Italie, en Espagne et en Portugal des manufactures importantes. Après celle de Sèvres, les manufactures de Doccia, près de Florence, et de Capo di Monte, aux environs de Naples, sont les plus célèbres. L'Angleterre, pour la fabrication de la porcelaine tendre et naturelle, qui est à base de kaolin, et l'Amérique font à la France une concurrence des plus sérieuses.

On divise les produits de la céramique en trois grandes classes : 1^o les poteries à *pâte dure et translucide*, comme les différentes espèces de porcelaines; 2^o les poteries à *pâte dure et opaque*, comme la faïence fine et les grès cérames; 3^o les poteries à *pâte tendre*, comme les poteries émaillées (faïence commune), les poteries vernissées, les poteries lustrées, les terres cuites, les briques, les tuiles, etc.

La plupart des matériaux qui entrent dans la composition des pâtes nous sont fournis par la nature; il y en a de deux espèces principales : les uns communiquent à la pâte la plasticité qui permettra de la façonner et de lui donner les formes les plus variées : ce sont les *argiles*; les autres, appelés substances *dégraissantes* ou *antiplastiques*, sont destinés à enlever à l'argile l'excès de plasticité qu'elle a quelquefois, à diminuer le retrait de la matière à la cuisson et à empêcher le fendillement qui en résulterait. Les principales espèces d'argiles sont : les argiles *plastiques* et *figulines*, qui entrent dans la composition des grès cérames fins et communs; les *kaolins*, qui forment la base des pâtes à porcelaine; les argiles *marneuses*, employées dans la fabrication des faïences; les marnes *argileuses* (faïences fines); les marnes *calcaires* (faïences communes). Quant aux matières dégraissantes, elles sont beaucoup plus nombreuses : telles sont le quartz (porcelaines dures), le sable (porcelaines dures, terres cuites, briques), le feldspath (porcelaines dites *parian*), la pegmatite (porcelaine dure), le ciment (terres cuites en général), la craie (porcelaines et faïences), le gypse ou sulfate de chaux (porcelaines), le sulfate de baryte (grès anglais), etc.

PORCELAINE

Limoges est en France le centre principal de la fabrication de la porcelaine; c'est aux environs de cette ville, et principalement à Saint-Yrieix (Haute-Vienne), que se trouvent des carrières assez riches en kaolin pour alimenter tous les centres de fabrication, même la Belgique, l'Italie et l'Allemagne. Limoges fut longtemps le siège presque unique de l'industrie de la porcelaine; mais peu à peu on a été amené à penser qu'il y aurait économie à transporter le kaolin dans d'autres con-

trées plus riches en combustible, telles que le Berry; des établissements importants et organisés de la manière la plus large se fondèrent : dans plusieurs départements du Centre, à Vierzon, à Saint-Amand-Mont-Rond, à Mehun-sur-Yèvre (Cher), à Champigny (Allier); dans l'Ouest, à Bayeux; dans le Midi, à Saint-Gaudens. Enfin, Paris étant le centre principal du commerce de la céramique, des fabriques se sont établies dans la ville et dans ses environs, et c'est là surtout que s'est développé l'art de la décoration de la porcelaine. La production totale de l'industrie de la porcelaine est d'environ 30 millions de francs.

Les matières premières employées à la fabrication de la porcelaine sont le kaolin, un sable quartzéux et du feldspath. Le kaolin constitue la substance plastique de la pâte à porcelaine; c'est une argile, ou silicate d'alumine provenant de la décomposition naturelle du feldspath (le feldspath est un silicate double d'alumine et d'une base comme la potasse); le sable quartzéux est la partie dégraissante, et le feldspath, en faisant éprouver à la porcelaine, au moment de sa cuisson, un commencement de fusion, la rend translucide. A Sèvres on ajoute aussi de la craie de Bougival. Ces matières premières doivent d'abord recevoir une préparation. A Limoges, ces préparations ne se font pas toutes dans les manufactures de porcelaine, mais dans des établissements spéciaux. Le kaolin subit d'abord un lavage, qui a pour but de le débarrasser des grains de quartz et des morceaux de feldspath qu'il renferme; ces derniers augmenteraient la fusibilité de la porcelaine. Il est délayé dans l'eau et agité dans le liquide à l'aide de palettes; pendant cette agitation les parties les plus grosses gagnent le fond de la cuve. La boue liquide est décantée dans une seconde cuve où elle laisse déposer les grains plus petits de quartz et de feldspath, puis décantée une seconde fois dans une troisième cuve, où les eaux troubles séjournent pendant longtemps et abandonnent tout le kaolin qu'elles tiennent en suspension.

Quant aux matières dégraissantes, le feldspath et le quartz, comme elles sont ordinairement en morceaux et non pas friables comme le kaolin, elles doivent d'abord être concassées et réduites en poudre. Pour faciliter ce concassage, on commence par les *étonner*, c'est-à-dire par les chauffer au rouge pour les projeter ensuite dans l'eau froide. Cette élévation de température a pour effet de produire un grand nombre de fissures, qui rendent la matière plus fragmentable; elle a de plus l'avantage de déterminer différentes colorations, qui facilitent l'élimination des parties ferrugineuses dont la présence nuirait plus tard à la blancheur de la porcelaine. Après cette calcination on concasse et l'on pulvérise les substances dégraissantes à l'aide d'appareils différents (bocards, cylindres cannelés, moulins à meules verticales ou horizontales); la poudre obtenue est souvent passée au blutoir et toujours soumise à une lévigation et à un repos qui la débarrassent des grains les moins fins. On mêle ensuite à l'état humide la pâte de kaolin et celle de quartz ou de feldspath, et l'on s'efforce de rendre le mélange aussi intime que possible; puis on amène les pâtes au degré de consistance voulue par l'opération du *ressuage* ou du *raffermissage*, qui a pour effet de

les dessécher. Cette dessiccation s'obtient le plus souvent par l'action de filtres-presses analogues à ceux dont on se sert dans la préparation du sucre.

Telles sont les opérations qui constituent la préparation des pâtes. A leur arrivée dans les manufactures de porcelaine, elles sont soumises à un nouveau traitement, le *pétrissage*, dont le but est de les rendre parfaitement homogènes : c'est la condition essentielle de toute bonne fabrication. En tête des moyens de pétrissage il convient de placer le *marchage*, qui s'exécute sur des aires en pierre, où l'on place la pâte arrivant des établissements de préparation et mélangée, à parties égales, aux résidus provenant des opérations du façonnage que

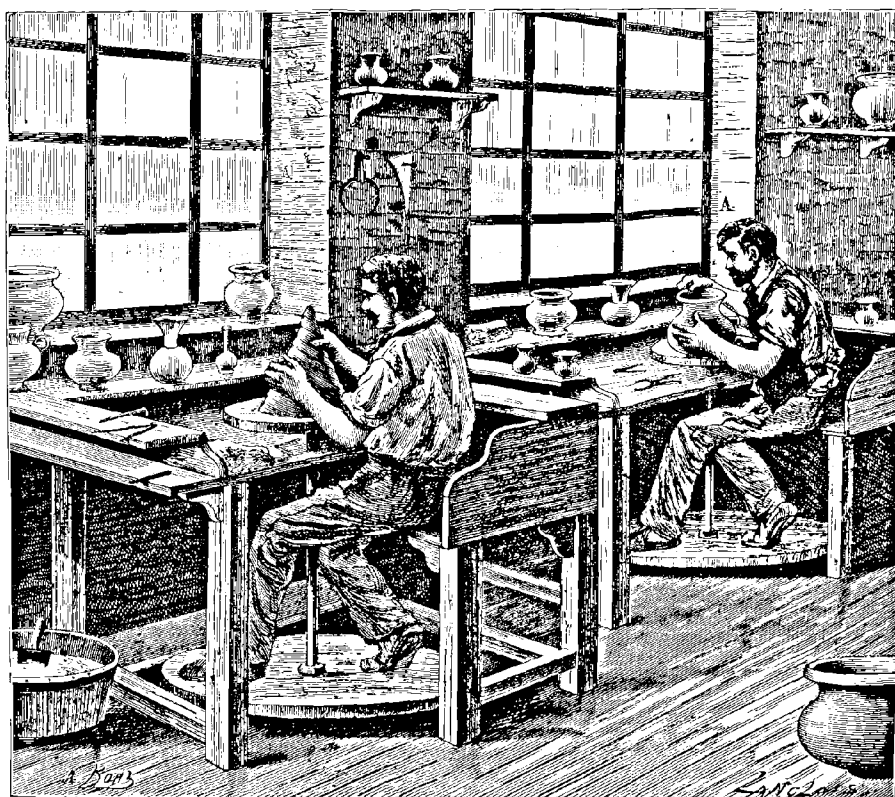


Fig. 296. — Travail de la porcelaine sur le tour. (Voir p. 344.)

nous décrirons bientôt; un ouvrier la piétine en marchant du centre à la circonférence et de la circonférence au centre; c'est ce qu'à Limoges on appelle la *danse*. Le marchage est aujourd'hui remplacé par une opération mécanique qui consiste à malaxer la pâte à l'aide de meules tournant autour d'un axe vertical et rappelant celles que l'on emploie dans les huileries; puis la pâte est relevée à la pelle en *ballons* de 25 kilogrammes environ et battue, soit à la main, soit avec des battes de bois; en même temps on la découpe avec un fil de laiton pour découvrir les soufflures et l'on mélange les morceaux en les battant.

Toutes ces opérations mécaniques exigent beaucoup de soin et de propreté de

la part de l'ouvrier, qui doit éviter que des poussières ou d'autres matières organiques ne s'incorporent dans la pâte, parce qu'elles se décomposeraient par la chaleur et produiraient des soufflures ou des fentes; la présence d'un cheveu suffit pour gâter complètement un objet de porcelaine.

Les pâtes ainsi préparées peuvent servir à la fabrication de la porcelaine; mais on a reconnu qu'on améliorerait leur qualité en les abandonnant dans des caves humides pendant un temps qui peut durer plusieurs années; il s'établit une fermentation donnant naissance à l'hydrogène sulfuré et peut-être, suivant Salvétat, à une substance glaiseuse qui augmente la plasticité. Ce phénomène est désigné sous le nom de *pourriture des pâtes*; il développe dans la masse des bulles gazeuses, que l'on expulse par un nouveau malaxage, qui s'exécute dans l'atelier de fabrication. Les ouvriers compriment énergiquement la pâte avec les mains et en font des boules, qu'ils lancent avec force contre la table de pétrissage.

Il faut maintenant mettre la pâte en œuvre et procéder à la confection des vases de différentes formes. On suit pour cela plusieurs procédés, parmi lesquels nous distinguerons le *travail sur le tour*, le *moulage* et le *coulage*.

Le tour du potier consiste en un axe vertical sur la partie inférieure duquel est implanté un grand disque horizontal en bois que l'ouvrier peut faire tourner avec le pied (fig. 296); un second disque plus petit que le premier est fixé à la partie supérieure de l'axe et reçoit la pâte. L'ouvrier est assis sur un banc; il place au centre du disque supérieur la quantité de pâte nécessaire, met le tour en mouvement et façonne la pièce en lui donnant approximativement, avec la main, la forme et les dimensions qu'elle doit avoir. Dans ce façonnage, l'ouvrier comprime avec les mains la balle de pâte placée sur le tour, de manière à l'aplatir, à l'allonger ensuite et augmenter ainsi son homogénéité; il répète plusieurs fois cette opération, en ayant soin de se mouiller chaque fois les mains avec de la *barbotine*, c'est-à-dire avec un mélange de pâte et d'eau. Puis il enfonce le pouce dans le milieu de la balle pour la percer et en faire une pièce creuse, et, la façonnant ensuite avec les mains, il l'amène peu à peu à la forme définitive. La figure 297 représente les différentes phases de la fabrication d'un vase de porcelaine.

Tout ce que nous venons de décrire constitue l'*ébauchage*. C'est un travail excessivement difficile; la moindre négligence, le moindre défaut d'homogénéité dans l'épaisseur, dans la structure moléculaire de la pâte, suffisent pour perdre la pièce à la cuisson.

L'ébauchage donne rarement à l'objet une forme assez régulière pour qu'on puisse le soumettre directement à la cuisson; aussi complète-t-on le travail par le *tournassage*. Après avoir abandonné la pièce pendant quelque temps à une dessiccation spontanée qui lui donne plus de consistance, l'ouvrier la remet sur le tour, et pendant qu'elle est en mouvement, il lui donne sa dernière forme et ses dimensions avec un outil de bois ou d'ardoise, appelé *estèque*, qui lui sert à l'entamer et à la polir; c'est un travail analogue à celui du tourneur en bois. L'estèque a des formes diverses, carrées, triangulaires, etc.; souvent il présente le

profil même du vase à contours plus ou moins sinueux, et l'ouvrier, en l'appliquant pendant la rotation sur l'objet ébauché, lui communique exactement la forme cherchée. Citons aussi les compas d'épaisseur employés par le potier pour mesurer les dimensions des pièces, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur. Il n'y a plus qu'à détacher l'objet du tour, ce qui se fait en passant un fil métallique dans la base (fig. 298); avant la cuisson il faudra, comme nous le verrons, soumettre les pièces au travail du *rachevage*.

Le tournassage ne s'exécute pas toujours comme nous venons de le dire; souvent on place sur le tour un moule en plâtre représentant en creux les filets ou ornements qui doivent être en relief; on y introduit l'ébauche toute fraîche encore, on fait marcher le tour, et, à l'aide d'une éponge humide, on applique la

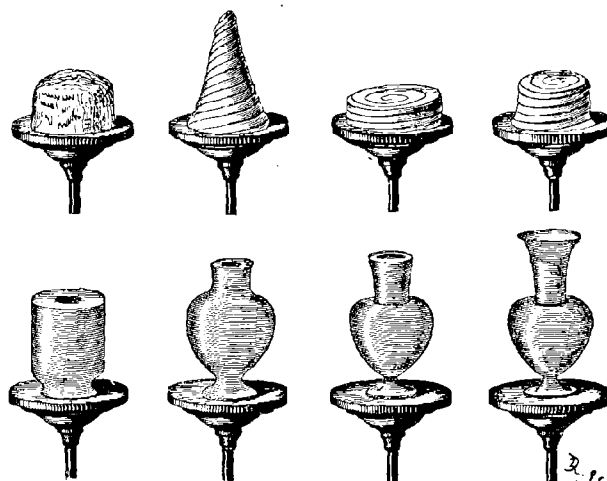


Fig. 297. — Différentes phases de la fabrication d'un vase de porcelaine.

pâte contre le moule : c'est le tournassage à la *housse*. Après un commencement de dessiccation, on démoule, on laisse sécher de nouveau et l'on tourne la pièce à l'intérieur seulement, car la forme extérieure a été donnée par le moule.

Ajoutons que le tour du potier a quelquefois son axe horizontal; il est alors appelé *tour anglais*; il exige des masses de pâte plus grandes, car l'ébauche doit avoir plus d'épaisseur, sans quoi les pièces se déformeraient pendant le travail. Les calibres ou estèques, qui fixent les contours extérieurs, sont ordinairement montés sur un axe autour duquel il est possible de les faire basculer pour les rabattre sur la pièce.

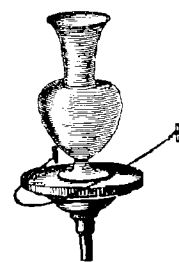


Fig. 298. — Outil à détacher les pièces.

Le *moulage* s'applique à la fabrication des pièces de porcelaine qui, n'étant pas des surfaces de révolution, ne peuvent se travailler sur le tour. On se sert de moules habituellement en plâtre que l'on fabrique sur des modèles en plâtre, en terre et même en métal, s'ils doivent servir un grand nombre de fois. Le moule se compose souvent de plusieurs parties, qu'il est facile de séparer, pour sortir la pièce fabriquée quand elle n'a pas de *dépouille*, c'est-à-dire quand elle présente des saillies qui ne permettraient pas de la sortir, sans la déchirer, d'un moule fait d'une seule pièce.

Le moulage s'exécute soit à la *balle*, soit à la *croûte*. Dans le premier procédé,

on fait pénétrer avec le pouce, dans toutes les cavités et aussi également que possible, de petites balles de pâte que l'on juxtapose et que l'on comprime pour les souder ensemble.

Le *moulage à la croûte* se pratique en appliquant la pâte contre le moule, sous forme de feuille plus ou moins épaisse (fig. 299), et en l'y comprimant avec une éponge, de manière à lui faire épouser toutes les cavités ou saillies du moule. Ces feuilles s'obtiennent ordinairement en écrasant la pâte sur une table avec

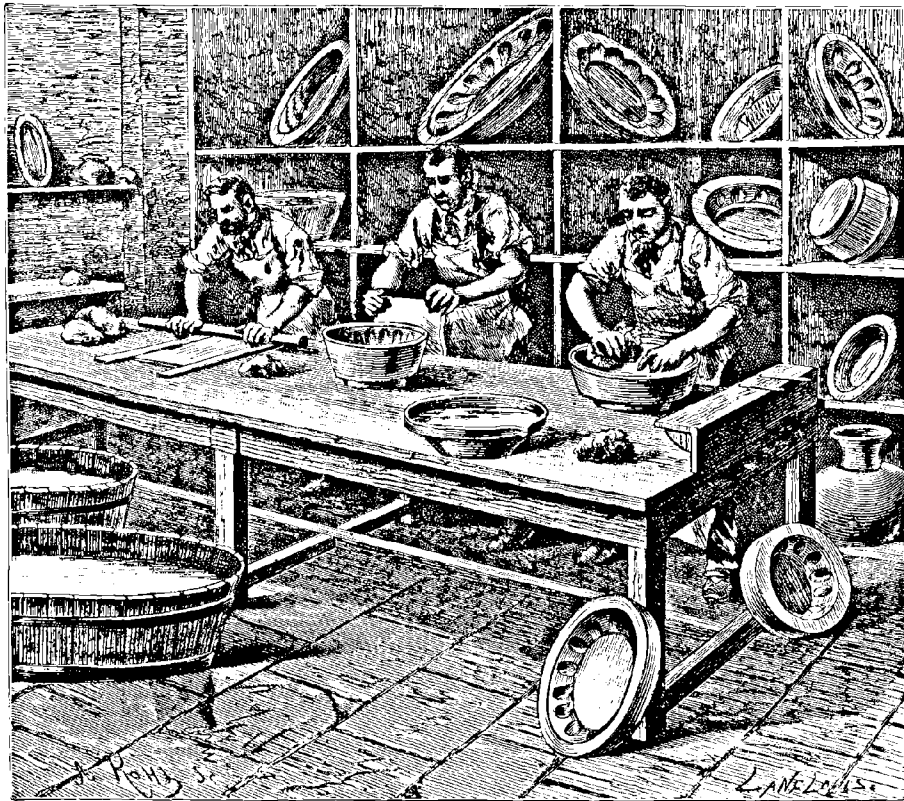


Fig. 299. — Moulage à la croûte.

un cylindre de bois que l'on fait rouler sur elle en appuyant. On peut comparer ce travail à celui du pâtissier faisant des feuilles de pâte.

Pour la fabrication des assiettes et des plats, voici comment on opère. Après avoir comprimé à l'éponge une plaque de pâte sur un moule en plâtre présentant en relief la forme de l'intérieur de l'assiette, l'ouvrier place le moule (fig. 300) sur le tour, et pendant la rotation il applique contre lui un calibre dont le tranchant représente le demi-profil de la face extérieure de l'assiette : l'outil enlève l'excédent de pâte et donne à l'assiette la forme voulue. Cette opération s'appelle *calibrage*.

Le *coulage* s'exécute en versant dans un moule en plâtre une bouillie liquide

de pâte de porcelaine (cette bouillie se nomme *barbotine*). Le moule absorbe l'eau de la barbotine, et la pâte se solidifie sur ses parois en couches plus ou moins épaisses, suivant que le contact a duré plus ou moins longtemps. On renverse le moule pour faire écouler l'excès de *barbotine* et l'on retire l'objet. C'est par cette méthode qu'on fabrique les tubes en porcelaine, les tasses à café très minces, les becs de théières, les anses creuses des vases de porcelaine.

On emploie aussi le coulage pour les grandes pièces. Mais il se présente dans ce cas une difficulté, qui vient de ce qu'on ne peut renverser le moule facilement et qu'il y aurait à craindre que la couche de pâte, en raison de son poids, de sa faible consistance et de son peu d'épaisseur, ne se détachât du moule et ne tombât. On évite cet inconvénient en faisant écouler l'excès de barbotine par un trou pratiqué dans le fond du moule et en se servant de la pression de l'air atmosphérique pour appuyer la couche contre les parois internes du moule, autour duquel on a fait le vide.

V. Regnault a inventé à cet effet un appareil dont on se sert à la manufacture de Sèvres. Le moule M (fig. 501) est installé dans une cloche en fer, qui est lutée sur la partie supérieure du moule : un intervalle reste entre le moule et la cloche. Un réservoir R de barbotine est installé à une certaine hauteur et peut être mis en communication avec l'intérieur du

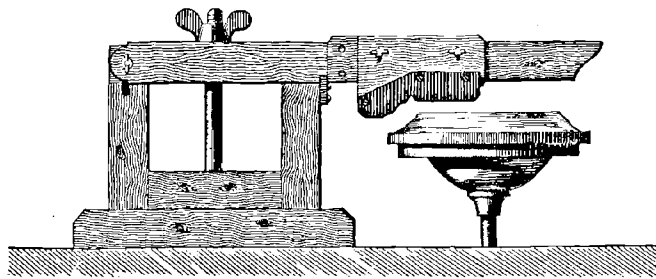


Fig. 500. — Fabrication des assiettes.

moule par un tube *t* portant un robinet. L'intervalle compris entre la cloche et les parois extérieures du moule communique avec une machine pneumatique P. Quand on veut couler une pièce, on ouvre le robinet : la barbotine, en vertu de la différence de niveau, s'écoule dans le moule ; quand il est plein, on ferme le robinet. Au bout d'une demi-heure on fait écouler l'excès de barbotine par le tube *t* et on fait le vide dans l'intervalle. La pression de l'air atmosphérique qui est dans le moule ouvert agit sur la pâte, l'applique contre les parois internes du moule et la consolide. L'ouvrier suit du dehors l'état de la pâte, qui se durcit de plus en plus. Un manomètre *m* permet de vérifier si le vide se maintient et si le lut empêche bien la rentrée de l'air dans l'intervalle laissé entre le moule et la cloche. On répète deux ou trois fois l'opération, suivant l'épaisseur que l'on veut donner à la pièce. Quand le moulage est achevé, on délute la cloche et on la soulève avec un treuil et des chaînes que représente la figure. Il n'y a plus alors qu'à démonter le moule.

Au lieu de faire le vide à l'extérieur du moule, on peut au contraire y comprimer de l'air. La figure 502 représente l'appareil employé. Le moule M est fermé par une

plaque B qu'appuie sur lui la traverse TT, qui peut glisser entre deux montants verticaux. Quand on a fait écouler l'excès de barbotine, on comprime de l'air dans le moule à l'aide de la pompe P. La pression de l'air comprimé appuie la pâte contre la surface intérieure du moule. Ce procédé a l'inconvénient, puisque le moule est fermé, de ne pas permettre à l'ouvrier de suivre la manière dont se comporte la pâte.

Les objets fabriqués par les méthodes précédentes doivent être soumis avant

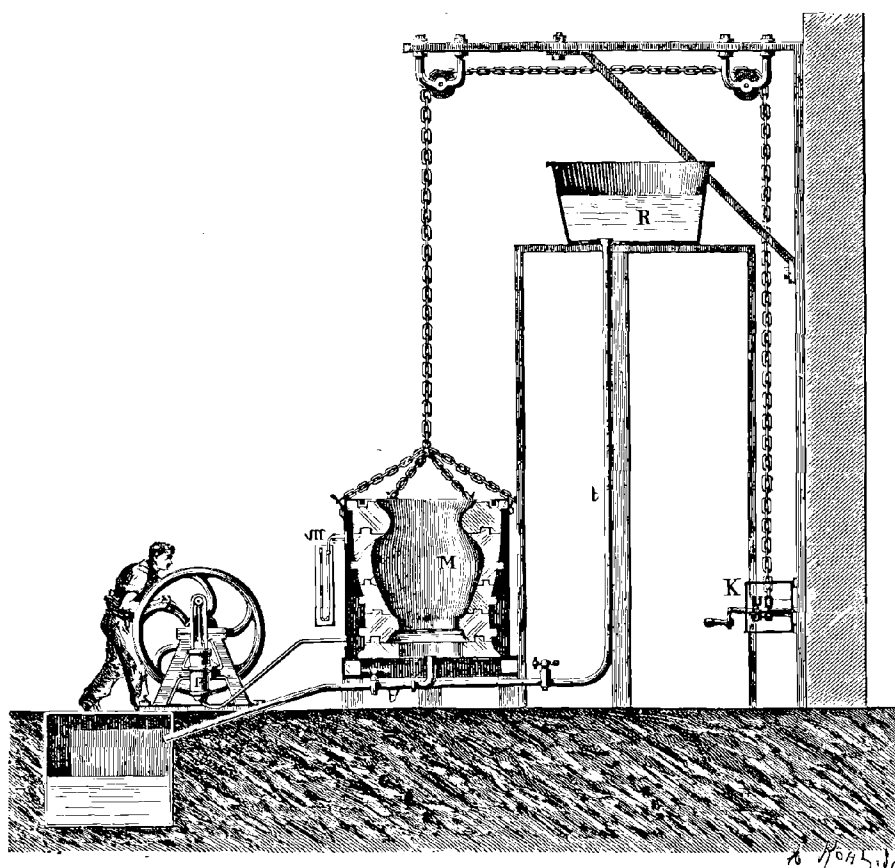


Fig. 301. — Appareil Regnault pour le coulage des grandes pièces.

la cuisson à un travail nommé *rachevage*, qui a pour but de corriger leurs imperfections et de compléter leur fabrication.

Les pièces fabriquées par moulage et par coulage présentent, par exemple, des lignes saillantes appelées *coutures*, qui se sont formées aux points de réunion des diverses parties du moule; on les fait disparaître en grattant la surface avec un instrument tranchant et dentelé, nommé *gradine*; en même temps on se sert des pâtes enlevées pour *engraisser* certaines parties qui sont trop minces. Ce travail doit être fait avec une grande délicatesse, il touche presque à l'art du sculpteur. Il faut aussi boucher les trous, ou bulles, que le démoulage a mis à découvert : c'est encore là une opération qui exige assez d'habileté, et pour laquelle l'ouvrier se

sert d'une pâte ayant exactement la même densité que celle de la pièce; il a soin de ne pas la comprimer et d'en mettre un léger excès, qu'il enlève avec la gradine.

Le rachevage comprend en outre les opérations qui consistent à coller entre elles les différentes parties d'une pièce, à placer les anses et autres appendices fabriqués à part, etc. Ce collage s'effectue avec de la barbotine.

Il faut maintenant procéder à la cuisson des pièces, pour leur donner de la dureté et fixer leurs formes. Cette cuisson se fait en deux fois : le premier degré

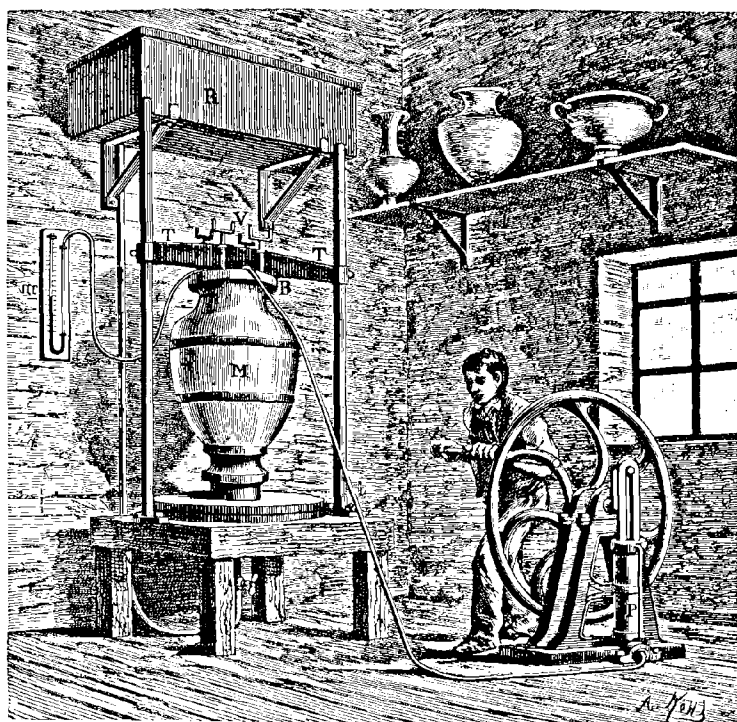


Fig. 502. — Appareil à air comprimé pour le coulage des grandes pièces.

(*dégourdissage*) a pour effet de durcir la pâte et de lui donner une certaine porosité; ce durcissement l'empêchera de se déformer et de se délayer dans le liquide qui va servir à la recouvrir de glaçure. Cette glaçure ou *couverte* a pour but de former à la surface de l'objet une couche brillante, polie et non perméable à l'eau. Il est nécessaire qu'elle ait une certaine affinité pour la pâte céramique, afin de pouvoir s'étendre complètement sur les pièces et ne laisser aucune partie à nu, mais il ne faut pas cependant que cette affinité soit assez forte pour la faire pénétrer dans la pâte. La *couverte* doit être plus fusible que la pâte céramique; mais la différence de fusibilité ne doit pas être trop grande; car si la *couverte* fondait avant que la pâte fût cuite, elle coulerait vers les parties inférieures ou pénétrerait dans le corps de la pièce. Enfin, elle doit présenter la même dilatabilité à la

chaleur que la pâte, sans quoi elle se fendillerait ou se *tressaillerait* en tout sens.

La couverte est ordinairement une bouillie claire formée par un mélange de quartz et de feldspath; l'ouvrier y trempe l'objet à *glacer* (fig. 503), le liquide est rapidement absorbé et laisse à sa surface une couche mince de substance facilement fusible qui, pendant la cuisson, se fondra et formera une espèce de vernis. Après la pose de la couverte, des femmes examinent les pièces et remettent de la glaçure avec un pinceau sur les parties qui n'en ont pas pris, comme celles par lesquelles l'ouvrier tenait la pièce; elles enlèvent aussi la glaçure aux points qui

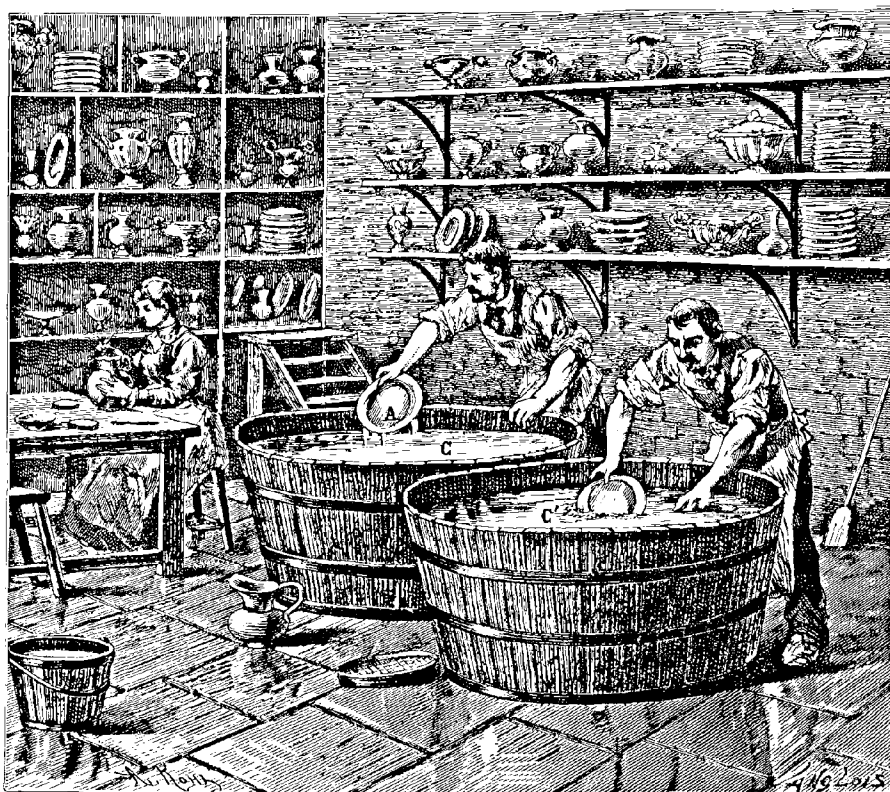


Fig. 503. — Pose de la couverte.

ne doivent pas en être recouverts, tels que le dessous des pièces, les gorges qui reçoivent les couvercles, etc.

Quand la barbotine est séchée à la surface des pièces, on les introduit dans des cylindres de terre réfractaire, ou *cazettes*, où on les soutient, de manière qu'elles ne se touchent pas, à l'aide de supports en porcelaine de formes variées, appelés *pernettes*, *colifichets*, *pattes de coq*, etc. Cette opération, que l'on nomme *encastage*, a pour but de protéger les objets contre la fumée et les cendres et de les empêcher de se souder ensemble. Elle doit être exécutée avec beaucoup de soin; la plus grande attention est apportée à la disposition des pièces, au choix des *cazettes*, à leur nettoyage, etc.

Les figures 304, 305 et 306 représentent les différents systèmes d'encastage. En A (fig. 304) est une cazette à fond plat destinée à recevoir de petites pièces creuses; au-dessous, en B, sont des cazettes à cul-de-lampe : le cul-de-lampe soutient des rondceaux *b' b'* sur lesquels repose la pièce à cuire *d*. Les figures 305 et 306 représentent d'autres modes d'encastage plus employés parce qu'ils prennent moins de place : les pièces à cuire *a, a, a* sont soutenues par des plateaux plats ou courbes.

Après l'encastage vient l'enfournement, qui consiste à disposer les cazettes dans un four (fig. 307) divisé en trois étages par des voûtes percées de trous, que l'on nomme *carneaux*; les deux étages inférieurs sont chauffés par des foyers spéciaux G, appelés *alandiers*. L'étage supérieur est chauffé par la chaleur perdue des deux autres. Il est employé à faire la première cuisson ou le *dégourdi*, avant la pose de la glaçure; les deux autres servent à la cuisson définitive. Les fours se chargent et se déchargent par des portes P qui sont murées pendant la cuisson.

L'enfournement exige encore de très grandes précautions : les piles de cazettes doivent être bien verticales, se soutenir les unes les autres par des *accots*, qui sont des pièces en terre cuite que l'on dispose entre elles.

Le four que nous venons de décrire est souvent remplacé avec avantage par le four à *flamme renversée*, qui permet une répartition plus régulière de la cha-

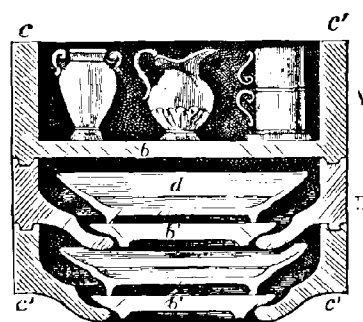


Fig. 304 — Encastage.

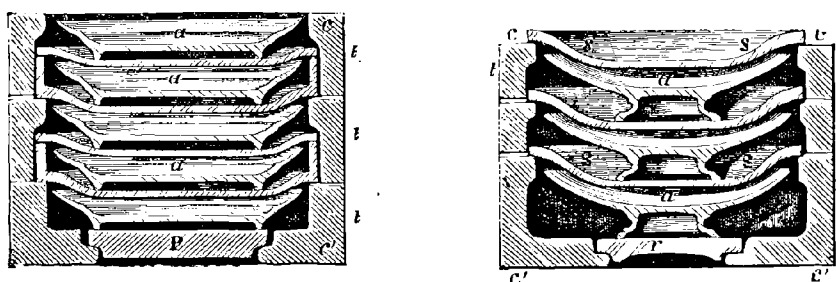


Fig. 305 et 306. — Encastage.

leur. La flamme en sortant des alandiers est forcée de remonter vers la voûte, puis elle descend, pour s'échapper par des trous pratiqués dans la sole du four.

La cuisson de la porcelaine se fait généralement au bois, quelquefois à la houille. On commence par un feu lent, qu'on nomme *petit feu*, et l'on termine par le *grand feu*. Pendant la première période, l'eau qui se trouve encore dans la pâte se dégage lentement et sans déterminer les fêlures qui se produiraient inévitablement à une température plus élevée; le grand feu opère la cuisson proprement dite, la glaçure fond et recouvre la pièce d'un vernis uniforme. Pendant cette fusion, les objets ne se collent pas aux cazettes, parce qu'on a eu la précaution

à enlever la glaçure sur les points par lesquels devait avoir lieu le contact entre la pièce et la cazette. C'est cette partie que l'on voit rugueuse à la face inférieure des assiettes, des tasses, etc.

Après la cuisson, dont le temps varie avec la nature et les dimensions des objets

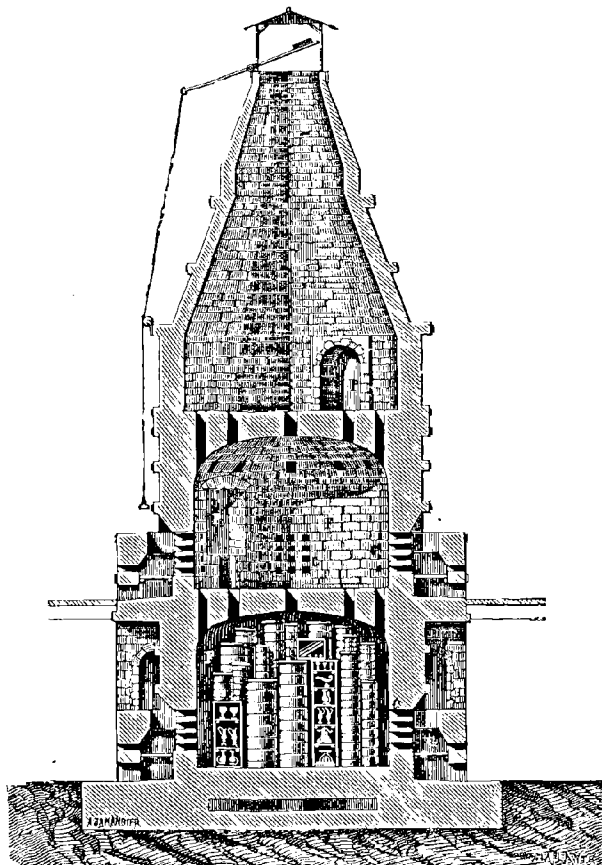


Fig. 307. — Four à porcelaine.

seize à vingt heures pour le petit feu, dix à douze heures pour le grand feu), on défourne avec soin, on vérifie les pièces et on les classe d'après leur perfection et leurs défauts. Quelques-uns de ces défauts sont corrigés par des opérations spéciales.

FAIENCES

Il existe toute une classe de poteries dont la pâte est poreuse après la cuisson : telles sont les *faïences* de diverses qualités, ainsi que les poteries communes employées pour la cuisson des aliments.

La fabrication de la faïence fait aujourd'hui l'objet d'une industrie considérable, dont les centres principaux sont : Gien (Loiret) pour les faïences de luxe; Montereau (Seine-et-Marne), Creil (Oise), Choisy-le-Roi (Seine), Bordeaux pour les faïences de consommation courante; enfin Nevers, Lunéville, Tours, Paris et ses environs pour la faïence commune.

On emploie pour la fabrication des faïences une pâte composée d'argile et de quartz. Quand l'argile contient un peu de chaux, la pâte constitue ce que l'on appelle la *terre de pipe*. Lorsque les argiles ne renferment pas d'oxydes métalliques colorants, tels que les oxydes de fer et de manganèse, la pâte est blanche après la cuisson; alors la couverte qu'elle reçoit est transparente et plombifère. Quand, au contraire, les argiles sont colorées, la couverte est rendue opaque par l'oxyde d'étain.

La pâte de faïence est plus facile à travailler que celle de la porcelaine, elle est plus plastique; le façonnage est, à peu de chose près, le même, mais, à cause des qualités de la pâte, on se sert souvent du tour horizontal. La cuisson a lieu dans des fours à deux étages (fig. 308) : l'encastage est plus simple, parce que, la pâte ne se ramollissant pas, on n'a pas de déformations à craindre. Ainsi, dans le premier feu que l'on donne aux assiettes et qui les laisse poreuses, on peut sans incon-

venient les placer les unes sur les autres et envelopper seulement la pile par des cazettes cylindriques. Il faut plus de précautions pour le second feu, car les pièces pourraient se coller par suite de la fusion de la glaçure. Cette glaçure est,

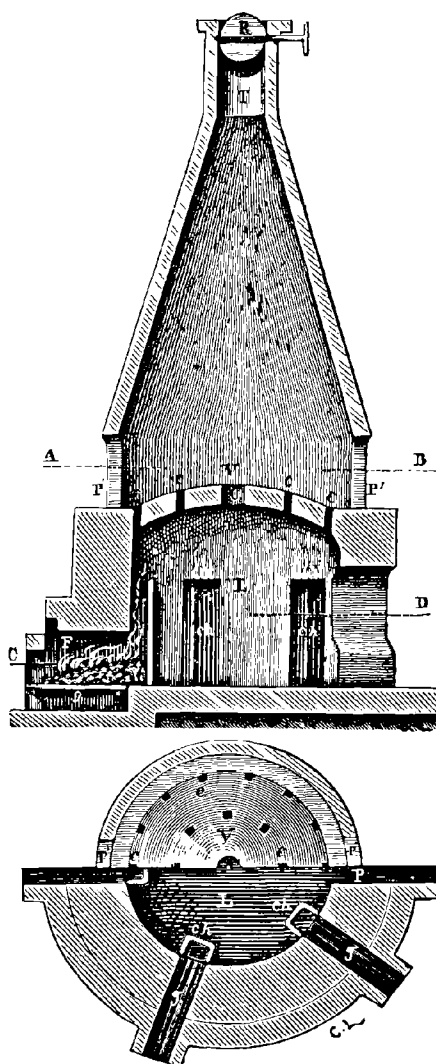


Fig. 308. — Four à faïence et à grès fins.

en général, pour les faïences à pâte incolore, un verre d'oxyde de plomb; quand on veut la rendre facilement fusible, on augmente la proportion d'oxyde de plomb, mais alors elle devient très tendre et se laisse rayer et entamer par le couteau. Les couvertes très plombeuses sont en outre facilement attaquables par les agents chimiques; elles noircissent au contact des substances qui peuvent laisser dégager de l'hydrogène sulfuré, comme les œufs ou le poisson. Aussi, pour les faïences fines diminue-t-on autant que possible la proportion d'oxyde de plomb; mais le prix de revient augmente beaucoup, par suite de la difficulté de fondre la couverte.

La faïence offre moins de résistance à l'usage que la porcelaine; elle va moins bien au feu; la glaçure se fendille facilement au contact de l'eau chaude.

DÉCORATION DE LA PORCELAINES ET DE LA FAÏENCE

La porcelaine et la faïence sont souvent enrichies de couleurs ou de dessins coloriés qui en font quelquefois de véritables objets d'art. Telles sont, par exemple, les porcelaines peintes de la manufacture de Sèvres, dont la réputation est établie dans le monde entier. Les matières colorantes employées sont ordinairement des oxydes métalliques, qui doivent satisfaire à la condition de donner aux pâtes, à la température de leur cuisson, la couleur que l'on veut obtenir. Tantôt elles sont mélangées à la pâte elle-même, tantôt elles sont appliquées sur la pâte, mais sous la glaçure, qui, en fondant, les recouvre et les fixe; dans d'autres cas, elles sont réparties dans la glaçure; enfin, et c'est le cas le plus fréquent, le peintre sur porcelaine applique à la surface de la glaçure des matières colorantes, qu'on peut ranger dans trois classes différentes, les *couleurs*, les *métaux* et les *lustres métalliques*.

Les *couleurs* sont, en général, des oxydes métalliques mêlés à des matières vitreuses et plus ou moins fusibles. Le mélange, après avoir été fondu, est réduit en poudre impalpable, broyé avec des essences de térébenthine ou de lavande, puis appliqué au pinceau par les artistes décorateurs. Quand il s'agit de filets circulaires à faire sur des pièces rondes, assiettes, tasses à café, soucoupes, l'ouvrier place la pièce sur une plate-forme horizontale, mobile autour d'un axe vertical, et, pendant qu'elle tourne entraînée par la plate-forme, il présente le pinceau, à la hauteur voulue, au contact de la porcelaine : le filet circulaire est ainsi exécuté avec autant de rapidité que de précision.

On distingue trois espèces de couleurs vitrifiables, suivant la température à laquelle il convient de les fixer sur les poteries : 1° les *couleurs de grand feu*, qui ne s'altèrent même pas à la température où l'on cuit la porcelaine vernissée; elles sont peu nombreuses : nous citerons le bleu donné par l'oxyde de cobalt, le vert

d'oxyde de chrome, les bruns d'oxydes de fer et de manganèse, les jaunes obtenus par l'oxyde de titane, les noirs d'oxyde d'uranium; 2^o les *couleurs de moufle*, qui sont vitrifiées dans des fourneaux particuliers, appelés *fours à moufles*; 3^o les *couleurs de demi grand feu*, qui cuisent à une très haute température de moufle et sur lesquelles on peut appliquer l'or comme les couleurs de grand feu. Ces couleurs s'obtiennent en mélangeant ou en fondant dans un creuset des oxydes métalliques avec des verres incolores nommés *fondants*. Parmi les couleurs de ces deux dernières classes, nous citerons le bleu (oxyde de cobalt), le vert (oxydes de chrome et de cuivre), le jaune (oxyde d'uranium et oxyde d'antimoine alliés aux oxydes de fer et de zinc), les rouges (sesquioxyde de fer provenant de la calcination de la couperose verte), les violets et roses (pourpre de Cassius qui est une laque d'or et de peroxyde d'étain).

Les *métaux* employés dans la décoration des porcelaines sont ceux qui, à une température élevée, conservent leur éclat au contact de l'air. Ce sont principalement l'or, l'argent et le platine. On les mélange à une petite quantité de fondant qui les fait adhérer à la surface de la poterie et on leur donne ensuite le poli par le brunissage.

Les *lustres métalliques* se composent de métaux très divisés qui sont appliqués sur les poteries en couches excessivement minces; ils n'ont pas besoin de brunissage pour avoir de l'éclat et produisent souvent les plus beaux effets.

Les fours dans lesquels on cuit les couleurs sont appelés *moufles*. Ce sont des espèces de boîtes rectangulaires M ordinairement en terre réfractaire (fig. 309) disposées dans des fours en maçonnerie chauffés par un foyer F. La porte du moufle est placée et lutée après l'emmoufflement des pièces : le mur qui forme la face antérieure est construit après la pose de la porte. Celle-ci porte en son centre un trou qui se continue par un canal V appelé *visière*. Une tubulure C sert à l'évaporation des essences qui ont servi à délayer les couleurs appliquées sur les pièces.

On apprécie la marche du feu par la couleur que prend le moufle, couleur que l'on peut voir par l'ouverture de la visière. On se sert aussi à cet effet de *montres*, c'est-à-dire de petites plaques de porcelaine portées par une tige de fer et sur lesquelles on a déposé au pinceau un peu de carmin et un peu d'or. On les introduit dans le moufle par la visière, et, en les retirant de temps en temps, on juge, par l'aspect qu'elles prennent, de la marche du feu (fig. 310).

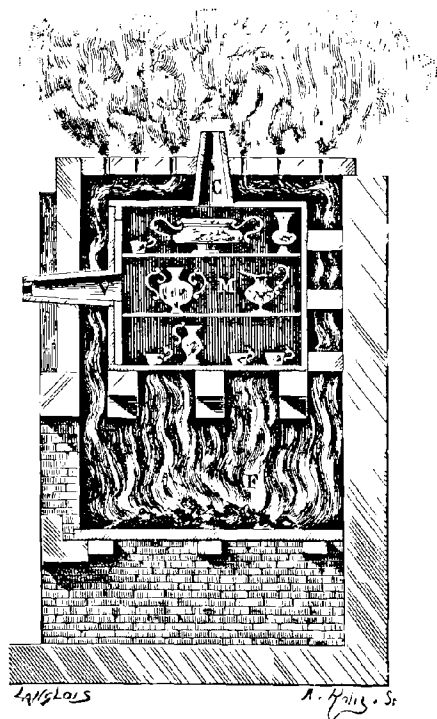


Fig. 309. — Moufle pour la décoration de la porcelaine.

Il est enfin un autre procédé d'application des couleurs, qui s'emploie spécialement sur la faïence : c'est l'*impression*. On grave le dessin à reproduire sur une planche de cuivre, à la surface de laquelle on passe ensuite un rouleau chargé de couleur délayée dans l'huile. En appliquant alors sur le cuivre une feuille de papier, on reproduit sur celle-ci le dessin gravé; on la colle sur l'objet en por-

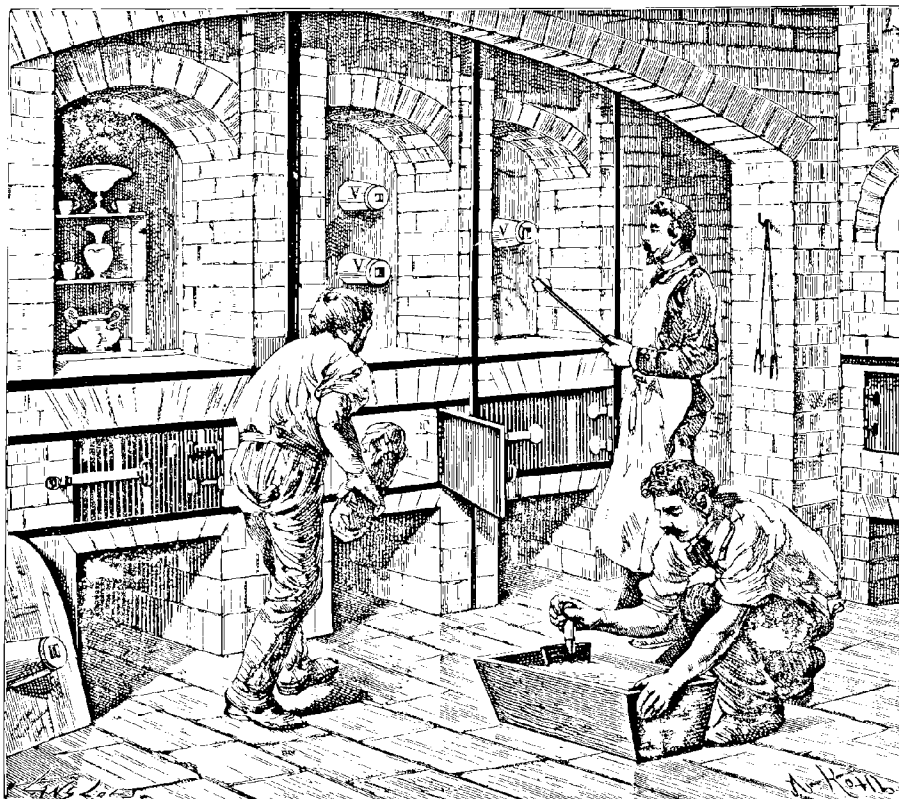


Fig. 310. — Four pour la décoration de la porcelaine.

celaine et on lave à l'eau pour enlever le papier, qui laisse la couleur sur la faïence. Afin de détruire l'huile mélangée à la couleur, on soumet les pièces à un feu *petit rouge*, qui brûle la matière organique et laisse la couleur minérale; on pose ensuite les couvertes : le dessin disparaît sous la couche de couverte, mais redevient visible après la cuisson par la vitrification de la substance employée pour faire cette couverte.

POTERIES COMMUNES ET TERRES CUITES, GRÈS CÉRAMES

Les poteries communes employées à la cuisson des aliments sont faites avec des argiles ferrugineuses auxquelles on ajoute une certaine quantité de chaux à l'état de marne et de sable quartzeux. Elles se façonnent par les procédés ordinaires; leur couverture est formée par un silicate double d'alumine et d'oxyde de plomb. Il faut éviter de laisser séjourner dans les poteries du vinaigre et des corps gras, qui dissoudraient peu à peu le vernis plombifère et produiraient un sel vénéneux. On comprend sous le nom de *terres cuites* les briques, les tuiles, les pots à fleur, etc. Ces objets sont fabriqués avec des argiles dégraissées avec du sable.

Les briques ordinaires sont faites dans des moules, soit à la main, soit mécaniquement. Quand on opère à la main, on se sert de moules en bois, simples ou doubles, quelquefois doublés de métal, dans lesquels le mouleur comprime la pâte, qui a été préalablement *marchée* et *malaxée*; il unit la surface extérieure avec une sorte de racloir appelé *plane*. Pour faciliter le démoulage et empêcher la pâte de coller, l'ouvrier doit sabler le moule, c'est-à-dire y jeter une petite quantité de sable. Quand les briques sont moulées, un apprenti les transporte avec le moule sur une aire bien dressée et bien sèche, et, en retournant le moule, il les fait sortir et les aligne sur le sol, où elles sont abandonnées à la dessiccation.

On a inventé beaucoup de machines pour la fabrication des briques; elles se réduisent toutes à quatre types principaux :

1° *Machines imitant le travail à la main*. — Elles se composent en général d'un cadre en fonte qui sert de moule; il se remplit en passant sous une trémie qui contient la pâte, arrive sous une pièce chargée de comprimer la pâte qu'il a reçue, et enfin vient subir l'action d'un organe refouleur qui démoule la brique.

2° *Machines faisant le moulage par mouvement de rotation continue*. — Elles diffèrent des précédentes en ce qu'au lieu d'un moule elles en ont plusieurs, qui tournent et viennent successivement se remplir et se présenter à l'action du refouleur.

3° *Machines faisant le moulage avec un moule qui découpe*. — Lorsque la terre a été façonnée en croûte d'une épaisseur convenable, le moule tombe sur cette croûte avec une pression suffisante pour agir comme *emporte-pièce*.

4° *Machines faisant le moulage par filière*. — La pâte est enfermée dans une caisse portant sur l'une de ses bases verticales une série de trous rectangulaires : un piston, dont la tige est horizontale, est mû par la vapeur et s'avance dans la caisse. Il force la pâte à sortir par les trous et à s'étaler sur une table située à la suite et couverte de rouleaux garnis de toile grossière. On obtient ainsi des morceaux prismatiques, que l'on découpe à longueur voulue avec des cadres où sont tendus des fils séparés l'un de l'autre par la longueur d'une brique.

Après fabrication les briques sont séchées à l'air, puis soumises à la cuisson. Cette cuisson se fait soit dans des fours cylindriques où on les empile les unes

sur les autres, soit à l'air. Ce dernier mode de cuisson est le plus habituel. Sur une base en briques anciennes on élève une espèce d'édifice avec les briques à cuire. Le foyer est à la partie inférieure : on y brûle de la houille ou de la tourbe, et les produits de la combustion s'élevant à travers la masse de briques les cuit. Il entre en général 400 000 briques dans une fournée, et la cuisson demande 20 à 25 jours.

On fabrique maintenant des carreaux en terre cuite, qui imitent les incrustations en mosaïques et qui servent au carrelage des vestibules, des salles de bain, des cafés, des magasins. Voici le procédé que nous avons vu employer à leur fabrication.

Le carreau est moulé avec de l'argile comme la brique; pendant qu'elle est encore molle et plas-

tique, on imprime en creux dans sa masse les dessins que l'on veut reproduire : on se sert pour cela d'une matrice sur laquelle ils sont en relief. Après dessic-

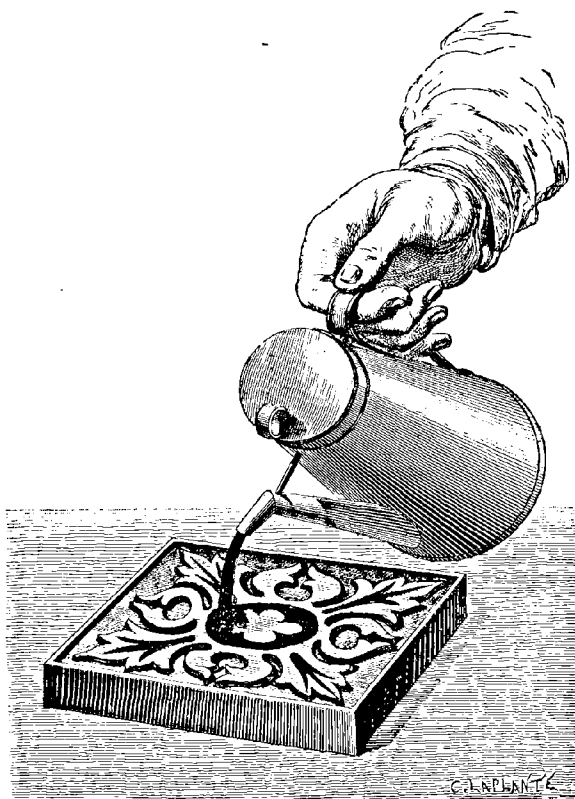


Fig. 311. — Carreaux incrustés.

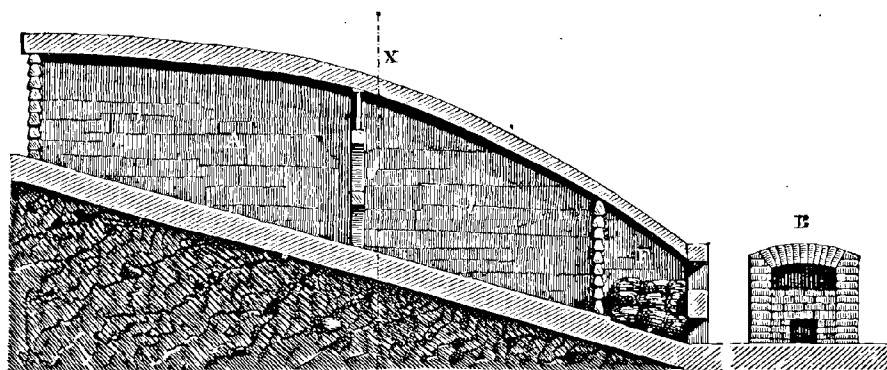


Fig. 312. — Four pour poteries communes.

cation imparfaite, on verse dans les cavités ainsi obtenues une espèce de sirop composé d'eau, d'argile et de la matière qui, après la cuisson, doit être colorée.

Pour les noirs on emploie l'oxyde de manganèse, pour les bleus l'oxyde de cobalt, pour le blanc la craie blanche, pour les rouges des argiles ferrugineuses, etc. Chaque couleur est versée dans la cavité qui doit la recevoir. Puis on racle la surface avec un couteau pour la rendre bien plane, on laisse sécher et l'on porte au four. La cuisson durcit le tout et fait apparaître les différentes colorations du dessin.

Quand il s'agit de pièces un peu grandes, on n'opère point par impression, mais on coule la pâte dans un moule en plâtre présentant en relief les dessins que l'on veut reproduire.

Les poteries de grès, ou *grès cérames*, se fabriquent avec une pâte qui ne diffère de celle de la porcelaine qu'en ce qu'elle est colorée par du fer; le travail est fait avec moins de soin et la cuisson s'exécute dans un four de forme particulière (fig. 312). On les vernit en projetant dans le four une certaine quantité de sel marin humide : celui-ci se volatilise, se combine avec l'argile et produit avec elle un silicate fusible, qui se fond à la surface de la poterie et la vernit.

CHAPITRE XX

VERRERIE ET CRISTALLERIE

On donne le nom de *verres* à des corps transparents doués d'un éclat caractéristique appelé *éclat vitreux*, qui sont durs et cassants, se ramollissent sous l'action de la chaleur et passent par tous les degrés de viscosité. Cette pro-

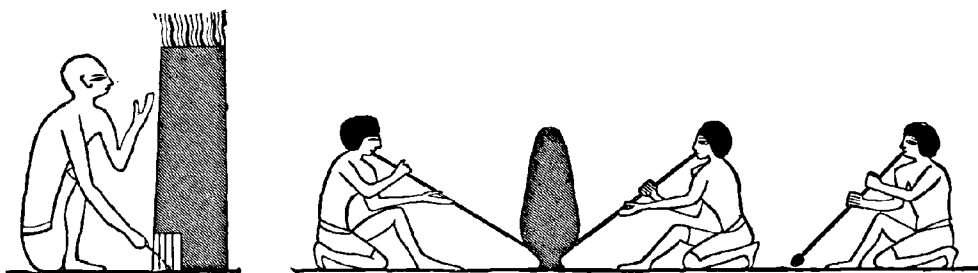


Fig. 313 et 314. — Verriers thébains.

priété permet de les étirer en fils et de les travailler comme la cire ou l'argile.

Il est presque impossible de fixer l'origine du verre : certains auteurs la font remonter aux temps préhistoriques, puisqu'on a trouvé des grains de verre, des espèces de perles grossières d'un verre bleu ou noirâtre dans les *tumuli* et dans

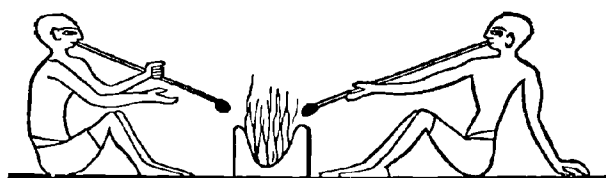


Fig. 315. — Verriers thébains.



Fig. 316. — Grain d'un collier royal.

les habitations lacustres. Sans nous arrêter à cette question d'érudition archéologique, nous ne commencerons l'étude de l'histoire du verre qu'à l'époque où sa fabrication devient l'objet d'une industrie véritable.

En première ligne nous citerons les verriers thébains. On trouve dans les peintures des tombes de Beni-Hassan, qu'on pense être de deux mille ans antérieures

à l'ère chrétienne, la preuve de l'existence bien ancienne de l'industrie du verre. On y remarque un verrier thébain (fig. 313) accroupi au pied d'un four où il paraît puiser le verre fondu; ailleurs ce sont (fig. 314 et 315) des verriers se livrant au soufflage du verre. En supposant que ces peintures aient été exécutées postérieurement à l'époque d'où datent les tombes, un grain de collier, trouvé à Thèbes par le capitaine Hervey de la marine anglaise, nous renseigne sur l'antiquité de l'industrie du verre. Ce grain moulé, dont parle M. Sauzay dans son livre *la Verrerie*, porte en creux la légende hiéroglyphique de la reine Râmâ-Kâ, qui vivait quinze siècles avant l'ère chrétienne (fig. 317).



Fig. 317. — Légende hiéroglyphique.

Thèbes n'était pas la seule ville d'Égypte qui se livrât à la fabrication du verre : les verreries de Sidon sont citées par Pline, celles de Tyr par Hérodote et Théophraste. Après la conquête de l'Égypte par les Romains (26 ans avant Jésus-Christ), l'industrie du verre fut importée chez les Romains, qui firent des progrès rapides dans cette fabrication et purent rivaliser avec les Égyptiens. Les Romains transportèrent l'industrie du verre dans les Gaules, et la figure 318 représente un vase qui, d'après l'inscription qu'il porte, a dû être donné à l'empereur Maximilien-Auguste, mort en l'an 310. Ce vase est d'un travail qui indique un art déjà très avancé. Il est entouré d'un réseau en verre rouge. Ce vase, qu'on appelle *vase de Strasbourg*, a été trouvé en 1825 dans un cercueil près des glacis des fortifications et déposé dans la bibliothèque de cette ville.

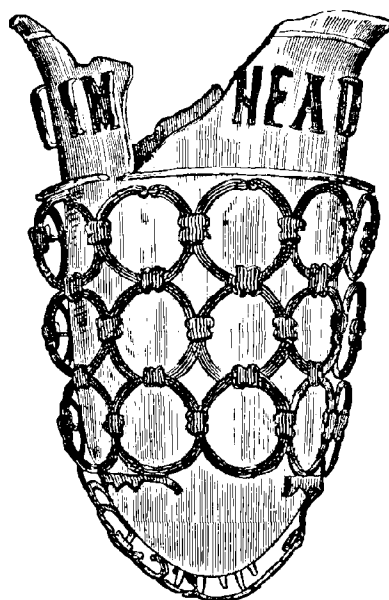


Fig. 318. — Vase de Strasbourg.

Au iv^e siècle, après le démembrement de l'empire romain, la verrerie tomba en décadence dans les Gaules : Constantin I^{er} attira à Byzance, siège du nouvel empire, les artistes et les verriers de Rome et de la Gaule. Les empereurs du Bas-Empire protégèrent cette industrie, qui se perfectionna rapidement et acquit une grande réputation. Pendant le moyen âge, la verrerie fut surtout exploitée par les peuples de l'Orient, qui fabriquaient des vases de verre colorés, que l'imagination des artistes enrichissaient d'ornements de nature diverse par des applications d'or et par des peintures en émaux de couleur. Parmi les produits de l'art byzantin figurent les vitres ou plutôt les vitraux, dont les Romains avaient inauguré la fabrication et l'usage. Jusqu'au vii^e siècle on n'employa le verre pour les vitres que sous la forme de petites pièces soudées appelées *cives*. Quoiqu'il soit assez difficile de fixer l'époque exacte de l'invention du verre à vitres blanc employé pour

garnir les fenêtres, on peut dire qu'elle remonte au ^{xiii}e siècle; qu'elle est due à la France, d'où elle se répandit en Angleterre. Mais cette fabrication ne devint une véritable industrie qu'à partir du ^{xiv}e siècle, sous Philippe VI et le roi Jean. Au ^{xvi}e siècle les fenêtres des bâtiments, jusqu'alors fort étroites, devinrent plus grandes, et François I^{er} donna l'exemple de cette innovation en faisant agrandir

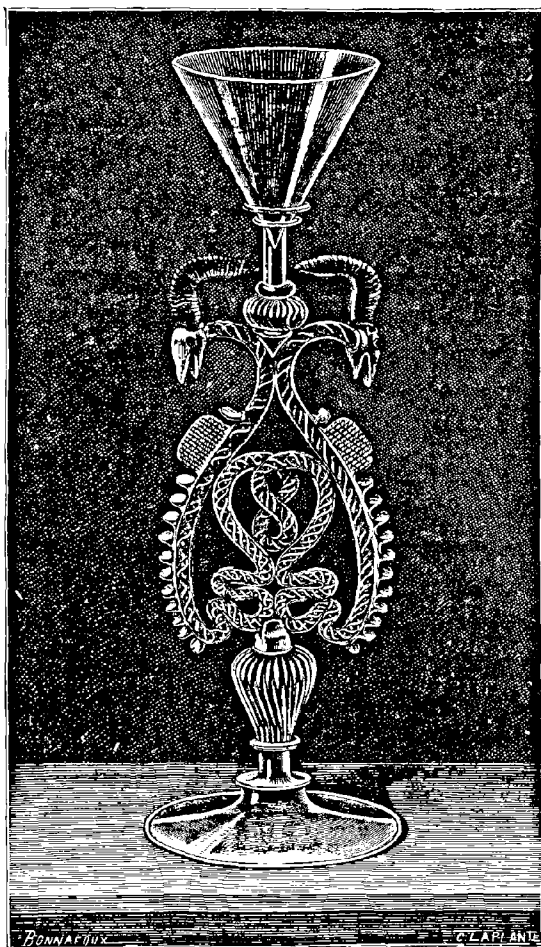


Fig. 319. — Verre vénitien.

les fenêtres du Louvre pour la réception de l'empereur Charles-Quint. Mais le verre à vitres blanc était un objet de luxe : à la fin du ^{xviii}e siècle on se servait encore beaucoup de papier huilé pour garnir les fenêtres. L'usage des vitres blanches d'un seul morceau ne prévalut que sous Louis XIV, dont le ministre Colbert avait fait venir en France des ouvriers verriers de Venise. Cette vigne avait en effet hérité de la réputation de l'industrie byzantine et avait pendant tout le moyen âge fabriqué des produits d'une grande valeur artistique (fig. 319). Le Conseil des doges, par des édits très sévères, avait maintenu secrets pendant longtemps les procédés des verriers vénitiens. Ils pénétrèrent cependant en Allemagne vers le ^{xvi}e siècle.

Les vases que produisit l'industrie allemande sont connus sous le nom de *vidercomes* et ont presque tous la forme cylindrique. Ils portent en général des ornements en peinture émaillée. Ces vases, d'assez grandes dimensions, servaient de verres à boire, et leur nom de *vider-*

come, qui signifie « faire retour », leur vient de la coutume suivante qui fut longtemps pratiquée en Allemagne. A la fin d'un repas, on présentait à l'amphitryon un *vidercome* plein de vin, il y trempait les lèvres, le passait à son voisin de droite, qui en faisait autant, et le *vidercome*, après avoir fait le tour de la table, *revenait* à l'amphitryon.

Vers le ^{xvii}e siècle les fabriques de Bohême acquéraient dans la fabrication des verres taillés une réputation qu'elles ont encore aujourd'hui. A la fin du ^{xviii}e siècle l'Angleterre inventait le *crystal*, verre d'une espèce particulière, qui est plus lourd, plus brillant et plus sonore que le verre ordinaire.

Dans notre siècle l'industrie du verre et du cristal a fait des progrès considérables et nous fournit une infinité d'objets employés par l'économie domestique ou servant à orner nos habitations. La verrerie s'exerce sur un grand nombre de points. Les verreries de Rive-de-Gier et de Saint-Étienne (Loire) sont les plus importantes; nous citerons aussi les usines de Lyon, Givors (Rhône), Fresnes, Anzin, Aniche (Nord), Vierzon (Cher), Chagny, Blanzay, Épinac (Saône-et-Loire), Alais (Gard), Quiquengrogne, Folembray et Prémontré (Aisne). La Seine-Inférieure et l'Orne possèdent aussi des verreries assez considérables.

La cristallerie, qui donne naissance à des objets si délicats et si élégants, est concentrée dans un petit nombre d'établissements : quelques-uns ont acquis une renommée universelle par les qualités de leurs produits. En première ligne figurent les usines de Baccarat (Meurthe), Saint-Louis (Moselle), du Bas-Meudon, de Levallois-Perret et de Pantin, dans la Seine, de Fourmies (Nord).

Nous distinguerons trois espèces principales de verres, au point de vue de leur composition :

1° Les verres incolores ordinaires, qui sont des silicates doubles de chaux et de potasse ou de soude (verres à vitres, verres pour glaces, verres de Bohême, verres à gobeletterie);

2° Les verres colorés communs, ou verres à bouteilles : ce sont des silicates multiples de chaux, d'oxyde de fer, d'alumine, de potasse ou de soude;

3° Le cristal, qui est un silicate double de potasse et d'oxyde de plomb.

FABRICATION DU VERRE

Les verres incolores ordinaires servant pour les vitres, les glaces coulées, la gobeletterie, sont des silicates doubles de chaux et de potasse ou de soude. Aussi les matières premières employées pour leur fabrication sont-elles la silice, qui doit être aussi incolore que possible, la potasse ou la soude et la chaux.

La potasse est maintenant beaucoup moins employée que la soude : elle est prise à l'état de *potasse perlasse* ; pour le verre de Bohême

on se sert de la potasse provenant de la cendre des bois de pays ou de la Hongrie, La soude est employée soit à l'état de carbonate de soude, soit à l'état de sulfate de soude; la chaux l'est à l'état de chaux éteinte ou de carbonate calcaire.

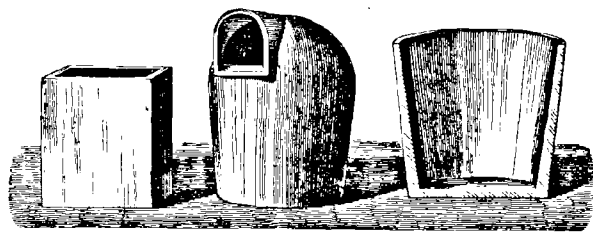


Fig. 320. — Creusets.

Les matières premières (sable, carbonates de potasse ou de soude, ou sulfate de soude, chaux ou carbonate calcaire) sont mélangées et fondues dans de grands creusets en argile réfractaire, dont la forme et les dimensions sont variables (fig. 320). Quand les fours sont chauffés à la houille, au lieu de l'être par le bois, les creusets sont couverts et présentent



Fig. 321. — Four de verrerie.

la forme d'une cornue à col très court; leur hauteur varie entre 0 m. 50 et 1 mètre. La confection de ces creusets est très minutieuse : elle s'exécute à la main avec ou sans moule extérieur, par la superposition de petits cylindres de pâte argileuse qu'on appelle *colombins*. Après fabrication, on abandonne les creusets pendant

longtemps à la dessiccation spontanée, dans un endroit éloigné de toute cause d'agitation; on évite ainsi les fendillements qui pourraient amener dans le four la rupture du creuset.

Les fours de fusion sont construits avec des briques réfractaires faites avec la même terre que les creusets. Ils sont chauffés au bois ou à la houille; la température doit y être très élevée, constante et facile à régler. La flamme circule (fig. 321) entre les creusets, qui sont chacun en communication avec une ouverture ménagée dans la paroi du four et qu'on nomme *ouvreau*. C'est par cette ouverture qu'on introduit les matières premières et qu'on *cueille* le verre pour le façonner lorsqu'il est fondu.

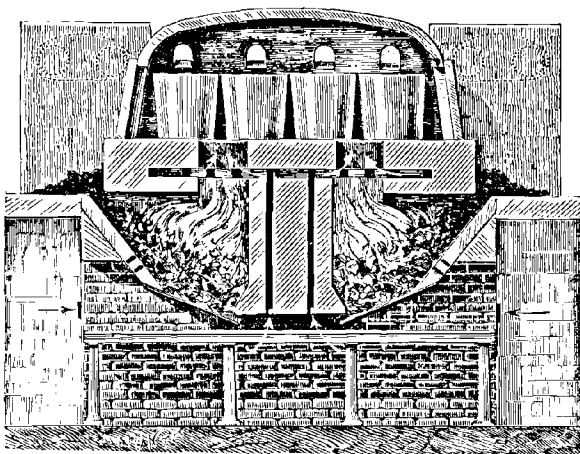


Fig. 322. — Four Boétius.

Un grand nombre de verreries ont adopté le four Siemens, qui a été depuis employé en métallurgie et que nous avons décrit à propos de l'acier. Le four Siemens est chauffé à l'aide de gaz produits dans des gazogènes; ces gaz sont

échauffés dans des espèces de récupérateurs situés au-dessous des fours et mélangés à l'air chauffé aussi dans les récupérateurs. Un autre système que le précédent est aussi employé dans les verreries : c'est le four Boétius. Les gaz sont également produits par un fort amas de combustible, qui s'éboule peu à peu sur une grille inclinée (fig. 322). L'oxyde de carbone provenant de la combustion est dirigé dans le four; mais, avant d'y arriver, il est mélangé à l'air atmosphérique surchauffé par son passage à travers

la maçonnerie chaude du four. L'entrée de l'air est réglée par des registres.

Quel que soit le système de four, la fusion des matières a lieu; la silice du sable décompose les carbonates de potasse ou de soude et produit des silicates de potasse ou de soude, qui s'unissent au silicate de chaux formé par l'action de la silice sur la chaux ou sur le carbonate calcaire. L'acide carbonique, qui se dégage du carbonate, sert à brasser la matière et à la rendre plus homogène. Quand on s'est servi de sulfate de soude, il se dégage de l'acide sulfureux qui produit le même effet. A mesure que l'action de la chaleur se prolonge, la matière devient moins bulbeuse, s'éclaircit, s'affine et prend une grande fluidité. Le *fiel de verre*, qui est un mélange de sulfates et de chlorures alcalins contenus dans les produits employés, monte à la surface de la masse fondue : on l'enlève avec des outils en fer. Quand l'affinage est suffisant, ce qui a lieu au bout d'un temps variant entre douze et vingt-quatre heures, on laisse la température s'abaisser de manière à donner au verre la consistance pâteuse qui permet de le travailler; puis on commence le travail que nous allons décrire pour les principales espèces de verre.

FABRICATION DES VERRES A VITRES

Les matières premières employées pour le verre à vitres sont ordinairement :

Sable	100 parties
Sulfate de soude.	30 —
Carbonate de chaux.	30 —
Coke destiné à aider la réduction du sulfate de soude.	5 —
Bioxyde de manganèse destiné à corriger la teinte verdâtre des verres à base de soude.	5 —

Lorsque le verre provenant de la fusion de ces matières est fondu et affiné, le travail commence. Devant chaque creuset se trouve un plancher en fonte ou en pierre situé à 2 m. 50 du sol : chaque creuset est desservi par un souffleur et par un aide, appelé *gamin*.

Le gamin retire une certaine quantité de verre du creuset en y plongeant un tube creux en fer nommé *canne* et terminé par une partie renflée, appelée le *nez*. Ce tube est entouré à sa partie supérieure d'un manchon en bois qui permet à l'ouvrier de le manier sans se brûler. Le gamin, après avoir arrondi la masse vitreuse suspendue à la canne, en la faisant tourner dans un bloc creux en bois mouillé, et l'avoir réchauffée à l'ouvreau, la passe au souffleur. Celui-ci, en soufflant dans la canne, gonfle la masse vitreuse qui est suspendue à son extrémité, et en forme une poire. Il relève ensuite rapidement la canne en l'air et souffle une boule qui s'affaisse par le poids du verre et ne s'étend que dans le sens hori-

zontal. Puis, abaissant la canne en la balançant comme un battant de cloche, la relevant (fig. 323) et soufflant dedans, il donne successivement à la masse

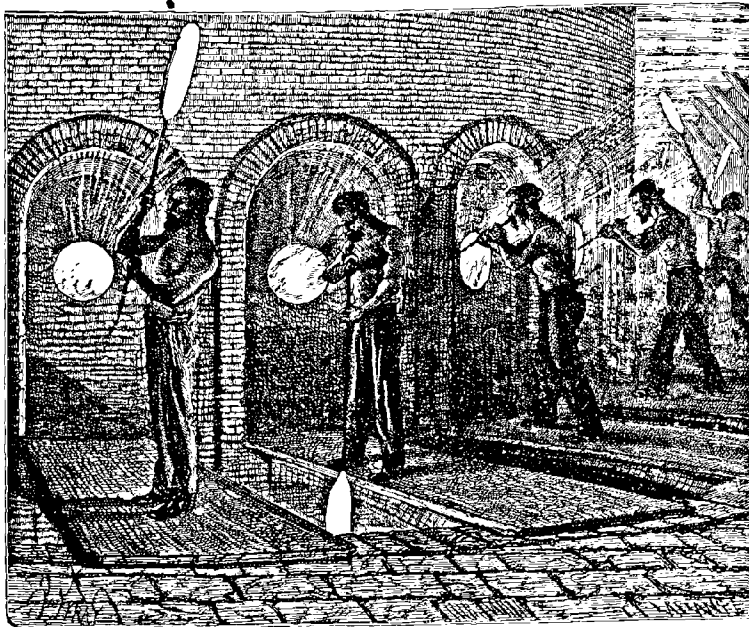


Fig. 323. — Four de verrerie pour les verres à vitres.

vitreuse les formes que représente la figure 324, et arrive à en faire un cylindre terminé par deux parties arrondies.

Pour percer ce cylindre, l'ouvrier en place l'extrémité opposée à la canne

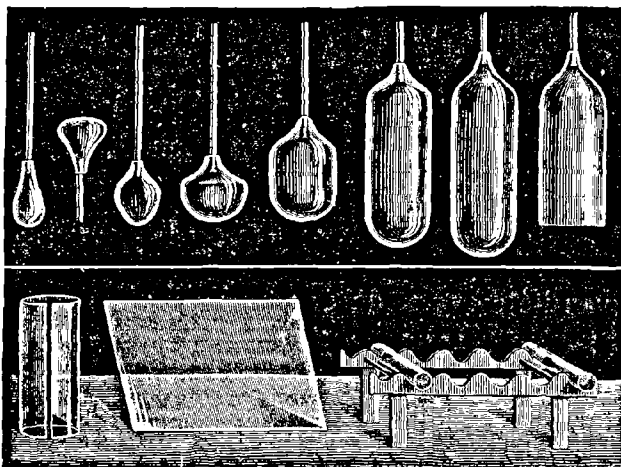


Fig. 324. — Formes successives de verres à vitres.

dans l'ouvreau, afin de ramollir par la chaleur la partie arrondie; en soufflant ensuite dans la canne, il produit une ouverture que l'on régularise avec des ciseaux. Après refroidissement, on pose le cylindre sur un chevalet en bois et l'on étache la seconde partie arrondie en enroulant, suivant la circonférence, un fil de verre chaud qui détermine une rupture nette. On le fend ensuite dans sa longueur

en promenant, le long d'une même arête, une tige de fer rougie au feu; un des points chauffés étant mouillé avec le doigt, le verre éclate suivant la

ligne parcourue par le fer chaud. Souvent aussi on fait ce trait au diamant.

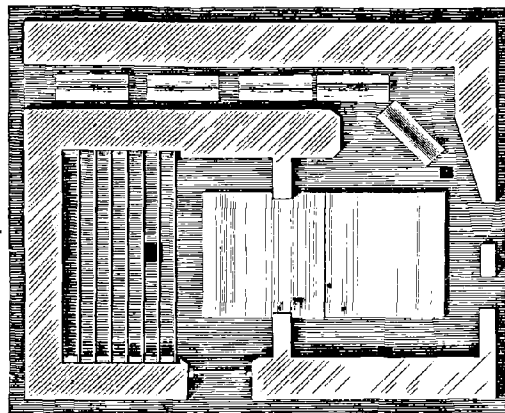
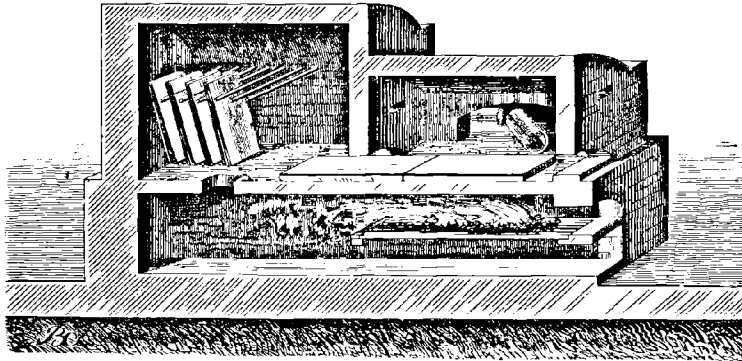


Fig. 325. — Four d'étendage pour les vitres.

Il s'agit maintenant de transformer ces manchons fendus en une feuille plane de verre à vitres.

A cet effet, on les porte au four d'étendage (fig. 325), où ils subissent une température assez élevée pour les ramollir; pendant le ramollissement, l'ouvrier les amène l'un après l'autre sur une plaque plane qui est située au milieu du four; puis, avec une règle en bois (fig. 326), il affaisse les deux côtés, qui cèdent au poids de la règle. Il prend alors une barre de fer terminée par une masse du même métal, dont l'un des côtés est très poli; il appuie ce côté sur le verre et le passe rapidement sur toute sa surface de manière à la rendre parfaitement plane. On pousse ensuite la feuille dans un second compartiment du four, où la température est

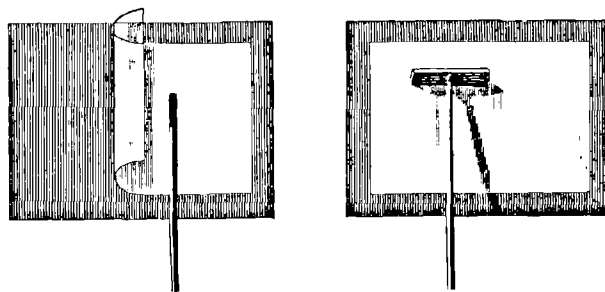


Fig. 326. — Étendage à la règle.

moins élevé, où elle se refroidit lentement et prend une structure moléculaire qui assure sa solidité. C'est ce qu'on appelle le *recuit*. Si le refroidissement avait lieu brusquement, le verre se tremperait et se briserait au moindre choc.

Ce système a été perfectionné de différentes manières. Parmi les dispositions employées, nous citerons le four d'étendage à pierre roulante, que représente en plan la figure 527. Les manchons sont introduits en *a* sur la pierre roulante C, l'ouvrier procède à l'étendage, puis fait rouler la pierre jusqu'en *c*, par la porte *b* fait passer les vitres sur la pierre située dans un compartiment moins chaud où

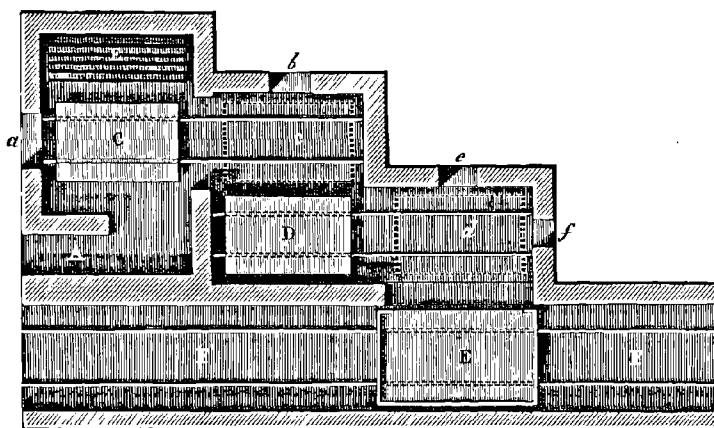


Fig. 527. — Four d'étendage pour les vitres.

ils se refroidissent. D est amené en *d* et les vitres passent ensuite sur E qui les porte au dehors.

Les verres cannelés se font de la même manière, avec cette différence qu'au commencement du travail, quand la masse vitreuse a la forme d'une poire, on la souffle dans un moule en fonte ou en bois qui imprime les cannelures : celles-ci se conservent pendant la suite des opérations.

Les verres à vitres de couleur sont colorés par des oxydes métalliques. Ils sont de diverses sortes : les uns présentent une coloration dans toutes leurs parties, ce sont les verres *colorés dans la masse*; les autres sont formés d'une couche de verre coloré appliquée sur le verre incolore : on les désigne sous le nom de verres *plaqués, doublés* ou à *deux couches*.

Le soufflage des manchons destinés à la fabrication des vitres peut se faire à l'aide de l'air comprimé, procédé nouveau sur lequel nous reviendrons bientôt.

FABRICATION DES GLACES

Les premiers miroirs dont l'homme se servit furent en métal poli, le plus souvent en airain. Cicéron en attribue l'invention à Esculape. Praxitèle, contemporain de Pompée, remplaça par l'argent la composition métallique qui était en usage jusqu'à lui et dans laquelle entraient l'étain. Plus tard on employa à cette fabrication le verre à vitres étamé sur l'une de ses faces : cette industrie fut pendant longtemps le monopole des Vénitiens, qui opéraient par un procédé de soufflage analogue à celui que nous venons de décrire pour la fabrication du verre à vitres. Ce procédé fut importé en France en 1665, et l'on créa à Tour-la-Ville, près de Cherbourg, une manufacture de glaces qui n'a disparu qu'en 1808. En 1688, Abraham Thevart imagina de couler les glaces : son établissement, construit d'abord à Paris, rue de Reuilly, fut transporté peu de temps après à Saint-Gobain, près de la Fère, où il existe encore. Aujourd'hui, cette industrie a pris en France un grand développement : elle est concentrée dans un petit nombre d'usines. Saint-Gobain (Aisne), Cirey et Saint-Quirin (Meurthe), Monthermé (Ardennes), Jeumont et Aniche (Nord), Montluçon (Allier) sont nos seules manufactures de glaces.

Le verre employé à cette fabrication est, en général, un silicate double de soude et de chaux, formé par la fusion de 73 parties de silice, 15,5 de chaux et 11,5 de soude. La chaux y est introduite à l'état de calcaire exempt d'oxyde de fer, la soude à l'état de sulfate de soude raffiné; le sable qui fournit la silice doit être blanc. Le plus grand soin doit être apporté dans la préparation de ces produits, qui sont fondus dans des creusets disposés dans des fours de verrier : le four Siemens est adopté aujourd'hui dans plusieurs fabriques.

La composition, introduite dans un grand creuset (fig. 328) portant au milieu de sa hauteur une rainure appelée *ceinture*, doit suffire à la coulée d'une glace. Lorsque le verre est fondu et affiné, on laisse tomber le feu pour qu'il prenne l'état pâteux, puis on saisit par la ceinture le creuset, qui peut contenir jusqu'à 800 kilogrammes de verre. Cela se fait à l'aide d'une pince portée par une grue mobile : le creuset est placé sur un chariot en fer que l'on traîne au pied d'une grue E (fig. 329). Cette grue soulève le creuset au-dessus de la table de coulée T. Cette table est en fonte et parfaitement polie : sur les côtés on a disposé des règles de fer, dont la hauteur limitera l'épaisseur de la glace. A un signal donné, le



Fig. 328. — Coulée des glaces.
(Creuset et pince.)

creuset bascule et verse le verre fondu, qui coule à la surface de la table. Un rouleau R en fonte pesant 400 kilogrammes environ, et porté par un chariot, a été amené à l'extrémité de la table : à l'aide d'un treuil on le fait glisser sur les règles de fer : il appuie sur la masse de verre pâteuse, la lamine et la met à l'épaisseur voulue. Il est ensuite enlevé et remplacé derrière la table par une surface plane, qui est aussi portée par un chariot et forme pont entre la table et le four de recuit B appelé *carcasse*, devant lequel se trouve la table de coulée. A l'aide de larges pelles d'enfournement, on pousse la glace encore chaude dans la carcasse : elle y reste plusieurs jours pendant lesquels elle se recuit.

Après le recuit on ouvre les carcasses et on en retire les glaces, que l'on équarrit avec un diamant, en tenant compte des défauts que l'on a soin d'éviter dans le découpage. Puis on procède au polissage, qui comprend des opérations distinctes : le *dégrossissage*, le *doucissage*, le *savonnage* et le *polissage proprement dit*.

Le *dégrossissage* a pour but de rendre les deux faces de la glace parallèles et bien planes. On la scelle d'abord avec du plâtre sur une grande pierre bien horizontale, puis on frotte sa surface avec un grand plateau mù mécaniquement et garni sur sa surface inférieure de plaques de fonte. Ce plateau, appelé *férasse*, reçoit un double mouvement de va-et-vient et de rotation; un filet d'eau est lancé sur la glace pendant qu'un ouvrier jette constamment, entre elle et le plateau, du grès qui fait disparaître les aspérités. Quand on a terminé une face, on retourne la glace et on la scelle sur la face dégrossie, puis on use la deuxième face. Après le dégrossissage vient le doucissage, opération par laquelle on frotte mécaniquement deux glaces l'une contre l'autre, en interposant du grès fin, puis de l'émeri. La glace supérieure seule est animée d'un mouvement de va-et-vient. Après le doucissage, on fait un choix dans les glaces et les parties bonnes passent au *savonnage*, qui a pour but de faire disparaître, au moyen d'émeri de numéros différents, les points que le sable laisse sur le verre, et de rendre les surfaces parfaitement lisses. On exécute cette opération en faisant glisser sur une glace fixe une autre glace, dont le centre doit décrire un 8 allongé.

Il faut maintenant procéder au *polissage proprement dit* pour donner aux glaces l'éclat et la transparence qu'elles doivent avoir; car, après les opérations précédentes, elles sont mates, blanches et présentent l'aspect du verre *dépoli*. On les monte, à cet effet, sur une pierre horizontale qui peut être animée d'un léger mouvement de déplacement, pendant que des frottoirs en bois garnis d'un feutre épais imbibé d'oxyde rouge de fer, ou colcotar se meuvent à leur surface et opèrent le polissage. On met également sur la glace, avec un pinceau, du colcotar délayé dans l'eau. Enfin, lorsque ces glaces sortent de la machine, elles présentent quelquefois des défauts, que l'on fait disparaître par un polissage à la main.

Une grande partie des glaces fabriquées est employée à l'état transparent pour faire des devantures de magasins, de vitrines, etc.; les autres sont étamées pour servir de miroirs.

L'étamage des glaces est une opération assez simple, quoique demandant beaucoup

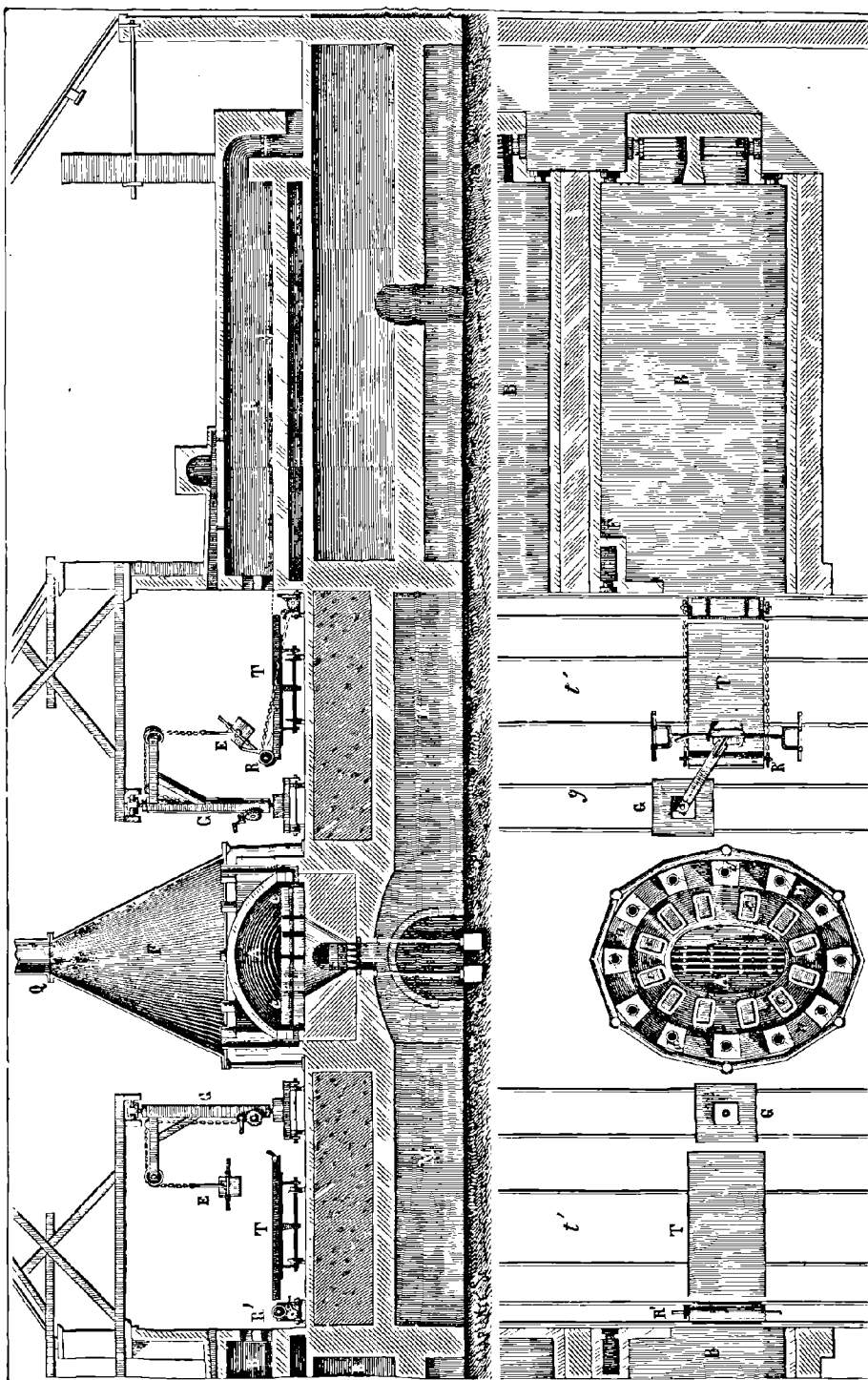


Fig. 329. — Atelier de coulée de glaces. (Plan et élévation.)

d'habileté. On pose sur une grande table en pierre et à bascule une feuille d'étain qu'on unit bien avec une planchette garnie de cuir; on verse à sa surface une petite quantité de mercure pour aviver l'étain; on l'entoure ensuite avec des baguettes de glace de manière à constituer une espèce de cuvette dont la feuille d'étain forme le fond; on y verse une couche de mercure, puis, après avoir parfaitement nettoyé la glace avec de la cendre et à sec, on la glisse à la surface du mercure et on la charge avec des blocs de pierre qui, par leur pression, chassent l'excès de métal liquide et déterminent l'adhérence de la feuille d'étain allée au

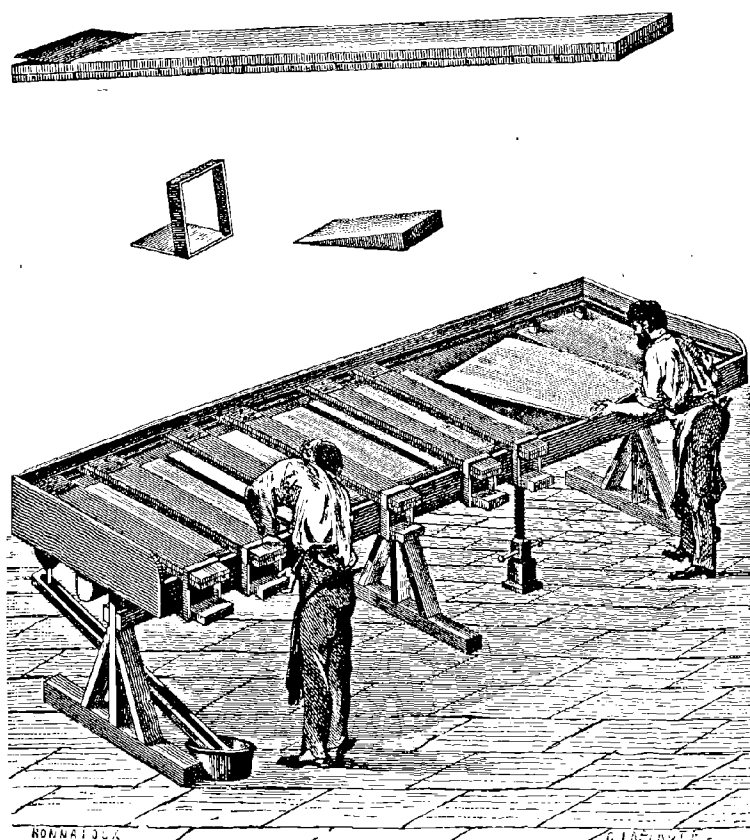


Fig. 330. — Étamage des glaces : charge Rabache.

mercure. Ce procédé présentait d'assez graves inconvénients : la manœuvre des pierres était pénible et amenait souvent la rupture des glaces; M. Rabache, miroirier à Amiens, a inventé un appareil nommé *charge* (fig. 330), où la pression des blocs de pierre est remplacée par celle de barres garnies de feutre, qui sont serrées à l'aide d'étriers.

Argenture des glaces. — L'étamage des glaces au moyen de l'amalgame d'étain est aujourd'hui presque exclusivement remplacé par l'argenture, procédé plus économique, plus rapide et qui a l'avantage de ne pas présenter pour la santé des ouvriers les dangers qu'offre pour eux la pratique de l'étamage.

Le procédé actuellement suivi est dû à M. Petitjean. Après avoir bien nettoyé la glace avec de la potée d'étain blanche, que l'on délaye dans l'eau et que l'on étend à la surface avec un tampon en peau de chamois, on laisse sécher : on enlève la couche de potée d'étain avec une peau de chamois bien sèche. Puis on place la glace sur un râtelier à claire-voie, et avec un rouleau en caoutchouc, *baigné dans l'eau distillée*, on enlève les dernières poussières qui pourraient rester à la surface du verre.

Cela fait, on dispose la glace horizontalement sur une toile métallique, chauffée à 40 ou 50 degrés centigrades, et l'on verse à sa surface une couche de liqueur argentique. Cette liqueur a été préparée en traitant 500 grammes de nitrate d'argent par 62 grammes d'ammoniaque liquide et 500 grammes d'eau distillée. On filtre et, après avoir étendu la liqueur de 16 fois son volume d'eau distillée, on y ajoute, goutte à goutte et en agitant fortement, 7 gr. 5 d'acide tartrique dissous dans 30 grammes d'eau distillée.

Cette liqueur versée sur la glace donne, au bout de 10 à 15 minutes, un dépôt d'argent adhérent au verre. On lave de nouveau à l'eau tiède, en inclinant la glace, pour enlever la poudre métallique qui n'adhérerait pas. Puis on met la glace dans la position horizontale, et l'on verse dessus une liqueur faite comme la première, mais contenant deux fois plus d'acide tartrique. Au bout de 15 minutes le dépôt est complet : on lave de nouveau, on fait sécher et l'on étend à la surface de l'argent une couche de peinture composée de minium, d'huile siccativ et d'essence. Quatre à cinq heures après, la peinture est sèche et la glace peut être livrée au commerce.

Les glaces ainsi préparées ont l'inconvénient de présenter une teinte un peu jaunâtre; l'adhérence de l'argent n'est pas suffisante pour résister à l'action de la chaleur, lorsque le soleil donne directement sur la glace. Pour éviter ce double inconvénient, M. Lenoir verse sur l'argent, avant peinture, une dissolution étendue de cyanure de mercure dans le cyanure de potassium. Une portion du mercure se précipite et amalgame l'argent. On recouvre ensuite le tout d'une couche de vernis.

C'est par un procédé analogue que l'on argente actuellement la surface des miroirs destinés à la construction des microscopes. Autrefois ces miroirs étaient en bronze, et c'est à Foucault que l'on doit de les avoir remplacés par une surface de verre, que l'on travaille plus facilement que le bronze et que l'on recouvre, après lui avoir donné la courbure voulue, d'une mince couche d'argent que l'on applique sur la surface même qui doit recevoir la lumière. La couche d'argent est très mince, a une épaisseur uniforme et conserve exactement la forme que le travail mécanique a donnée à la surface du verre lui-même. Enfin, si l'argent a l'inconvénient de s'altérer plus rapidement que le bronze, cet inconvénient est bien minime, car, lorsque la surface du miroir est ternie par l'action des gaz sulfurés qui se trouvent dans l'atmosphère, on dissout à l'acide nitrique la couche métallique et l'on réargente le miroir.

FABRICATION DES BOUTEILLES

Les matières premières employées à la fabrication du verre à bouteilles sont de natures diverses suivant les localités. On se sert des sables du pays, en donnant la préférence à ceux qui, étant calcaires, argileux et ferrugineux, fournissent un verre facilement fusible et, par suite, de production économique.

Le verre des bouteilles est un mélange de silicates de chaux, de soude, d'alumine et de fer. Au lieu de potasse et de soude ordinaires, on emploie souvent des cendres lessivées qu'on nomme *charrées*, des sodes de varech, etc. Voici le dosage ordinaire du verre à bouteilles :

Sable jaune. . .	100 parties.
Soude de varech. . .	30 à 40 —
Charrées	160 à 170 —
Cendres neuves. . .	50 à 40 —
Argile jaune. . .	80 à 100 —
Groisil (ou débris de verre)	100 à 145 —

Quand la masse de verre est fondue et affinée, qu'elle a pris une consistance convenable, on commence le travail. Quatre ouvriers sont employés au service du creuset : le *gamin*, le *grand garçon*, le *souffleur* et le *porteur*. Pendant le travail, l'ouvrier se trouve sur une estrade élevée de 1 mètre environ au-dessus du sol et auprès des



Fig. 331. — Fabrication des bouteilles.

ouvreaux (fig. 331). On commence par chauffer la canne en l'introduisant dans le four : lorsqu'elle est chaude, le *gamin* la plonge dans le creuset en la faisant tourner sur elle-même ; quand une certaine quantité de verre s'y est attachée, il la sort et recommence ensuite la même manœuvre. Le *grand garçon* prend alors la canne et distribue également autour d'elle la masse de verre. Pour cela il l'ar-

rondit en l'appuyant et en la faisant tourner sur une plaque de fonte ou de bois, présentant des cavités hémisphériques. La masse de verre arrondie et appelée *paraison* est réchauffée dans l'ouvreau. Elle a alors la forme d'une poire A (fig. 332). Quand elle est suffisamment chaude, le grand garçon relève la canne et souffle dedans en lui donnant un mouvement d'oscillation. La masse prend alors la forme B. On

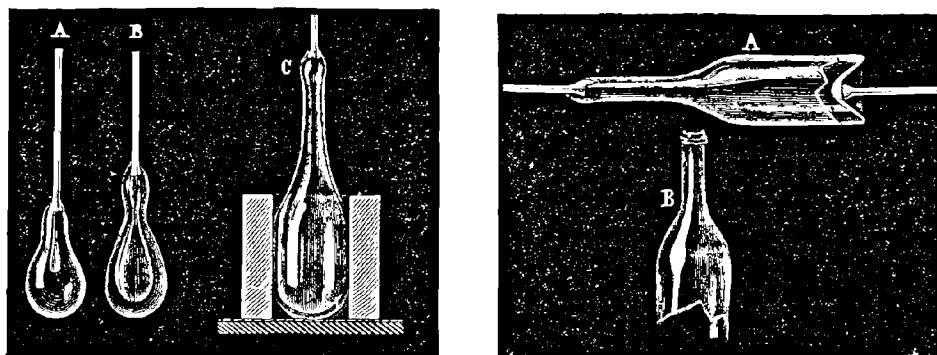


Fig. 332 et 333. — Fabrication des bouteilles.

la réchauffe, puis le souffleur l'introduit dans un moule et souffle fortement dans la canne en la tirant vers le haut; le verre se gonfle, prend la forme du moule; on arrive ainsi à la forme C. Pour allonger le col, l'ouvrier retire la masse du moule et donne à la canne un mouvement de balancement. On remet alors au four le fond de la bouteille, afin de le ramollir davantage et de pouvoir le façonner. Cela se fait à l'aide d'un outil qui n'est autre qu'une petite lame rectangulaire en tôle. Le souffleur renverse la canne, pose son embouchure sur le sol et appuie un angle de son outil au centre de la bouteille pendant qu'il fait tourner la canne. L'une des arêtes de l'outil donne alors la forme d'un cône au fond de la bouteille. Le verre est encore rouge et malléable, quoiqu'il ait bruni un peu depuis sa sortie du four.

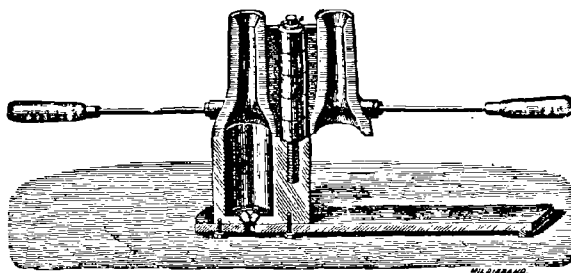


Fig. 334. — Moule pour bouteilles bordelaises.

Le porteur présente au souffleur une espèce de panier long nommé *sabot* et emmanché au bout d'une longue tige : au fond s'élève une forte saillie; l'ouvrier y place la bouteille en forçant légèrement sur la saillie pour compléter la cavité qui doit former le fond, et, par un mouvement convenable, il détache la canne de la bouteille, qui reste au fond du sabot.

Autrefois la bouteille était reçue, comme on la voit en A (fig. 333), sur une tige appelée *pontil* et garnie à son extrémité de verre en fusion : mais ce procédé avait

l'inconvénient d'y laisser un petit bourrelet de verre à arêtes tranchantes; la baguette ou *cordeline*, que l'on remarque sur le goulot en B, se faisait en entourant ce goulot d'un anneau de verre en fusion.

Aujourd'hui on préfère introduire le col de la bouteille dans une ouverture ménagée dans la paroi du four; il s'y réchauffe, s'y ramollit, et lorsqu'il a la consistance nécessaire, l'ouvrier s'assoit sur un banc, fait tourner horizontalement la bouteille sur un support placé devant lui, et à l'aide d'une pince en fer il refoule le verre et façonne la cordeline. Un bon souffleur peut faire 650 bouteilles par jour. Les *porteurs* reprennent ensuite les sabots et vont porter les bouteilles dans un four à recuire, où elles restent pendant vingt-quatre heures.

Les bouteilles qui doivent avoir rigoureusement une capacité déterminée sont fabriquées dans un moule métallique qui fait aussi le fond. La figure 334 représente un moule pour bouteilles bordelaises à fond presque plat, d'une capacité de 70 centilitres.

GOBELETERIE

On désigne sous le nom de *gobeletterie* un ensemble d'objets faits en verre ou en cristal (verres à boire, carafes, buires, salières, coupes, bois, etc.). Les procédés de fabrication étant les mêmes, nous n'en ferons qu'une description unique, qu'il s'agisse de verre ou de cristal.

Le cristal est une espèce de verre qui n'est employée que pour les objets de luxe : il était connu à une époque fort ancienne. C'est un silicate de potasse et d'oxyde de plomb. Lorsqu'il est bien préparé, il est incolore; plus transparent, plus brillant et plus lourd que le verre ordinaire, il doit ses caractères au silicate de plomb : il ne faut pas qu'il contienne une trop grande quantité de ce dernier corps, car il prendrait une teinte jaunâtre et deviendrait facile à rayer. La potasse, la silice et le minium ou oxyde de plomb employés doivent être aussi purs que possible : aussi faut-il laver avec soin le sable déjà si pur de Fontainebleau et de Champagne; Baccarat fabrique lui-même son minium. Les creusets dans lesquels on opère la fusion des matières premières (300 parties de sable pur, 200 de minium et 100 de carbonate de potasse purifié) sont des creusets fermés, afin d'éviter l'influence des gaz du four, qui noirciraient le cristal en réduisant l'oxyde de plomb à l'état de plomb. MM. Maës et Clémandot ont substitué avec succès l'oxyde de zinc à l'oxyde de plomb, en ajoutant de l'acide borique, qui sert de fondant.

Les objets de gobeletterie se font par *soufflage* et par *moulage*. Nous ne pouvons entrer ici dans tous les détails de la fabrication, qui varient à l'infini avec la

nature des pièces, surtout pour le soufflage; nous choisirons quelques exemples simples pour donner une idée de ce genre de travail.

La figure 335 représente l'intérieur d'une cristallerie, où les ouvriers fabriquent des verres à boire. On suivra cette fabrication sur la figure 336.

N° 1. Un ouvrier nommé *cueilleur*, après avoir plongé la canne dans le creuset et en avoir extrait la quantité de cristal nécessaire, l'apporte et la roule sur une plaque de fonte appelée *marbre*.

N° 2. On souffle dans la canne pour donner au cristal la forme que doit avoir le corps du verre.

N° 5. On apporte une quantité de cristal suffisante pour faire la tige du pied.

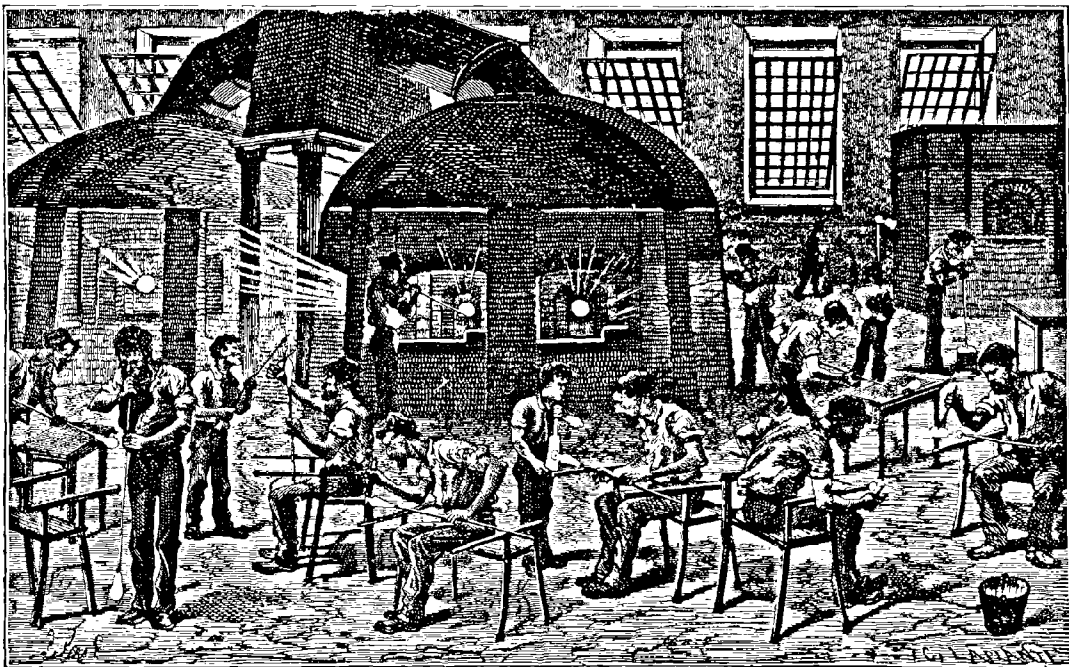


Fig. 335. — Intérieur d'une verrerie.

N° 4. On donne à la canne, placée sur deux supports situés de chaque côté de l'ouvrier, un mouvement de rotation, pendant lequel l'ouvrier façonne avec des pinces la tige du pied.

N° 5. On apporte une nouvelle quantité de cristal pour faire le pied.

N° 6. Pendant que la canne tourne, un aide appuie sur le cristal avec une planche pour planer la face inférieure du pied.

N° 7. L'ouvrier, toujours en faisant tourner la canne sur ses supports, façonne le pied avec des pinces.

N° 8. Un ouvrier a cueilli, à l'extrémité d'une tige de fer appelée *pontil*, une certaine quantité de cristal, et, pendant que celui-ci est encore chaud et mou, il vient le coller contre le pied du verre.

N° 9. On sépare le verre de la canne, qui n'est plus nécessaire, le pontil servant maintenant de support.

N° 10. On taille les bords du verre avec des ciseaux.

N° 11. On lui donne son évasement avec des morceaux de bois que l'on appuie sur la matière encore molle.

Le n° 12 représente le verre terminé.

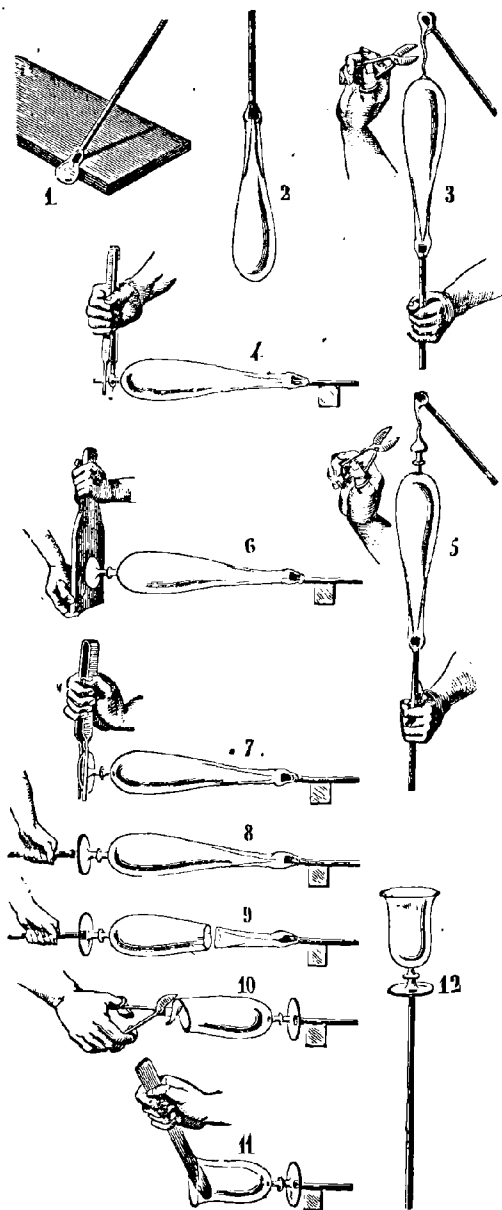


Fig. 336. — Différentes phases de la fabrication du verre à boire.

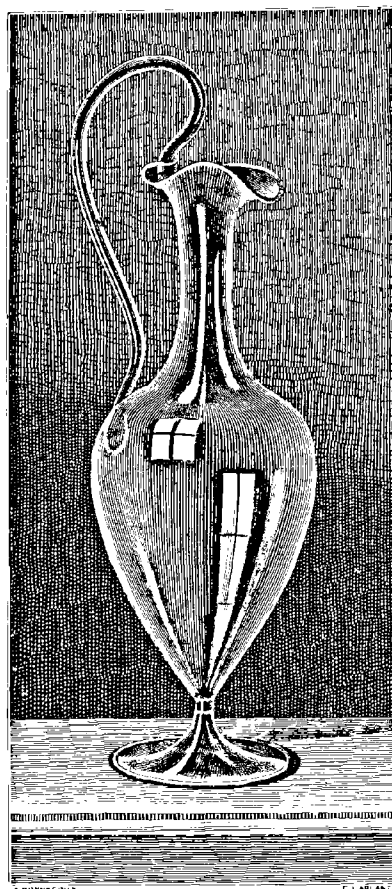


Fig. 337. — Buire.

La figure 337 représente une buire de cristal et la figure 338 représente les principales phases de sa fabrication.

Lorsque les pièces sont fabriquées, des enfants les saisissent à l'aide d'une espèce de fourche et les portent à l'*arche à recuire*, qui est une longue galerie chauffée dans laquelle les pièces placées sur des chariots roulants avancent lentement : le refroidissement dure ordinairement six heures. A Baccarat on a remarqué qu'il n'était pas nécessaire de produire un refroidissement aussi lent,

qu'il suffisait, pour donner au verre et au cristal une structure convenable, de les refroidir de manière que toutes les molécules fussent toujours, à un moment donné, dans le même état d'équilibre. On enferme à cet effet les pièces dans des caisses chauffées sur lesquelles on renverse un couvercle dont le joint est fait au sable. Au bout d'une heure la pièce est recuite.

Le travail que nous venons de décrire est habituellement réparti entre plusieurs ouvriers groupés par escouade; leur nombre et leur rôle dépendent de la nature des objets fabriqués; ils sont sous les ordres d'un maître verrier ou chef d'escouade, qui les paye suivant la part qu'ils prennent à la fabrication.

On emploie souvent pour les pièces moins soignées un procédé plus expéditif. Quand l'ouvrier est arrivé à la forme représentée par le n° 8 de la figure 336, il détache la pièce de la canne et l'envoie à l'arche à recuire. Quand elle en sort, on la livre à des ouvrières chargées d'en couper la partie supérieure, pour transformer la pièce oblongue et fermée en une pièce ouverte, comme un verre

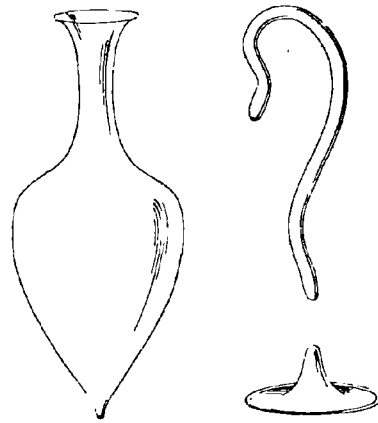


Fig. 338. — Phases principales de la fabrication d'une bûche.

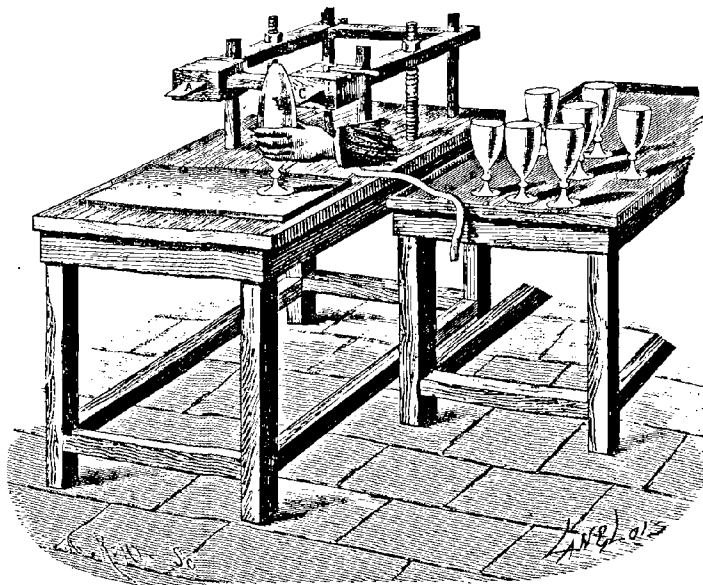


Fig. 339. — Découpage d'un verre.

à boire, par exemple. Elles se servent à cet effet de l'appareil représenté par la figure 339. Un châssis rectangulaire, qui peut être monté à la hauteur voulue sur une table, présente à sa partie antérieure et à gauche un couteau en acier A très affilé, et à droite une boîte B, dans laquelle arrive un mélange de gaz d'éclair-

rage et d'air. Le mélange sort par une fente que porte à sa partie antérieure un ajutage prismatique C, et vient donner une flamme très fine située à la même hauteur que le couteau A.

L'ouvrière présente la pièce au couteau et, en l'appuyant contre lui, fait un petit trait sur le verre; puis elle la présente en V à la flamme, dont le contact fait fendre le verre et produit une section circulaire parfaitement nette. Un léger choc détache la partie supérieure de la pièce. On voit sur la table à côté le verre achevé.

Mais l'arête du verre serait trop vive et pourrait couper. On adoucit l'arête en la passant d'abord sur une pierre dure et plane, puis on présente le bord du verre à un moufle chauffé par un mélange d'air et de gaz, dont

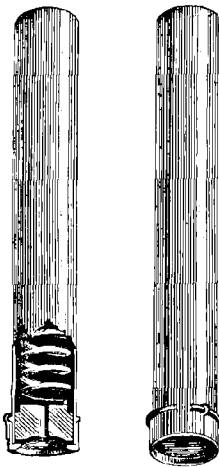


Fig. 340. — Pompe Robinet.

la chaleur fond l'arête et en diminue la vivacité.

Les objets *moulés* se font par deux procédés différents. Dans le premier procédé on coule le verre fondu dans un moule qui représente intérieurement la forme extérieure du vase. On descend à l'aide d'une presse à vis la contre-partie du moule, c'est-à-dire un mandrin ayant la forme intérieure de la pièce à fabriquer; le verre, comprimé entre les deux parties, prend les contours voulus : l'excédent de matière est coupé avec des ciseaux. Les objets moulés se reconnaissent toujours à ce que leurs arêtes sont moins vives que celles que l'on obtient par la taille, dont nous parlerons bientôt.

Dans le second procédé de moulage, l'ouvrier, après avoir cueilli à l'extrémité de la canne la quantité de verre ou de cristal nécessaire, l'introduit dans un

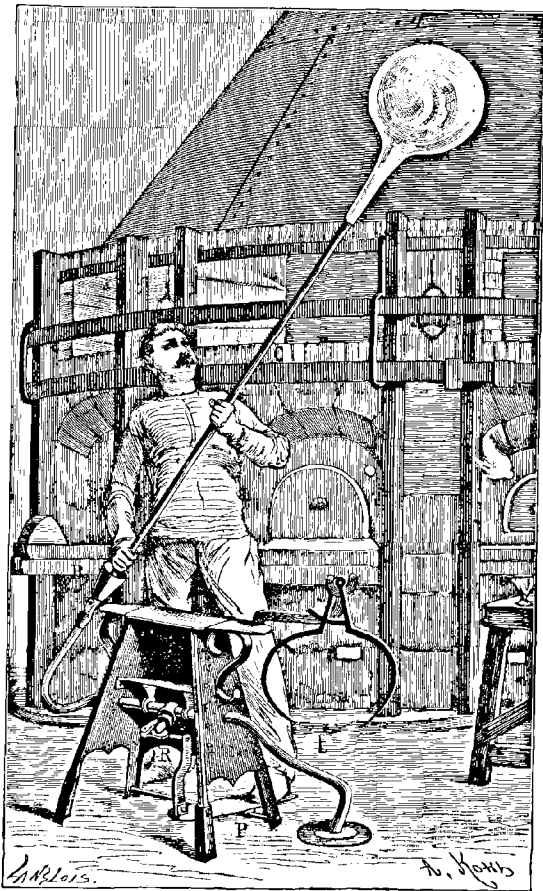


Fig. 341. — Soufflage à l'air comprimé. (Canne en l'air.)

moule ouvert comme ceux que l'on emploie (fig. 554) pour la fabrication des bouteilles bordelaises; pendant qu'un aide referme le moule sur la masse de verre chaud, l'ouvrier souffle dans la canne pour forcer la matière à épouser les détails du moule.

Le soufflage du verre est un travail pénible pour l'ouvrier, et afin d'éviter la fatigue que produit ce soufflage, un ouvrier verrier de Baccarat, appelé Robinet, a inventé en 1826 la pompe qui porte son nom. Elle se compose d'un cylindre de laiton fermé par un bout : dans l'intérieur peut glisser un piston troué maintenu par un ressort à boudin (fig. 340); cette pompe se fixe sur l'extrémité supé-

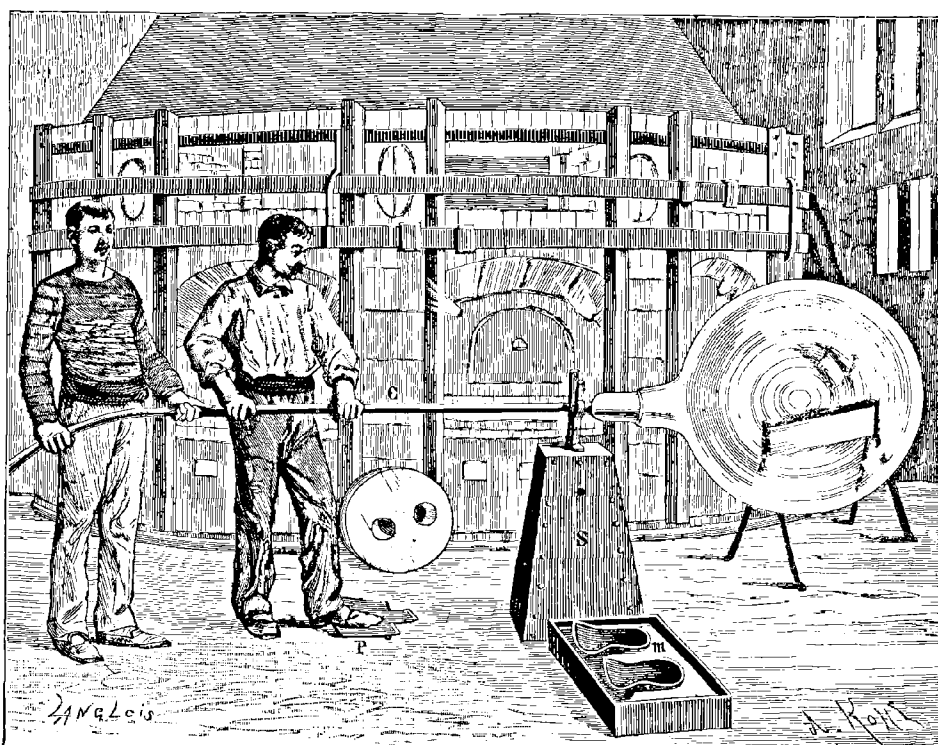


Fig. 542. — Soufflage à l'air comprimé. (Canne horizontale.)

rieure de la canne, et quand on appuie sur elle, le ressort cède, le piston monte, et l'air comprimé entre lui et le fond de la pompe pénètre dans la canne et souffle le verre.

Les différents essais qui avaient été faits pour remplacer par des procédés mécaniques le travail de l'ouvrier souffleur n'avaient pas produit de résultats véritablement pratiques. Dans ces dernières années, M. Léon Appert, ingénieur des arts et manufactures, est parvenu à inventer un ensemble de procédés et d'appareils qui permettent de souffler le verre à l'aide de l'air comprimé et que nous avons vu fonctionner dans son usine de Levallois-Perret. Il a rendu ainsi un immense service à l'industrie de la verrerie en supprimant le soufflage par la

bouche et en évitant à l'ouvrier une fatigue qui peut compromettre sa santé. Il est à souhaiter que ces procédés, déjà employés dans certaines usines, se répandent bientôt et améliorent les conditions hygiéniques de l'importante industrie qui nous occupe.

Avant de décrire les procédés de M. Appert, disons d'abord que l'ouvrier souffleur exerce dans la canne une pression qui varie de 5 à 30 grammes par centi-



Fig. 343. — Soufflage à l'air comprimé (sur banc).

mètre carré pour les pièces courantes, de 20 à 75 grammes pour les manchons de verre à vitres, de 25 à 75 grammes pour les bouteilles; dans beaucoup de cas la pression buccale devient insuffisante pour une bonne fabrication. Le travail de soufflage est pénible pour les ouvriers non seulement par l'effort musculaire réitéré auquel il les oblige, mais aussi par la nécessité d'introduire dans leurs poumons un volume d'air beaucoup plus considérable que celui qui est exigé par la respiration normale : ces conditions de travail se trouvent aggravées par la température élevée des ateliers et par la faiblesse de l'état hygrométrique de l'air. A l'aide de pompes à air, ou *compresseurs à air*, que met en mouvement la

machine à vapeur de l'usine, l'air est comprimé à 5 kilogrammes dans des réservoirs en tôle d'acier, qui sont mis en communication par une canalisation spéciale avec les différents appareils de soufflage. Des régulateurs permettent dans chaque cas d'avoir la pression exigée, et des manomètres mesurent cette pression. On voit en G (fig. 343) l'un des réservoirs B situés derrière le banc du verrier.

Supposons qu'il s'agisse de faire une boule de verre : l'ouvrier reçoit du gamin la canne, pare la masse de verre et, au lieu de mettre dans la bouche l'extrémité de la canne C, il l'engage dans une buse B (fig. 341), où elle se fixe à l'aide

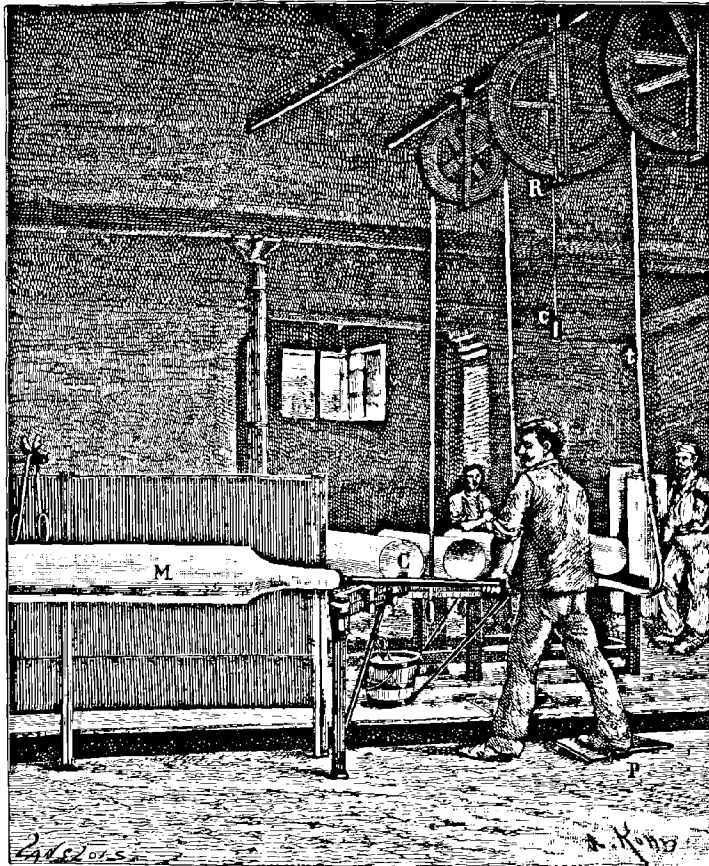


Fig. 344. — Soufflage à l'air comprimé. (Manchons de verre à vitres.)

d'un joint en caoutchouc. L'air comprimé arrive souterrainement à un tube *t*, qui mène à un robinet *R* interposé entre lui et la buse. En agissant sur une pédale *P*, qui est reliée au robinet *R* et l'ouvre plus ou moins, l'ouvrier règle la quantité d'air.

La figure 342 représente le soufflage de boules qui peuvent avoir deux mille litres de capacité. Le parage se fait dans des moules métalliques que l'on voit en *m*. La masse de verre étant plus considérable, deux ouvriers sont employés à la manœuvre. Ces grosses boules servent à faire les verres de montre. On les découpe

en calottes sphériques, puis chacune d'elles est découpée en calottes plus petites de la dimension d'un verre de montre. Ce travail est exécuté par des femmes qui présentent la concavité de la lame de verre à un outil vertical terminé par une pointe de diamant.

C'est de la même manière que se font les bobèches pour flambeaux. Les bobèches communes sont livrées au commerce après le découpage; celles de qualité supérieure sont soumises à l'action de petites meules semblables à celles que nous verrons employer dans la taille du verre. On diminue ainsi la vivacité des arêtes produites par l'outil découpeur.

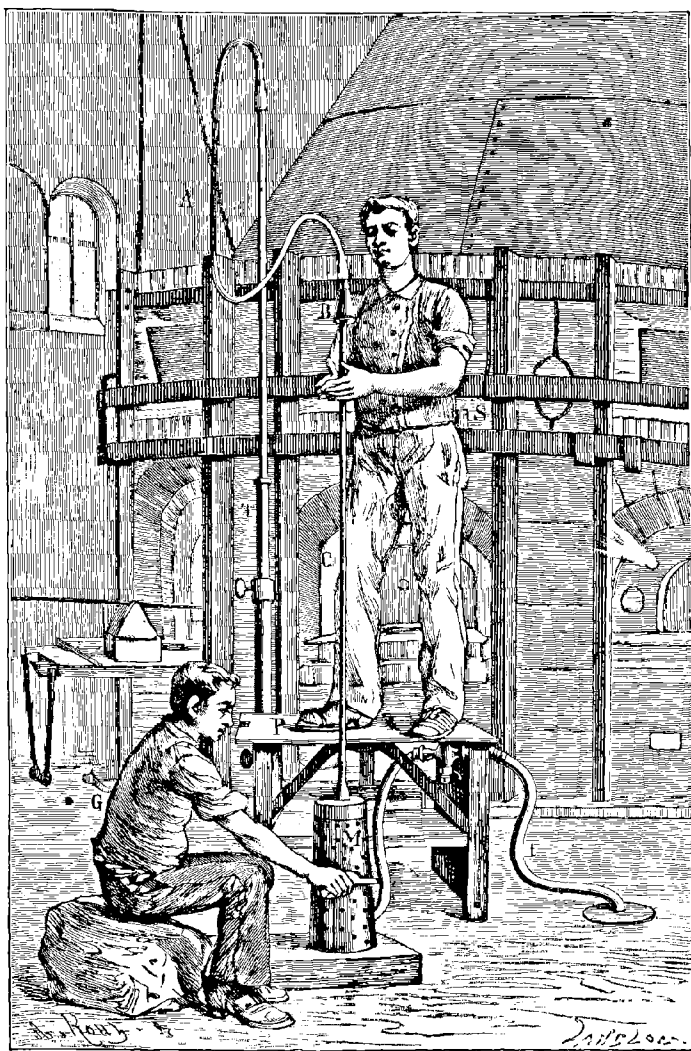


Fig. 345. — Soufflage à l'air comprimé. (Objets moulés.)

La figure 345 représente la disposition adoptée par M. Appert pour les cas où la canne doit rester horizontale pendant le soufflage, pour la fabrication, par exemple, des objets de gobeletterie. L'ouvrier est assis sur un banc devant deux supports horizontaux appelés *bardelles*. C'est sur eux qu'est posée la canne C, qui s'engage dans la buse. Celle-ci est soutenue par un chariot *rr'* placé dans un cadre et permettant de donner à la canne un mouvement d'arrière en avant et d'avant en arrière.

En même temps l'ouvrier peut donner de la main gauche un mouvement de rotation à la canne, dont la base présente un raccord tournant, qui permet de la faire tourner sans faire tourner la buse; de la main droite il façonne la pièce, pendant que du pied il manœuvre la pédale P, qui agit sur le robinet d'admission de l'air comprimé.

La figure 344 représente le soufflage d'un manchon de verre à vitres. L'air comprimé arrive par un tuyau de caoutchouc *t* : ce tuyau permet de donner toutes les

positions possibles à la canne, grâce à un raccord tournant de la buse et à une poulie R d'où le tube se déroule en longueur plus ou moins grande.

La figure 345 représente le soufflage d'une pièce moulée. La masse de verre suspendue à l'extrémité inférieure de la canne est introduite dans le moule, qu'un gamin ouvre et referme ensuite. Le verrier, monté sur une estrade, tourne la canne entre ses mains, pendant que du pied il appuie sur la pédale P, qui manœuvre un levier agissant sur le robinet d'admission d'air comprimé. Celui-ci arrive par le tube qui est raccordé à la canalisation, monte dans un tube vertical T et pénètre par le caoutchouc A dans la buse B.

M. Appert a récemment inventé un procédé nouveau de moulage du verre, qui repose sur la propriété qu'a le verre liquéfié de passer en se refroidissant par l'état pâteux et de jouir à cet état d'une véritable malléabilité. Parmi les applications qu'il en a faites, nous citerons la fabrication de tuyaux de verre destinés à faire des conduites d'eau ou de gaz d'éclairage. Il était impossible de faire ces tuyaux par moulage ordinaire, par suite de la nécessité d'emprisonner le verre, versé dans le moule, entre deux surfaces métalliques froides, la face intérieure du moule d'une part et la surface extérieure du noyau d'autre part : ce double contact amène un refroidissement rapide du verre, la suppression de sa plasticité et rend impuissante toute action mécanique destinée à le façonner.

M. Appert, pour éviter ces inconvénients, se sert d'un appareil dont nous donnerons le principe. Un moule cylindrique pouvant s'ouvrir en deux ou trois parties est dressé verticalement. Dans la partie inférieure, qui est maintenue fermée, on verse la masse de verre qui doit entrer dans la fabrication du tuyau; puis on ferme les parties supérieures du moule cylindrique. Le verre reste liquide, puisqu'il n'est en contact qu'avec une quantité relativement petite de métal, celle qui forme la partie inférieure du moule. On fait alors monter (fig. 346) suivant l'axe du moule MM' NN' une tige T qui est mue par l'air comprimé et qui porte à sa partie supérieure une toupie conique C, dont le diamètre le plus grand est plus petit que le diamètre intérieur du moule. En montant elle refoule le verre, qui se solidifie *lentement* contre le moule, vu la *petitesse* du noyau qui est représenté par la toupie. Au-dessus d'elle le verre reste liquide pour se solidifier peu à peu à mesure qu'il s'étale contre la surface intérieure du moule. On est arrivé déjà à faire des tuyaux de 50 centimètres de diamètre et de plusieurs mètres de longueur. M. Appert fabrique aussi des tuyaux de verre coudés.

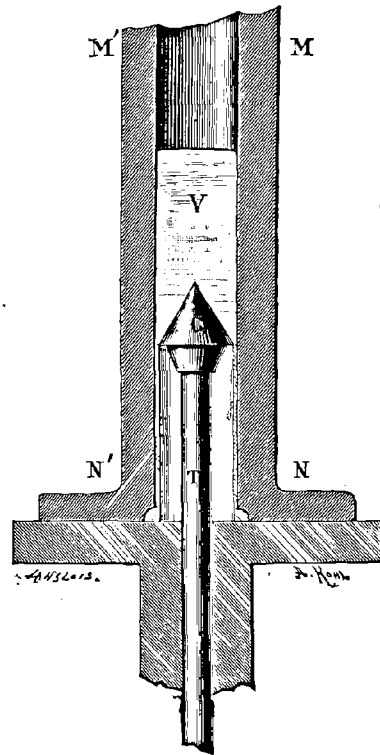


Fig. 346. — Moulage des tuyaux de conduite en verre.

Nous terminerons cette description de l'industrie du verre en disant comment on fabrique les tubes de verre destinés à une foule d'usages et entre autres aux manipulations de chimie.

La figure 347 représente le procédé employé. Le souffleur S reçoit du gamin la canne avec laquelle il a cueilli dans le creuset la quantité de verre fondu nécessaire à l'opération. Un autre ouvrier D soude au verre un outil qu'il pose sur son

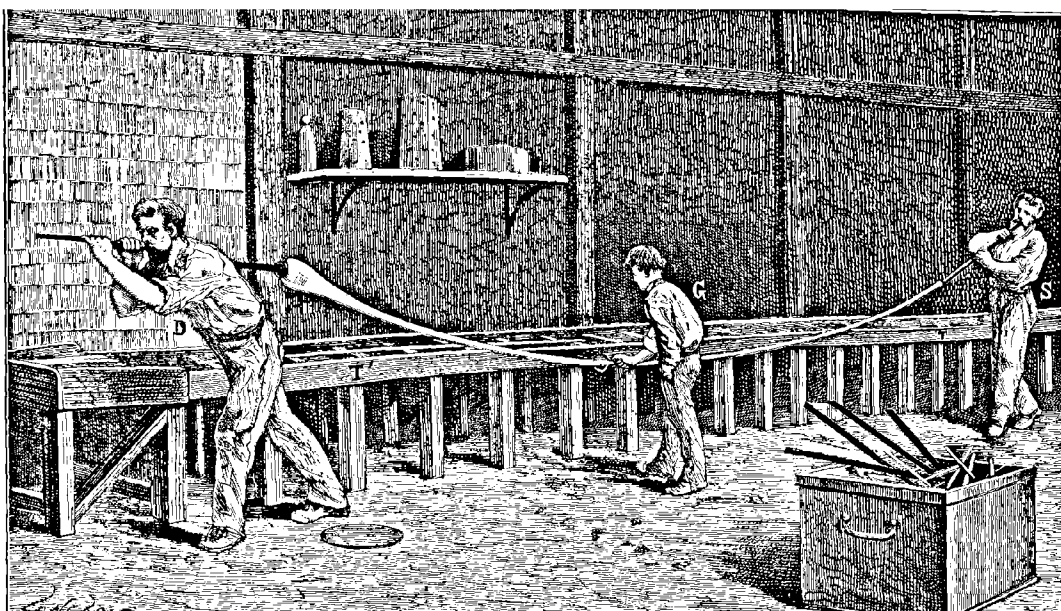


Fig. 347. — Étirage des tubes de verre.

épaule, et pendant qu'il le tient, le souffleur s'éloigne en soufflant dans la canne. Le verre s'allonge en forme de tube, pendant que le gamin G, à l'aide d'un compas d'épaisseur, mesure à chaque instant le diamètre du tube. Quand on est arrivé au diamètre voulu, le gamin avertit le souffleur, qui dépose le tube sur une longue échelle horizontale TT'. Après refroidissement le tube ainsi obtenu est découpé en morceaux de longueur variable.

DÉCORATION DU VERRE

Les objets de cristal et de verre sont souvent soumis à l'opération de la *taille*, qui a deux buts principaux : enlever leurs imperfections et déterminer à leur surface des facettes qui réfléchissent, réfractent la lumière et leur donnent de l'éclat. La taille se fait (fig. 348) sur des meules verticales qui sont animées d'un

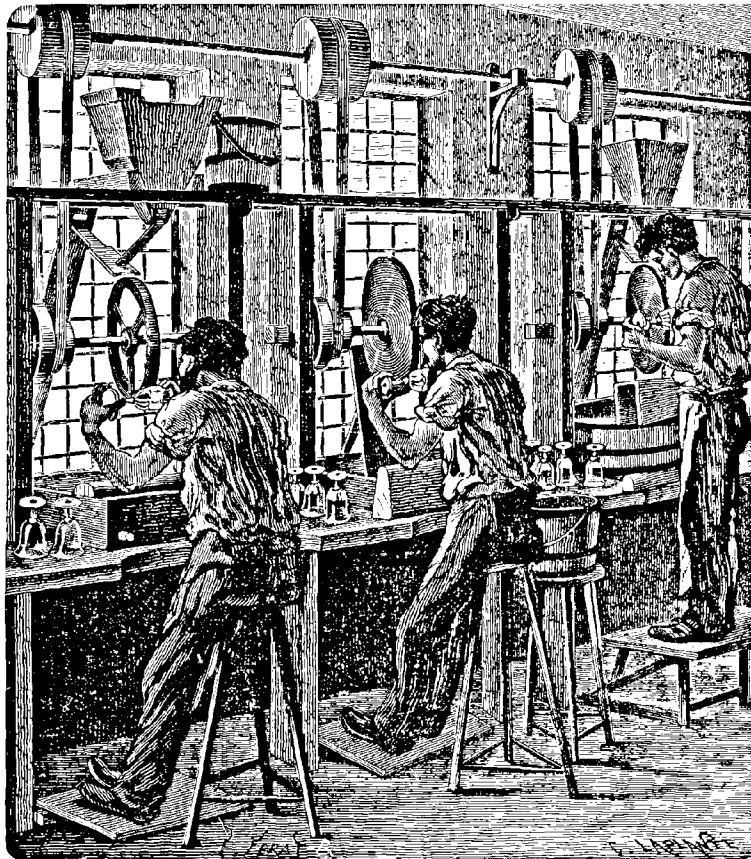


Fig. 348. — Taille du verre et du cristal.

mouvement rapide de rotation et auxquelles les ouvriers présentent les objets à tailler; elle comporte plusieurs opérations. La première est l'*ébauchage*, qui s'exécute avec une meule en fonte ou en fer, sur laquelle un entonnoir laisse tomber une bouillie de grès blanc; l'ouvrier tailleur, assis devant la roue sur un tabouret en bois, appuie contre elle la pièce à tailler. Lorsque l'ébauchage a produit les facettes, la pièce est livrée au *tailleur*, qui régularise le travail avec

une meule en grès arrosée par un filet d'eau; en quittant ses mains, elle est mate et terne sur les parties taillées; on l'adoucit avec une roue de bois et la ponce; enfin on lui rend le poli et la transparence à l'aide d'une roue, en bois ou en liège, couverte de *potée d'étain*, c'est-à-dire d'un alliage de 33 parties d'étain et de 66 parties de plomb.

Les bouchons de carafes, qui doivent avoir exactement le même diamètre que le goulot, sont travaillés verre sur verre. Quoiqu'on ait l'habitude de dire que ces vases sont *bouchés à l'émeri*, on ne se sert pas d'émeri; le bouchon est monté sur l'axe du tour, et pendant qu'il tourne, on lui présente le goulot de la carafe en faisant couler à sa surface de l'eau et du sable fin : les deux surfaces s'usent mutuellement et le bouchon s'enfonce peu à peu dans le goulot.

Quand les pièces sortent des ateliers de taille, elles sont lavées, séchées et portées, soit aux magasins, soit aux ateliers de décoration, où elles subissent l'opération de la gravure, dont le but est de produire à leur surface des dessins mats, qui les transforment souvent en véritables objets d'art.

La gravure s'exécute par deux procédés différents, soit à *la molette*, soit à *l'acide fluorhydrique*.

La gravure à *la molette* se fait à l'aide de petites roues en cuivre ou en acier sur lesquelles tombe de l'émeri; l'ouvrier appuie contre elles la pièce à graver et elles y tracent des sillons qu'elles dépolissent en même temps : ce travail est tout artistique et nous étions émerveillé, en visitant Baccarat, de l'habileté avec laquelle les graveurs entaillaient le cristal et faisaient naître sous la molette les dessins les plus riches et les plus finis. Les figures 349 et 350 représentent



Fig. 349. — Effets produits par la gravure.

des spécimens des effets obtenus par la gravure.

La gravure à *l'acide fluorhydrique* repose sur ce fait que, lorsqu'on expose le verre à l'action de l'acide fluorhydrique, le silicate se trouve décomposé. Quand on emploie l'acide fluorhydrique gazeux, on obtient des gravures mates, parce qu'il se forme du fluorure de silicium volatil et des fluorures doubles et insolubles (de silicium et de potassium ou de sodium, de plomb). Quand, au contraire, on se sert d'acide en dissolution, il se produit des fluosilicates qui se dissolvent dans la liqueur : la gravure est brillante et d'un moins bel effet comme décoration. Pour remédier à cet inconvénient et ne pas employer cependant l'acide fluorhydrique gazeux, dont l'usage est très dangereux, on a imaginé de produire l'acide fluorhydrique dans le liquide même où l'on plonge la pièce; on y arrive en faisant agir l'acide chlorhydrique sur du fluorhydrate de fluorure de potassium, et, pour rendre

les fluorures de plomb et de calcium insolubles dans la liqueur, on y ajoute du sulfate de potasse.

Quel que soit le procédé suivi, il faut évidemment recouvrir les parties qui ne doivent pas être attaquées, d'une substance capable de les préserver de l'action de l'acide. On a employé à cet effet plusieurs moyens; celui qui est le plus en usage aujourd'hui est le suivant : on grave en creux, sur une planche en métal, le dessin des parties que l'on veut protéger contre l'action de l'acide; puis, après avoir passé sur elle une encre de composition spéciale, on la racle de manière à ne laisser d'encre que dans les creux; sur cette planche on étend une feuille de papier pelure, où s'imprime le dessin des parties à réserver; cette feuille est alors appliquée sur le cristal, et lorsqu'on l'en retire, elle laisse à sa surface l'impression, en encre grasse, des dessins qui ne doivent pas être gravés. Quelques heures après, on peut plonger l'objet dans un bain d'acide, qui n'attaquera que les parties nues. On enlève ensuite l'encre, soit avec des essences, soit par un moyen mécanique.

On emploie aussi un autre procédé pour graver à la surface du verre des lignes courbes plus ou moins régulières qui, par leur entrelacement, produisent des figures décoratives. Pour cela on recouvre toute la surface du verre d'une couche de matière préservatrice, vernis au bitume de Judée ou autre. Puis l'ouvrière présente la pièce à une machine qui rappelle les machines à *guillocher*; l'outil trace alors le dessin en enlevant suivant ses lignes la matière préservatrice et en mettant à nu la surface du verre. Chaque machine peut produire des dessins très variés : il suffit pour cela d'en disposer les organes d'une manière spéciale à chaque dessin.

La décoration des verres et des cristaux comprend la dorure, l'argenture, la peinture et la fabrication des verres colorés.

La dorure se fait comme pour la porcelaine : on broie du sous-oxyde d'or avec

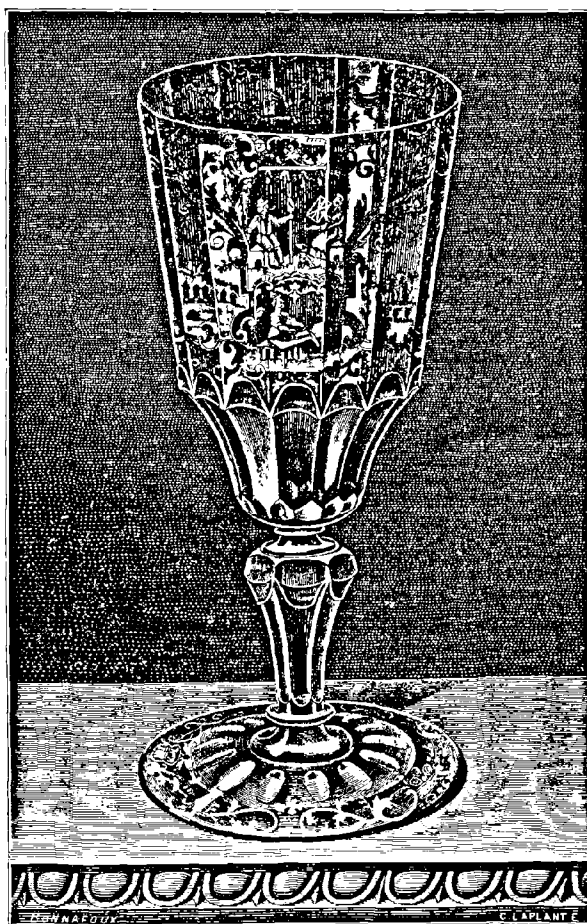


Fig. 350. — Effets produits par la gravure.

un fondant composé de minium et de borax, et on l'applique au pinceau sur l'objet, que l'on passe ensuite au feu de moufle : l'oxyde d'or se décompose, et l'or métallique, qui provient de cette décomposition, reste enveloppé dans le fondant; on brunit avec un polissoir de sanguine, puis avec un brunissoir en agate. L'argenture s'exécute d'une manière semblable.

La peinture sur verre se fait par des procédés analogues à ceux de la peinture sur porcelaine : ce qui distingue la première de la seconde, c'est que le peintre sur verre travaille sur les deux faces du verre, mettant toutes les ombres à l'extérieur et rejetant les parties nuancées et l'enluminage sur la face opposée.

Les verres *colorés* comprennent ceux qui sont colorés dans toute leur masse et ceux qui ne le sont qu'en partie. Pour les premiers, on introduit dans le creuset la matière colorante, qui est ordinairement un oxyde métallique, et le verre se travaille par les procédés ordinaires. Quant aux seconds, on opère de trois manières différentes : 1° on peut, sur un vase incolore ou coloré, souder un pied ou un support de couleur différente; 2° dans d'autres cas, on forme l'intérieur du vase d'une couche de verre très mince et très fortement coloré, et d'une couche extérieure de verre blanc, ce qui se fait en plongeant la canne successivement dans un creuset à verre coloré et dans un creuset à verre blanc; puis on obtient par la taille des effets variés en enlevant le verre blanc en tout ou en partie; 3° on peut faire le vase d'une manière inverse, c'est-à-dire avec une couche intérieure incolore et une couche extérieure colorée.

Les *millefiori*, ou serre-papiers, au centre desquels se trouvent des fleurs, se fabriquent de la manière suivante : on range dans les trous d'un disque en fonte des tubes colorés de cristal qui forment les fleurs, on coule sur eux une couche de cristal, on enlève le disque et l'on opère de même pour la face inférieure.

CHAPITRE XXI

BRONZES D'ART ET D'AMEUBLEMENT

Nos jardins publics, nos musées, nos appartements sont souvent décorés par des objets en bronze que l'on désigne sous le nom de *bronzes d'art et d'ameublement*, dont la fabrication, après le travail de l'artiste qui les a créés, rentre dans l'industrie de la fonderie.

Le bronze est un alliage où domine le cuivre, qui s'y trouve allié à l'étain, presque toujours à du zinc, et quelquefois à d'autres métaux. Il n'est pas seulement employé à la fabrication des objets d'art, mais il sert aussi à la confection de certains organes de nos machines : il a été longtemps employé à la fabrication des canons.

L'usage du bronze remonte à la plus haute antiquité. Tout le monde sait qu'à l'âge de pierre succéda l'âge de bronze, qui précéda l'âge de fer et pendant lequel l'homme employait le bronze pour faire ses armes et ses outils. Les peuples de l'Orient, les Indiens et les Égyptiens ont connu le bronze ou airain et en faisaient un usage fréquent, comme l'attestent leurs monuments et les inscriptions qu'on y a retrouvées. Plus tard les Phéniciens acquirent une grande célébrité dans l'art de fondre l'airain, et l'histoire des Hébreux nous apprend que ce fut Hiram, de Tyr, qui fonda, pour le temple de Salomon, le bassin d'airain supporté par douze bœufs également d'airain et servant aux ablutions. La Grèce apprit des peuples orientaux l'usage du bronze. Lysippe, qui vivait sous Alexandre le Grand et se rendit célèbre par les statues qu'il fit du conquérant macédonien, perfectionna les procédés de moulage et de fusion du bronze. Parmi ses œuvres figure une statue colossale de Zeus, qui avait plus de 18 mètres de hauteur : c'est grâce aux travaux de Lysippe que purent être faites des statues colossales, dont l'histoire nous a conservé le souvenir, entre autres le colosse de Rhodes, que l'on voyait à l'entrée du port de Rhodes; il était en bronze massif et avait une hauteur de 70 coudées (environ 33 mètres).

L'usage du bronze se développa tellement en Grèce que, lors de la conquête de ce pays par les Romains, on comptait à Athènes plus de trois mille statues. Delphes, Olympie, Corinthe n'étaient pas moins riches que la capitale de l'Attique. Les Romains emportèrent un grand nombre de ces statues pour décorer leurs places publiques et attester leurs triomphes : ils s'adonnèrent eux-mêmes à cet art, et les

chefs-d'œuvre de la statuaire antique prouvent à quel degré de perfection ils le portèrent. Le musée de Naples conserve plusieurs de ces chefs-d'œuvre, entre autres le *Faune endormi*, le *Faune ivre* et les danseurs du théâtre d'Herculanum. C'est sur le bronze que les anciens gravaient leurs lois, leurs traités de paix ou d'alliance.

Après la fondation de Marseille, vers le v^e au vi^e siècle avant l'ère chrétienne les Gaulois empruntèrent aux Phéniciens l'art de faire et de travailler le bronze, avec lequel ils confectionnaient des armes et des bijoux. Nous retrouvons le bronze au moyen âge, à cette époque il servait presque exclusivement à la fabrication des cloches et des objets du culte. Mais c'est à l'époque de la Renaissance italienne qu'était réservée l'apparition de ces admirables bronzes que nous envions à nos voisins. Nous citerons les portes du baptistère de Florence; Michel-Ange disait de l'une d'elles : *elle est assez belle pour être l'une des portes du Paradis*. Avec François I^{er} et Louis XIV la France prit une large place dans la production des bronzes d'art, comme l'attestent les œuvres décoratives du palais de Fontainebleau, qui sont dues à Benvenuto Cellini que François I^{er} avait attiré en France. Aujourd'hui l'art du bronze est porté dans notre pays à une haute perfection et nos bronziers modernes n'ont rien à craindre de leurs rivaux étrangers. Nous allons décrire les procédés qu'ils emploient pour travailler cette substance si précieuse par la facilité avec laquelle elle se moule, par la finesse de ses tons et par sa résistance à l'action du temps. Nous étudierons spécialement la fabrication des bronzes d'art.

Les objets d'art reproduits par le bronze sont dus à deux classes d'artistes : les statues, les bustes, sont faits par le *sculpteur statuaire*; les autres objets, comme les coupes, les lustres, les flambeaux, etc., sont créés par le *sculpteur ornemaniste*.

Les artistes créent le modèle soit d'après leurs propres inspirations, soit d'après les indications de l'industriel qui les emploie et qui compose d'abord un premier dessin, en se conformant aux exigences de la fabrication. Ces modèles sont faits avec une argile douée de plasticité, ou avec du plâtre, et sont ensuite livrés au fondeur, qui reproduit d'abord leurs détails dans un moule en creux. Ici se présente une différence essentielle entre la manière dont on procédait autrefois et la méthode que l'on suit aujourd'hui, et cette différence est la cause d'une certaine infériorité dans la valeur de la plupart des produits modernes. Autrefois l'artiste fondait lui-même son œuvre et la retouchait ensuite par la cislure; aujourd'hui l'œuvre de l'artiste est livrée au fondeur, qui la transmet au ciseleur; et, si habile que soit ce dernier, il ne parvient pas toujours à la perfection qu'aurait obtenue le maître lui-même. Cette différence constitue pour l'industrie du bronze la nécessité de former des ouvriers artistes capables d'interpréter avec talent la conception de celui qui a créé le modèle.

Le moule destiné à recevoir le bronze fondu est ordinairement fait avec du sable de Fontenay-aux-Roses; ce sable ne doit contenir ni calcaire, ni oxyde de fer, le calcaire donnant lieu, au moment de la coulée, à un dégagement d'acide carbonique, qui nuirait au résultat de l'opération, l'oxyde de fer pouvant à une haute température se combiner avec la silice du sable et produire des composés fusibles qui en-

traîneraient de graves altérations dans le moule. Nous n'avons pas à décrire avec détails les procédés employés par le mouleur; il suffira de se reporter à ce que nous avons dit à ce sujet lorsque nous nous sommes occupés de la fonderie. Remarquons cependant que la fabrication des moules destinés à reproduire les objets d'art exige de la part du mouleur un soin infini et des précautions que n'est pas obligé de prendre le mouleur en fonte de fer. Le moule est recuit à l'étuve et recouvert de poussier de charbon pour éviter de fausses adhérences.

Lorsqu'il s'agit de pièces ayant des dimensions dépassant une certaine limite, la coulée ne se fait plus maintenant d'un seul jet : quand on remet un modèle au mouleur, il doit l'étudier avec soin et le diviser en parties qui seront fondues à part. Cette division du travail a été pour l'industrie du bronze la cause de progrès incontestables.

Il est un autre procédé de moulage qui n'est employé que dans des cas très rares, mais que nous ne pouvons passer sous silence, parce qu'il a servi de tout temps et qu'il donne des résultats bien supérieurs : c'est le moulage à *cire perdue*. Ici c'est l'artiste lui-même qui fait le moule, et la fonte reproduit son œuvre avec la plus grande fidélité. Il commence par fabriquer avec du plâtre un noyau représentant grossièrement les formes qu'il veut créer; il le recouvre ensuite d'une épaisseur de cire, qui correspond à celle que doit avoir le métal, et c'est sur cette couche de cire qu'il travaille suivant son inspiration. Quand le modèle est fini, l'artiste le recouvre d'une couche de *barbotine*, ou sable délayé dans l'eau, qu'il étend au pinceau; il la laisse sécher pendant deux ou trois jours, puis applique successivement un nombre de couches suffisant pour que la barbotine fasse autour de la cire une enveloppe d'une résistance convenable. Il est évident que cette barbotine étendue au pinceau se modèle sur la cire avec une grande délicatesse, en reproduit tous les détails avec finesse et, si l'on venait à faire fondre la cire, on aurait en creux un moule parfait de l'œuvre de l'artiste. C'est le moyen qu'on emploie. On entoure d'abord le modèle avec une enveloppe en plâtre, ou *chape*, capable de s'ouvrir, puis on chauffe le moule lentement à l'extérieur. La chaleur, se propageant peu à peu, arrive jusqu'à la cire, qui se fond et s'écoule au dehors par un orifice pratiqué à cet effet. Il n'y a plus alors qu'à couler le métal dans l'espace laissé libre par la fusion de la cire. L'avantage d'un tel procédé est incontestable; le travail du statuaire est reproduit avec une fidélité absolue, mais le moule ne peut servir qu'une fois, et si l'opération ne réussit pas, tout le travail est perdu.

Depuis quelques années on est arrivé, par un procédé très ingénieux, à reproduire en petit les chefs-d'œuvre des maîtres avec une précision toute géométrique. Ce procédé, dû à M. Collas, a rendu à l'industrie du bronze les plus grands services, en ce sens qu'il lui a permis de vulgariser des œuvres qui, par leur rareté et leur prix élevé, ne pouvaient trouver place que dans nos musées ou dans les collections de riches amateurs.

Supposons qu'il s'agisse de faire en petit (fig. 351) le buste M : on placera ce buste sur une plate-forme R, qui peut tourner autour d'un axe vertical et recevoir son mouvement d'une vis sans fin mue par la manivelle C. A une certaine distance

est une autre plate-forme R' portant, comme la première, une roue dentée engrenant avec la vis sans fin et tournant à chaque mouvement de cette vis du même angle que la plate-forme R. Sur la seconde plate-forme est disposée une masse d'argile molle qui va servir à modeler le buste que l'on veut reproduire. Pour cela, en avant des deux plates-formes est placé un pantographe OaAMm. Cet instrument jouit de la propriété géométrique suivante : si on le déplace de manière à faire décrire à une touche M une certaine courbe, un burin placé en m décrira une courbe semblable. La touche et le burin peuvent glisser dans des coulisses que l'on voit sur la règle OmM.

Ce fait étant admis, si avec la touche on parcourt une courbe quelconque sur la surface du modèle, le burin tracera une courbe semblable dans la matière molle. En rapprochant ainsi les courbes décrites, on parcourra tous les points contenus dans une portion quelconque de la surface du modèle, et le burin tracera, dans

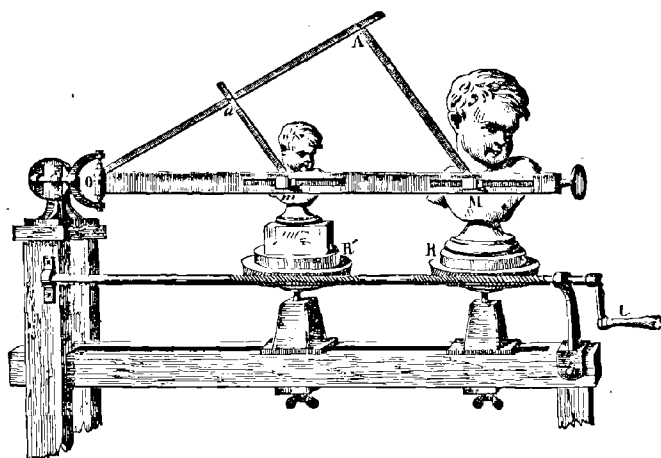


Fig. 551. — Procédé Collas pour la reproduction des objets d'art.

le même temps, sur l'argile une surface exactement semblable à celle qu'aura parcourue la touche : en tournant la manivelle C, on fera tourner les deux plates-formes R et R' et l'on pourra opérer sur une autre portion quelconque de la surface du modèle. Quand on aura promené la touche sur tous les points du modèle, le burin aura reproduit dans la matière molle un buste identique.

Reprenons maintenant la description des opérations que subit un objet en bronze avant d'être livré au commerce.

En sortant de la fonderie, les différentes parties du modèle sont distribuées entre les mains d'ouvriers spéciaux : le *tourneur* rectifie sur le tour les formes auxquelles ce genre de travail est applicable; le travail sur le tour, en *rétreignant* ou resserrant les molécules du métal, lui donne de l'éclat; l'*ajusteur* se livre à un travail de retouche, qui a pour effet d'assurer l'agencement parfait des différentes pièces; enfin, le *ciseleur* corrige au burin les imperfections de la fonderie.

Ordinairement, le fabricant confie à son ciseleur le plus habile l'exécution d'un premier modèle, qui sert ensuite indéfiniment à la fabrication des moules. On comprend l'intérêt qu'il y a à ce que ce premier modèle soit bien exécuté, car, l'industrie du bronze n'employant pas deux fois le même moule, il est souvent nécessaire de le refaire un grand nombre de fois, et il est bon d'avoir pour cela un modèle en métal qui soit aussi parfait que possible.

Il n'y a plus maintenant qu'à donner au bronze, qui est jaune, le ton et la

nuance que doit avoir la surface. Tantôt il reçoit une couleur appelée *patine*, tantôt sa surface est dorée.

La patine est ce ton, si recherché des amateurs, que prend avec le temps la surface des objets en bronze exposés à l'action de l'air et des agents atmosphériques. Cette couleur varie suivant les époques : elle est d'autant plus belle que la composition du métal est meilleure ; elle est surtout admirable dans les bronzes antiques et florentins.

On communique directement au bronze la couleur antique en lavant sa surface avec des solutions diverses dans lesquelles entrent du sel ammoniac, du vinaigre, du nitrate de cuivre, du sel marin, de la crème de tartre. En répétant ces lavages et en laissant sécher chaque fois la dissolution, on arrive peu à peu au ton voulu. Les bronzes qui doivent avoir un reflet jaune sont d'abord trempés dans des bains d'or qui laissent déposer à leur surface une couche très mince d'or, puis on emploie les dissolutions salées, et l'on frotte avec des brosses sur lesquelles on a mis de la sanguine et de la mine de plomb. Il faut avoir soin, pour arriver à un beau poli, de passer les brosses sur un morceau de cire jaune avant de frotter le métal.

Les bronzes chinois et japonais ne reçoivent pas de patine : leur couleur doit être attribuée au plomb qui entre dans leur composition.

La dorure du bronze s'obtient par deux procédés principaux : la *dorure au mercure*, dont nous dirons quelques mots et qui diminue chaque jour d'importance, et la *dorure par la pile*.

Le procédé de dorure au mercure consiste à appliquer à la surface du bronze un amalgame d'or, c'est-à-dire un alliage pâteux de mercure et d'or. Le mercure sert alors d'intermédiaire entre l'or et le cuivre du bronze : les trois métaux s'allient, se combinent ensemble et forment un amalgame double d'or et de cuivre ; si l'on vient à chauffer l'objet, le mercure se vaporise et l'or reste allié au cuivre à la surface du bronze.

Le métal, avant de recevoir l'amalgame pâteux, subit certaines préparations qui prédisposent sa surface aux opérations de la dorure. Les pièces en bronze doivent d'abord être *recuites* ; on les place pour cela dans une espèce de cylindre en briques que les ouvriers appellent *moufle*, et qui est chauffé intérieurement avec du charbon de bois ou du charbon de terre, maintenu à distance par un grillage en fer. La température du rouge cerise, à laquelle la pièce est portée, la débarrasse des matières grasses que sa surface a pu prendre pendant le travail, matières qui empêcheraient l'adhérence de l'amalgame. On la retire du moufle avec de longues pinces et on la laisse se refroidir à l'air. A la température élevée qu'elles ont subie pendant le recuit, les pièces se sont recouvertes d'une légère couche d'oxyde dont on les débarrasse par le *décapage*, en les plongeant dans des bains acidulés, le premier avec l'acide sulfurique, le second avec l'acide nitrique ; elles sont ensuite brossées, lavées à grande eau et séchées dans la sciure de bois. Leur surface devient d'un beau jaune pâle et légèrement grenue.

Les pièces sont maintenant aptes à recevoir l'amalgame, qui s'applique avec un

pinceau en fil de laiton appelé *gratte-brosse* et que l'on trempe d'abord dans une dissolution de nitrate de mercure. Quand tout l'amalgame est bien réparti, on volatilise le mercure en exposant la pièce, tenue dans de longues pinces, à l'action d'un feu de charbon de bois.

La dorure au mercure est une industrie des plus insalubres et des plus dangereuses pour les ouvriers qui la pratiquent : les vapeurs de mercure produisent sur l'organisme des effets désastreux : tremblements nerveux, amaigrissement général, perte de la mémoire, paralysie de la langue, etc. Aussi a-t-on tout fait pour conjurer ces terribles dangers, et l'on doit à M. Darcet un appareil qui, s'il ne remédie pas complètement au mal, en atténue beaucoup les effets. Sans décrire l'appareil inventé par M. Darcet, nous dirons qu'il se compose d'un fourneau d'appel muni d'une hotte sous laquelle s'effectuent les différentes opérations : les vapeurs mercurielles sont continuellement entraînées par le tirage de la cheminée, et les ouvriers sont protégés contre leur atteinte par des vitres et des rideaux derrière lesquels ils se placent pour manœuvrer les pièces.

On a proposé dans le même but l'emploi de la casaque des plongeurs, avec laquelle l'ouvrier peut travailler sans subir l'influence des vapeurs mercurielles et en prenant au dehors l'air nécessaire à sa respiration.

Quand la pièce est terminée, elle est lavée, puis gratte-brossée avec de l'eau acidulée par du vinaigre. Mais elle n'a pas encore la belle nuance jaune que l'or doit lui communiquer; on la lui donne par la *mise en couleur*, opération qui consiste à appliquer sur elle au pinceau une bouillie appelée *or moulu* et composée sur 100 parties de 30 parties d'alun, 30 de salpêtre, 30 d'ocre rouge, 8 de sulfate de zinc, 1 de sel marin et 1 de sulfate de fer; on la porte ensuite sur un feu de charbon de bois jusqu'à ce que les sels, fondus et desséchés, prennent un aspect brunâtre. Les différents corps qui composent l'*or moulu* agissent sur l'or, lui font prendre le ton voulu, et il n'y a plus qu'à les dissoudre en plongeant la pièce dans l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique et en la lavant à grande eau; on la sèche ensuite dans la sciure de bois.

La surface de l'or doit alors être polie; c'est le but de l'opération du *brunissage*, qui s'effectue en frottant les différentes parties de la pièce avec des outils en acier poli ou avec des pierres dures (agates et hématites) enchâssées dans des manches en bois.

Certains objets en bronze doré présentent des parties *mates* dont les tons s'opposent à ceux des parties *brunies* et produisent le meilleur effet. Voici comment on obtient ce résultat par une opération, appelée *matage*, qui se pratique avant le brunissage. Les parties qui doivent être brunies sont recouvertes au pinceau avec de l'*épargne*, ou mélange de blanc d'Espagne bien broyé et d'eau légèrement gommeuse et sucrée; puis on chauffe l'objet sur un feu de charbon de bois jusqu'au point de faire bleuir les parties dorées et on le couvre au pinceau d'une composition désignée sous le nom de *mat* et formée de 5 parties d'eau, 46 de salpêtre, 46 d'alun et 5 de sel marin. La pièce, après avoir été recouverte de ce mélange à deux ou trois reprises, est chauffée jusqu'à ce que les sels se fondent et plongée

vivement dans l'eau froide. A la température employée, les sels réagissent l'un sur l'autre et produisent un dégagement de chlore qui dissout le cuivre en tous les points de la surface où n'a pas été appliquée la couche de blanc d'Espagne; en ces points l'or forme une espèce de réseau qui ne réfléchit plus la lumière et produit l'effet mat. Les parties *épargnées* sont brunies par les moyens ordinaires.

En présence des dangers si graves qu'offre la dorure au mercure, on comprendra facilement l'avantage que l'on a trouvé à lui substituer, dans la plupart des cas, un procédé plus salubre. La *dorure à la pile*, ou *dorure électro-chimique*, présente à ce point de vue une supériorité incontestable. Elle repose sur un principe de physique qu'il nous faut d'abord exposer.

Si l'on prend une dissolution de cyanure d'or dans le cyanure de potassium et qu'on plonge dans ce liquide deux fils communiquant, l'un avec le pôle positif d'une pile électrique, l'autre avec le pôle négatif, le courant électrique traverse le liquide et le décompose. L'or provenant de la décomposition se porte et se fixe sur le fil qui est en communication avec le pôle négatif. On comprend que si, au lieu de faire plonger le fil négatif dans le bain d'or, on l'attache à une pièce en bronze que l'on immergera dans le liquide, l'or se déposera sur cette pièce et la recouvrira d'une couche uniforme.

Le dépôt d'or, d'argent ou d'autres métaux par décomposition électro-chimique fait maintenant l'objet d'une importante industrie. Après Brugnatelli, M. de la Rive est le premier dont les recherches se soient portées sur ce sujet; ses travaux n'aboutirent pas à des résultats pratiques, et ce fut Elkington, en Angleterre, qui, en 1840, dota l'industrie d'un procédé entièrement nouveau; depuis cette époque, de nombreux travaux ont été faits sur ce point. C'est à M. Christoffe que l'on doit d'avoir introduit en France la pratique des brevets d'Elkington et d'y avoir fondé une industrie qui prend chaque jour plus d'importance, car on l'applique non seulement à la dorure du bronze, mais à l'argenture du cuivre, du maillechort, au bronzage de la fonte, du zinc, etc.

La *dorure à la pile* des objets en bronze est précédée, comme la dorure au mercure, d'opérations qui ont pour but de prédisposer leur surface à recevoir la couche d'or.

Les pièces sont d'abord recuites à la température du rouge sombre sur un feu de charbon de bois ou sur un feu de mottes qui est plus facile à diriger. La couche d'oxyde produite pendant cette opération est enlevée par l'action d'un bain d'eau acidulée par l'acide sulfurique, où l'on suspend les pièces; celles-ci passent ensuite dans un premier bain de décapage formé d'acide nitrique ayant déjà servi, puis dans un second bain, dit de *blanchiment*, composé de 10 parties d'acide nitrique, 10 parties d'acide sulfurique et 1 partie d'acide chlorhydrique. Ce liquide étant très énergique, les pièces doivent y rester fort peu de temps; à leur sortie elles sont lavées à grande eau et séchées dans la sciure de bois.

Elles sont alors dorées dans des bains d'or composés de cyanure double d'or et de potassium dissous dans un excès de cyanure de potassium. Sur les cuves ren-

fermant le liquide est placé un cadre (fig. 352), qui est en communication avec le pôle négatif d'une pile et sur lequel on place des tiges qui soutiennent les objets à dorer que l'on fait plonger dans le liquide. Au pôle positif est attaché un fil qui est en communication avec un cadre soutenant des lames d'or immergées dans le bain. Le courant décompose le cyanure double et porte l'or au pôle négatif qui se trouve constitué par l'ensemble des objets suspendus dans la cuve; à mesure que le dépôt se fait, le bain tend à s'appauvrir, mais la lame d'or qui forme le pôle positif se dissout peu à peu et entretient sa richesse. La dorure se fait soit à froid, soit dans des bains chauffés par une circulation de vapeur. Les pièces restent dans le bain pendant un temps qui dépend de l'épaisseur de la couche d'or que l'on veut déposer.

Aujourd'hui les piles sont remplacées par des machines électro-magnétiques qui

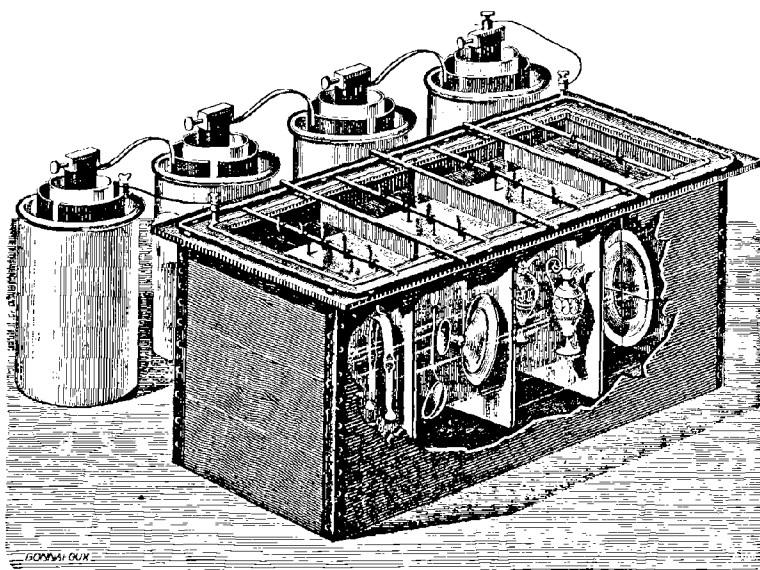


Fig. 352. — Dorure électro-chimique.

produisent le courant. C'est M. Christoffe qui le premier les a appliquées à cet usage.

Aux débuts de cette industrie, ce procédé de dorure paraissait ne pas devoir produire des résultats satisfaisants au point de vue de la solidité : aujourd'hui il répond à toutes les exigences de la pratique, pourvu que le doreur donne à la couche d'or une épaisseur suffisante; le désir du bon marché fait souvent qu'on ne laisse pas les pièces assez longtemps dans le bain, et c'est à cela seulement qu'il faut attribuer l'infériorité de certaines dorures à la pile.

On peut obtenir de l'or vert ou de l'or rouge directement par le procédé que nous venons de décrire. Pour l'or vert, on ajoute au bain une quantité convenable de cyanure double d'argent et de potassium : la lame destinée à entretenir la richesse du liquide doit être un alliage d'or et d'argent; pour l'or rouge, on ajoute une dissolution de cyanure double de cuivre et de potassium.

Les objets dorés par la pile subissent ensuite les opérations du *gratte-brossage*, qui se fait au milieu d'un liquide mucilagineux, comme la décoction de bois de réglisse, et à l'aide d'une brosse en fils de laiton mue par la main de l'ouvrier ou montée sur l'arbre d'un tour faisant 600 révolutions par minute. Cette dernière disposition n'est adoptée que pour les pièces unies. Après le *gratte-brossage* viennent la mise en couleur et le brunissage, dont nous avons donné les détails à propos de la dorure au mercure.

Le *matage* peut se faire par le même procédé sur les pièces dorées à la pile, mais il est possible de le produire directement en déposant préalablement à la surface

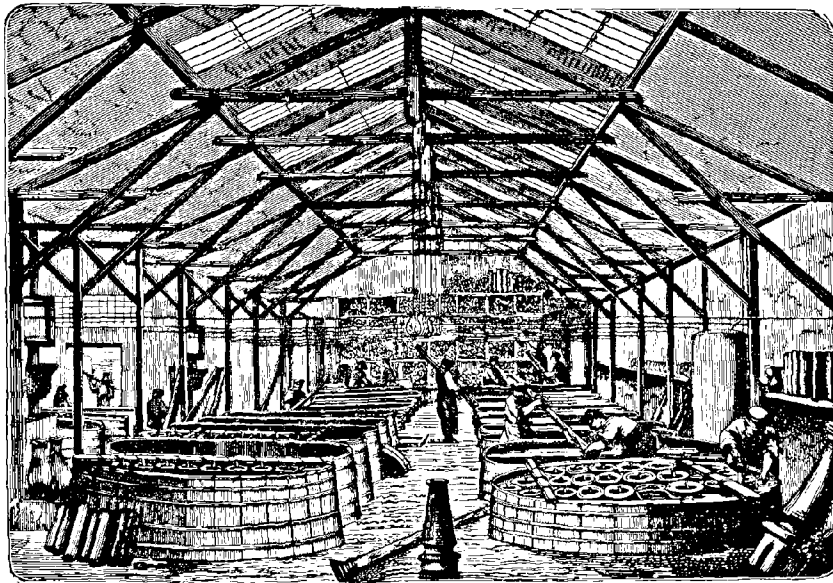


Fig. 353. — Atelier de cuivrage de la fonte.

des objets un métal qui soit lui-même mat, comme l'argent et le cuivre. Ce dépôt s'obtient aussi par la pile.

Le procédé électro-chimique se prête encore à ce que nous avons appelé les *épargnes* ; quand on veut empêcher le métal de se déposer en certains points, il suffit de les recouvrir d'un vernis, que l'on enlève ensuite par l'action de l'essence de térébenthine.

Ajoutons, pour n'avoir plus à y revenir, que le procédé électro-chimique est susceptible d'un grand nombre d'autres applications. C'est grâce à lui que l'on peut obtenir à bas prix des cuillers et des fourchettes dont le corps est en cuivre ou en maillechort et dont la surface est recouverte d'une couche d'argent, des plats, des bols et un grand nombre d'objets destinés au service de nos tables. Les procédés suivis sont les mêmes : au lieu du cyanure double d'or et de potassium, on se sert de cyanure double d'argent et de potassium. Les couverts sont faits à l'aide de machines à balancier, qui donnent aux couverts la forme qu'ils doivent avoir par un étampage entre des matrices d'acier. A cet étampage succède un travail à la main qui finit le couvert.

M. Oudry a fait une très heureuse application du même procédé au bronzage des objets en fonte, comme les candélabres destinés à l'éclairage au gaz: Jusqu'à lui on n'était point parvenu à ce résultat; le cuivre déposé par la décomposition électrique d'une dissolution de sulfate de cuivre n'avait pas d'adhérence et formait à la surface des pièces une bouillie qui ne résistait pas au frottement. M. Oudry, après de patientes recherches, est arrivé à produire le bronzage des objets en fonte en les recouvrant d'abord d'une composition à base de benzine; il les enduit ensuite de plombagine pour rendre leur surface conductrice de l'électricité, et les

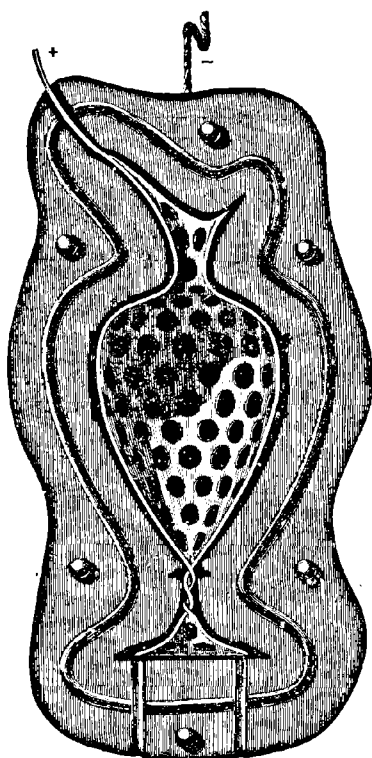


Fig. 354. — Mould of a vase.



Fig. 355. — Vase after fabrication.

plonge dans un bain formé par une dissolution de sulfate de cuivre; au milieu de ce bain et en face de l'objet à bronzer sont placés des vases en terre poreuse remplis d'eau acidulée par l'acide sulfurique; dans l'acide plonge une lame de zinc. La lame de zinc est réunie par un fil à la tige qui soutient les pièces à bronzer. Ici la pile est formée par le sulfate de cuivre lui-même et par les vases poreux, et c'est dans l'intérieur de la pile elle-même que se fait la décomposition; cette disposition est du reste souvent employée. Après le cuivrage, les objets sont recouverts d'une peinture qui leur donne la couleur du bronze. C'est par ce procédé qu'on a bronzé les fontaines de la place de la Concorde, les candélabres qui servent à l'éclairage des rues de Paris (fig. 353). Le prix de revient de ces candélabres bronzés par la méthode de M. Oudry est plus élevé que celui des candélabres en fonte

ordinaire, mais leur inaltérabilité supprime les frais qu'occasionne le renouvellement fréquent de la couche de peinture destinée à préserver la fonte de l'oxydation.

La galvanoplastie a aussi une importante application dans la fabrication d'objets constitués tout entiers par le dépôt d'un métal dans un moule en gutta-percha. La difficulté était de faire pénétrer le courant dans toutes les parties du moule : on y est arrivé à l'aide de fils de plomb. La figure 354 représente un moule en gutta-percha obtenu en comprimant de la gutta-percha ramollie par la chaleur sur l'objet à reproduire. Ce modelage se fait souvent en plusieurs pièces. La figure 355 représente le vase fabriqué par dépôt galvanique dans le moule. La surface des moules doit être rendue conductrice par une couche de plombagine qui est étendue à la brosse et sur laquelle se dépose le métal. C'est par ce procédé qu'ont été faits les bustes qui décorent la façade de l'Opéra.

ZINCS D'ART

Le bronze coûtant toujours assez cher, l'industrie a essayé de mettre à la portée de ceux qui ne pouvaient se le procurer des objets d'art faits avec une matière d'un prix moins élevé : c'est le zinc qu'elle a choisi dans ce but. Par sa couleur, ce métal ne flatte pas l'œil et il est tout à fait impropre à faire valoir la forme modelée; aussi a-t-on d'abord imaginé de recouvrir les pièces fondues en zinc d'une couche de peinture couleur de bronze; mais cette couche donnait aux objets un aspect lourd et disgracieux qui les faisait repousser par les gens de goût, et l'on peut dire que cette industrie serait morte au berceau, si la galvanoplastie n'était venue la sauver. On recourut au procédé électro-chimique pour déposer à la surface des objets en zinc fondu le cuivre jaune destiné à leur donner l'apparence du bronze. Mais en même temps une autre difficulté se présentait relativement aux moules où devait se faire la coulée du métal fondu. Les objets en bronze ayant une valeur intrinsèque assez grande, le fabricant peut faire pour chacun d'eux les frais d'un moule, qui ne sert qu'une fois, comme nous l'avons vu plus haut; au contraire, pour les objets en zinc, la matière première ayant peu de valeur, le fabricant ne pouvait grever le prix de revient de chacun d'eux des frais d'un moule spécial : l'écart du prix du bronze et du zinc d'art n'aurait pas été suffisant pour faire accepter largement ce dernier par la consommation. Aussi a-t-on imaginé de couler le métal dans des moules en bronze qui peuvent servir indéfiniment; la reproduction d'un grand nombre d'exemplaires de la même œuvre permet aux fabricants de ne rien épargner pour la confection des modèles et de confier leur exécution à des statuaires de premier ordre.

Les zincs d'art constituent l'objet d'une industrie toute parisienne.

Les moules sont faits en bronze, comme nous l'avons dit plus haut, et se composent de parties différentes que l'on agence. Chaque partie est munie de petites tiges, ou *goujons*, entrant dans des trous pratiqués dans la partie contiguë, si bien qu'elles se tiennent toutes comme les pièces d'un jeu de patience. La confection des parties d'un moule exige le plus grand soin, pour que le métal fondu que l'on y coulera y prenne des formes aussi parfaites que possible au point de vue artistique. Les deux moitiés d'un moule sont habituellement réunies par une charnière autour de laquelle elles peuvent pivoter, et quand on les a appliquées l'une contre l'autre, on les consolide par une armature extérieure.

Le zinc employé pour la fabrication des objets d'art doit être très pur : le métal, fondu dans des cuillers de fer, est coulé dans les moules, dont l'intérieur a été préalablement enduit d'une couche de noir de fumée, qui donnera plus de velouté aux surfaces; on applique cette couche de noir en faisant brûler au-dessous du moule une torche résineuse, d'où se dégage une fumée abondante, qui dépose le noir sur la surface interne du moule. On coule ordinairement beaucoup plus de métal qu'il n'en faut pour faire l'objet que l'on a en vue; le refroidissement du zinc fondu contre les parois en bronze amène bientôt la solidification d'une couche assez mince; dès qu'on juge qu'elle est suffisamment épaisse, on renverse le moule, qui laisse écouler l'excès de métal non encore solidifié et destiné à servir à une autre opération. Ce procédé, appelé *moulage au renversé*, permet de se passer de moules à noyau et de n'employer qu'une quantité relativement faible de zinc. Quand il est à craindre que les objets ne présentent pas la solidité voulue, on garnit l'intérieur des moules de pièces en cuivre, qui se trouvent enveloppées de métal fondu et qui constituent une espèce de charpente intérieure servant à le consolider.

Les grandes pièces ne se coulent pas d'un seul morceau : elles sont faites en plusieurs parties, que l'on soude entre elles avec un fer à souder chauffé avec le chalumeau à gaz. A l'aide d'un grattoir on enlève les bavures, ou *coutures*, que forme le métal suivant les lignes de jonction; on retouche les parties défectueuses, on décape, puis on galvanise en plongeant les pièces dans un bain de sel de cuivre, qui les recouvre d'une couche de cuivre brillant. A la sortie de ce bain, on procède au gratte-brossage, et à partir de ce moment l'industrie du zinc d'art emploie les procédés des bronziers.

CHAPITRE XXII

COUPELLERIE — QUINCAILLERIE

Nous employons chaque jour des objets de nature variée dont les procédés de fabrication ne sauraient tous trouver place ici ; nous décrirons dans ce chapitre quelques-uns d'entre eux en choisissant les plus importants : la coutellerie, la chaudronnerie, la clouterie.

COUPELLERIE

Avant d'exposer les procédés employés pour la fabrication des objets de coutellerie, nous indiquerons la nature de ces objets en décrivant les principales pièces dont ils se composent.

On distingue deux espèces principales de coutellerie : la coutellerie non fermante, dans laquelle figurent les couteaux de table, et la coutellerie fermante, qui comprend les couteaux de poche.

Un couteau non fermant (fig. 356) se compose d'une lame L, ordinairement en acier, terminée par une queue ou *soie* S plus étroite et plus épaisse que la lame : la soie entre dans un manche en bois, en ivoire ou en os ; entre la lame et la soie se trouve une embase saillante appelée *bascule*, qui a pour but d'empêcher la lame de toucher la nappe et de la salir lorsque, pendant nos repas, après nous être servis du couteau, nous le posons sur la table.

Un couteau fermant se compose d'une lame de forme variable, ordinairement en acier, et d'un manche. La lame est articulée sur le manche de manière à pouvoir basculer sur lui et venir enfermer la partie tranchante dans une cavité pratiquée pour la recevoir. Le manche est une espèce de petite boîte longue dont les parois latérales sont constituées par des plaques P de tôle ou de laiton que l'on désigne sous le nom de *platines*. Le fond de cette boîte est un ressort R, en fer ou en acier, dont nous verrons l'usage. Les platines sont recouvertes par des

plaques G dont la nature varie avec le prix du couteau. Elles sont en écaille, en ivoire, en os, en corne ou même en bois. A l'extrémité voisine de la lame, elles sont revêtues de plaques en fer, en argent ou en maillechort appelées *garnitures*. La lame peut tourner autour d'un axe qui va d'une garniture à l'autre, et son extrémité opposée à la pointe est arrondie de manière à pouvoir glisser facilement sur le fond de la boîte, quand on ouvrira ou fermera le couteau.

Voyons maintenant quel est le but du ressort dont nous avons parlé. Il a pour effet d'empêcher le couteau de s'ouvrir ou de se fermer de lui-même. On comprend que, si la lame pouvait simplement basculer autour de l'axe qui traverse les garnitures, au bout de peu de temps le jeu de cette lame deviendrait si facile que le couteau s'ouvrirait ou se fermerait de lui-même. Le ressort a pour but d'obvier à cet inconvénient et de maintenir le couteau soit fermé, soit ouvert, jusqu'à ce

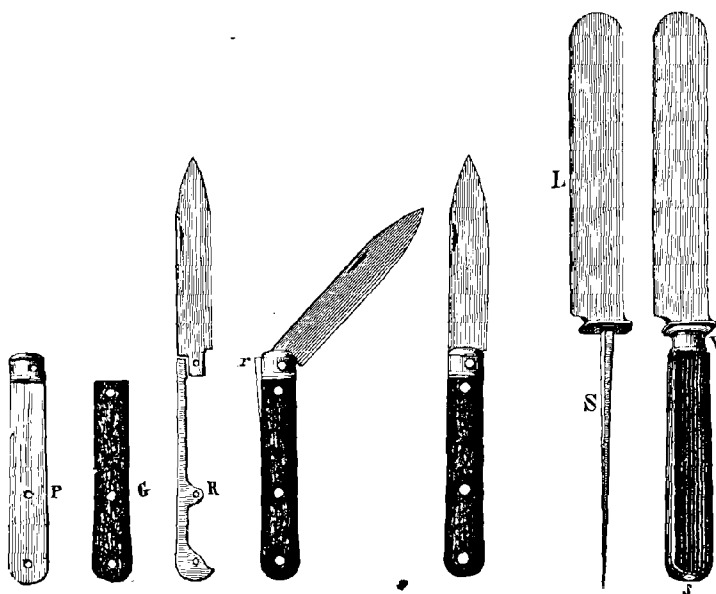


Fig. 356. — Couteaux fermants et non fermants.

qu'une force suffisante vienne agir sur lui. Pour cela, le ressort est fixé aux platines dans sa partie la plus éloignée de l'articulation, mais la moitié voisine de cette articulation peut osciller entre les deux platines. Lorsque le couteau est fermé, le ressort est droit et appuie sur la lame en la maintenant dans sa position; pour l'ouvrir, il est nécessaire d'exercer un certain effort, et, pendant la rotation de la lame, le ressort s'infléchit comme on le voit en *r* et sort même un peu des platines. Le couteau une fois ouvert, le ressort reprend sa position droite en venant se loger dans une entaille pratiquée à l'extrémité de la lame, qu'il maintient dans sa nouvelle position. Lorsqu'on voudra fermer le couteau, il faudra de nouveau faire basculer le ressort.

Dans les couteaux dits *couteaux-poignards*, les précautions prises pour empêcher la lame de se fermer sont encore plus grandes. L'extrémité du ressort porte un trou dans lequel vient se loger un petit éperon, qui se trouve à l'extrémité de la

lame; lorsqu'on veut fermer le couteau, il faut, par un effort assez grand, faire sortir l'éperon du trou dans lequel il est logé.

La coutellerie française a quatre centres principaux de fabrication : Thiers, dans le Puy-de-Dôme; Nogent, dans la Haute-Marne; Châtellerauld, dans la Vienne, et Paris.

Thiers est le centre le plus important; on y fabrique tous les articles des genres communs et demi-fins. Nogent fait la coutellerie fine et demi-fine; Châtellerauld était autrefois renommé pour la coutellerie fermante et les ciseaux; mais la plupart des ouvriers ont renoncé à la coutellerie pour travailler à la manufacture d'armes qui fut établie dans cette ville vers 1850. Aujourd'hui cette industrie est presque exclusivement concentrée sur la coutellerie de table, qui se fait dans des usines dont nous parlerons. A Paris, l'art du coutelier consiste surtout à monter les pièces faites en province, principalement pour ce qui regarde la coutellerie de luxe.

La fabrication des couteaux de table se fait à Thiers et à Châtellerauld, mais c'est surtout dans cette dernière ville qu'elle est arrivée à un remarquable degré de perfection, grâce à M. Eugène Mermilliod, qui a fondé un important établissement, où il a installé d'ingénieuses machines servant à la fabrication mécanique des différentes pièces. L'exemple qu'il a donné a été suivi par d'autres industriels.

L'acier employé pour la fabrication des lames est parfaitement corroyé; il est livré aux couteliers à l'état de barres, dont la longueur est 1 m. 30 environ, et dont les autres dimensions sont variables. Quand l'ouvrier forge à la main, il façonne à chaud la barre d'acier en se servant d'un marteau et d'étampes; il amincit le tranchant en fortifiant le dos et étire la soie. C'est le moyen usité dans la plupart des lieux de fabrication, mais il a l'inconvénient de produire souvent des pièces manquées et de n'être pas rapide, un ouvrier habile ne pouvant faire plus de quatre douzaines de lames par jour.

M. Mermilliod a inventé des machines qui forgent la lame et lui donnent sa forme avec une grande régularité. Voici le principe sur lequel elles reposent. Supposons un laminoir à deux cylindres : dans une direction perpendiculaire à l'axe, gravons, à la surface des cylindres et à la même distance des extrémités, une cavité représentant la moitié en *épaisseur* de la lame et de la soie. Il est évident que si l'on développait les deux cylindres du laminoir et qu'on superposât les feuilles obtenues, on aurait par cette superposition une cavité représentant le couteau et telle qu'en y coulant du plomb, on ferait un couteau de plomb, avec sa lame, sa bascule et sa soie. Supposons maintenant que, pendant la rotation des cylindres l'un sur l'autre et au moment où les deux cavités commencent à se superposer, on engage entre elles une lame d'acier chauffé; on comprend que le métal en se laminant va être refoulé dans la cavité et en reproduira successivement tous les détails, de telle sorte que, lorsque les deux cavités auront passé suivant toute leur longueur sur la barre d'acier, celle-ci en aura pris la forme.

Au lieu de graver sur les cylindres, M. Mermilliod a préféré appliquer à leur

surface deux matrices courbes et saillantes (fig. 357). L'ouvrier prend avec des pinces la lame d'acier déjà ébauchée et la présente à la machine; dès que les matrices ont passé sur elle, elle redevient libre, il la retire, l'examine et, si elle a quelques défauts, la présente une seconde fois pour achever l'œuvre commencée par le premier passage. Cette machine donne facilement 100 douzaines de lames par jour.

La substitution des deux matrices aux cavités, dont nous avons parlé, a un avantage dont il est facile de se rendre compte. Si la forme du couteau était gravée en creux dans des cylindres, la lame une fois engagée ne redeviendrait libre que lorsqu'elle serait arrivée de l'autre côté du laminoir; un second ouvrier devrait la recevoir et la repasser au premier, qui l'achèverait. Ici, au contraire, comme les deux matrices font saillie sur les cylindres, la lame redevient libre dès qu'elles ont roulé l'une sur l'autre; elle n'a pas quitté la main de l'ouvrier et celui-ci la représente immédiatement à l'action de la machine, si le premier passage n'a pas suffi à lui donner exactement la forme qu'elle doit avoir.

L'appareil que nous venons de décrire a ménagé dans la lame un renflement qui

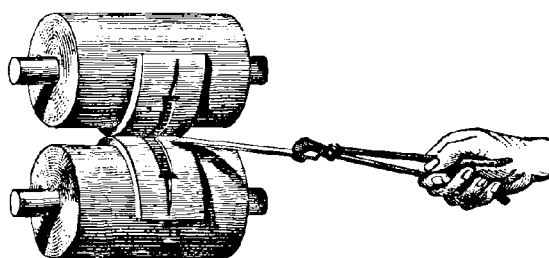


Fig. 357. — Machine à forger les lames de couteaux de table.

est destiné à constituer l'embase ou bascule. Cette partie du couteau est présentée à une autre machine qui façonne la bascule par étampage et qui opère aussi avec une très grande rapidité. Les lames sont ensuite limées avec des fraises, ou limes mécaniques, et finies à la main.

Enfin on procède à la *trempe*, qui doit donner à l'acier les qualités voulues. Les lames sont chauffées

au rouge plus ou moins vif, soit dans un feu de forge, soit dans un bain de plomb fondu; on les refroidit ensuite brusquement en les plongeant dans l'eau froide ou dans l'huile. La trempe rend le métal aigre et cassant; souvent même il arrive qu'elle déforme la lame, qui ne peut être redressée au marteau que si on lui rend un peu de malléabilité. On lui restitue cette qualité par le *recuit* en portant lentement la pièce à une température assez élevée, mais toujours inférieure au rouge naissant. Cette opération exige une grande habitude de la part de l'ouvrier, qui est guidé par l'observation des couleurs différentes que prend l'acier pendant le recuit.

La lame forgée, limée et trempée doit encore être *émoulue*, *aiguisée* et *polie*, ce qui s'exécute au moyen de moules de différentes grandeurs. Les meules à émouler et à aiguiser sont en grès fin des Vosges; elles ont 1 m. 30 de diamètre environ et sont mises en mouvement par une machine à vapeur ou par une roue hydraulique. Elles sont continuellement mouillées par l'eau, et pendant qu'elles tournent, l'ouvrier appuie la lame sur leur contour. Le polissage s'effectue à l'aide de meules plus petites; elles sont en bois recouvert d'une lame de feutre ou de buffle sur laquelle on étend l'émeri délayé dans un corps gras.

Les manches de couteaux de table étaient autrefois faits à la main; aujourd'hui cette fabrication est exécutée par d'ingénieuses machines chargées de débiter l'ébène, l'ivoire ou l'os en prismes qui se trouvent rabotés sur les six faces, reçoivent des moulures faites aussi mécaniquement, et enfin sont percés, suivant leur axe, d'un trou destiné à recevoir la soie de la lame. Ce travail mécanique est beaucoup plus rapide et plus parfait que le travail à la main.

A l'extrémité voisine de la lame, le manche est garni d'une virole V de consolidation (fig. 356). Cette virole est en maillechort ou en argent. Elle se fait, par étampage à froid, en deux pièces, que l'on soude ensemble et que l'on fixe ensuite au manche.

Pour monter la lame, on entre la soie dans le trou pratiqué suivant l'axe du manche, et on l'y consolide au moyen de matières résineuses. Souvent le trou, au lieu de s'arrêter à une petite distance de l'extrémité, va jusqu'au bout; la soie est alors un peu plus longue que le manche et on la rive sur une petite plaque : encastrée dans le bois.

Les détails dans lesquels nous sommes entré à propos de la coutellerie de table nous permettront d'être plus succinct dans la description des procédés employés pour la coutellerie fermante. Les moyens mécaniques n'ont pas encore une grande importance dans cette industrie, qui se pratique généralement à la main; on comprend en effet que la variété infinie des modèles est un obstacle à l'emploi des machines. Le forgeage, la trempe, l'émouillage, l'aiguisage et le polissage n'ont rien de particulier. Ces opérations sont faites au marteau, à la lime et à la meule; la fabrication des pièces qui composent le manche s'exécute aussi à la main.

Thiers est, comme nous l'avons dit, le centre le plus important de cette industrie. Les fabricants fournissent aux ouvriers les matières premières, soit brutes, soit ébauchées; l'un forge la lame, l'autre fait le ressort, celui-ci les platines, celui-là le manche, et d'autres sont chargés de la trempe et du recuit, de l'émouillage et du montage. Sauf quelques ateliers où les ouvriers sont réunis, chacun travaille séparément au milieu de sa famille, à raison d'un prix déterminé par grosse de pièces. (La grosse est de 12 douzaines.) La coutellerie de Thiers s'est beaucoup améliorée; outre la coutellerie commune, on y fait aussi des articles plus fins, qui peuvent rivaliser avec ceux de Nogent.

Nogent fabrique la coutellerie fine et demi-fine. Les ouvriers, dont le nombre dépasse 5000, sont disséminés dans soixante à quatre-vingts communes aux environs de Nogent. Chacun, après avoir acheté au détail les matières dont il a besoin, façonne lui-même les différentes pièces et les monte. Il vient ensuite, le dimanche, vendre à la ville le produit de son travail de la semaine. Nogent possède aussi quelques usines où sont réunis des ouvriers se livrant à la fabrication des couteaux et des ciseaux.

CHAUDRONNERIE

On comprend sous le nom de *chaudronnerie* le travail des métaux en feuilles, s'appliquant surtout à la confection de vases métalliques destinés à chauffer des liquides, soit dans l'économie domestique, soit dans la grande industrie. Nous distinguerons la grosse chaudronnerie, dont nous ne parlerons pas et qui s'occupe de la construction des cuves et des chaudières employées dans l'industrie, et la petite chaudronnerie, qui a particulièrement en vue la confection des vases servant à la cuisson des aliments. Elle peut s'appliquer au cuivre rouge, dont la malléabilité est assez

grande pour que le chaudronnier puisse lui donner par le martelage les formes les plus diverses, ou au fer pour la fabrication des objets en *fer battu*.

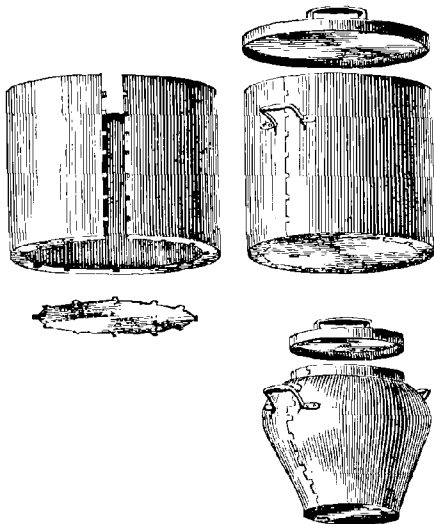


Fig. 358. — Fabrication d'une marmite.

L'opération la plus difficile dans la chaudronnerie de cuivre est celle de la *retreinte* ou *retreint*. Elle a pour but de façonner une concavité avec le marteau sans avoir recours à la soudure. On *emboutit* d'abord une plaque de cuivre, c'est-à-dire qu'en la martelant sur une de ses faces avec un marteau à tête ronde on force les bords à se relever peu à peu et la pièce à prendre une forme concave. Cet emboutissage ne peut se faire sans enlever au métal une partie de son élasticité; aussi est-on obligé de la lui rendre par le *recuit*, opération qui consiste à le faire rougir au feu et à le laisser en-

suite refroidir. On recuit autant de fois que cela est nécessaire. Lorsque la plaque a été suffisamment emboutie, on la pose par sa surface intérieure sur la bigorne ronde d'une enclume, et l'on frappe sur la face extérieure en la faisant tourner après chaque coup de marteau, jusqu'à ce qu'on ait donné au vase la forme cherchée.

Au lieu d'opérer comme nous venons de le dire, on peut assembler les diverses parties du vase et les souder ensemble. Par exemple, pour faire une marmite par cette méthode, on prend une bande de cuivre d'une longueur égale au contour de la marmite, on découpe ses extrémités de manière à leur donner une forme dentelée et on la replie cylindriquement en joignant les extrémités et en faisant pénétrer les dents de l'une d'elles dans les intervalles des dents de l'autre, et réciproquement

(fig. 358). Cela fait, à l'intérieur du cylindre et sur les joints, on met du borax mouillé et de la soudure formée d'un alliage de laiton et de zinc : on chauffe la pièce, la soudure fond, coule dans les interstices, et, en s'y solidifiant par le refroidissement, maintient unies les extrémités de la lame. On rapporte ensuite un fond circulaire par le même procédé.

La petite chaudronnerie s'exerce à peu près partout en France; mais les principaux centres de fabrication sont Villedieu (Manche) et Aurillac dans le Cantal. Paris fabrique, par des procédés mécaniques, certaines pièces de chaudronnerie, comme les moules destinés à donner à la pâtisserie, aux crèmes, etc., des formes plus ou moins régulières. Ces moules se font par emboutissage mécanique à l'aide de machines analogues à celles que nous allons décrire à propos des vases en fer battu.

USTENSILES DE MÉNAGE EN FER BATTU ÉTAMÉ

L'emploi du cuivre pour la fabrication des casseroles, chaudrons et autres vases destinés à la préparation de nos aliments a plusieurs inconvénients; son prix élevé et les dangers qu'il présente, quand il est mal étamé, ont beaucoup restreint l'usage des ustensiles en cuivre qui, dans un grand nombre de ménages, ont été remplacés par les vases en fer battu étamé. Ces derniers jouissent d'une grande solidité, et la modicité de leur prix les met à la portée de toutes les bourses.

La confection des vases en fer battu se fait à froid et de deux manières : par le martelage à la main, comme la chaudronnerie de cuivre, ou par des procédés mécaniques. Quel que soit le mode employé, on doit faire usage de tôles très malléables et de première qualité.

Le martelage à la main se pratique dans les Ardennes de la manière suivante. On prend la lame de tôle destinée à la fabrication du vase et on l'*emboutit* avec un marteau à tête ronde. Cette opération consiste à lui donner une forme concave en frappant sur la partie centrale d'une des faces de la lame, dont les bords se relèvent peu à peu en accusant de plus en plus la concavité. Lorsque l'emboutissage est assez avancé, on pose la concavité sur l'extrémité ronde d'une enclume et l'on frappe sur la face extérieure du métal jusqu'à ce qu'on ait atteint la forme cherchée. Les objets ainsi fabriqués sont ensuite munis de queues ou manches que l'on fixe avec un rivet, puis on les livre à l'étameur.

Les ustensiles en fer battu faits à la main ont l'inconvénient de présenter à leur surface des irrégularités provenant du travail du marteau, inconvénient qui est complètement évité dans la fabrication mécanique des mêmes objets.

C'est à MM. Japy, de Beaucourt, qu'on doit cette industrie, qui date de 1825 et a

pris une très grande importance. Nous allons en exposer les principaux détails.

A l'aide de cisailles on découpe d'abord dans des tôles d'excellente qualité, comme celles de la Franche-Comté, des disques circulaires destinés à être emboutis mécaniquement entre un mandrin et une matrice représentant l'un et l'autre la forme de l'objet. Le disque qui doit, par exemple, servir à la fabrication d'une casserole, est posé sur la matrice, et le mandrin, mû à la vapeur, venant s'abattre sur lui, le force à prendre la forme de cette matrice.

La tôle qui a subi l'emboutissage est devenue un peu cassante, elle a perdu sa souplesse et sa malléabilité primitives : on les lui rend par le *recuit*, opération qui consiste à chauffer les pièces embouties dans un four, et à les laisser ensuite refroidir lentement. La chaleur ayant déterminé à leur surface la formation d'une couche d'oxyde, on les décape avec soin en les plongeant dans des bains acidulés et en les frottant avec du sable.

Il faut ensuite procéder au *planage*, qui a pour but de faire disparaître les irrégularités superficielles, les plis formés pendant l'emboutissage. Pour cela, on monte la pièce sur un axe animé d'un mouvement de rotation très rapide, et pendant qu'elle tourne, on appuie sur sa surface des roulettes qui la rendent parfaitement lisse dans toutes ses parties. Les bords sont découpés et dressés par des outils spéciaux; enfin on perce les trous qui doivent recevoir les rivets servant à fixer le manche ou les anses des vases.

Certains ustensiles, comme les poêles à frire, sont polis à l'intérieur. Ce polissage se fait mécaniquement sur des tours à vapeur.

Les casseroles et les autres vases du même genre sont étamés par immersion dans trois bains successifs d'étain en fusion.

Les plateaux de limonadiers sont vernis à la main; chaque couche de vernis est séchée dans des étuves, puis on peint à leur surface les sujets les plus variés.

Enfin les vases destinés à contenir les liquides corrosifs sont recouverts d'émail inattaquable. A cet effet on applique d'abord une couche d'un liquide gommeux sur laquelle on saupoudre de l'émail réduit en poussière très fine. On sèche dans une étuve, l'émail reste fixé par la gomme, et l'on porte la pièce dans un four chauffé au rouge vif. A cette température la gomme brûle et la poussière d'émail se fond en formant un enduit inattaquable et continu à la surface du vase.

Les ustensiles en fer battu ne se fabriquent pas seulement à Beaucourt, mais aussi dans d'autres établissements de l'Est, à Plombières, par exemple.

Plombières a pour spécialité principale la fabrication des cuillers et fourchettes en fer battu, fabrication qui se fait de la manière suivante. On découpe dans de fortes tôles des bandes dont on élargit les extrémités en les aplatissant sous des laminoirs spéciaux; on recuit ensuite ces bandes, et par un emboutissage mécanique on leur donne la forme définitive qu'elles doivent avoir. Après avoir enlevé à la meule les bavures du métal, on étame et on polit.

CLOUTERIE

Les clous constituant un objet qui sert couramment à une foule d'usages, nous croyons devoir exposer ici les procédés principaux employés pour les fabriquer.

De temps immémorial on a fabriqué les clous à la main sur tous les points de la France, mais c'est surtout dans les pays producteurs du fer que cette industrie a dû se concentrer. Nous citerons le département des Ardennes, les villes de Valenciennes, Saint-Amand, Condé, Lille, dans le département du Nord; Saint-Chamond, Firminy, dans la Loire; la Mure et Yzeaux, dans l'Isère; Tinchebray et ses environs dans l'Orne; enfin le département de l'Ariège. L'invention des clous dits *pointes de Paris* ou *clous d'épingle* et les applications de plus en plus répandues des procédés mécaniques ont fait une concurrence redoutable à la clouterie à la main, mais elle n'en a pas moins conservé une importance réelle.

Les clous se font ordinairement avec du fer; nous en distinguerons quatre espèces : 1° les clous forgés; 2° les clous d'épingles ou pointes de Paris; 3° les clous découpés dans la tôle de fer; 4° les clous fondus.

Les *clous forgés* se font avec du fer en verge de bonne qualité. L'ouvrier cloutier a toujours un certain nombre de verges qu'il fait chauffer dans le feu d'une petite forge à la houille (fig. 359 et 360). Le soufflet de la forge des Ardennes est le plus souvent mis en mouvement par un chien qui, placé dans une roue creuse, marche à l'intérieur et lui imprime un mouvement de rotation qu'un mécanisme très simple communique au soufflet. Chaque ouvrier cloutier a ordinairement plusieurs chiens se succédant dans ce travail, qu'ils exécutent avec une grande docilité. Lorsque la verge est chauffée au blanc, l'ouvrier la prend, forge, sur l'enclume ou *place P*, l'extrémité chauffée, l'allonge, l'étire et la façonne en pointe. Puis, à l'aide d'un ciseau fixe *B* sur lequel il l'appuie, il en coupe une longueur suffisante pour faire un clou, sans cependant détacher le morceau entièrement de la verge, qui lui servira à tenir le clou pour le placer dans la *cloutière* et y façonner la tête.

La *cloutière* est une plaque de fer *C* située à l'extrémité de l'enclume et garnie sur sa face supérieure d'une table d'acier bien dressée; elle est percée d'un ou de plusieurs trous et doit avoir une épaisseur plus petite que la longueur du clou; les trous ne sont pas assez larges pour laisser passer facilement la partie supérieure du clou. Le cloutier place le clou dans le trou, la pointe en bas, et, par une pesée exercée sur la verge, la détache à l'endroit où a été donné le coup de ciseau; puis avec le marteau il rabat sur les bords du trou la partie de métal qui excède la *cloutière*, et façonne ainsi la tête.

Quand la tête doit être ronde, comme dans les clous à souliers, elle se fait par *étampage*, c'est-à-dire que l'ouvrier, armé d'une plaque d'acier nommée *étampe*,

présentant sur l'une de ses faces une cavité ayant la forme que doit avoir la tête, pose cette cavité sur la partie supérieure du clou, et, d'un coup de marteau frappé sur l'étampe, force le métal à prendre la forme de la cavité.

Lorsque le clou est fini, l'ouvrier, par un coup sec donné sur la pointe, le fait sauter hors de la cloutière et recommence l'opération.

Ce travail est en général exécuté avec une grande dextérité; un bon cloutier fait plusieurs clous par chaude et arrive à en fabriquer 15 et 20 par minute.

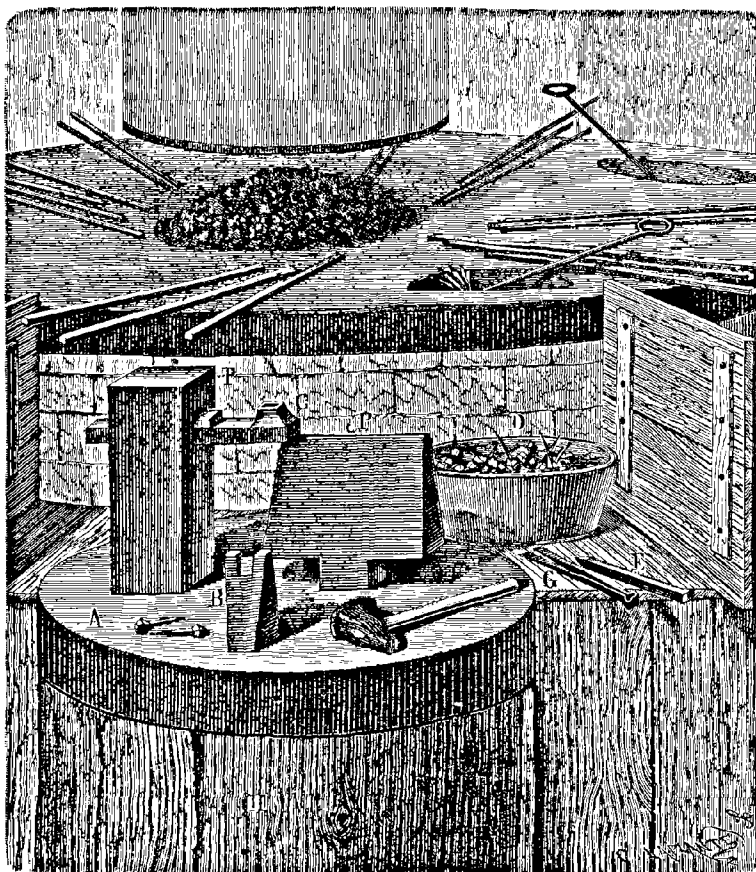


Fig. 359. — Outils du cloutier.

T. Tas ou pied d'étampe. — C. Cloutière (ou vulgairement clouière). — B. Ciseau. — E. Étampe.
P. Place. — D. Darbot. — A. Plaque. — G. Pince. — H. Billot.

A la sortie de la cloutière les clous sont jetés dans un vase de tôle D appelé *darbot*, que l'on voit sur la figure 359.

Les *clous d'épingles* ou *pointes de Paris* se font avec du fil de fer. Le travail se compose de trois opérations : 1° on coupe à la cisaille le fil métallique par bouts de 50 centimètres environ et on le dresse; 2° on appointe ces bouts à l'aide d'une meule de bois garnie sur sa circonférence d'une virole d'acier taillée en lime; la pointe étant faite, on découpe à la cisaille le morceau nécessaire à la confection d'un clou, puis on appointe de nouveau et l'on détache la matière d'un second clou,

et ainsi de suite; 3° on reprend enfin ces morceaux et l'on y façonne la tête du clou. A cet effet, l'ouvrier place le clou la tête en bas, entre les mâchoires d'un étai, en laissant sortir au-dessus d'elles assez de fer pour faire la tête. Ces mâchoires se ferment à vis à l'aide d'un levier que le cloutier manœuvre avec l'un de ses pieds; puis, de l'autre pied, il agit sur un marteau assez lourd suspendu au-dessus de l'étai et le laisse tomber de tout son poids. Le bout de fil de fer excédant les mâchoires s'aplatit et forme la tête du clou.

Ce procédé de fabrication est le plus souvent remplacé maintenant par d'ingé-

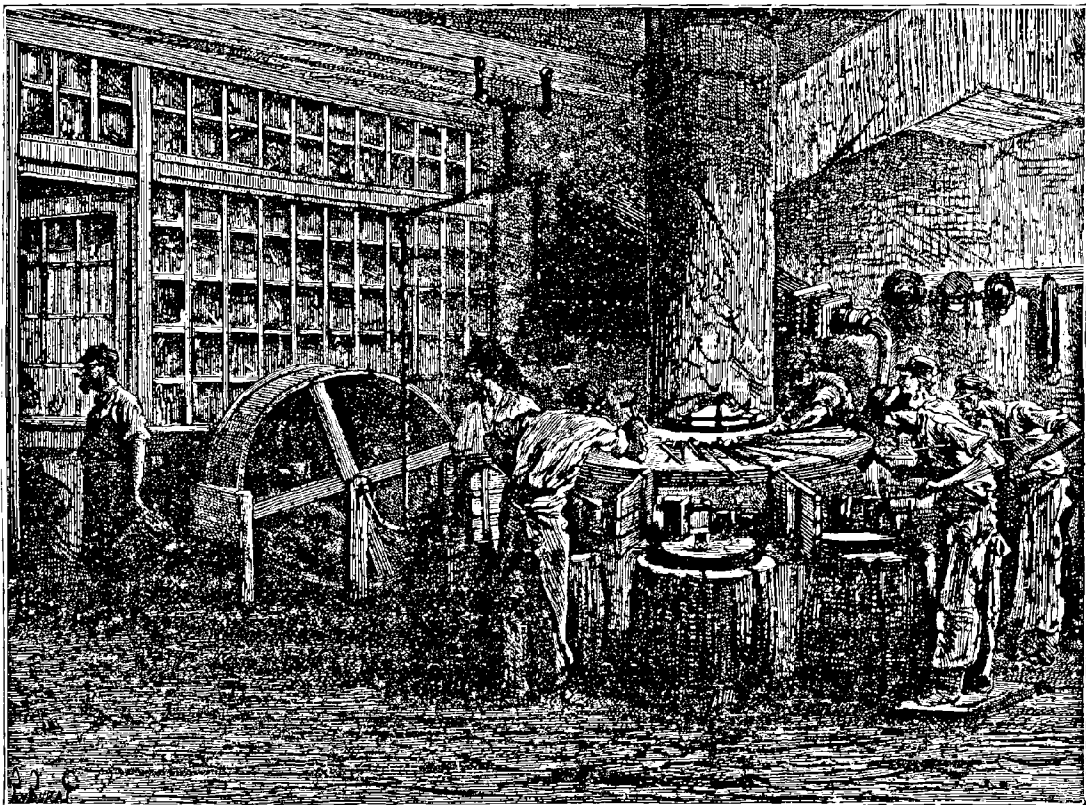


Fig. 360. — Intérieur d'une clouterie.

nieuses machines dont nous donnerons seulement le principe et qui sont analogues à celles que nous avons décrites à propos de la fabrication des épingles.

Le fil de fer est placé sur une espèce de dévidoir d'où il se déroule mécaniquement pour entrer dans une machine. A chaque tour d'une manivelle mue par la vapeur, le fil s'avance d'une quantité constante; dans ce mouvement, il vient présenter son extrémité à l'action d'un marteau mù mécaniquement et dans le sens horizontal; le choc de ce marteau forme la tête par refoulement du métal. Un autre mouvement amène le fil entre deux couteaux qui, le coupant sous un angle aigu, font la pointe du clou et le détachent.

Cette fabrication est très expéditive, et le prix de revient du clou fabriqué dépasse de fort peu le prix du fer qui a servi à sa fabrication.

Les *clous à souliers* ou *béquets* se font par quantités énormes dans la Moselle, les Vosges, le Doubs, le Jura et aussi dans les Ardennes, où un industriel de Charleville, M. Gailly fils, a installé un établissement important qui fabrique mécaniquement d'excellents clous à souliers. Le fer est employé à l'état de fil. La machine en diminue la grosseur à l'endroit qui doit former la tige, et laisse au contraire intacte la partie où la tête doit être prise; on obtient ainsi un clou à tige fine et à grosse tête, qui a le double avantage de ne pas déchirer le cuir et de préserver convenablement la semelle. Le même procédé et d'autres, qui s'en rapprochent plus ou moins, sont en usage dans les Vosges et en Franche-Comté.

On appelle *clous découpés* les clous fabriqués avec des bandelettes découpées dans la tôle de fer. La fabrication peut être faite à la main ou mécaniquement.

Quand on opère à la main, la tôle est divisée en petites bandelettes pointues de la longueur d'un clou; on saisit ensuite chacune d'elles dans un étau, en laissant sortir des mâchoires la partie destinée à faire la tête, qui se forme d'un seul coup par la chute d'un marteau.

La clouterie mécanique en tôle date de 1826, époque où elle a été importée d'Angleterre dans les Ardennes; elle s'y est développée graduellement, et aujourd'hui ce département compte des fabriques plus ou moins importantes, qui produisent annuellement plus de 4 millions de kilogrammes de petits clous dits *semences*, *bossettes*, *clous à ardoises*, *béquets*, etc. Grâce à l'invention d'une machine automatique, qui dirige la bandelette de tôle à découper et la retourne sans le secours de l'ouvrier, cette industrie peut maintenant lutter plus facilement avec la concurrence anglaise ou belge.

Une branche aussi florissante qu'intéressante de la clouterie mécanique en tôle est la *clouterie à chaud*, comprenant la fabrication des grands clous employés dans la construction : les clous à navire ou à bateaux, les clous à caisses, etc. La *clouterie à chaud* est d'origine américaine; elle fut importée d'abord en Angleterre, puis introduite en 1857 dans les Ardennes, où elle a pris une grande importance.

On prend le fer en barres plates de 2 millimètres et demi à 12 millimètres d'épaisseur, et on le découpe en bandelettes de longueur variant avec les dimensions des clous à obtenir. Ces bandelettes sont chauffées au rouge dans des fours à courant d'air forcé, puis portées à la machine, où se pratiquent trois opérations successives : le *découpage*, qui divise le fer en barrettes; le *laminage*, qui forme la lame du clou au moyen d'une molette en acier servant à allonger régulièrement le métal; enfin le *rabattage*, qui fabrique la tête par le choc d'un marteau. Une machine de ce genre donne de 20 000 à 50 000 clous en douze heures.

La fabrication des clous à cheval est un peu plus compliquée, à cause du renflement destiné à former la tête. Elle se fait aussi dans les Ardennes à l'aide de machines que nous ne décrirons pas.

Les clous fabriqués dans la tôle découpée n'ont jamais les arêtes bien nettes, celles-ci sont toujours plus ou moins rugueuses. Quand ils sont destinés aux

constructions, on a soin de leur laisser les aspérités qui augmentent l'adhérence du fer avec le bois; pour les autres clous, on les fait disparaître par l'ébarbage. Cette opération consiste à les mettre avec un peu de gravier dans des tonneaux auxquels on imprime un mouvement de rotation autour de leur axe. En roulant les uns sur les autres, les clous se polissent mutuellement.

Si l'on veut les blanchir, on les agite dans des tonneaux avec des rognures de cuir. On soumet quelquefois les clous à l'opération de la galvanisation, qui les recouvre d'une couche de zinc destinée à les protéger de l'oxydation. Il suffit pour cela de les plonger dans du zinc en fusion.

Les *clous fondus* se font avec de la fonte de fer. Ils sont d'un usage assez restreint et se fabriquent par coulage dans des moules.

Autrefois on obtenait aussi par la fonderie les *clous dorés pour tapisier*, qui étaient composés d'une tête hémisphérique creuse et d'une tige pointue. Ils avaient le caractère d'irrégularité des objets fondus, l'inconvénient de présenter d'une part des tiges peu résistantes, qui se cassaient lorsqu'on les implantait dans les meubles, d'autre part des têtes dont les bords à bavures coupantes pouvaient altérer les étoffes qu'ils pressaient. M. Carmoy est parvenu à éviter ces inconvénients par un procédé de fabrication qui consiste à faire la tête du clou à l'aide d'un disque de cuivre, de fer ou d'acier auquel on donne la forme voulue, et à y fixer ensuite une pointe de Paris.

Cette fabrication comprend trois opérations principales : un découpage et deux étampages. S'il s'agit de clous à tête en cuivre dont la tête hémisphérique doit avoir une épaisseur d'environ un quart de millimètre, M. Carmoy fait découper, dans une planche de cuivre d'un millimètre d'épaisseur, de petits disques circulaires ou *flans*; puis, à l'aide d'une matrice présentant une rigole annulaire dans la région centrale, il exerce sur eux une forte pression qui aplatit le disque et force le métal à entrer dans la rigole. On comprend qu'à la suite de ce premier étampage, le disque circulaire est transformé en une pièce dont les bords sont plats et dont le centre présente une saillie creuse (fig. 361).

Cette pièce *f* est ensuite placée sur le bord d'une matrice *m* ayant la forme

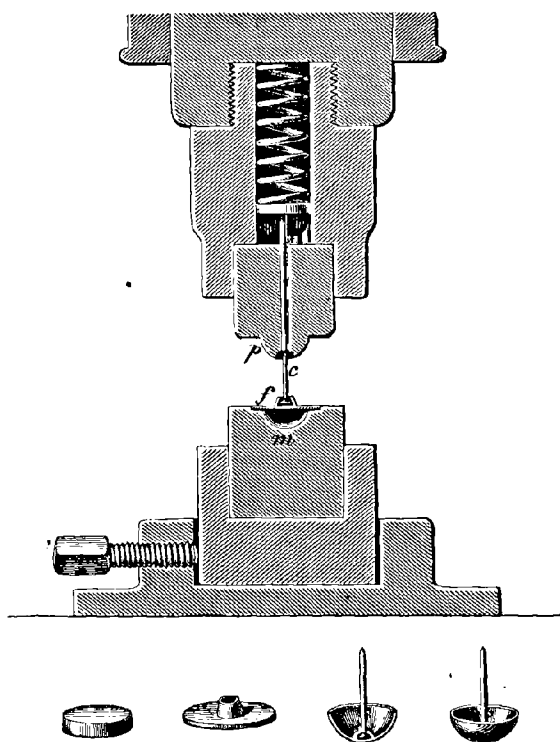


Fig. 361. — Flan. Flan étampé. Clou fabriqué.

Fabrication des clous de tapisier.

hémisphérique que l'on veut donner à la tête du clou; dans la saillie creuse qui surmonte le flanc, on pose, verticalement et la tête en bas, une pointe de Paris *c*. Au-dessus de la matrice se trouve un poinçon convexe *p* qui a extérieurement la forme que doit avoir intérieurement la tête du clou et qui présente, suivant son axe, un canal cylindrique dans lequel pourra se loger la pointe de Paris. Avec une force suffisante on fait descendre le poinçon, qui, en appuyant sur le flan, le force à entrer dans la matrice et à en prendre la forme; en même temps, il rabat les bords de la saillie circulaire sur la tête de la pointe de Paris, qui se trouve ainsi sertie et fixée solidement à la demi-sphère. Ajoutons que, pendant que le poinçon étampe le clou, la pointe est maintenue en place par un ressort à boudin que représente la figure.

Tel est le principe de cette fabrication : pour que cette invention devint pratique, il était nécessaire d'avoir un appareil qui se chargeât d'exécuter avec rapidité et précision les opérations que nous venons de décrire. C'est ce qu'a fait M. Colas, de Belleville, inventeur d'une ingénieuse machine qui met les disques en position sur les matrices, pose les pointes de Paris, étampe et enlève le clou fabriqué pour faire place à un autre. Cette machine fabrique 20 000 clous par jour, tandis que le travail à la main en produit au plus 6 000.

Nous citerons aussi, sans la décrire, une machine inventée par M. Dubreuil, qui diffère de la précédente en ce qu'elle prépare simultanément les deux parties du clou, la tête en cuivre et la pointe en fer. Elle peut faire 45 000 clous par jour.

CHAPITRE XXIII

INDUSTRIES DE L'ÉCLAIRAGE

Parmi les industries qui s'occupent de rendre nos habitations plus commodes et plus confortables, nous devons appeler l'attention sur celles qui, pendant l'hiver, nous préservent du froid, et sur celles qui, pendant la nuit, nous fournissent la lumière. Les premières ne sont pas, à vrai dire, des industries manufacturières; elles mettent seulement en place des appareils de chauffage qui leur sont livrés par les industries préparatoires et, en particulier, par la fonderie. Nous les laisserons de côté : les différents procédés de chauffage sont du reste étudiés dans la plupart des traités de physique. Quant aux industries qui nous procurent les moyens d'éclairage et, en nous permettant de vaquer pendant la nuit à nos occupations, augmentent la durée de la vie active, qui chez les peuples non civilisés cesse dès que le soleil disparaît à l'horizon, ce sont, à vrai dire, des industries manufacturières transformant la matière pour la faire servir à nos besoins : à ce titre, leur description doit trouver place ici.

Chez les anciens et chez les peuples sauvages, les procédés d'éclairage étaient tout primitifs : des torches de bois résineux, la cire, des lampes à l'huile d'une construction grossière servirent d'abord à l'éclairage. Les Indiens, les habitants de la haute Asie, les Égyptiens, les Hébreux, les Romains et les Grecs ont fait usage de lampes, dont nous possédons encore de nombreux modèles. Aujourd'hui la lampe modérateur est le plus généralement employée : elle se compose, comme chacun sait, d'un réservoir dans lequel se met l'huile; un ressort à boudin, que l'on tend à l'aide d'une clef engrenant avec une crémaillère, porte à sa partie inférieure un piston plein qui appuie sur l'huile et la fait monter dans la mèche à mesure que le ressort se détend.

L'usage des huiles de pétrole pour l'éclairage privé a pris depuis quelques années un développement considérable. On se sert à cet effet de lampes de modèles différents, mais qui reviennent toutes à un réservoir renfermant le liquide combustible. Dans ce liquide plonge une mèche en tissu de coton, qui va du réservoir au bec et dans laquelle le liquide s'élève par capillarité, sans qu'on soit obligé de faire intervenir l'action d'un piston compresseur, comme dans la lampe modérateur. Le pétrole a sur l'huile ordinaire l'avantage d'être d'un emploi plus propre, de donner une très belle lumière, de ne pas exiger le coupage quotidien de la mèche :

mais les lampes au pétrole sont, au point de vue de l'inflammabilité, d'un usage plus dangereux et elles ont l'inconvénient de donner beaucoup de chaleur.

On se sert aussi, pour l'éclairage privé, de bougies stéariques, que nous décrirons plus loin; l'usage des chandelles de suif est aujourd'hui de peu d'importance.

Quant à l'éclairage public, Paris n'en connut les avantages qu'à partir du xiv^e siècle. Dès la chute du jour, grâce à l'obscurité qui enveloppait la ville, les voleurs et les assassins s'y donnaient libre carrière. Philippe le Long, par une ordonnance datée de janvier 1318, « enjoignit au greffier du Châtelet de veiller à ce qu'une chandelle fût entretenue pendant la nuit auprès de la porte du palais de ce tribunal, afin de déjouer les entreprises des malfaiteurs, qui se perpétrèrent jusque sur la place alors la plus fréquentée de Paris ». C'est là l'origine de l'éclairage public à Paris. En 1558 les vols étaient si nombreux que le Parlement, cédant aux plaintes des habitants, ordonna de placer des falots au coin de chaque rue depuis dix heures du soir jusqu'à quatre heures du matin. Sous Henri IV, une ordonnance de police prescrivit en 1594 d'installer des lanternes dans les différents quartiers de la ville. Malgré tous ces efforts, Paris n'était encore éclairé que d'une manière insuffisante; les vols et les meurtres y étaient fréquents. On rentrait chez soi à neuf heures du soir et ceux qui n'avaient pas moyen de se faire précéder par des valets armés de lanternes ne sortaient pas après le coucher du soleil. En 1662, l'abbé Laudati Caraffe obtenait de Louis XIV des lettres patentes qui lui concédaient à perpétuité le privilège d'organiser un corps de porte-lanternes chargés de conduire et d'éclairer pendant la nuit, moyennant un salaire, ceux qui voudraient circuler dans la ville. Plus tard La Reynie, qui fut nommé en 1667 lieutenant général de la police, organisait l'installation de lanternes d'éclairage. Mme de Sévigné, dans une lettre datée du 4 décembre 1673, fait allusion à ce mode d'éclairage des rues. « Nous trouvâmes plaisant, écrit-elle à sa fille, d'aller ramener Mme Scarron au fond du faubourg Saint-Germain, fort au delà de Mme de la Fayette, quasi auprès de Vaugirard, dans la campagne. Nous revînmes gaie-ment à la faveur des lanternes et dans la sûreté des voleurs. » En 1745 l'abbé Mathérot de Prégney et Bourgeois de Châteauneuf inventaient ce qu'on a appelé depuis des réverbères. Les lanternes usitées jusque-là étaient petites et renfermaient une chandelle qui éclairait mal et que le vent éteignait souvent. Ils obtinrent des lettres patentes, qui leur concédaient le privilège d'établir des lanternes où la chandelle était remplacée par une lampe à huile derrière laquelle était une plaque de fer-blanc polie destinée à refléter la lumière. En 1774, M. Lenoir, lieutenant général de la police, généralisait ce mode d'éclairage. En 1780, Paris comptait 1200 réverbères; en 1784, M. Lenoir en faisait installer sur les boulevards, sur la route de Paris à Versailles et à la porte des maisons habitées par les commissaires de police, ce qui valut au commissaire Baliverne le quatrain suivant :

Le commissaire Baliverne,
Aux dépens de qui chacun rit,
N'a de brillant que sa lanterne
Et de sombre que son esprit.

Les frais de l'éclairage des rues étaient supportés par les propriétaires.

L'usage des réverbères se répandit peu à peu et ces appareils reçurent différents perfectionnements. En 1835, l'entreprise de l'éclairage à Paris était mise en adjudication et l'on comptait 5 446 réverbères, renfermant 12 695 becs : les uns étaient allumés chaque nuit, les autres n'étaient pas allumés à l'époque où la lune brillait.

Au système des réverbères succéda l'éclairage au gaz, dont nous parlerons bientôt, et il est facile de prévoir que celui-ci sera lui-même remplacé dans un avenir prochain par l'éclairage électrique, aux débuts duquel nous assistons depuis quelques années.

FABRICATION DES BOUGIES STÉARIQUES

L'usage des chandelles de suif a été presque exclusivement remplacé par celui des bougies stéariques, dont l'invention est due à Gay-Lussac et à M. Chevreul (1825), et que l'on fabrique avec les acides gras extraits des corps gras neutres, comme les suifs. Ces acides ont un point de fusion supérieur à celui des matières d'où ils proviennent et, à ce titre, sont d'un emploi plus avantageux pour l'éclairage. Les bonnes bougies stéariques fondent à 55°,5 et donnent une lumière plus belle que celle des chandelles; leur mèche se consume d'elle-même, sans qu'on soit obligé de la couper, comme cela arrive pour les chandelles; enfin elles ne répandent pas d'odeur en brûlant.

Les principaux centres de fabrication des bougies sont Marseille, Saint-Denis, Paris, Lyon, Lille, Amiens, Arras et Elbeuf.

Pour bien comprendre les procédés employés à la fabrication des bougies stéariques il est nécessaire de se rappeler que les corps gras neutres (suifs, graisses, huile de palme) sont des mélanges de stéarine, de margarine et d'oléine, que la stéarine et la margarine sont des combinaisons solides d'une substance liquide, appelée *glycérine*, avec des acides gras solides, les acides stéarique et margarique, et que l'oléine est une combinaison liquide de glycérine avec un acide liquide appelé acide oléique. La substance qui constitue les bougies étant un mélange d'acides stéarique et margarique, il suffira pour l'obtenir de séparer les trois acides gras de leur combinaison avec la glycérine, ce qui se fera par une opération nommée *saponification*, puis de séparer l'acide oléique par une pression qui sera exercée sur le mélange et fournira la substance même de la bougie.

Parmi les procédés que l'on a successivement employés pour la saponification, nous en citerons deux qui sont pratiqués aujourd'hui d'une manière presque exclusive.

Le procédé de M. de Milly par *saponification calcaire* consiste à chauffer le corps sous pression de vapeur avec de l'eau et de la chaux. L'opération se fait dans une chaudière autoclave, que représente la figure 362. Le corps gras fondu (suif, graisses ou huile de palme), l'eau et le lait de chaux arrivent par le tuyau de charge F, la vapeur par le tuyau B. On opère sous une pression de 8 kilogrammes et avec une quantité de chaux très faible, 4 à 5 pour 100 environ. La chaux se combine d'abord avec une certaine quantité d'acides gras, et fait un savon calcaire en éliminant la glycérine : puis l'eau et la vapeur décomposent ce savon, mettent son acide gras en liberté et régénèrent la chaux qui reproduit la réaction sur une nouvelle quantité de corps gras, et ainsi de suite. Au bout de huit heures on laisse tomber la

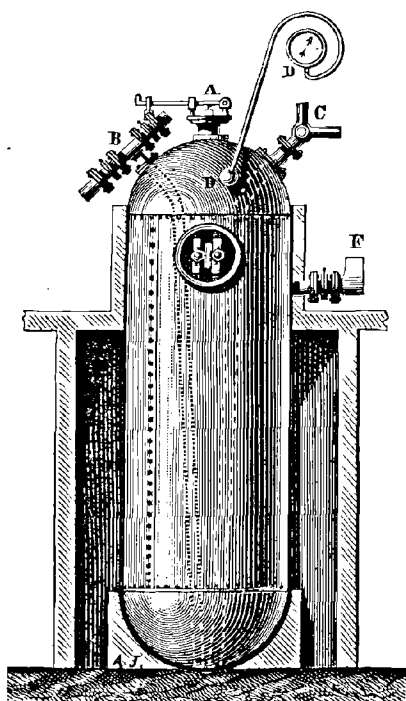


Fig. 362. — Chaudière autoclave de M. de Milly.

température à 130 degrés et l'on obtient le dernier savon calcaire formé, qui est disséminé dans les acides gras produits dans le cours de l'opération. L'eau et la glycérine vont, à l'état liquide, au fond de la chaudière, où arrive un tube muni d'un robinet C. Dès qu'on ouvre le robinet C, la pression de la vapeur chasse au dehors le liquide, qui est recueilli à part; après lui sortent le savon et les acides gras sous forme de masse pâteuse, que l'on envoie dans des réservoirs, où on la mélange avec une petite quantité d'acide sulfurique. Celui-ci s'empare de la chaux du savon calcaire pour former avec elle du sulfate de chaux insoluble, qui va former au fond des réservoirs un dépôt solide au-dessus duquel surnagent les acides gras, que l'on purifiera ensuite par distillation.

Le second procédé de fabrication des acides gras est le procédé par saponification sulfurique. Voici en quoi il consiste. On chauffe le corps gras en présence d'eau et d'acide sulfurique : sous cette influence la glycérine se sépare des acides gras.

Les acides gras fournis par l'un des deux procédés précédents sont purifiés par distillation. A cet effet ils sont envoyés dans des chaudières B (fig. 363), où ils sont soumis à l'action d'un courant de vapeur d'eau, qui a été surchauffée dans un foyer séparé, où circule un serpentин AA parcouru par la vapeur arrivant en V. Les acides gras distillent et vont se condenser dans un système C, C, C, de tubes en U. Ces tubes sont eux-mêmes entourés d'autres tubes concentriques au premier. Dans l'intervalle annulaire laissé entre les deux systèmes de tubes circule de l'eau qui arrive froide en O et sort chaude en S. Sous son influence les acides gras se condensent et s'écoulent dans les réservoirs D. Les flèches que l'on voit sur la figure indiquent la double circulation des acides gras et de l'eau.

Il s'agit maintenant de transformer en bougies les acides gras obtenus. Ils subissent d'abord des lavages à l'eau qui leur enlèvent l'acide sulfurique qu'ils ont retenu.

Ainsi purifiés, les acides sont coulés dans des moules en fer-blanc, superposés de telle sorte que l'excès de liquide qui arrive dans chacun d'eux puisse se déverser dans le moule inférieur. On abandonne la matière dans ces moules, où elle cristallise.

La matière solide ainsi obtenue se compose d'acides margarique et stéarique, qui sont solides, et d'acide oléique liquide, qui est disséminé au milieu des précédents. On sépare ce dernier par deux pressurages, faits le premier à froid, le second à chaud.

Le pressurage à froid s'exécute par des presses hydrauliques verticales (fig. 564).

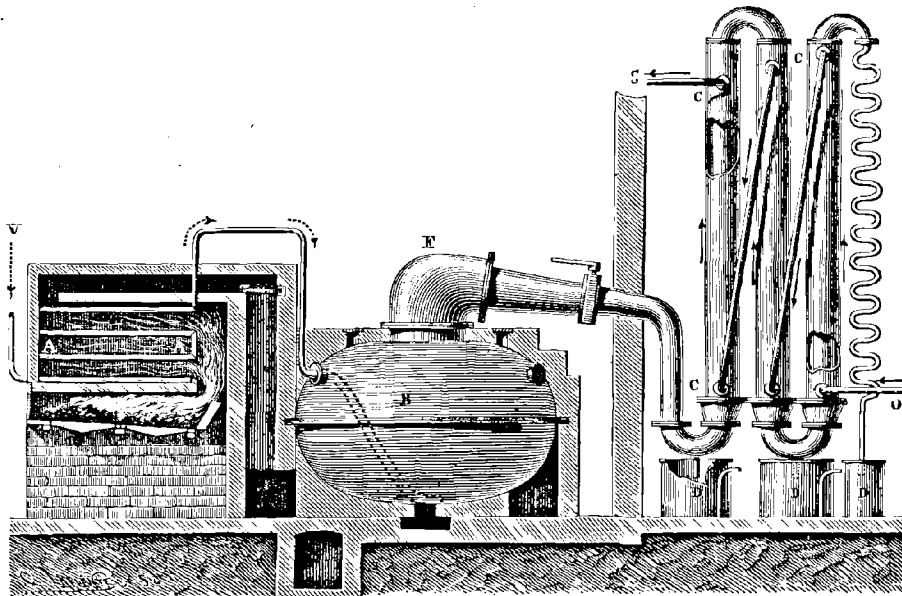


Fig. 565. — Distillation des acides gras.

Chaque pain est enfermé dans un sac de laine appelé *malfil*. Les sacs sont empilés les uns au-dessus des autres et séparés de distance en distance par des plaques métalliques destinées à régulariser la pression et munies sur leurs bords de rigoles qui recueillent l'acide oléique et le conduisent dans des tuyaux verticaux.

Lorsque au bout de cinq à six heures la presse verticale a épuisé son action, les malfils sont vidés et les pains, après avoir été mis dans des sacs de crin nommés *étreindelles*, sont soumis au pressurage à chaud. On se sert pour cela d'une presse hydraulique horizontale : l'eau arrive en E (fig. 565) dans le cylindre C et agit sur la tige T, qui presse les étreindelles disposées entre des plaques creuses I; ces plaques sont portées à une température de 55 degrés au plus par la vapeur qui circule autour d'elles, ou arrive à leur intérieur par le robinet V et les tuyaux t t. L'acide oléique s'écoule, entraînant avec lui une certaine quantité d'acide stéarique, et, après l'opération, on trouve dans chaque étreindelle un pain sec et dur d'acides

stéarique et margarique. L'acide oléique, au sortir de la presse à chaud, se rend dans de vastes réservoirs souterrains, où il laisse déposer par le refroidissement les acides solides qu'il a entraînés et qu'on soumet à un nouveau pressurage.

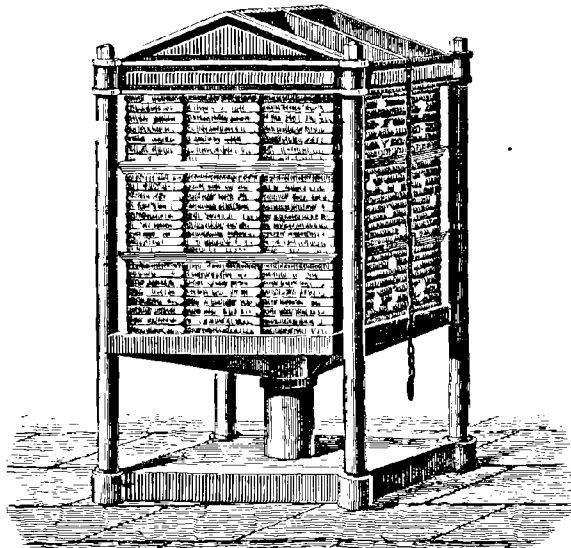


Fig. 364. — Fabrication des bougies : pressurage à froid.

L'admirable découverte de Chevreul et de Gay-Lussac fut entravée dans la pratique par les inconvénients que présentait la mèche de coton ordinaire, qui absorbait une trop grande quantité de matière grasse. M. Cambacérés eut l'idée d'y substituer une mèche que l'on fait en nattant trois fils de coton; mais sa combustion incomplète laissait un résidu charbonneux qui contrariait l'ascension des corps gras, ou qui, en tombant dans le godet formé par la fusion à la partie supérieure de la bougie, liquéfiait trop rapidement la matière et la faisait couler. Pour remédier à cet inconvénient, M. de Milly a imaginé d'imprégner la mèche d'acide borique, qui en vitrifie les cendres et produit à son extrémité une petite perle vitreuse et lourde; celle-ci, couchant la mèche en dehors de la flamme, lui permet de brûler complètement et rend inutile l'opération du mouchage.

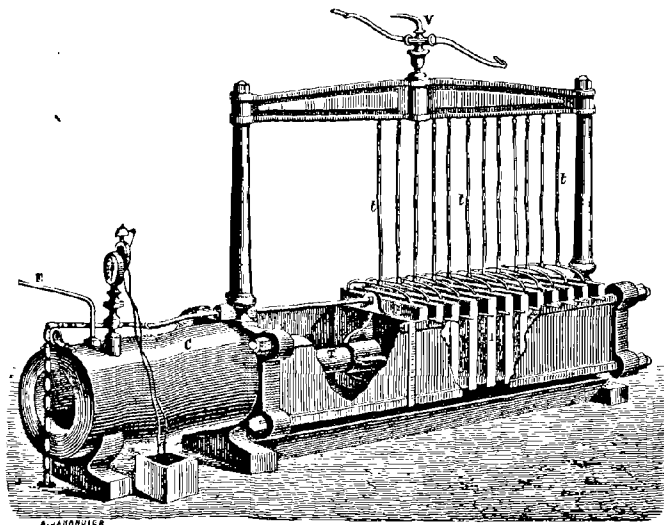


Fig. 365. — Fabrication des bougies : pressurage à chaud.

Dans les grandes usines, le moulage se fait, d'une manière très expéditive, au moyen de la machine que nous allons décrire et qui est due à M. Cahouet. Les moules sont disposés par groupe de seize dans une grande caisse en tôle, que l'on peut chauffer à l'aide du tuyau V (fig. 365), qui amène de la vapeur, ou refroidir par le tuyau T, qui amène un courant d'air froid lancé par une machine soufflante. Au-dessous de cette caisse est une autre caisse *bb*, où les mèches sont enroulées sur des bobines; à chaque moule correspond une bobine. Les mèches,

sortant de la caisse inférieure, se rendent dans la caisse supérieure, et chacune d'elles, après avoir traversé un moule suivant son axe, est pincée à sa partie supé-

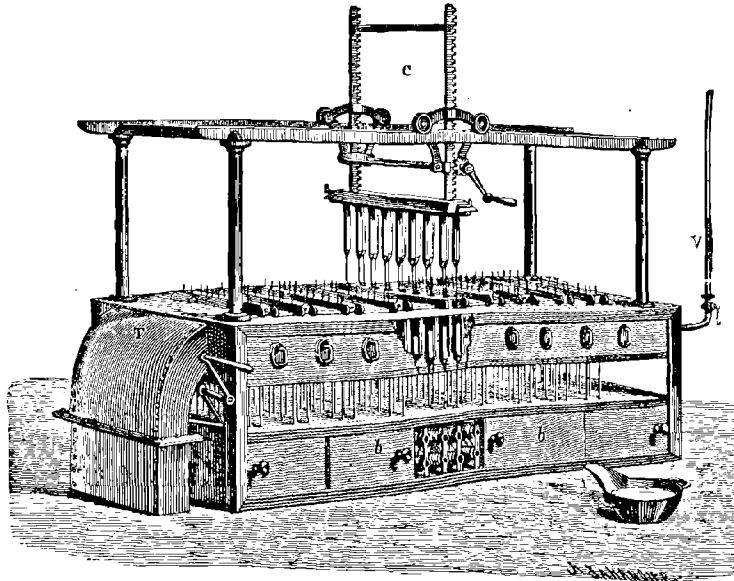


Fig. 366. — Appareil pour le moulage des bougies.

rieure par une plaque que peut soulever une double crémaillère C. La caisse supé-

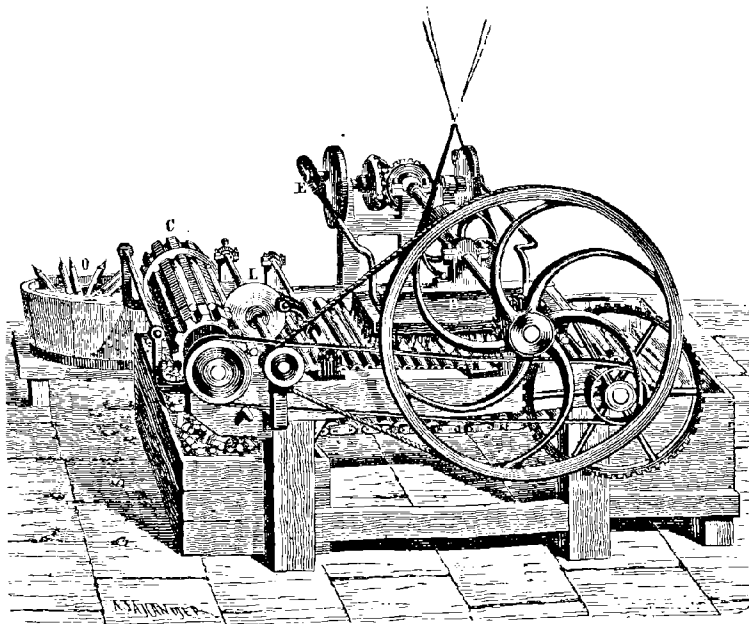


Fig. 367. — Machine à rogner et à polir les bougies.

rieure étant chauffée par la vapeur, on coule dans un groupe les acides gras fondus à part; un courant d'air froid refroidit ensuite les moules, les acides se solidifient.

et l'on détache à la fois les seize bougies d'un groupe. Pour cela, on amène au-dessus de lui la crémaillère C, avec laquelle on soulève les plaques qui pincent les seize mèches; les bougies sortent des moules et s'élèvent; la mèche, se déroulant de chaque bobine, les suit dans leur ascension et se trouve disposée pour une opération suivante dans l'axe du moule. On coupe alors la mèche et on enlève les bougies.

Il ne reste plus qu'à les rogner et les polir. On se sert à cet effet d'une machine que représente la figure 367. Les bougies sont ensuite posées sur des roues cannelées C, qui les présentent à une scie circulaire L chargée de les couper à la longueur voulue. Pour faciliter le rognage, on chauffe la scie en la faisant passer à frottement entre deux morceaux de liège. Les bougies tombent de là sur une table, où elles sont polies par une brosse B animée d'un mouvement de va-et-vient. Elles cheminent sur cette table sous l'action de la brosse et arrivent à l'extrémité, prêtes à être livrées à la consommation.

GAZ DE L'ÉCLAIRAGE

C'est à la fin du siècle dernier que remonte l'invention de l'éclairage au gaz. Les premiers essais furent faits par Lebon, ingénieur français, né vers 1765, qui, dans un appareil appelé *thermolampe*, distillait du bois et de la houille et produisait, en même temps que le gaz destiné à éclairer les appartements, la chaleur propre à les chauffer. L'opinion publique accueillit avec indifférence les essais de Lebon, qui furent repris en Angleterre par Murdoch. En 1798, Murdoch établit un appareil d'éclairage au gaz dans les manufactures de James Watt, près de Birmingham. En 1805 ce genre d'éclairage était définitivement adopté en Angleterre. En 1812, Winsor fonda une compagnie pour l'éclairage de Londres; il vint à Paris en 1816 et, en 1817, y éclaira le passage des Panoramas, le Palais-Royal, le Luxembourg et le pourtour de l'Odéon.

En 1820, le gouvernement fit établir, sous la direction de Pauwels, une usine destinée à l'éclairage du Palais du Luxembourg et du théâtre de l'Odéon. Cette usine fonctionna jusqu'en 1853, époque où elle fut supprimée. Peu de temps après, Pauwels fondait deux grandes usines; MM. Manby et Wilson en fondaient une autre. Cinq autres établissements importants furent successivement formés par diverses compagnies, et en 1855 un traité fut passé à Paris entre le préfet de la Seine et les diverses compagnies, dont la fusion en une seule fut exigée. Le prix du mètre cube fut fixé à 0 fr. 15 pour la ville et à 0 fr. 50 pour les particuliers. La ville perçoit en outre un droit de 0 fr. 02 par mètre cube pour tenir lieu des droits d'octroi qui ne sont pas payés par la compagnie sur la houille employée à la fabrication. Aujourd'hui les usines de la Compagnie parisienne sont

au nombre de douze, qui en 1889 ont produit 312 258 070 mètres cubes de gaz.

Les substances organiques qui peuvent, par leur distillation, fournir un gaz propre à l'éclairage, sont assez nombreuses; mais la houille est certainement la

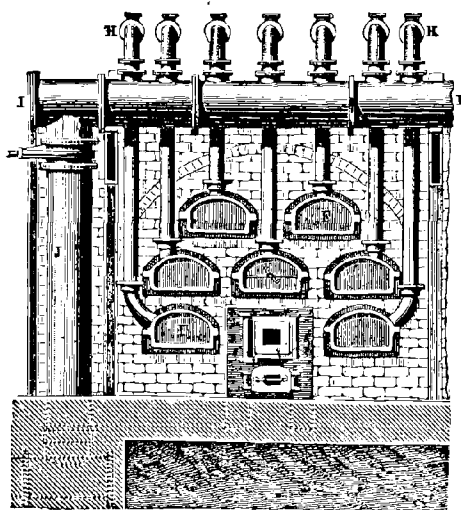


Fig. 368. — Four à gaz.

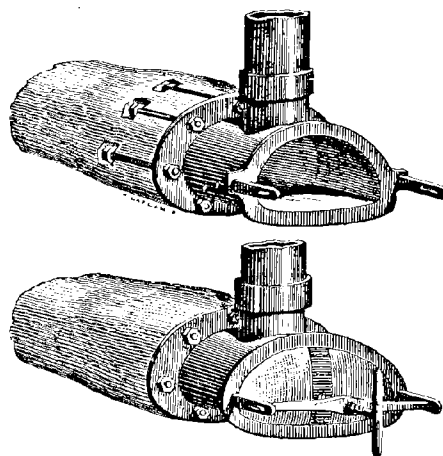


Fig. 369. — Cornues à gaz.

plus avantageuse; car elle donne non seulement du gaz, mais encore du coke, dont la valeur est à peu près égale à la moitié de la sienne, du goudron et des sels ammoniacaux que l'industrie utilise.

Distillée en vase clos, la houille donne un volume considérable de gaz hydrogènes carbonés, hydrogène, azote, oxyde de carbone, acide sulfhydrique, du sulfure de carbone, du sulfhydrate d'ammoniaque, etc. On s'expliquera la production de ces divers corps en remarquant que la houille renferme, outre son carbone, de l'oxygène, de l'hydrogène, une faible portion d'azote et du soufre provenant des pyrites qu'elle contient.

Les houilles grasses à longue flamme sont les plus propres à la fabrication du gaz de l'éclairage. On admet, en général, que 100 kilogrammes de houille produisent 25 mètres cubes de gaz, mais le mélange des substances employées par les usines à gaz bien dirigées fournit un rendement supérieur. La moyenne peut s'élever à 28 et même à 29 mètres cubes, le gaz obtenu satisfaisant d'ailleurs aux conditions exigées pour le pouvoir éclairant moyen¹.

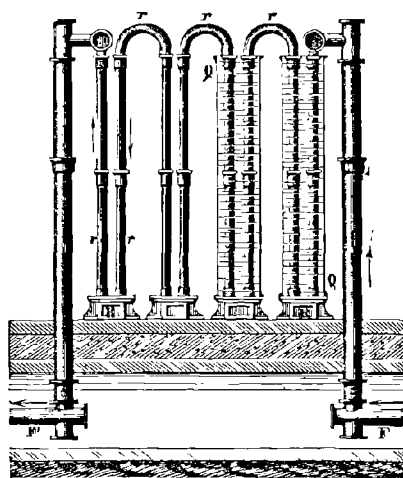


Fig. 370. — Épuration du gaz, jeu d'orgue.

1. Ces conditions sont les suivantes : pendant qu'une lampe Carcel, consommant à l'heure

La fabrication du gaz de l'éclairage comprend trois phases distinctes : 1° la distillation de la houille; 2° l'épuration physique du gaz; 3° l'épuration chimique.

Pour la distillation, la houille est chargée dans des cornues en terre réfractaire F (fig. 368 et 369) que l'on dispose par batteries dans des fours adossés deux à deux. Elles peuvent être fermées par un obturateur que l'on fixe à l'aide d'étriers (fig. 369) et communiquant par un tube vertical avec un cylindre HE appelé *barillet*. Ces cornues sont portées au rouge vif au moment où l'ouvrier les emplit :

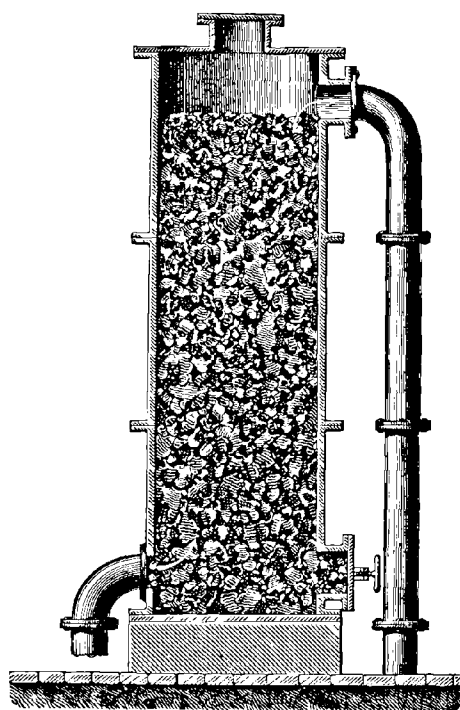


Fig. 571. — Colonne à coke.

les premières portions de charbon qu'on y jette distillent immédiatement et les remplissent de gaz; aussi, lorsque l'ouvrier pose l'obturateur, l'air est chassé et il n'y a plus à craindre de mélange détonant. A la sortie des cornues, tous les produits de la distillation se rendent par les tubes verticaux H dans le barillet qui court le long des fours et qui est à moitié rempli d'eau. Chaque tube plonge dans l'eau, de sorte que chaque cornue est séparée par cette eau du reste de l'appareil; et, si l'une d'elles venait à se briser, le gaz contenu au delà du barillet ne pourrait s'enflammer, ni se mélanger à l'air. Le barillet a, de plus, l'avantage de condenser déjà une certaine quantité d'eau, de goudron, etc.

Depuis quelques années, la Compagnie parisienne a introduit dans quelques-unes de ses usines l'usage des fours Siemens.

Pour éviter que, par suite de causes diverses, le gaz n'atteigne dans les cornues une pression qui pourrait s'élever jusqu'à 20 centimètres et occasionnerait des fuites considérables par les parois de ces cornues,

le gaz y est aspiré par des machines, parmi lesquelles nous citerons l'*aspirateur Pauwels*. Ces aspirateurs le lancent dans la série des appareils qu'il doit traverser avant de se rendre au gazomètre. La diminution de pression empêche que la formation de graphite soit aussi abondante dans les cornues.

Le gaz est ensuite conduit par le tuyau F (fig. 370) dans des réfrigérants, où la plupart des matières liquéfiables se condensent par le refroidissement. Ces appareils, désignés sous le nom de *jeu d'orgue*, se composent d'une série de tubes r, r, r, en U renversés et qui sont fixés sur le couvercle de caisses en fonte. Le gaz est forcé de passer d'une série dans l'autre et y abandonne de l'eau ammoniacale

42 grammes d'huile de colza épurée, brûle 10 grammes d'huile, un bec d'Argand (système Bengel) doit produire le même pouvoir éclairant en ne brûlant que 25 litres de gaz et 25 lit. 5 au maximum. Le pouvoir éclairant du gaz est mesuré dans des bureaux d'essai (à Paris et dans quelques villes de province) à l'aide d'appareils construits par M. Deleuil sur les indications de Dumas et Regnault.

et des goudrons. On voit en Q Q des bâches pleines d'eau qui, pendant l'été, servent à refroidir les derniers tuyaux. Dans certaines usines, à Saint-Mandé par exemple, la réfrigération est faite d'une autre manière.

L'opération physique se complète à travers une colonne remplie de coke (fig. 371) sur lequel coule un filet d'eau acidulée, provenant d'une opération précédente : cette eau condense l'ammoniaque du gaz et commence l'épuration chimique, qui a pour but de le débarrasser de l'acide sulfhydrique, du carbonate d'ammoniaque et du sulfhydrate d'ammoniaque. Cette épuration se fait dans des caisses que représentent les figures 372 et 373 dans lesquelles on met

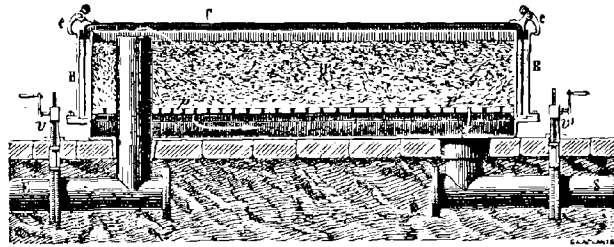


Fig. 372. — Caisse d'épuration.

soit de la chaux, soit un mélange de sesquioxyde de fer et de sulfate de chaux.

A la sortie des caisses d'épuration, le gaz arrive par le tube A B C (fig. 374) dans un gazomètre, ou appareil formé par une cloche en tôle renversée sur l'eau d'un réservoir. Le tube est articulé en A, B, C et permet à la cloche de se soulever à mesure que le gaz arrive : le poids de la cloche, en pesant sur lui, le force à s'échapper par un tube semblable, qui communique avec les tuyaux en fonte ou en tôle étamée chargés de le distribuer dans les différents quartiers de la ville.

La longueur totale des conduites de gaz placées sous les voies publiques à Paris est de plus de deux millions de mètres. Ces tuyaux sont eux-mêmes en communication avec des tuyaux de plus petit diamètre qui distribuent le gaz soit dans nos rues aux appareils d'éclairage public,

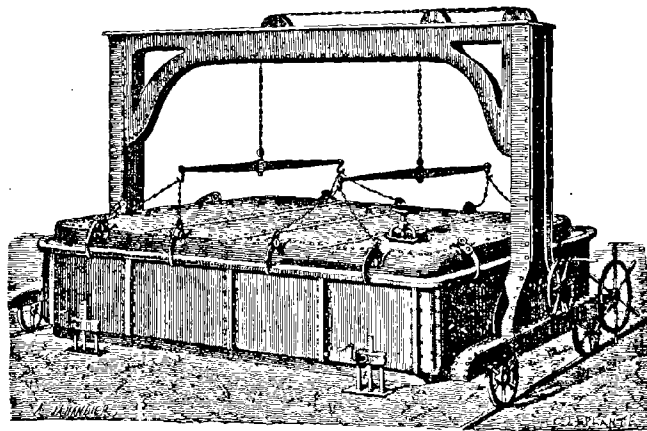


Fig. 373. — Caisse d'épuration.

soit dans nos maisons aux appareils destinés à éclairer nos appartements.

Les appareils d'éclairage public sont des colonnes en fonte placées sur le bord des trottoirs ou contre les maisons ; à leur partie supérieure se trouve un bec fendu. Le gaz sort par la fente et donne une flamme, en contact avec l'air par ses deux faces et présentant une large surface éclairante (fig. 375). Le bec est entouré d'une lanterne en verre destinée à protéger la flamme contre les courants d'air. Les becs de cette espèce consomment 140 litres de gaz à l'heure, et ont un pouvoir éclairant égal à celui d'une carcel et 1/10.

Depuis un certain nombre d'années on a mis en expérience, pour l'éclairage des rues, des brûleurs différents qui produisent une plus grande quantité de lumière.

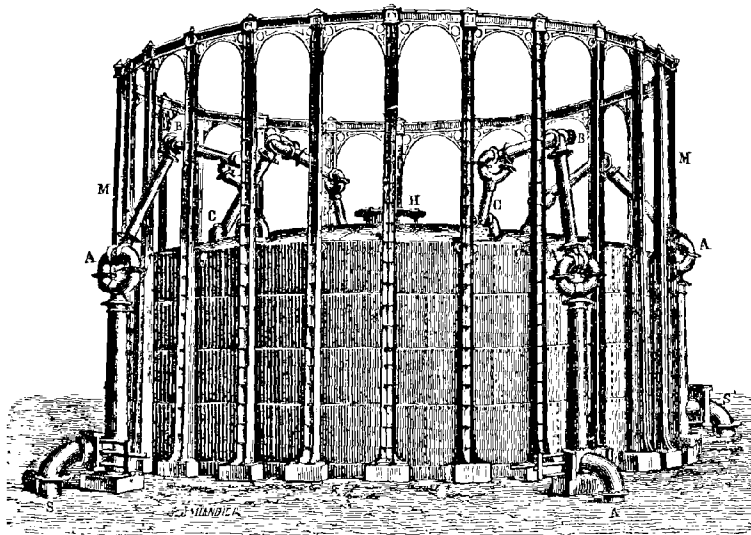


Fig. 374. — Gazomètre.

Parmi eux se place en première ligne l'appareil qui a été installé dès 1878 dans la rue du Quatre-Septembre, à Paris, et qui fonctionne actuellement dans un certain nombre de carrefours. Cet appareil se compose de six brûleurs tubulaires disposés

en couronne et donnant des flammes qui se réunissent en une flamme unique. Il y en a maintenant plus de 1500 fonctionnant à la surface de Paris : les uns consomment 1400 litres de gaz à l'heure, les autres 875 litres. Ces becs, pour un volume de 1 mètre cube de gaz consommé, donnent un éclairage égal à celui de 9,5 carrels, tandis que le bec à fente, pour une même consommation, ne donne que l'éclairage de 7,8 carrels.

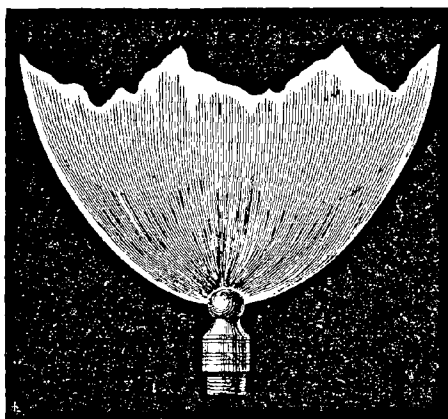


Fig. 375. — Bec fendu.

On a essayé d'autres appareils donnant plus de lumière encore et ayant pour principe commun d'employer la chaleur produite par la flamme à échauffer l'air des-

tiné à alimenter la combustion. Mais, malgré les excellents résultats donnés au point de vue de la quantité de lumière fournie, on a dû y renoncer, à cause de la détérioration subie par les appareils sous l'influence de la chaleur développée.

Pour l'éclairage de nos appartements on emploie en général des becs Bengel (fig. 376 et 377). Le gaz arrive en se bifurquant dans deux conduits *i i*, et gagne des trous *o o* disposés en cercle, de manière à donner une flamme cylindrique et annu-

laire. L'air destiné à alimenter la combustion pénètre par les trous d'un panier P; une partie se rend dans un tuyau central *a* et alimente la surface interne de la

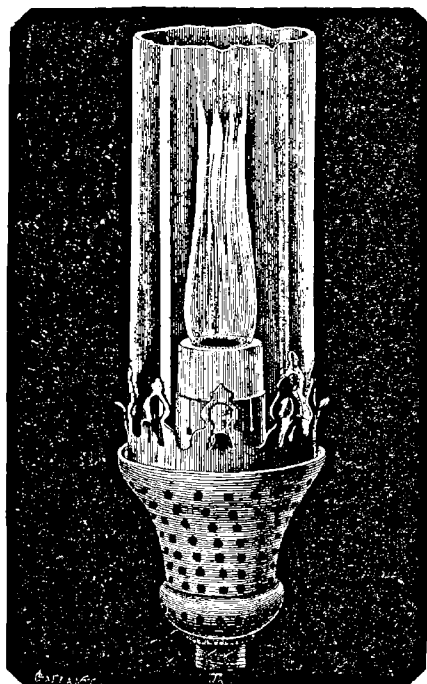


Fig. 376. — Bec Benger.

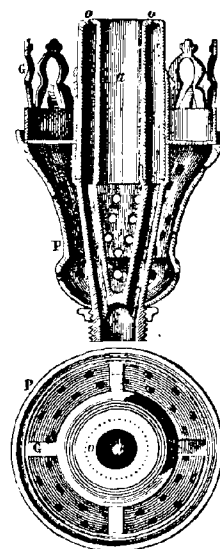


Fig. 377. — Coupe du bec Benger.

flamme annulaire; une autre partie, sortant par des trous disposés circulairement autour du bec, circule entre le verre et la surface extérieure de la flamme.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

Nous ne pouvons prétendre traiter ici d'une manière complète la question de l'éclairage électrique : elle exigerait des développements scientifique est industriels qui nous entraîneraient en dehors des limites de ce livre. Nous nous bornerons à exposer des notions très sommaires de physique, qui suffiront à faire comprendre les parties essentielles de l'éclairage électrique, et nous montrerons les moyens principaux employés aujourd'hui par les ingénieurs électriciens pour résoudre cet important problème.

Lorsque dans un vase renfermant de l'eau acidulée d'acide sulfurique on plonge une lame de cuivre C (fig. 378) et une lame de zinc Z portant à son extrémité extérieure au liquide un fil de cuivre M, C se charge de ce qu'on a appelé de l'électricité

positive, et le fil de cuivre d'électricité négative. Ces deux électricités tendent à se porter l'une vers l'autre, pour s'unir et refaire du fluide neutre. On dit alors qu'il s'est établi entre C et le fil de cuivre une différence de *niveau électrique* ou de *potentiel*. Au bout de peu de temps cette différence est devenue constante et constitue ce qu'on désigne sous le nom de *force électro-motrice* de l'appareil. Les deux électricités ne se recombinaient pas, parce qu'elles en sont empêchées par la couche d'air inter-

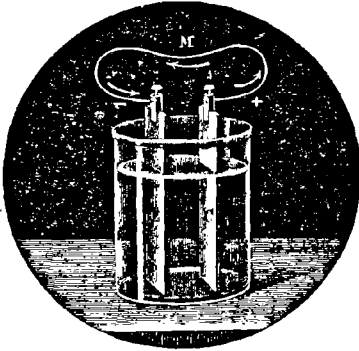


Fig. 378. — élément voltaïque.

posée, qui ne laisse pas facilement circuler l'électricité. Mais si l'on vient, comme le représente la figure, à mettre en contact la lame de cuivre et le fil, un chemin se trouve ouvert, et les deux électricités se recombinaient; aussitôt des phénomènes chimiques se produisent entre le zinc, l'eau et l'acide sulfurique, il se forme de l'hydrogène, qui se dégage contre la lame de cuivre C et en Z du sulfate de zinc qui se dissout. Ces phénomènes chimiques ont pour effet de rétablir constamment la différence de niveau électrique entre la lame de cuivre C, qu'on appelle *pôle positif*, et la lame de zinc Z, qu'on appelle *pôle négatif*. Tant qu'il y aura dans le vase du zinc,

de l'eau et de l'acide sulfurique, les choses se passeront ainsi et il y aura entre C et Z une double circulation d'électricité : c'est ce qu'on appelle un *courant électrique*, et l'appareil est désigné sous le nom de *couple* ou *d'élément voltaïque*. Pour simplifier le langage on a l'habitude de ne considérer que le mouvement de l'électricité positive allant extérieurement de la lame de cuivre, qui est le *pôle positif*, à la lame de zinc Z, qui est le *pôle négatif*. Les choses se passent comme entre deux

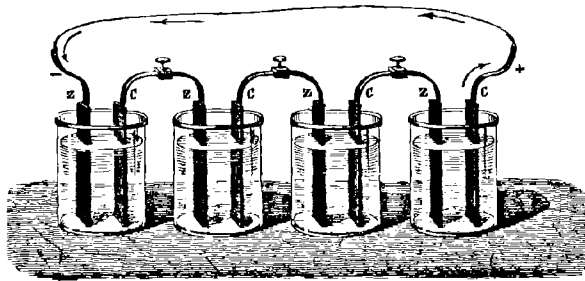


Fig. 379. — Pile voltaïque.

réservoirs contenant un liquide à des niveaux différents. Dès qu'on les met en communication par un tube, le liquide va, à travers le tube, du réservoir à niveau plus élevé vers le réservoir à niveau moins élevé et cela jusqu'à ce qu'il y ait égalité de niveau.

Supposons maintenant un certain nombre d'éléments semblables et réunissons le cuivre du premier

et le zinc du second (fig. 379), le cuivre du second au zinc du troisième, et ainsi de suite jusqu'au dernier; enfin réunissons par un fil de cuivre le cuivre resté libre dans le dernier au zinc libre du premier, nous aurons un courant qui ira du cuivre au zinc dans le fil. La différence qui existera entre cet appareil, qu'on appelle une *pile électrique*, et l'élément voltaïque, c'est que la différence du niveau électrique sera plus grande, sensiblement proportionnelle au nombre des éléments. Il en sera de même de la quantité d'électricité qui, en une seconde, circulera dans le

fil. Cette quantité d'électricité s'appelle l'*intensité* du courant et s'évalue avec une unité qu'on appelle un *ampère*, tandis que la différence de niveau s'évalue avec une unité appelée *volt*.

Tels sont les principes sur lesquels s'appuyait Volta à la fin du siècle dernier pour construire l'admirable instrument qu'on a appelé *pile de Volta* et qui depuis un siècle a été le point de départ des nombreuses applications de l'électricité.

Nous avons supposé dans ce qui précède que le courant conservait la même intensité, tant qu'il y avait dans la pile de l'eau, du zinc et de l'acide sulfurique non encore transformés en sulfate de zinc. En réalité il n'en est pas ainsi. L'hydrogène qui se dégage contre la

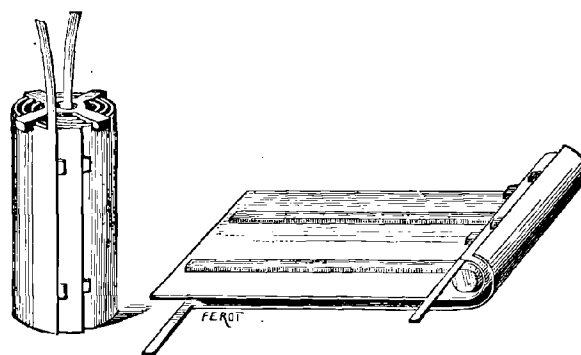


Fig. 380. — Élément d'accumulateur.

lame de cuivre change les conditions de l'instrument : il se produit une force électro-motrice inverse; un courant de sens inverse s'établit et diminue l'intensité du courant primaire. Au bout d'un certain temps l'instrument cesse de fonctionner parce que les extrémités de la pile se sont polarisées. Ce phénomène est désigné sous le nom de *polarisation des électrodes*.

Aussi a-t-on inventé des piles, dites à *courant constant*, dans lesquelles on introduit des substances capables d'empêcher le dégagement d'hydrogène et par suite la polarisation. Telles sont les piles de Daniell, de Bunsen, de Marié Davy, de Leclanché, etc.

Le phénomène de la polarisation des électrodes a été le point de départ d'une heureuse invention, celle des piles secondaires et des accumulateurs, qui est due à Gaston Planté.

Supposons qu'on enroule l'une sur l'autre et cylindriquement deux lames de plomb en les séparant par des bandes de caoutchouc (fig. 380); plaçons ensuite le cylindre ainsi obtenu dans de l'eau acidulée et réunissons l'une des lames au pôle positif d'une pile, l'autre au pôle négatif. Le courant va traverser l'eau acidulée et la décomposera, l'hydrogène de cette eau se rendra sur l'une des lames de plomb, son oxygène sur l'autre, qu'elle oxydera. Sur cette dernière se formera une couche de peroxyde

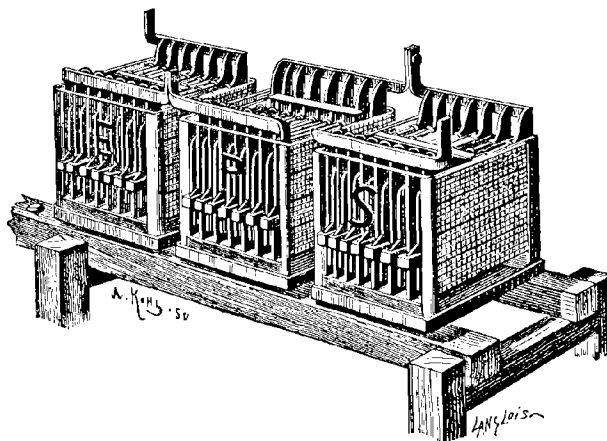


Fig. 381. — Accumulateur électrique.

de plomb. Quand nous aurons fait passer le courant pendant un certain temps, les deux lames de plomb se seront polarisées. Supprimons la pile et réunissons les deux lames extérieurement par un fil de cuivre : il sera traversé par un courant de *sens inverse* au premier et l'électricité dépensée par la pile sera régénérée par l'instrument. Si l'on conçoit plusieurs instruments de ce genre et qu'on les réunisse, comme on le fait pour les éléments d'une pile, on aura un *accumulateur électrique* (fig. 381), que l'on peut considérer comme un réservoir d'électricité, capable d'être transporté plus facilement que la pile. Quand ce réservoir fonctionnera, les phénomènes chimiques inverses se produiront, il s'épuisera et il faudra le charger à nouveau.

Nous ajouterons que lorsqu'on réunit les éléments d'une pile ou d'un accumulateur, on peut opérer autrement que nous ne l'avons fait. Au lieu de réunir le pôle positif d'un élément au pôle négatif du suivant, ce que l'on appelle association en *série* ou en *tension*, on peut réunir tous les pôles positifs ensemble, et tous les pôles négatifs ensemble, on aura alors une association en *surface* ou en *quantité*. On emploie l'un ou l'autre mode suivant les cas.

Remarquons aussi que l'accumulateur sert à transformer un courant de faible force électromotrice et de grande intensité en un courant de haute force électromotrice, et de faible intensité, ce qui peut avoir de grands avantages suivant les cas.

Dans la pratique on emploie des lames de plomb plates et l'on commence par les recouvrir d'une couche d'oxyde de plomb.

Nous avons expliqué, dans ce qui précède, ce que c'est qu'un courant électrique, et nous avons vu que les piles électriques sont des sources de courants. Disons tout de suite comment on peut les appliquer à produire de la lumière.

Quand on fait passer un courant à travers un fil, ce fil s'échauffe et peut même devenir *lumineux*. C'est ce qui arrive dans les appareils que nous étudierons bientôt sous le nom de *lampes à incandescence*. Si l'on réunit les deux pôles d'une pile (fig. 382) à deux morceaux de charbon électriquement isolés l'un de l'autre, et qu'on les réunisse, le courant les traverse; mais si on les éloigne progressivement, un arc lumineux d'une grande intensité jaillit de l'un à l'autre, c'est l'arc *voltaïque*, utilisé dans tous les appareils d'éclairage électrique à *arc*. Pendant que l'arc jaillit, il y a transport de particules de charbon d'un pôle à l'autre, combustion du charbon, si bien que la distance des charbons va en augmentant et qu'au bout de peu de temps elle est devenue assez grande pour que l'arc n'ait plus la force de traverser la couche d'air interposée, il s'éteint. Si l'on pouvait rapprocher à la main les deux charbons à mesure qu'ils se consomment, l'arc ne s'éteindrait pas. Mais cela n'est pas pratique : pour maintenir constante la distance des charbons, on a inventé des appareils appelés *régulateurs*, qui produisent *automatiquement* ce rapprochement.

Nous voici donc en possession de ce qui peut produire l'éclairage électrique. Mais nous sommes loin encore d'une réalisation pratique. L'éclairage électrique par le courant des piles serait trop coûteux, parce que les piles ne peuvent produire

d'énergie électrique qu'à condition d'user les substances qui entrent dans leur construction, substances qui sont en général trop chères pour que le courant des piles puisse se prêter à des applications industrielles. Il a donc fallu tourner la difficulté. Le problème serait résolu, si l'on pouvait produire un courant en brûlant de la houille, comme on produit du gaz d'éclairage en la distillant. Directement cela

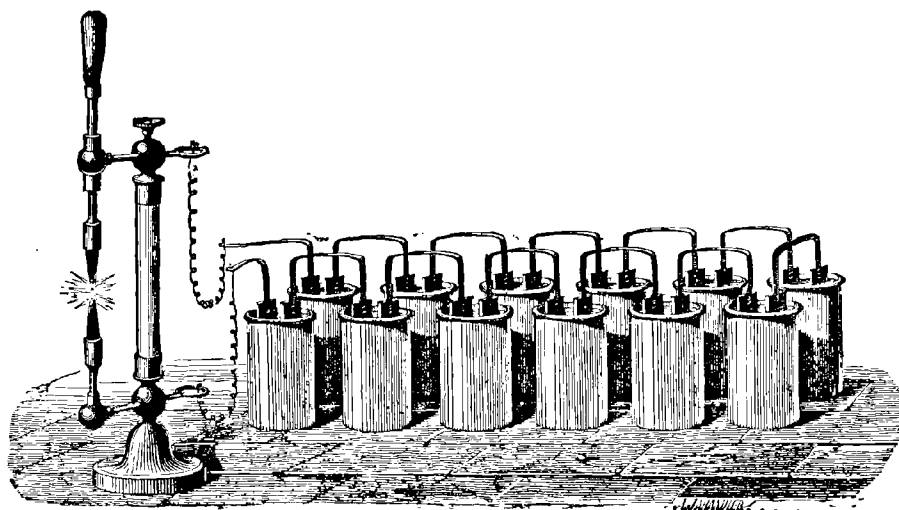


Fig. 382. — Arc voltaïque.

est impossible, indirectement cela devient possible, comme nous allons le faire voir.

Tout le monde sait ce qu'est un aimant : c'est un barreau d'acier auquel on a donné la propriété d'attirer le fer; cette propriété est concentrée en deux points extrêmes appelés les *pôles* de l'aimant (fig. 383).

Ils ont des propriétés inverses : si l'on suspend un barreau aimanté sur un pivot vertical (fig. 384), il prend en un lieu donné une direction fixe, l'une de ses extrémités se dirige vers le nord, c'est le *pôle nord*, l'autre se dirige vers le sud, c'est le *pôle sud*. Ces pôles exercent autour d'eux des actions attractives sur les parcelles de limaille de fer qui pourraient être soumises à leur action. On peut le prouver de la manière suivante. Plaçons un barreau aimanté sur une table, au-dessus de lui une feuille de papier, et avec un tamis saupoudrons de la limaille de fer; nous verrons la limaille se disposer suivant des lignes (fig. 385) dont chaque élément indique la direction de la force au point où se trouve l'élément. Ces lignes sont appelées des *lignes de force*, et la partie de l'espace où elles se trouvent, est celle où l'aimant exerce des actions, c'est le *champ magnétique de l'aimant*. Plus il y a de lignes de force passant par une surface déterminée, plus la force exercée par l'aimant sur cette surface est considérable.

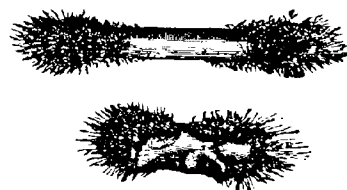


Fig. 383. — Aimants attirant la limaille de fer.

Cela posé, admettons que nous transportions une spire de cuivre dans ce champ,

l'expérience prouve qu'il se produira un courant dans cette spire : ce courant est produit par les forces magnétiques qu'exerce l'aimant. Plus en un temps donné la spire traverse de lignes de force, plus il y aura d'électricité produite. On a donc intérêt à augmenter la vitesse de la spire et à lui faire parcourir la partie du champ

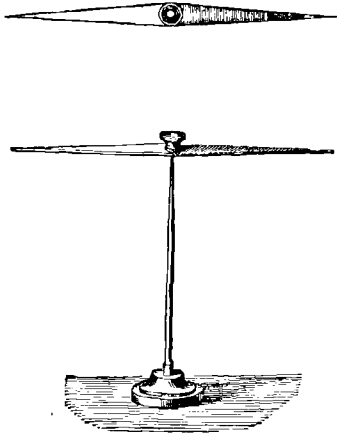


Fig. 38 — Aiguille aimantée.

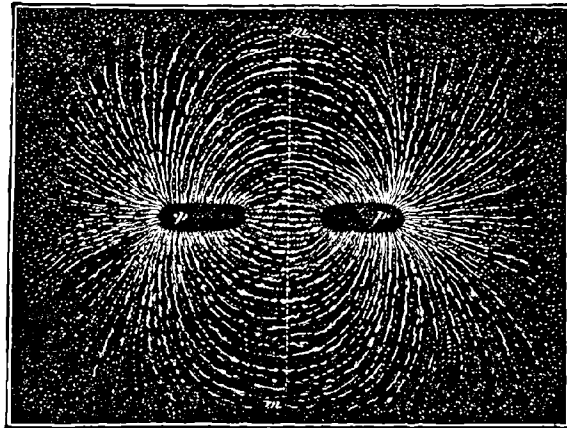


Fig. 385. — Lignes de force d'un champ magnétique.

où il y a le plus de lignes de force. La spire est appelée *l'induit*, l'aimant est appelé *l'inducteur*.

On comprend que les effets seraient les mêmes si, au lieu de promener la spire dans le champ, on laissait la spire fixe et qu'on promenât l'aimant; car dans ce dernier cas l'aimant transporterait avec lui ses lignes de force, qui viendraient successivement rencontrer la spire.

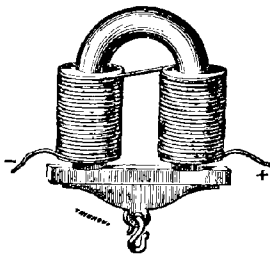


Fig. 386. — Electro-aimant.

Dans la pratique, au lieu d'une spire on en emploie un grand nombre formé par l'enroulement d'un fil de cuivre sur des bobines reliées entre elles; au lieu d'aimants ordinaires on emploie des électro-aimants, qui sont composés d'un barreau de fer (fig. 386) replié en fer à cheval et entouré à ses extrémités de deux bobines reliées entre elles. Si l'on fait traverser ces bobines par un courant, le morceau de fer doux devient un aimant puissant tant que passe le courant.

Tels sont les principes sur lesquels repose le jeu des machines destinées à produire des courants capables eux-mêmes de produire de la lumière. On les appelle machines d'induction *magnéto-électriques*.

Il est facile de voir qu'elles résolvent le problème que nous nous étions posé : *produire un courant en brûlant de la houille*. Car le déplacement de l'induit ou de l'inducteur sera produit par une machine à vapeur consommant elle-même de la houille. On aura simplement transformé l'énergie calorifique de la houille en énergie électrique, qui se transformera elle-même dans l'appareil d'éclairage en énergie lumineuse. On aura réalisé une fois de plus l'application d'un grand principe, qui domine

aujourd'hui les sciences et que l'on appelle le principe de la *conservation de l'énergie*.

Nous ne pouvons entrer ici dans la description et dans l'étude des machines d'induction : elles sont de formes très variées et appartiennent à deux types principaux : les unes sont à *courant continu*, c'est-à-dire qu'elles donnent un courant de même sens pendant un tour complet de l'inducteur ou de l'induit ; les autres sont à *courants alternatifs*, c'est-à-dire qu'à chaque demi-tour de l'inducteur ou de l'induit le courant change de sens.

La première machine industrielle qui ait donné des courants continus est celle de Gramme. Elle se compose d'un fort aimant en fer à cheval NS (fig. 587). Dans les branches de cet aimant peut tourner un anneau AB en fer doux M entouré de bobines reliées les unes aux autres et en même temps à un organe central et cylindrique appelé *collecteur*, contre lequel frottent deux balais qui servent de points de départ et de retour du courant. Dans la figure 588 on voit l'anneau entouré d'une spirale qui représente les bobines, en C le collecteur, en B, B les balais qui sont réunis au conduit extérieur R ; les lignes pointillées représentent les lignes de force déterminées par les pôles N et S de l'aimant. La présence de l'anneau modifie la direction des lignes de force, qui sont d'autant plus nombreuses qu'elles sont plus près des pôles N et S. Des courants se créent dans les spires, vont au collecteur et sont recueillis par le balai, qui les emmène dans le circuit extérieur R. Telle fut la première machine : aujourd'hui l'aimant est remplacé par des électro-aimants que l'on voit horizontaux sur la figure 589, verticaux sur la figure 590.

L'aimantation des électro-aimants est entretenue soit par une petite machine Gramme spéciale qu'on appelle *excitatrice*, soit par une partie du courant induit dérivée vers les électro-aimants. Dans ce cas la machine s'amorce au début par le magnétisme qui reste toujours dans le fer doux après arrêt. Parmi les machines à

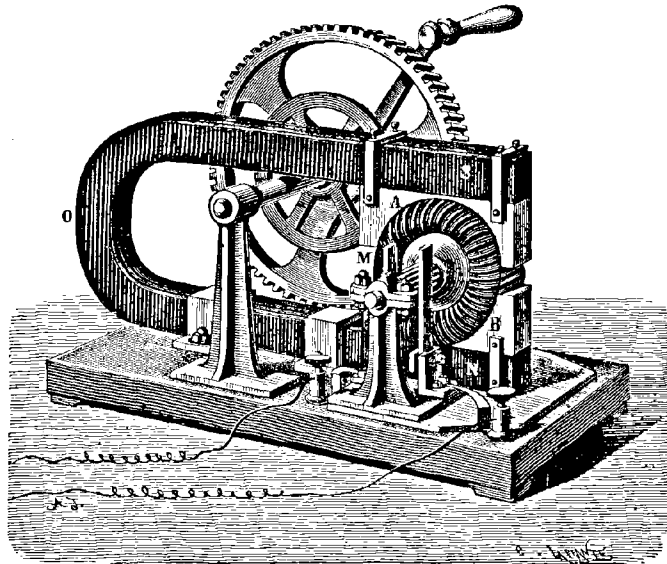


Fig. 587. — Machine de Gramme.

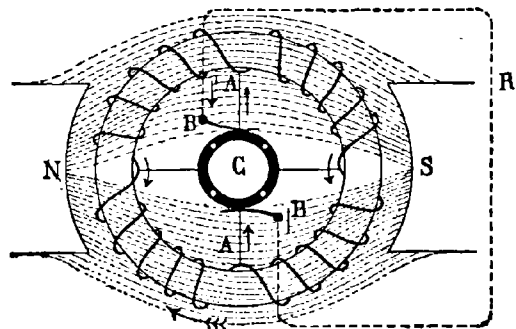


Fig. 588. — Anneau de Gramme.

courant continu nous citerons les machines Edison, Lontin, Siemens, Crompton, Manchester. Dans ce genre de machines se trouve un certain nombre de modèles

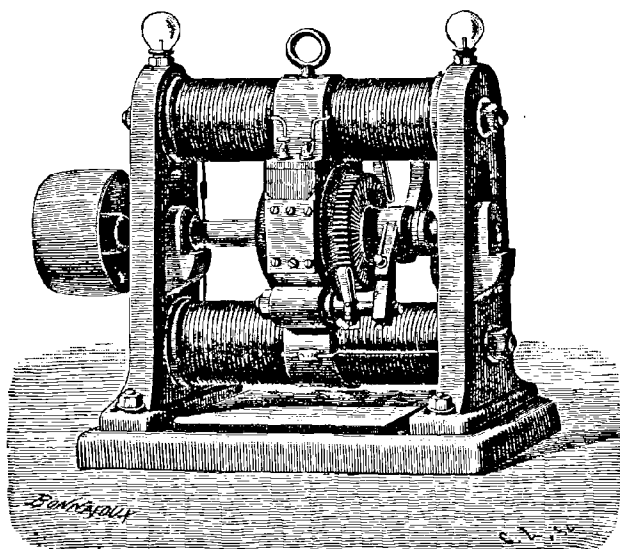


Fig. 389. — Machine de Gramme.

appelés machines *multipolaires*, parcequ'elles ont une série d'électro-aimants fixes ou mobiles, telles sont certaines machines construites par la maison Bréguet, la Société alsacienne de Belfort, etc.

Comme type de machines à courants alternatifs nous décrivons la machine Gramme, que représente la figure 391.

L'inducteur se compose de huit électro-aimants BB, que l'on voit sur la figure et dont les pôles alternent. Ils sont montés sur un même arbre central, qui en tournant les déplace dans un

anneau fixe recouvert de bobines AA, qui constituent l'induit. On voit qu'ici l'induit est fixe et l'inducteur mobile. L'aimantation de l'inducteur est entretenue soit par une machine spéciale, soit par une dérivation du courant induit, la machine s'étant amorcée au début par le magnétisme rémanent.

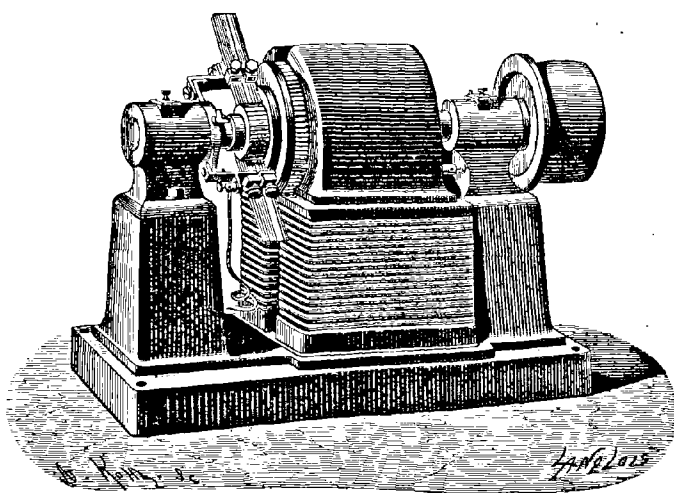


Fig. 390. — Machine de Gramme.

Dans ce second type de machines nous citerons les machines de l'Alliance, Wilde, Lontin, Méritens, Siemens, Ferranti, etc.

Le courant produit par ces machines est envoyé par l'intermédiaire de fils, dont nous parlerons plus tard, à

des appareils d'éclairage qui sont soit des régulateurs, soit des bougies électriques, soit enfin des lampes à incandescence.

Nous avons dit que tous les régulateurs avaient pour but de maintenir les charbons à une distance convenable. Nous dirons quelques mots du régulateur, ou lampe Cance, qui est un des plus employés actuellement. Les deux charbons sont en C et C'

(fig. 592.) Le charbon C' est fixe, le charbon C est suspendu à un cadre mobile que l'on voit au-dessus de lui, et quand le courant ne passe pas, C repose sur C' . Dès qu'on fait arriver le courant à la borne $+ P$, il descend suivant les flèches, traverse C et C' , remonte et vient traverser deux bobines B_1 et B_2 , avant de retourner à la borne $- P$. Mais en passant dans les bobines, le courant exerce son action sur deux morceaux de fer doux N, N et les fait remonter; ils viennent alors buter contre une traverse LL qu'ils soulèvent : celle-ci fait tourner la vis V , qui fait monter l'écrou K fixé au cadre. Le cadre se soulève, emporte avec lui le charbon C , et l'arc jaillit entre C et C' . Dès que, par la combustion des charbons, la distance entre C et C' augmente, le courant ayant une plus grande résistance à vaincre, son intensité diminue; les pièces N, N , étant moins attirées, redescendent, C se rapproche de C' , et l'arc continue à jaillir.

La figure 593 représente deux modèles de lampe Cance : la première, qui a son globe en bas, est une lampe suspension; l'autre est une lampe de table.

Pour éviter la nécessité des régulateurs dans l'éclairage à arc, M. Jablochhoff a inventé la bougie qui porte son nom. Elle se compose (fig. 594) de deux baguettes de charbon c et d verticales et contiguës, mais séparées par une bande de kaolin isolante. Au début se trouve sur la partie supérieure un petit pont $a b$ en charbon légèrement conducteur. Dès qu'on fait passer le courant, ce

pont brûle, le kaolin fond et l'arc jaillit d'une baguette à l'autre. Les deux charbons s'usent en même temps et leur distance reste constante. Pour éviter que le charbon, qui correspond au pôle positif de la machine, ne s'use plus vite que l'autre, on se sert de machines à courants alternatifs, qui rendent un même charbon successivement positif et négatif. Dans un même globe d'éclairage se trouvent plusieurs bougies, et quand l'une est usée, le courant passe dans l'autre. On emploie des systèmes différents pour assurer la succession automatique d'une bougie à l'autre. Nous ne les décrirons pas.

Les lampes à incandescence sont des appareils qui reposent sur ce fait que lorsqu'un courant suffisamment intense traverse un fil, il le rend incandescent. On se sert pour faire ces fils de matières végétales carbonisées; si on les laissait à l'air pendant l'incandescence, ils seraient immédiatement brûlés : aussi les en-

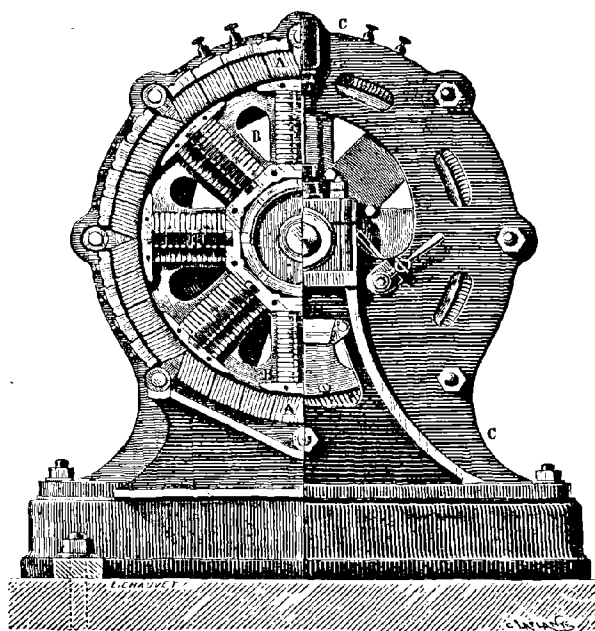


Fig. 591. — Machine de Gramme à courants alternatifs.

ferme-t-on dans une ampoule en verre, où l'on fait le vide avant de fermer la lampe.

La figure 395 représente la lampe Edison, dans laquelle le filament est fait avec des brindilles de bambou du Japon, qui sont recourbées en U dans des moules en nickel que l'on superpose et que l'on introduit dans un four où les brindilles se carbonisent. On fixe chaque filament en U dans une ampoule en verre que l'on met en communication avec des trompes à mercure Sprengel, qui y font le vide. Quand le vide est fait, on fond au chalumeau la tubulure que l'on voit en haut de l'am-

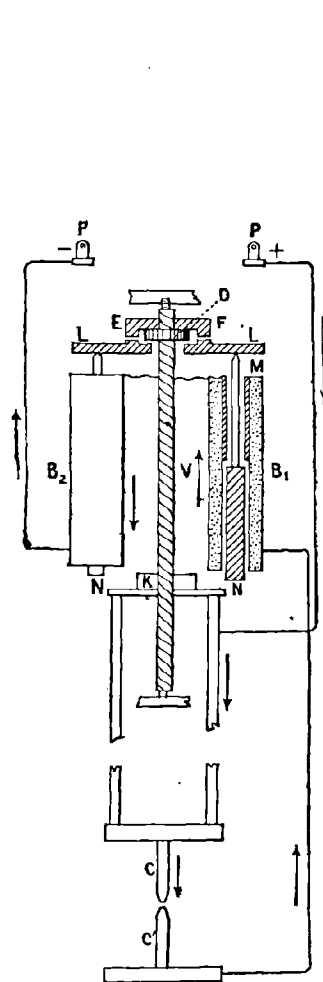


Fig. 392. — Régulateur Cance.

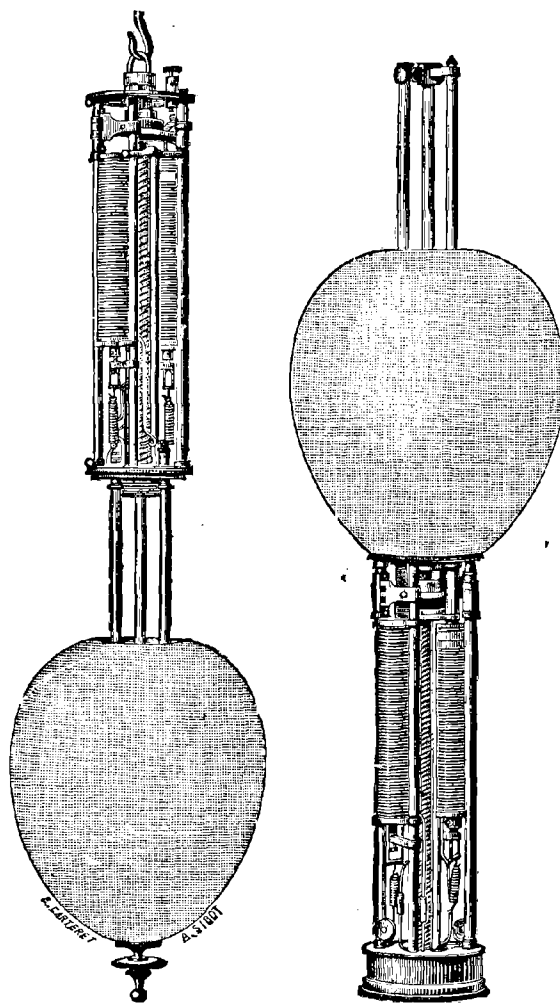


Fig. 393. — Lampes Cance.

poule. Les deux extrémités du fil de bambou ont été fixées à deux fils de platine qui, dans la base de la lampe, sont en communication avec deux pièces métalliques que l'on pourra réunir aux fils qui amènent le courant. La compagnie Edison fabrique des lampes de diverses intensités : les modèles courants donnent une intensité lumineuse qui varie pour chaque lampe de dix à cinquante bougies.

Nous citerons encore : 1° la lampe Swann, dont le filament est fait avec une fibre de coton parcheminée par l'action de l'acide sulfurique, puis recourbée et carbo-

nisée dans de la poussière de charbon. 2° La lampe Maxim, où le filament est un morceau de bristol découpé à l'emporte-pièce avant carbonisation. Le filament est placé dans la lampe renfermant du gaz éthylène, qui est un carbure d'hydrogène, c'est-à-dire une combinaison de carbone et d'hydrogène. On fait passer le courant, le fil rougit; sa chaleur décompose le carbure, celui-ci en se décomposant laisse déposer du charbon sur le fil et en augmente le diamètre. C'est ce qu'on appelle *nourrir* le fil. On fait ensuite le vide et l'on ferme la lampe. 3° La lampe Gérard (fig. 397), dont le filament est une baguette très fine de charbon que l'on obtient par compression en faisant passer de la poudre de charbon dans les trous d'une filière.

Pour allumer ou éteindre les lampes, on se sert de clefs dont le système est variable et qui permettent d'établir ou d'interrompre le courant.

Il nous reste à dire comment on envoie le courant électrique dans les différents quartiers de la ville qu'il s'agit d'éclairer et dans les maisons. On se sert pour cela de câbles formés par la réunion de fils de cuivre disposés en général d'une manière parallèle. Ces fils sont isolés les uns des autres par des matières non conductrices, comme le caoutchouc et la gutta-percha. Le tout est enveloppé de gaines en fils de fer, en acier ou en plomb, qui doivent leur laisser de la flexibilité. La compagnie Edison emploie des barres de cuivre dont les plus grosses ont un diamètre intérieur de 8 centimètres : elles sont enfermées dans des tubes de fer et isolées l'une de l'autre par différents moyens.

Il faut maintenant distribuer le courant dans les rues pour l'éclairage public ou dans les maisons particulières. On se sert pour cela de différentes méthodes, dans le détail desquelles nous n'entrerons pas, mais dont nous donnerons le principe.

Quand une série d'appareils doivent être éteints et allumés en même temps, on les monte en série, c'est-à-dire qu'on réunit la borne positive du premier (celle par laquelle entre le courant) au conducteur qui communique au pôle positif de la machine, la borne négative de ce premier appareil à la borne positive du second, et ainsi de suite jusqu'au dernier, dont la borne négative est reliée au conducteur qui retourne à la borne négative de la machine. On comprend que le courant passe ainsi dans la série des appareils et les fait fonctionner tous à la fois. Mais si l'on éteint l'un d'eux, tous s'éteignent en même temps.

Quand on veut rendre les appareils indépendants l'un de l'autre, on se sert du montage en dérivation et cela de plusieurs manières. Tantôt on fait partir d'un certain nombre de points du câble positif des fils de dérivation que l'on réunit à la borne positive de chaque appareil, sa borne négative étant reliée au câble

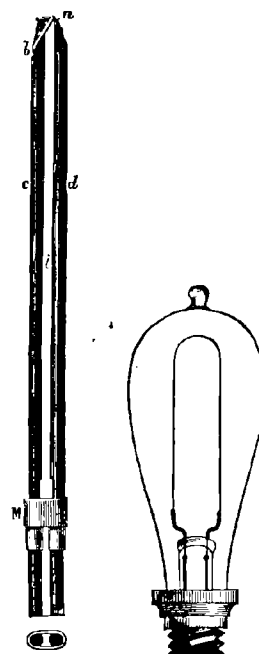


Fig. 394.
Bougies
Jabloch-
koff.

Fig. 395.
Lampe Edison.

négatif. De cette manière le courant se divise à chaque dérivation, fait fonctionner l'appareil correspondant et retourne au pôle négatif.

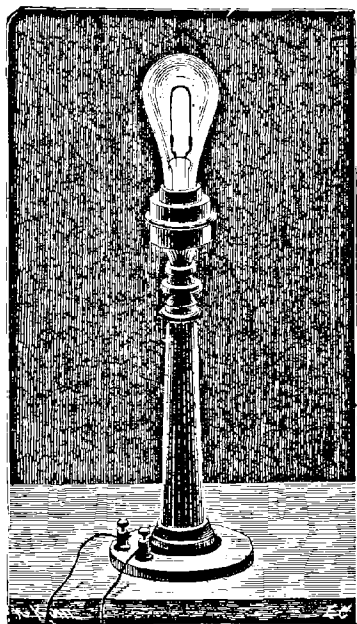


Fig. 595. — Chandelier Edison.

On emploie aussi la distribution à trois fils que représente la figure 598.

Les bornes positives de deux machines sont réunies avec deux câbles extérieurs et les bornes négatives au câble intermédiaire; les lampes sont montées en dérivation entre les trois câbles; le courant part dans les deux câbles extrêmes, se divise dans les fils de dérivation et revient par le câble intermédiaire aux bornes négatives des machines.

Parmi les nombreux modes de distribution nous citerons celui qu'emploie à Paris la compagnie du secteur Clichy. Le courant est envoyé par la machine magnéto-électrique dans des centres de distribution : chacun de ces centres reçoit deux gros câbles appelés *feeders*, qui sont maintenus à une différence de potentiel constante et égale à 440 volts; puis cette différence est répartie

entre cinq câbles, sur lesquels sont branchés les appareils d'éclairage. Nous ne pouvons décrire ici les détails de cette distribution qui, au moyen d'accumulateurs et de machines régulatrices installés dans les centres de distribution, assure un fonctionnement parfaitement régulier, parant à toutes les variations de la consommation. Les choses sont installées d'une manière si parfaite qu'à chaque instant on est averti à l'usine centrale de ce qui se passe en chaque point du circuit et que les électriciens de cette usine, placés devant un appareil appelé *tableau de distribution*, distribuent l'électricité avec autant de facilité qu'on distribuerait l'eau à l'aide de robinets que l'on ouvrirait plus ou moins.

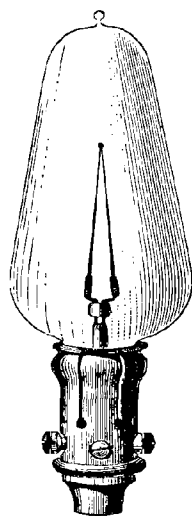


Fig. 597.
Lampe Gérard.

Ajoutons que l'on se sert souvent aussi pour le transport de l'électricité d'appareils appelés *transformateurs*, qui ont pour effet de transformer les qualités du courant. L'énergie électrique dépend de deux facteurs : la *force électromotrice*, ou différence de niveau électrique, et l'*intensité*, ou quantité d'électricité. On amène dans le transformateur à l'aide de fils *fins* (pour économiser le poids du cuivre employé) un courant de grande force électromotrice, et le transformateur le change en un courant de forte intensité, qui circule dans de gros fils partant du transformateur pour se

rendre dans les différentes parties du quartier alimenté par le transformateur, Il y a économie, puisque le gros fil a un moindre parcours que s'il venait de l'usine

centrale. C'est ainsi qu'on transformera un courant de 50 ampères et de 1 000 volts en un courant de 500 volts et de 100 ampères. Le produit de ces deux facteurs, qui représente l'énergie électrique, sera toujours 50 000.

On emploie différents compteurs installés dans les maisons pour indiquer la quantité d'énergie électrique employée par chaque consommateur.

Pour éviter les chances d'incendie qui pourraient résulter de défauts d'isolement donnant lieu à des étincelles, on se sert d'appareils appelés *coupe-circuit*. Ils se composent en général de lames de plomb qui fondent et coupent la communication d'un appartement avec le courant principal, dès que ces accidents se produisent.

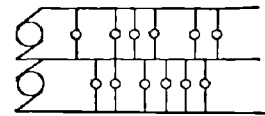


Fig. 398. --- Distribution à trois fils.

Nous ne sommes encore qu'aux débuts de l'éclairage électrique et cependant que de progrès réalisés depuis quinze ans par les ingénieurs électriciens ! L'histoire de la science nous offre peu d'exemples d'une marche aussi rapide et l'on peut sans témérité affirmer que ce mode d'éclairage est appelé à régner bientôt en maître, apportant avec lui des avantages considérables au point de vue de la quantité de lumière, du confortable et de l'hygiène.

INDUSTRIES

SATISFAISANT AUX BESOINS INTELLECTUELS

Les industries que nous avons étudiées jusqu'ici n'avaient en vue que de satisfaire aux besoins physiques et matériels de l'homme ; il en est d'autres qui répondent à ses besoins intellectuels et qui, en augmentant l'instruction générale, élèvent en même temps le niveau moral des sociétés. Parmi les moyens que l'homme emploie pour satisfaire ses besoins intellectuels, certains ont un caractère tout à fait artistique : telles sont la peinture, la sculpture et la musique, que nous laisserons de côté pour ne nous occuper que de ceux que l'on peut regarder comme de véritables industries, quoique souvent aussi ils aient avec l'art des rapports bien intimes. C'est à ce titre que nous étudierons la papeterie, la fabrication des plumes métalliques, l'imprimerie, la lithographie et la gravure.

CHAPITRE XXIV

FABRICATION DU PAPIER ET DES PLUMES MÉTALLIQUES

L'invention du papier remonte à une époque fort reculée. Les Égyptiens eurent longtemps le monopole de cette fabrication, qui consistait dans une préparation qu'ils faisaient subir aux fibres d'une plante appelée *papyrus*. Vers le ix^e siècle, on voyait encore en Europe du papyrus, qui fut remplacé plus tard par un papier de coton venu d'Orient; les procédés de fabrication dus aux Chinois furent importés d'abord en Espagne, puis chez nous, et c'est la France qui, du xiv^e au xviii^e siècle, a fourni l'Europe entière du produit de ses papeteries. Aujourd'hui la papeterie est une de nos plus importantes industries. Nous citerons : en première ligne les papeteries d'Angoulême, de Rives et d'Annonay, dont les produits ont une réputation européenne; les papeteries du Marais, près Coulommiers, notamment celle des Vosges, de Souche près de Saint-Dié; les papeteries de Normandie (vallée de la Vire, de la Bresle, environs de Dieppe), du département de l'Eure, de Saint-Omer, de Prouzel (Somme), de l'île Napoléon (près Mulhouse), de Besançon, et enfin la papeterie d'Essonnes, qui est un des plus grands établissements que nous ayons aujourd'hui.

Le papier peut être considéré comme résultant de l'entrecroisement de fibres presque exclusivement composées (pour le papier fin) d'une substance que les chimistes désignent sous le nom de *cellulose*. La nature nous offre cette substance en abondance dans un grand nombre de végétaux, où elle est unie à d'autres corps dont il faut la séparer plus ou moins. Pour servir à la fabrication du papier, la cellulose, après avoir subi l'action des agents chimiques qui la débarrassent des matières étrangères, doit conserver la forme de filaments allongés. Les matières premières satisfaisant à ces conditions sont le coton, le chanvre et le lin, qui s'emploient à l'état de vieux chiffons, les fibrilles de la paille, du sparte, de l'alfa (plante qui nous vient d'Algérie), du colza, des fougères, la cellulose du bois, etc. Mais de toutes ces substances, le chiffon présente sans contredit le plus d'avantages au fabricant de papier; car la matière même du chiffon, soit dans la préparation des étoffes d'où il provient, soit par l'usage qu'on a fait d'elles, a acquis des qualités que le papetier serait obligé de développer, si elles n'existaient déjà.

Nous nous occuperons d'abord de la fabrication du papier de chiffons, et nous

dirons ensuite quelques mots des préparations que l'on fait subir aux matières employées comme succédanés des chiffons.

Les chiffons, qui ont été ramassés partout dans les villes et dans les campagnes par les chiffonniers, sont vendus par des marchands en gros au fabricant de papier. Celui-ci les accumule dans des magasins, où on les prend pour les livrer à des ouvrières chargées d'en opérer le *trriage* et le *délissage*. Ces deux opérations, autrefois séparées, s'exécutent aujourd'hui simultanément. Chaque ouvrière est placée devant un coffre ouvert et divisé en un certain nombre de cases (10, 12 et même 16); sur le devant s'élève un couteau vertical formé par un morceau de lame de faux, tournant son côté tranchant vers le coffre. A côté de l'ouvrière sont placés les chiffons qui doivent être triés et déliés. Elle les prend alors un à un, les examine pour juger leur nature et savoir le compartiment où elle devra les jeter; à l'aide du couteau, elle enlève les ourlets, les parties doubles, et les divise en morceaux de dimensions convenables. En même temps, elle ôte les corps étrangers, fragments de métal, boutons, agrafes, œillets de corsets, etc.

On a essayé de rendre cette opération plus économique en soumettant les chiffons triés à des coupeuses mécaniques; ces machines sont bonnes pour couper des frag-

ments un peu résistants, comme les débris de cordes par exemple, mais les chiffons, par suite de leur souplesse, échappent en partie à leur action.

Après le déliage les chiffons sont débarrassés des poussières, qui les salissent, par un battage énergique effectué dans une machine spéciale; puis ils subissent un lessivage qui les sépare des matières qu'ils contiennent, et l'on commence les opérations qui préparent le blanchiment.

Lorsque la papeterie n'employait que des chiffons blancs, ces opérations s'exécutaient dans des cuves où l'on faisait agir sur eux une lessive de soude; aujourd'hui, comme on se sert aussi de chiffons très colorés, il faut avoir recours à des moyens plus énergiques. On les soumet à l'action d'une lessive alcaline, de chaux ou de soude, chauffée à la vapeur dans des appareils rotatifs qui sont soit de grands

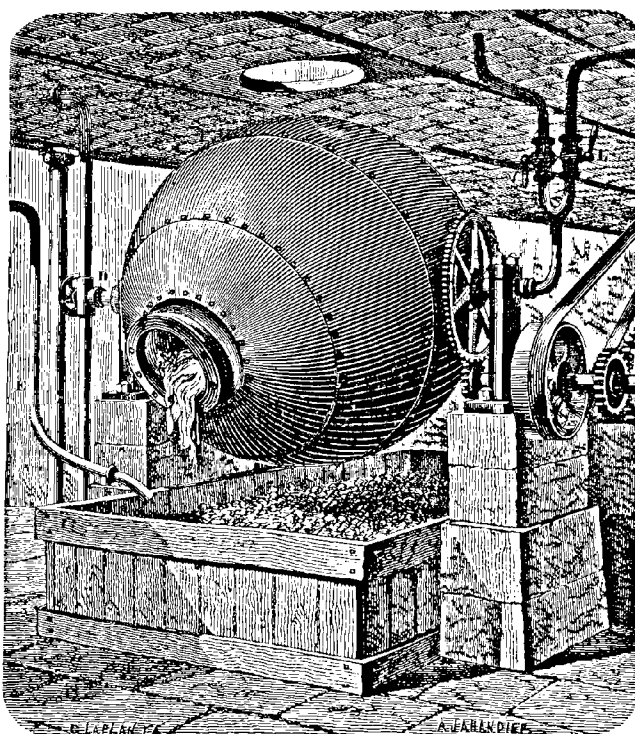


Fig. 399. — Laveur sphérique pour la pâte à papier.

cylindres en tôle rivée tournant autour de leur axe, soit des sphères en tôle rivée tournant autour de leur diamètre (fig. 599). Un trou suffisamment large permet d'introduire les chiffons. Après avoir fermé hermétiquement ce trou avec une plaque, on fait arriver la lessive et la vapeur par des tuyaux L et V qui se réunissent suivant l'axe de rotation. La tension de la vapeur et, par suite, la température doivent varier suivant la nature des chiffons à laver. On donne à l'appareil un mouvement très lent, vingt tours au plus par heure; les corps gras sont pris par l'alcali, et la chaleur facilite le ramollissement et la dissolution des matières gommeuses qui unissent les fibrilles. Au bout de quatre heures, on rince à l'eau pure et l'on recommence l'opération pendant le même temps.

Après ce nettoyage, il faut détruire le tissu du chiffon, en isoler les fibres pour les mélanger ensuite et en faire une pâte homogène. C'est le but de l'opération appelée *défilage* ou *efflochage*, qui se faisait autrefois dans des mortiers où le chiffon était battu par des pilons, mais que l'on exécute aujourd'hui à l'aide de machines inventées au xviii^e siècle par les Hollandais, et que l'on nomme *pires* ou *cylindres*. Elles se composent essentiellement d'un grand bac, dans lequel se meut avec une vitesse de 180 tours par minute un cylindre armé de lames métalliques que l'on voit à travers la déchirure faite dans l'enveloppe N (fig. 400); ces lames rencontrent, dans leur rotation, des lames fixes implantées sur une pièce appelée *platine* et située au fond du bac. Les chiffons jetés dans l'appareil sont entraînés par le cylindre et déchirés entre ces lames et celles de la platine. La matière, lavée par un courant d'eau qui arrive en R, est déposée par lui sur un plan incliné à l'état de pâte homogène. Il est certain que la ténuité des fragments sera d'autant plus grande que l'intervalle du cylindre et de la platine sera plus petit; on fait varier la grandeur de cet intervalle en agissant sur la manivelle *m* qui, par l'intermédiaire de vis sans fin que représente la figure, permet d'élever ou d'abaisser l'axe de rotation du cylindre. Au bout de deux heures environ l'opération est achevée, et la pâte, ou *défilé*, est soumise au blanchiment.

Autrefois ce blanchiment s'exécutait à l'air sur le pré : aujourd'hui on se sert du chlorure de chaux que l'on dissout dans l'eau. La dissolution est versée dans ces appareils dont la disposition rappelle celle des piles défileuses; le cylindre à lames est remplacé par une roue à palettes, qui remue la pâte que l'on a versée dans le liquide. Un courant de gaz carbonique lancé dans l'appareil décompose le chlorure et donne lieu au dégagement de composés chlorés qui détruisent la matière colorante. Dans certains cas l'appareil que nous venons de décrire est remplacé par des chambres, où sont disposées des tablettes sur lesquelles est placé le défilé et où l'on fait circuler un courant de chlore gazeux.

On a aussi employé dans ces dernières années un procédé de blanchiment électrochimique qui consiste à soumettre à l'action de courants électriques une dissolution de chlorure de magnésium. Le chlorure se décompose en donnant lieu à des produits chlorés, qui blanchissent la matière mêlée à la dissolution et, par suite de réactions secondaires, régénèrent le chlorure. Ce procédé est dû à M. Hermite.

La pâte blanchie doit être lavée et réduite en fragments plus ténus encore que

ceux qui sont sortis des premières piles C'est le but du *raffinage*, qui s'exécute dans des piles défileuses semblables aux précédentes, mais dans lesquelles le cylindre est plus rapproché de la platine. Après plusieurs passages aux piles raffineuses, la pâte se compose de cellulose presque pure, et il n'y a plus qu'à la transformer en papier.

Ajoutons que dans l'eau des piles raffineuses on verse la matière colorante qui doit colorer le papier, si celui-ci ne doit pas être blanc; dans le cas où le papier sera fait à la mécanique, on encolle la pâte en versant dans la raffineuse un mélange d'empois de fécule, de savon, de résine et de solution d'alun. Cet encollage a

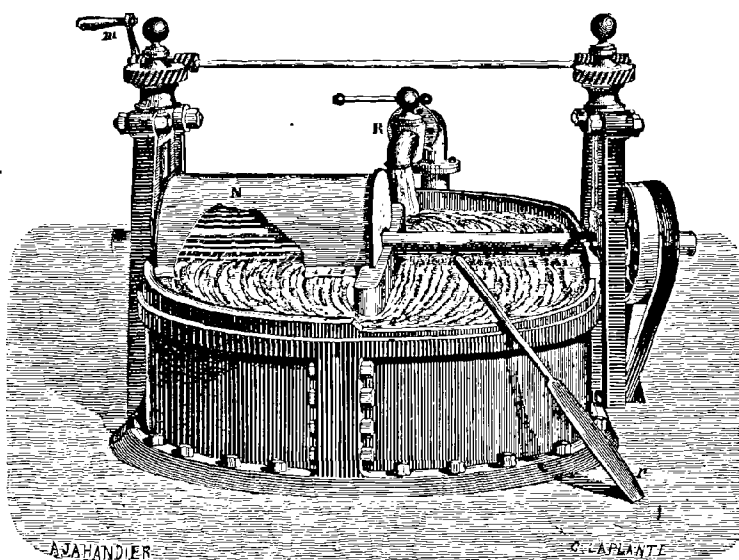


Fig. 400. — Pile effilocheuse.

pour but de rendre le papier imperméable et de permettre, lorsqu'on a gratté sa surface, d'écrire encore à l'endroit gratté sans que l'encre soit bue.

La transformation en papier de la pâte raffinée se fait soit à la main, soit à la mécanique.

La fabrication à la main n'est plus employée maintenant que d'une manière exceptionnelle et pour obtenir certains papiers doués de qualités spéciales; elle est partout remplacée par la fabrication mécanique.

C'est à Essonnes que Robert eut, en 1799, la première idée de la machine dont nous allons décrire le principe, mais c'est en Angleterre qu'elle fut construite au commencement de ce siècle. Cette machine est parvenue aujourd'hui à une telle perfection, que la pâte arrive en bouillie à l'une des extrémités et sort, à l'autre extrémité, à l'état de feuille séchée et rognée à la grandeur voulue.

La pâte est amenée dans de grands réservoirs, où elle est remuée par un agitateur à palettes; de là elle se rend à la machine, où on la voit arriver sur la gauche de la figure 401. Elle suit un canal dont le fond est garni de lames de cuivre couchées à contre-courant; ces lames arrêtent au passage tous les grains de sable, graviers et autres corps lourds qui ont échappé aux opérations précédentes; elle

tombe ensuite sur une longue toile métallique sans fin. Après avoir passé sous des lames de cuir, qui donnent à la couche l'épaisseur voulue, la pâte s'engage sur cette toile sans fin, où elle est maintenue de chaque côté par des courroies-guides en coton caoutchouté : la toile sans fin, en même temps qu'elle se déplace dans le sens longitudinal de la machine, reçoit un mouvement d'oscillation transversale qui joint et entre-croise les fibrilles. En même temps l'eau s'écoule à travers les mailles de la toile et la pâte se coagule de plus en plus. La coagulation est activée par des pompes qui, en faisant le vide dans une longue caisse en cuivre située au-dessous de la toile, aspirent l'eau qui a résisté au tamisage.

La feuille est faite : il s'agit maintenant de la sécher. Elle s'engage, toujours soutenue par la toile métallique, entre deux cylindres garnis de feutre ; en les quit-

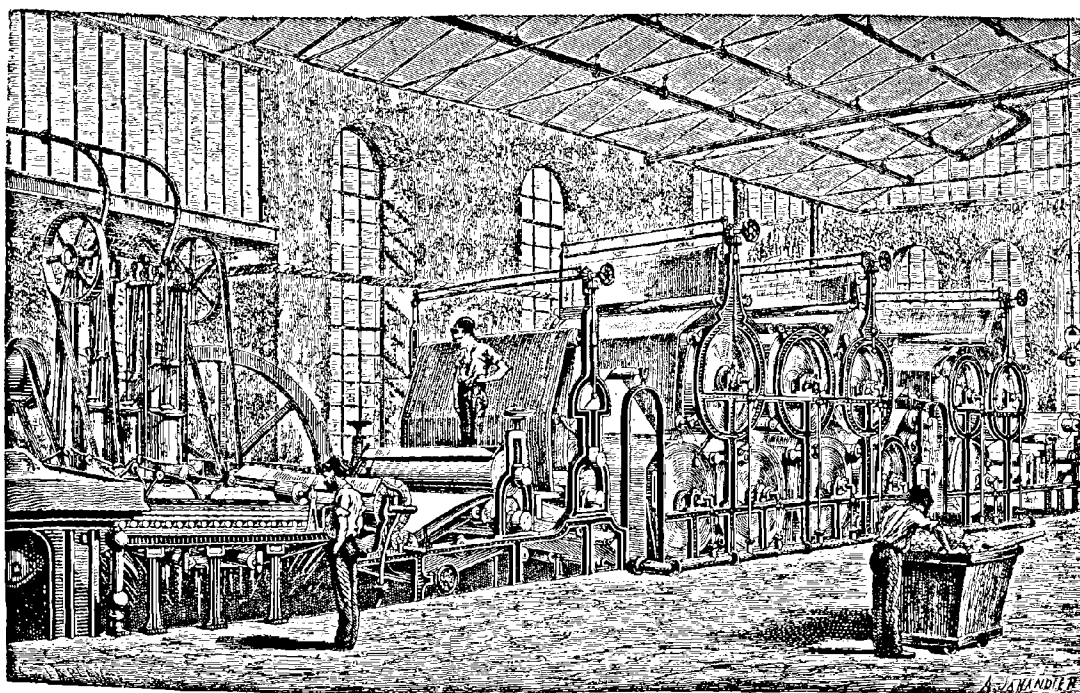


Fig. 401. — Machine pour la fabrication mécanique du papier.

tant, elle est assez forte pour ne plus avoir besoin de la toile métallique, et, s'appuyant sur un drap sans fin appelé *feutre coucheur*, elle passe entre deux cylindres de cuivre qui la livrent à une série de cinq paires de cylindres chauffés à la vapeur et chargés de la sécher et de la laminier. Après quoi, la feuille s'enroule d'une manière continue sur un dévidoir. Lorsqu'elle a fait sur lui un nombre suffisant de tours, elle est coupée; le dévidoir est enlevé et remplacé par un autre, sur lequel se continue l'enroulement. Le papier sort fabriqué de cette machine deux minutes après que la pâte qui le constitue y est entrée.

La feuille continue livrée par la machine est ensuite coupée, divisée en morceaux de formats différents; puis ces morceaux sont visités avec soin; les boutons de pâte qui ont résisté à l'opération sont enlevés au grattoir. Le papier est, d'après

ses qualités, classé en trois catégories et soumis à une forte pression par piles de 500 à 1 000 feuilles placées entre des plateaux de bois ou de carton. On renouvelle plusieurs fois cette pression, et à chaque fois on change la disposition des feuilles l'une par rapport à l'autre, de manière à en régulariser la surface. Enfin, les feuilles sont laminées entre des lames de carton ou de métal; suivant que la pression est plus ou moins grande, on a du papier *lisse*, *satiné* ou *glacé*; *lisse*, il est un peu plus uni qu'apprêté à la presse; *satiné*, il est doux au toucher, brillant mais sans transparence; *glacé*, il a une surface très polie, brillante; il a acquis de la transparence. Le glaçage ne peut s'obtenir qu'avec des feuilles de cuivre ou de zinc; pour le lissage et le satinage on emploie des feuilles de carton.

Le chiffon est devenu tellement rare depuis un certain nombre d'années, qu'on l'a essayé de le remplacer dans la fabrication du papier. On utilise les cordes et les cordages, les vieux filets de pêche, les déchets de filature et de sparterie, le foin, la paille, le bois blanc, l'alfa, qui est une plante d'Algérie. On mêle ces substances réduites en pâte à une quantité convenable de pâte de chiffons. La paille fournit d'excellents résultats. Saint-Junien (Haute-Vienne) produit de très bons papiers de paille pour l'emballage.

Nous n'entrerons pas dans le détail des opérations qui transforment ces substances en pâte à papier; nous dirons seulement que les moyens employés sont mécaniques ou chimiques. On trouve un exemple remarquable des procédés mécaniques dans celui de M. Wœlter, qui réduit les bois en pâte sèche à l'aide de meules de grès. Les usines de Pontcharra, près Grenoble, et de Domène produisent chaque jour, avec quatre machines, 2 000 kilogrammes de pâte sèche.

Les procédés chimiques consistent à attaquer par des agents chimiques, comme l'acide nitrique et l'acide chlorhydrique mélangés, les végétaux que l'on veut faire servir à la fabrication du papier.

Le carton se fabrique avec les vieux papiers que l'on humecte et que l'on fait pourrir en tas pendant douze ou quinze jours pour détruire les matières étrangères altérables; on les désagrège en les broyant à l'eau sous des meules verticales. La pâte ainsi préparée est mise en feuilles épaisses à l'aide d'une forme spéciale, pressée entre des feutres et séchée à l'air libre.

FABRICATION DES PLUMES MÉTALLIQUES

Les plumes métalliques ont aujourd'hui presque entièrement remplacé les plumes d'oie, dont on se servait autrefois pour écrire, et les plumes de corbeau, que l'on employait pour dessiner. La fabrication de ces plumes est centralisée à Boulogne, où

Elle est pratiquée par une population ouvrière composée en grande partie de femmes; elles acquièrent à ce genre de travail plus de dextérité que les hommes, et, comme leur salaire est toujours moins élevé, le fabricant peut plus facilement arriver à diminuer le prix de vente de ces objets, dont la consommation est très importante. On n'emploie guère les hommes que pour les opérations qui exigent de la force et qui seraient trop fatigantes pour les femmes. Cette industrie nous montrera une fois de plus combien est fécond le principe de la division du travail.

Toutes les plumes métalliques sont faites en acier et l'Angleterre a jusqu'ici le monopole de la production du métal propre à cette fabrication : ce sont les aciers de Sheffield qui sont regardés comme réunissant seuls les qualités voulues.

Ils arrivent à l'état de feuilles de 0^{mm},7 d'épaisseur; ils sont coupés en bandes, de largeur et de longueur convenables, et on leur fait subir un *recuit* qui adoucit le métal, le rend moins cassant et lui permet de mieux supporter les différentes opérations ultérieures. A cet effet, les lames sont placées dans des boîtes métalliques où elles sont fortement serrées l'une contre l'autre; ces boîtes sont exposées dans des fours, pendant douze heures environ, à l'action d'une haute température; on les abandonne ensuite à un refroidissement lent.

Il faut alors amener ces lames à l'épaisseur voulue, qui varie suivant le modèle de plumes auquel elles sont destinées. On y parvient par un laminage qui se fait à froid : le laminage à chaud dénaturerait l'acier, l'épaisseur sous laquelle ce dernier arrive d'Angleterre étant l'épaisseur limite que l'on peut obtenir à chaud sans altérer le métal; la chaleur aurait de plus l'inconvénient de déterminer la formation d'une couche superficielle d'oxyde qui détériorerait les outils. La recuite et le laminage sont exécutés par des hommes. Lorsque les lames et les rubans d'acier sont laminés, ils sont envoyés à l'atelier des femmes, et c'est là que commence, à proprement parler, la fabrication de la plume métallique. Elle comporte douze opérations successives, que nous allons énumérer et décrire.

1° *Découpage*. — Cette opération consiste à découper le morceau d'acier qui servira à faire la plume, et s'exécute à l'aide d'une machine assez simple qui, plus ou moins modifiée, servira à presque toutes les phases de la fabrication. Cette machine se compose d'une masse métallique portant à sa partie inférieure une pièce en acier trempé dans laquelle se trouve en creux l'empreinte de la plume supposée aplatie; les bords de cette cavité sont tranchants et constituent un couteau emporte-pièce qui a la forme de la plume. Le tout est suspendu par une vis sans fin munie d'un balancier et tournant dans un écrou fixe supporté par deux colonnes métalliques. L'ensemble de l'appareil ressemble à une presse à marquer le papier à lettres : au-dessous de l'emporte-pièce est une petite enclume fixée à l'appareil, qui lui-même repose sur une table devant laquelle l'ouvrière est assise. Celle-ci place une lame d'acier sur l'enclume et, en manœuvrant le balancier, fait descendre l'emporte-pièce, qui découpe dans la bande de métal un morceau ayant la forme d'une plume. Une ouvrière habile découpe ainsi de 360 à 400 grosses de plumes par jour, c'est-à-dire (la grosse se composant de douze douzaines) 51 840 à 57 600 plumes.

2° *Marque de la plume*. — La plume reçoit ensuite la marque du fabricant et

quelquefois en même temps certains ornements que l'on imprime à sa surface. Pour cela on se sert d'un mouton analogue à celui que nous avons vu employer dans l'estampage des bijoux.

3° *Perçage*. — Le *perçage* a pour but de pratiquer dans la plume des ouvertures destinées à lui communiquer plus d'élasticité. Le trou que l'on voit au centre des plumes et dans le prolongement de la fente a un autre but, dont nous parlerons plus tard.

Le perçage se fait à l'aide de la première machine, où l'on a remplacé la pièce en acier servant au découpage par une autre pièce portant en creux la forme des trous qui doivent être faits sur la plume.

4° *Formage*. — Jusqu'ici la plume est encore plate : il faut lui donner la forme concave qu'elle a ordinairement; la machine à balancier sert encore pour cette opération. L'enclume présente une cavité dans laquelle peut descendre un morceau d'acier ayant la forme et la courbure qu'on veut donner à la plume. Celle-ci étant placée sur la cavité, l'ouvrière agit sur le balancier et fait descendre le morceau d'acier, qui comprime la plume et la force à se mouler sur lui.

5° *Trempe*. — Il faut que le métal, pour subir les opérations que nous venons de décrire, ne soit ni trop élastique ni trop dur, ni trop cassant; la plume fabriquée doit, au contraire, être élastique et dure. On lui communique ces propriétés en *tremplant* l'acier, c'est-à-dire en le portant à une haute température pour le refroidir ensuite brusquement. Pour cela, les plumes sont enfermées dans des boîtes métalliques que l'on expose pendant une heure, dans des fours, à l'action d'une température rouge cerise. Puis on les sort et on les trempe aussitôt dans un bain d'huile qui les refroidit brusquement : la trempe à l'eau serait trop dure.

6° *Adoucissage*. — L'opération précédente a rendu le métal trop cassant : on corrige cet effet par l'*adoucissage* ou *recuit*, qui consiste à chauffer les plumes dans un appareil semblable à celui que l'on emploie pour la torréfaction du café, et à les laisser refroidir lentement. La température doit être bien moins élevée que celle à laquelle on porte l'acier avant la trempe, sans quoi on détruirait ce qu'a produit cette opération.

7° *Nettoyage*. — La trempe et l'adoucissage ont eu pour effet de déterminer la formation d'une couche superficielle d'oxyde, que l'on enlève en plongeant d'abord les plumes dans un acide. On les place ensuite avec du gravier dans de grandes boîtes de fer-blanc qui sont mises en mouvement de rotation autour de l'axe sur lequel elles reposent : ces boîtes portent à l'intérieur des pointes qui divisent la masse et renouvellent les surfaces en empêchant les plumes d'aller s'appliquer contre les parois et de tourner sans frottement. Le gravier, en frottant contre les plumes, les nettoie, les polit, et l'on achève le travail en remplaçant le gravier par la sciure de bois.

8° *Aiguillage*. — La plume subit alors l'*aiguillage en long* : l'ouvrière la saisit avec une pince par le bout opposé à la pointe, et présente l'autre extrémité à l'action d'une meule verticale animée d'un mouvement rapide de rotation. Cette meule, qui a environ 4 centimètre d'épaisseur, est recouverte de cuir et d'émeri : l'ouvrière

appuie sur la meule le quart environ de la plume suivant le sens de la longueur; il en résulte que la plume s'use et s'aiguise. Une ouvrière peut aiguïser par jour 14 000 à 15 000 plumes.

9° *Mise en couleur.* — La mise en couleur consiste à recouvrir la plume de substances qui diffèrent d'un genre à l'autre, mais qui sont destinées à la préserver de l'oxydation. Il en est que l'on recouvre par galvanoplastie d'une couche de cuivre plus ou moins épaisse; on les enfile pour cela avec un fil métallique et l'on suspend les paquets ainsi formés dans un bain de cyanure double de potassium et de cuivre, en les attachant au pôle négatif d'une pile électrique dont le pôle positif plonge dans la dissolution. Certaines espèces sont dorées et argentées par le même procédé; mais les plumes le plus répandues, et sans contredit les meilleures, sont étamées. L'étamage se fait en plaçant les plumes entre deux plaques de zinc percées de trous, et en descendant le tout dans une dissolution à 85 degrés d'un pyrophosphate double de soude et d'étain. Le zinc décompose le sel et précipite l'étain à la surface de l'acier. L'immersion dure d'une heure à trois heures, suivant l'épaisseur que l'on veut donner à l'étamage. Enfin certaines plumes ne reçoivent qu'un vernissage.

Après la mise en couleur, on fait quelquefois subir à la plume un aiguïsage en travers, qui a pour effet d'enlever le cuivre ou l'étain sur certaines parties et de déterminer des tons différents qui servent d'ornement.

10° *Refendage.* — Jusqu'ici la plume n'est pas encore *fendue*. On la fend à l'aide d'une machine à balancier, qui est pour ainsi dire transformée en une paire de ciseaux. L'une des lames est fixée à l'extrémité de la vis; l'autre est le bord de l'enclume. L'ouvrière, grâce à des guides convenablement fixés, place la plume sur l'enclume, de telle sorte que l'une des moitiés repose sur elle et que l'autre soit en dehors; en agissant sur le balancier, elle fait descendre la lame mobile, et la plume, se trouvant prise entre elle et l'enclume, se fend jusqu'au trou qu'a déterminé le perçage. Ce trou a l'avantage d'arrêter la fente; de plus, en permettant à l'outil de couper la plume avec netteté depuis la pointe jusqu'à lui, il évite la production des bavures qui empêcheraient la fente de se refermer parfaitement dès qu'elle aurait été ouverte. Une ouvrière refend environ 15 000 plumes par jour. Certains modèles, surtout les plus grands et ceux qui sont en acier fort, présentent sur leurs bords des fentes destinées à donner de l'élasticité : ces fentes ont été faites en même temps que le perçage.

11° *Vernissage.* — Enfin, la plume n'a plus qu'à subir l'opération du vernissage.

La fabrication des porte-plume offre de grandes analogies avec celle des plumes métalliques. Nous distinguerons : 1° les porte-plume dont le manche est plein et formé d'une baguette de bois ou de toute autre matière, os, ivoire, caoutchouc, etc.; 2° les porte-plume dont le manche est constitué par un tube métallique et qui sont surtout des porte-plume de poche. Ils sont faits par emboutissage.

CHAPITRE XXV

IMPRIMERIE TYPOGRAPHIQUE

La découverte de l'imprimerie est, sans contredit, une de celles qui ont exercé le plus d'influence sur la marche de l'humanité : propager la connaissance de chefs-d'œuvre qui restaient forcément le privilège de quelques-uns, permettre la reproduction à l'infini des travaux de l'esprit, faciliter entre les hommes l'échange journalier de leurs idées et de leurs conceptions, développer enfin l'instruction de chacun, tels sont les caractères propres de cette grande découverte qui remonte au xv^e siècle.

Avant cette époque, malgré quelques essais déjà faits dans la voie du progrès, on en était encore réduit à copier à la main les œuvres des littérateurs et des savants. Ces copies, appelées *manuscrits*, étaient souvent exécutées avec un grand soin, et des artistes distingués y traçaient de luxueuses illustrations; mais, quelque simples que fussent les manuscrits, ils exigeaient toujours un temps considérable pour leur confection, et, par suite, leur prix restait très élevé. Vers 1440, Jean Gensfleisch ou Gutenberg, surnom qu'il a depuis immortalisé, imagina de graver à la surface de planches en bois des lettres en relief, d'enduire cette planche d'une encre grasse et d'y appliquer ensuite une feuille de papier. Toutes les parties en relief touchées par l'encre se reproduisirent en noir sur la feuille de papier. Une Bible fut imprimée par ce procédé. Tel est encore aujourd'hui le principe de toute impression. Mais la nécessité de graver ces planches à la main en restreignait beaucoup l'usage; de plus, elles ne donnaient que des épreuves assez imparfaites. Gutenberg s'associa à Jean Faust de Mayence, puis à Pierre Schœffer, et, par leurs efforts réunis, ils arrivèrent à la découverte des procédés en usage aujourd'hui, c'est-à-dire à l'emploi de lettres mobiles que l'on dispose les unes à côté des autres dans l'ordre voulu, et dont l'ensemble forme les lignes et les phrases à reproduire.

Nous ne suivons pas les progrès de cette industrie, qui a maintenant une importance considérable. Nous la décrivons telle qu'elle est pratiquée actuellement.

L'imprimerie est surtout développée à Paris, où il existe d'ailleurs un établissement modèle placé sous la surveillance de l'État : c'est l'Imprimerie nationale. A côté d'elle fonctionnent des maisons aussi remarquables par la nature de leurs produits que par l'importance de leur fabrication. Les maisons Claye, Didot, Lahure, Plon, Quantin, Raçon, les Imprimeries réunies ont acquis à l'imprimerie française

une juste réputation. Pour éviter les frais qu'entraîne le séjour de la capitale, et pour profiter des avantages dus au voisinage de ce grand centre, cette industrie s'est répandue aux environs de Paris, où elle a pris une large extension : à Corbeil on remarque l'imprimerie Crété; Putaux, Saint-Germain, Poissy, Coulommiers possèdent aussi d'importants établissements. La maison Mame, à Tours, est une des plus considérables de France; Lyon, Avignon, Lille, Limoges, Rouen, Rennes, Toulouse, Amiens et Abbeville sont encore à citer.

Il y a trois espèces d'imprimerie : la *typographie*, la *lithographie* et la *taille-douce*.

IMPRIMERIE TYPOGRAPHIQUE

L'imprimerie typographique consiste dans la reproduction du manuscrit d'un auteur à l'aide de lettres mobiles en relief, que l'on assemble pour former des mots et des phrases, et qui, après l'impression, peuvent être désunies de manière à servir de nouveau à la reproduction d'autres manuscrits.

L'industrie de la typographie comprend trois parties principales, que nous examinerons séparément : la *fonte des caractères*, la *composition*, le *tirage*.

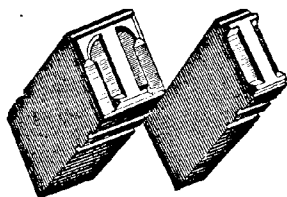


Fig. 402.
Caractères d'imprimerie.

La fonte des caractères se fait ordinairement dans des établissements spéciaux. Cependant certaines maisons importantes l'exécutent elles-mêmes. Un caractère d'imprimerie est un prisme fait avec un alliage fusible de plomb et d'antimoine (fig. 402); l'une des bases de ce prisme porte en relief l'une des lettres de l'alphabet, c'est l'*œil* du caractère : c'est la partie qui imprime;

l'autre base présente une échanerure ou *gouttière*. Sur l'une des faces latérales, celle qui correspond à la partie inférieure de la lettre, se trouve une entaille ou *cran* qui sert à désigner le sens de la lettre. La grosseur du caractère est appelée *force de corps*. On la mesure du dessus au dessous de la lettre à l'aide d'une unité que l'on nomme *point typographique* : c'est la sixième partie de la ligne du pied de roi¹. Quoique cette mesure ne rentre pas dans notre système métrique actuel, elle est restée en usage pour éviter la perturbation que jetterait dans les ateliers l'adoption d'une nouvelle unité. Les caractères employés le plus ordinairement ont une force de corps variant entre 5 et 11 points.

On fabrique le caractère d'imprimerie en coulant un alliage de plomb et d'antimoine dans un moule qui forme un petit canal allongé et prismatique, à la base

1. Le pied de roi équivaut à 144 lignes, et la ligne équivaut à 2^{mm},256.

duquel on applique une plaque de cuivre appelée *matrice* et portant en creux l’empreinte de la lettre. Cette empreinte est obtenue de la manière suivante. Un ouvrier, nommé *graveur en caractères*, grave en relief, à l’extrémité d’une tige d’acier appelée *poinçon*, la lettre à reproduire. Ce travail demande une grande habileté et exige de véritables artistes. Lorsque le poinçon est achevé et qu’on lui a donné la trempe nécessaire, on s’en sert pour *frapper* la matrice. Pour faire la *frappe*, on applique la lettre gravée sur une planche de cuivre, et en frappant sur l’autre extrémité du poinçon on la force à s’imprimer en creux; les matrices subissent ensuite un travail désigné sous le nom de *justification*, qui a pour but de les équarrir et d’égaliser la profondeur des empreintes.

La fonte des caractères peut se faire dans des moules composés de quatre parties

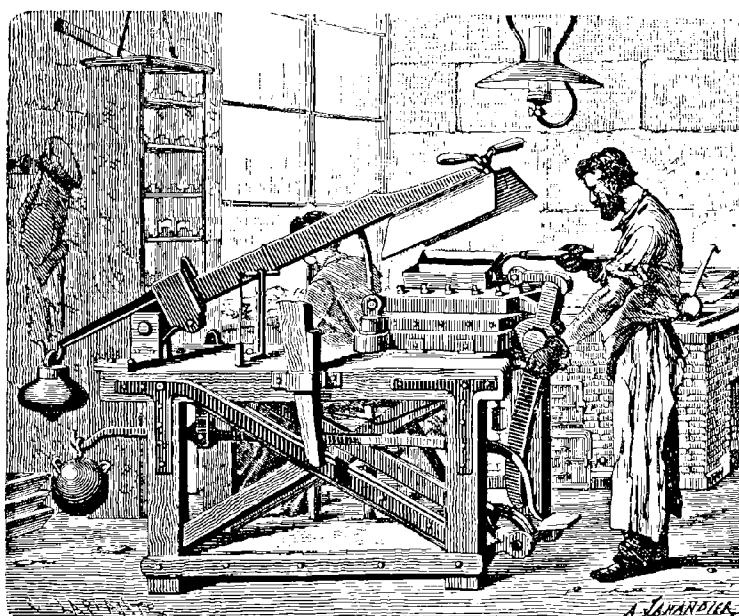


Fig. 403. — Machine à fondre les caractères d'imprimerie (polyamatype).

dont deux, parallèles, sont invariables et règlent la force de corps; les deux autres, parallèles aussi, se rapprochent ou s'éloignent suivant la largeur de la lettre. Ces quatre pièces laissent entre elles un conduit prismatique où l'on coulera le métal. La matrice est placée contre l'une des bases de ce conduit; elle le ferme et se trouve maintenue à l'aide d'un crochet en fer. On a été longtemps réduit à se servir de ces moules, où l'on ne pouvait fondre qu'un seul caractère à la fois; dès 1816, Henri Didot inventait le *polyamatype*, qui a été perfectionné depuis et permet de fondre 120 lettres à la fois.

Cet instrument est disposé sur le devant d'une table (fig. 403) et se compose de plusieurs pièces mobiles qui forment le moule multiple destiné à recevoir l'alliage en fusion : au milieu est une rigole où arrivera le métal liquide; sur les côtés sont ajustées deux règles en fer dans lesquelles sont entaillées des rainures, qui repré-

sentent le corps de la lettre et dont l'une des extrémités vient déboucher perpendiculairement dans la rigole; contre l'autre extrémité des rainures se dresse une règle en fer où sont enchâssées les matrices représentant l'œil de la lettre. En résumé, l'appareil se réduit à une rigole qui fournira le métal et à des rainures dans lesquelles il se moulera. Quand ces pièces sont bien assemblées sur la table de la machine, un ouvrier verse l'alliage liquide dans un entonnoir qui est au-dessus de la rigole, puis il fait descendre un levier à contrepoids ou *mouton*, dont l'extrémité entre dans le polyamatype et refoule le métal avec pression. Lorsque ce métal est

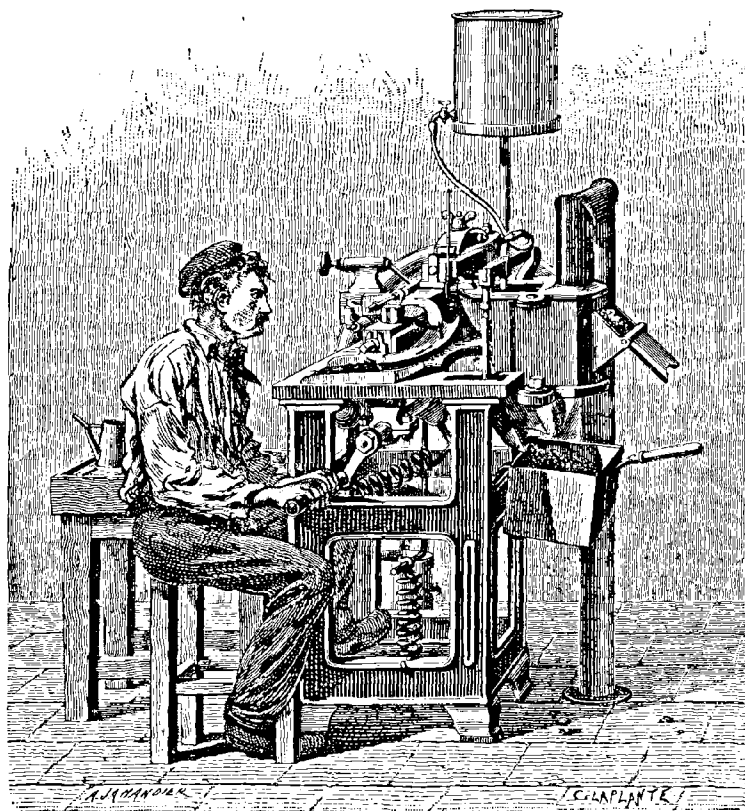


Fig. 404. — Machine à fondre les caractères d'imprimerie.

solidifié, on démonte le polyamatype et l'on en sort une planche métallique constituée par toutes les lettres de l'alphabet, répétées chacune un nombre de fois qui varie suivant l'usage plus ou moins fréquent de chaque lettre : on les sépare à la main en les cassant aux points de jonction et l'on recommence l'opération.

Nous avons vu fonctionner aussi chez M. Virey, fondeur en caractères à Paris, une machine fort ingénieuse, qui permet d'opérer d'une manière continue. Elle est représentée dans son ensemble par la figure 404, et la figure 405 nous permettra d'en expliquer les détails. En M est un creuset chauffé par un foyer dont on voit le tuyau de tirage sur la figure 404; ce creuset renferme l'alliage en fusion. Sur l'une de ses parois est un trou qui peut être alternativement bouché et ouvert par le mou-

vement d'un piston vertical P. Lorsque le piston est soulevé, le métal liquide se répand, par différence de niveau, dans un conduit *c c* qui aboutit à une plaquette trouée soutenue par la tige B; le trou de cette plaquette, qui est dessinée à part dans la figure 404, forme l'entrée d'un canal pratiqué dans une plate-forme *l* et représentant le *corps* de la lettre; la base de ce canal, opposée à la plaquette, est constituée par une matrice où se trouve en creux l'empreinte de l'*œil* de la lettre. Ajoutons qu'une pièce H, animée d'un mouvement alternatif d'arrière en avant et d'avant en arrière, glisse sur la plate-forme et vient successivement couvrir et découvrir la rigole. Tous les organes de la machine sont mus par une manivelle que fait tourner l'ouvrier fondeur. Cela posé, au moment où le piston P s'abaisse, le métal liquide est lancé dans la rigole et dans la matrice; la pièce H recouvrant alors la rigole, l'alliage se trouve emprisonné et se solidifie dans la cavité formée par la rigole et par la matrice. Au mouvement suivant, la pièce H recule, le carac-

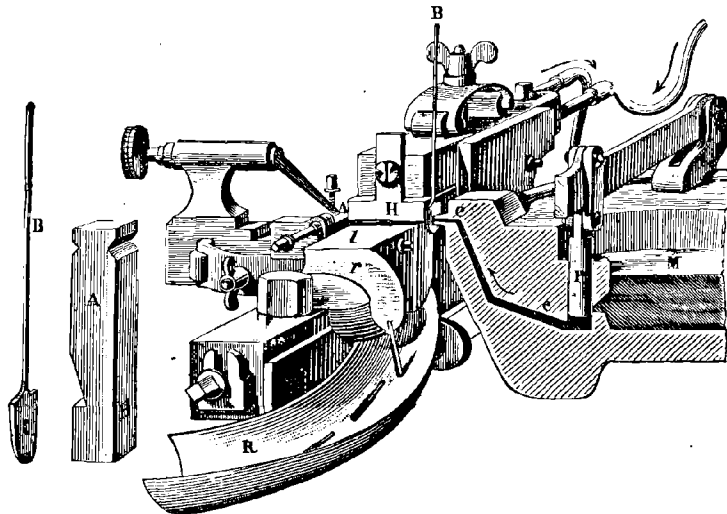


Fig. 405. — Détails de la machine à fondre les caractères.

tère est poussé en dehors de la cavité et tombe dans le conduit *r R*, à l'extrémité duquel il est recueilli. Un courant d'eau continu, qui circule dans le sens indiqué par les flèches, refroidit constamment l'appareil. Cette machine peut faire 1 000 lettres à l'heure.

Après la fonderie, les caractères subissent un travail qui se compose d'opérations multiples, dont le but est d'en régulariser les détails. On casse le *jet*, c'est-à-dire la partie solide qui excède le corps de la lettre, et on enlève les aspérités des faces en les frottant sur des meules à composition d'émeri. Les caractères sont ensuite juxtaposés sur une règle de bois pour permettre de vérifier s'ils ont bien tous la même hauteur; puis, après en avoir fixé un certain nombre sur une règle d'acier, on rabote leur pied et les deux faces de l'œil. Enfin, chaque lettre est examinée à la loupe, retouchée s'il y a lieu, ou rejetée s'il est impossible de corriger ses défauts. Après ce travail de retouche, les caractères sont assemblés régulièrement en

paquets, bien ficelés et expédiés chez l'imprimeur, qui les vérifie et en fait opérer la distribution dans les *casses*.

On donne le nom de *casse* à l'ensemble de deux boîtes à compartiments, dont l'une, appelée *haut de casse*, contient des lettres capitales ou majuscules, et dont l'autre, nommée *bas de casse*, renferme les lettres courantes ou minuscules. Chacun des compartiments, appelés *cassetins*, contient une sorte de lettres, et la grandeur de ce cassetin varie avec la grandeur de la lettre et le nombre des lettres de la même espèce qu'il doit recevoir. En effet, le cassetin qui correspond à une lettre se présentant souvent dans la composition, doit en renfermer un plus grand nombre, et par suite être plus grand que le cassetin correspondant à une lettre moins souvent employée. Ajoutons aussi que les caractères sont distribués dans les cassetins de manière que l'ouvrier ait immédiatement sous la main les lettres les plus usitées.

La *composition* ne comprend pas seulement la combinaison des caractères et la formation des pages : elle comprend réellement toutes les opérations qui précèdent le tirage et qui sont la *composition proprement dite*, la *mise en pages*, l'*imposition* et la *correction*.

La *composition proprement dite* consiste à assembler, en suivant le manuscrit de l'auteur, les lettres une à une pour en former des mots, des lignes et des pages. Voici comment on opère : l'ouvrier typographe, placé devant sa casse, posée sur un pupitre appelé *rang*, tient de la main gauche un outil nommé *composteur*. Cet instrument n'est autre qu'une



Fig. 406. — Composteur.

lame de fer (fig. 406) dont le bord est relevé en équerre dans toute sa longueur : à l'un des bouts se trouve une facette carrée fixe; le long de la règle glisse une autre facette carrée que l'on peut fixer à l'aide d'une vis. La distance des deux facettes doit être égale à la longueur qu'aura la ligne imprimée : cette longueur est désignée sous le nom de *justification*. L'ouvrier lit le manuscrit qui est posé devant lui, et de la main droite prend chaque lettre l'une après l'autre dans les cassetins et la place, le cran en dessous, dans son composteur : c'est ce qui s'appelle *lever la lettre*. Comme le salaire dépend du nombre de lettres levées, l'ouvrier compositeur a intérêt à acquérir le plus de vitesse et de régularité possible dans les mouvements. Pendant qu'il lève une lettre, l'habitude lui apprend à diriger le regard vers le cassetin qui renferme la lettre qu'il faut lever au mouvement suivant. Quand le compositeur a placé toutes les lettres d'un mot, il pose à leur droite une petite lame métallique appelée *espace*, qui est moins haute que la lettre et qui séparera le mot composé du mot suivant. Lorsque la ligne est finie, on la consolide, ou *justifie*, en y introduisant de *petites espaces* destinées à maintenir solidement les lettres et, autant que possible, à espacer également les mots; puis on place au-dessus une petite règlette nommée *interligne*, qui est moins haute aussi que la lettre et constitue l'intervalle devant exister entre chaque ligne.

Cela fait, l'ouvrier enlève du composteur la quantité de lignes qu'il peut contenir et les place sur une planchette munie d'un bord en équerre (fig. 407) et

appelée *galée*. Les lignes suivantes sont composées de la même manière, posées à leur tour sur la galée après les premières, et ainsi de suite jusqu'à ce que la galée soit à peu près pleine. Cela fait, on lie toutes les lignes ensemble avec une ficelle, de manière à former ce qu'on appelle un *paquet*.

Les opérations précédentes constituent la composition proprement dite. Vient maintenant la *mise en pages*, qui consiste à prendre dans chacun des paquets composés le nombre de lignes qui entrent dans une page et à y mettre le folio, le titre courant et la signature (on appelle *signature* le numéro d'ordre des différentes feuilles : il se trouve au bas de la première page de chaque feuille).

À la mise en pages succède l'*imposition*, opération par laquelle on dispose, dans un ordre convenable, à l'intérieur d'un cadre nommé *forme*, toutes les pages qui doivent être imprimées d'un même côté de la feuille de papier. Cette imposition sera telle, que lorsque le tirage aura été fait sur les deux faces de la feuille de papier, on puisse ensuite plier celle-ci et faire un cahier dans lequel les pages se succèdent dans l'ordre de leur pagination.



Fig. 407. — Galée

Pour imposer, l'ouvrier dispose d'abord ses paquets sur une table appelée *marbre*, dans l'ordre qui correspond au format adopté pour l'ouvrage. Dans tous les cas, le nombre de pages composant la feuille se trouve divisé en deux parties égales, dont chacune est destinée à imprimer l'un des côtés du papier. L'une des faces de la feuille est nommée *côté de première*, et l'autre *côté de seconde*.

S'il s'agit d'un in-folio, c'est-à-dire d'un format tel que l'on n'imprime que deux pages à la fois de chaque côté de la feuille, voici la disposition adoptée; les chiffres représentent les numéros de pages :

Côté de première.			Côté de seconde.	
1	4	1	5	2

Pour un in-quarto, on imprime quatre pages à la fois sur chaque côté de la feuille et l'imposition se fait comme l'indique le tableau suivant :

Côté de première.			Côté de seconde.	
4	5	1	6	5
1	8	2	7	2

Pour l'in-octavo on imprime huit pages à la fois; pour l'in-douze, douze pages, et ainsi de suite.

Les pages étant rangées suivant l'ordre prescrit par leur format, on entoure chaque forme d'un châssis. On sépare ensuite les pages en tous sens par des blocs de fonte qui représentent les marges et que l'on appelle *garnitures*. Enfin, à l'aide de

pièces nommées *réglottes*, *biseaux* et *coins*, qu'on dispose contre les bords intérieurs du châssis, on achève de serrer toutes les pages de manière à en faire un tout parfaitement solide, qui constitue la *forme* ou planche destinée à l'impression.

On tire alors une *épreuve*, c'est-à-dire qu'après avoir réparti de l'encre à la surface de la forme à l'aide d'un rouleau, dont nous parlerons à propos du tirage, on applique sur cette forme une feuille de papier et l'on soumet le tout à l'action d'une presse. Les caractères seuls ont pris l'encre, puisqu'ils font saillie, et impriment les lettres à la surface de la feuille de papier; on a alors ce qu'on appelle la *première épreuve*, qu'on donne à l'employé nommé *correcteur*, avec le manuscrit de l'auteur, ou *copie*. Un autre employé, appelé *teneur de copie*, lit à haute voix le manuscrit pendant que le correcteur suit sur l'épreuve et indique en marge, par des signes conventionnels, les différentes fautes faites par le compositeur.

L'épreuve corrigée est rendue au *metteur en pages*, qui remet les formes sur le marbre, les desserre et appelle successivement chaque compositeur pour qu'il ait à corriger la portion qu'il a composée. Cette correction se fait en desserrant d'abord la ligne, puis en retirant, avec de petites pinces ou mieux avec les doigts, les lettres qui doivent être enlevées, et en les remplaçant par d'autres.

On tire alors une seconde épreuve, que l'on remet à l'auteur. Celui-ci marque les corrections et les modifications à faire, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il indique sur l'épreuve qu'on peut procéder au tirage définitif; ce qu'il fait en écrivant en tête les mots : *bon à tirer*.

Le *tirage* comprend la *préparation* que doit subir le papier avant d'être livré à la presse et le *tirage proprement dit*.

La préparation du papier est une des opérations qui ont le plus d'influence sur la qualité de l'impression. Elle doit être appropriée à sa nature et se compose de deux parties : la *trempe* et le *remaniement*. Pour tremper le papier, l'ouvrier en prend une main, l'ouvre et la place sur une table appelée *ais*; il asperge avec un balai de bouleau trempé dans l'eau la feuille qui se trouve au-dessus, prend une autre main, la place sur la première et répète la même opération. Quand un certain nombre de mains ont été superposées et mouillées, on les met en presse et on les abandonne pendant quelques heures : la pression fait pénétrer l'eau dans toutes les feuilles. Pour assurer la répartition égale de l'humidité on *remanie* le papier, c'est-à-dire que l'ouvrier, prenant successivement des paquets de plusieurs feuilles, les retourne, tantôt de gauche à droite, tantôt de bas en haut, en ayant soin à chaque fois de les lisser avec la main pour étendre et effacer les rides. L'humidité est ainsi répartie très également et chaque feuille ne conserve qu'une simple moiteur. On met en presse de nouveau et l'on procède, pour les ouvrages soignés, au *glacage*, qui consiste à placer les feuilles entre des lames de zinc et à faire passer le tout entre les cylindres d'un laminoir (fig. 408); la pression des cylindres écrase le grain du papier et, par conséquent, glace la surface.

Avant de faire le tirage, on commence par laver les formes avec une dissolution de potasse pour enlever l'encre qui reste à leur surface et qui a été mise

pour le tirage des épreuves. On les laisse ensuite sécher et on les porte à la *presse*.

Il y a deux sortes de presses : la *presse à bras* et la *presse mécanique*. Cette dernière est maintenant la plus employée.

La *presse à bras* (fig. 409) présente une plate-forme appelée *marbre*, sur laquelle on pose la forme. On pourra rabattre sur elle un cadre nommé *tympan*, qui est garni de drap et sur lequel on place la feuille de papier, dont la position a été bien déterminée, une fois pour toutes, dans une opération qui consiste à faire la *marge*. La

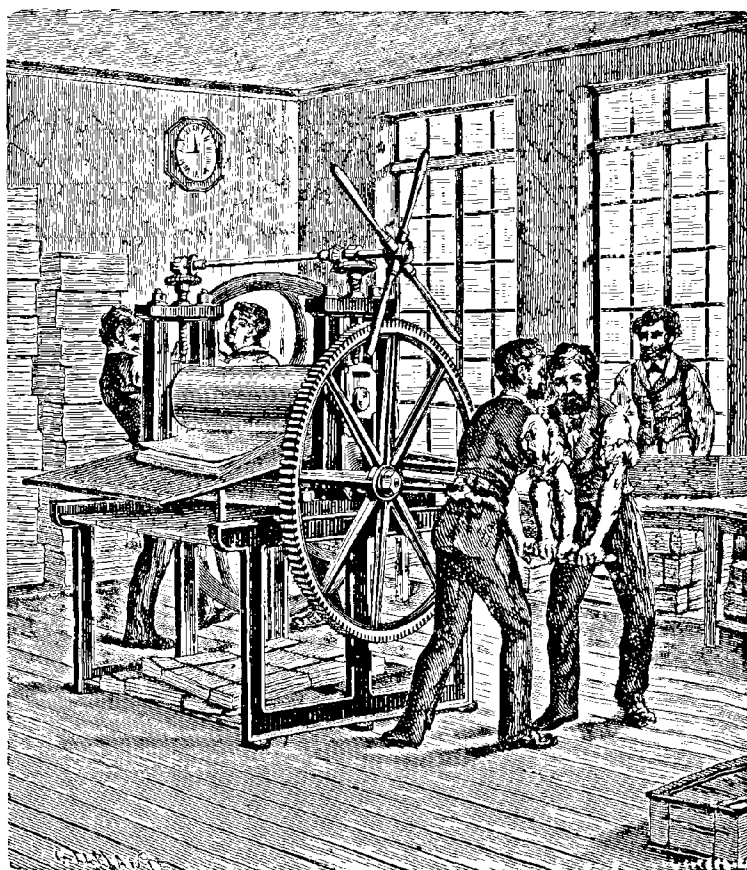


Fig. 408. — Glaçage du papier.

marge est une feuille prise dans le papier à imprimer et qui, collée sur le *tympan*, sert d'indicateur à l'imprimeur pour toutes les feuilles qu'il doit tirer.

Après avoir fait la *marge*, on fixe sur le *tympan* deux petits arpillons, appelés *pointures*, qui perceront dans la *marge* des trous destinés à servir plus tard de point de repère. Sur cette dernière peut se rabattre un cadre à jour nommé *frisquette*, formé par le collage de plusieurs feuilles de papier superposées. L'ouvrier, après avoir placé sa feuille avec soin et rabattu la *frisquette*, encre sa forme, c'est-à-dire qu'au moyen d'un rouleau fait avec un mélange de gélatine et de mélasse coulé sur un mandrin en bois, il prend de l'encre sur une table-encrier, que nous décrivons à part, et l'étend sur la forme en passant plusieurs fois le rouleau à la surface.

Il rabat ensuite la frisquette et le tympan sur la forme et fait glisser le tout sous une plaque appelée *platine*, qui est portée par une vis verticale entre deux montants nommés *jumelles*. A l'aide d'un levier il fait descendre la platine, et, la feuille de papier se trouvant pressée entre la forme et le tympan, les lettres s'impriment à sa surface. La frisquette, par ses parties pleines, préservera de toute maculature les portions de la feuille qui, comme les marges, doivent rester blanches. On ramène alors le marbre et le tympan, on enlève la feuille de papier et l'on en place une autre.

Revenons maintenant sur deux points que nous avons laissés de côté à dessein pour ne pas nuire à la clarté de l'explication : la description de la *table-encrier* et celle d'une opération appelée *mise en train*.

A la partie postérieure d'une table ordinaire se trouve une boîte longue dont la face antérieure manque. Dans cette boîte peut tourner un cylindre armé d'une manivelle; on a versé l'encre entre ce cylindre et la face postérieure de la boîte. C'est une pâte semi-fluide formée par un mélange de vernis et de noir de fumée. Lorsqu'on fait tourner le cylindre à l'aide de la manivelle, une certaine quantité d'encre, entraînée par la rotation, vient se présenter entre le cylindre et la table. On la recueille avec un rouleau à poignée et on la distribue sur la table en faisant rouler le rouleau à la surface jusqu'à ce qu'il en soit lui-même couvert.

Nous avons supposé que, dès que la forme avait été encrée et la feuille bien placée sur le tympan, il n'y avait plus qu'à faire le tirage. Les choses ne sont pas aussi simples : quand l'ouvrier a tiré une première feuille, il s'aperçoit le plus souvent que les lettres ne sont pas toutes imprimées avec la même intensité, qu'il y a, comme on dit, des *forts* et des *faibles*. Les forts correspondent aux parties où la feuille de papier a été trop pressée contre la forme : il s'est même produit une espèce de gaufrage nommé *foulage*; les faibles correspondent aux régions où la pression n'a pas été aussi grande. Pour corriger ces défauts, il suffit évidemment de découper la marge aux endroits forts et de coller de petits morceaux de papier aux endroits faibles. L'épaisseur devenant moindre aux parties foulées, plus grande aux parties faibles, la feuille se trouvera uniformément pressée, et par suite le tirage aura plus de régularité. On modifie l'épaisseur de la marge jusqu'à ce qu'on soit arrivé à une épreuve parfaitement régulière. Cette opération s'appelle la *mise en train*.

Pour les ouvrages illustrés, la mise en train est plus importante encore : elle constitue une opération très longue et très minutieuse.

La reproduction des illustrations se fait en intercalant dans la forme, aux endroits réservés aux figures, des planches gravées sur bois ou des clichés en cuivre, dont nous décrirons bientôt la fabrication. Pour que le tirage des gravures intercalées dans le texte soit aussi parfait que possible, le metteur en train est obligé de découper tous les détails du dessin et de les coller sur le tympan (ou sur le cylindre dans les presses mécaniques); il peut ainsi augmenter l'épaisseur dans les endroits faibles et la diminuer aux endroits foulés.

La *retiration* est le tirage du second côté de la feuille. Lorsqu'un certain nombre de feuilles ont été tirées du premier côté, on les reprend pour faire le tirage du

second. L'ouvrier place sur la marge une feuille de décharge, après avoir diminué la pression d'un tour de vis pour compenser l'augmentation d'épaisseur. Cette feuille est destinée à recevoir une partie de l'encre du premier côté qui n'a pas encore eu le temps de sécher complètement : elle doit être renouvelée dès qu'étant trop chargée d'encre, elle menace de maculer la feuille imprimée.

Avant de procéder au tirage, l'ouvrier s'assure que les pages du *verso*, ou second côté, s'impriment exactement derrière les pages du *recto*, ou premier côté. Il y

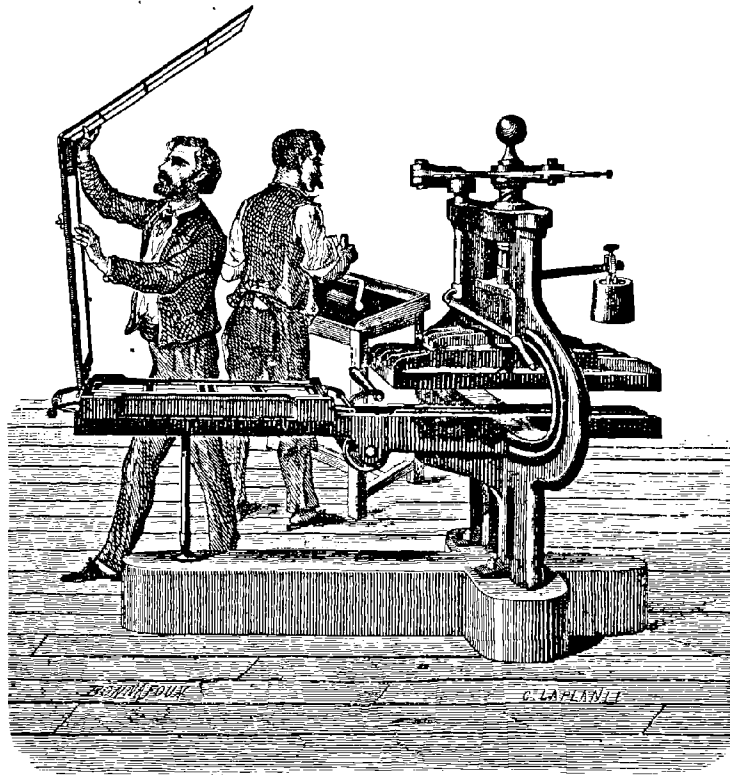


Fig. 409. — Presse typographique à bras.

arrive après quelques tâtonnements et modifications dans la position des pointures. Cela fait, il *met en train* et procède au tirage.

La *presse mécanique* est une machine qui permet de faire mécaniquement toutes les opérations du tirage; l'ouvrier n'a qu'à mettre en place la feuille de papier, qui se trouve saisie par la machine et n'est rendue qu'après l'impression. C'est à un mécanicien anglais, nommé Nicholson, que l'on doit la première idée de la presse mécanique; mais c'est à MM. Koenig et Bauer, horlogers saxons, qu'est due la construction de la première machine véritablement pratique (1814). Il y a maintenant des variétés très nombreuses de ce genre d'appareils.

La presse mécanique la plus simple se compose d'un bâti rectangulaire en fonte, dans l'intérieur duquel sont disposés le marbre, la table à encrer et l'encrier. L'en-

crier est à peu près semblable à l'encrier de la presse à main. Par la construction même de la machine, le marbre et la table à encrer, qui sont placés à la suite l'un de l'autre, peuvent être animés d'un mouvement de va-et-vient dans lequel la table à encrer reçoit l'encre de l'encrier, passe ensuite sous des rouleaux distributeurs appelés *toucheurs*, puis sous d'autres rouleaux qui puisent l'encre à sa surface. La forme a été disposée sur le marbre qui fait suite à la table et, pendant que celle-ci va chercher l'encre, elle passe sous des rouleaux qui en distribuent une certaine quantité à sa surface. Dans le mouvement suivant, qui s'exécute en sens contraire du premier, le marbre passe sous un cylindre horizontal en fonte parfaitement tourné et garni de drap. Ce cylindre remplace le tympan et est animé d'un mouvement de rotation autour de son axe qui repose sur le bâti rectangulaire. La figure 410 représente une presse mécanique qui imprime deux feuilles à la fois, une à chaque extrémité.

L'ouvrier place la feuille sur une espèce de pupitre; elle est saisie par des pinces qui l'appliquent sur le cylindre : celui-ci dans sa rotation l'entraîne et vient la présenter à la forme. On comprend que dans ce mouvement la forme et le cylindre marchent dans le même sens : aussi, lorsque le cylindre a successivement appliqué et pressé toutes les parties de la feuille sur toutes les parties de la forme, l'impression est faite d'un côté. La feuille est alors reprise par des cadres en mouvement qui la conduisent à l'extrémité de la machine, où elle est reçue par un enfant nommé *receveur*. On voit que le cylindre fait à la fois l'office du tympan et de la platine de la presse à la main. C'est à sa surface que l'on colle les morceaux de papier que l'on emploie dans la mise en train pour rendre le travail régulier. Nous ajouterons que sur la table où l'on place la feuille se trouvent des peintures destinées à guider l'ouvrier.

Certaines machines impriment la feuille sur les deux faces. Il y en a de plusieurs espèces. Nous distinguerons les presses mécaniques en *retiration* et les presses *rotatives*.

La presse mécanique en *retiration* imprime en une seule fois les deux côtés de la feuille. Elle se compose essentiellement de deux cylindres presque tangents, d'un marbre et de deux encriers. Le marbre est divisé, dans le sens longitudinal, en deux parties. Sur l'une se place la forme qui doit imprimer le recto, sur l'autre celle qui correspond au verso. La feuille est d'abord entraînée par le premier cylindre, qui l'applique sur la première forme, puis, quand elle revient au point de tangence, elle est reprise par le second cylindre, qui applique le verso sur la seconde forme.

Les presses rotatives de M. Marinoni, qui servent principalement à l'impression des journaux, sont essentiellement formées de deux cylindres horizontaux C et C', appelés *cylindres de clichés*, et montés l'un au-dessus de l'autre : sur chacun d'eux appuie un cylindre lisse et garni d'étoffe. Il est appelé *cylindre de blanchet*. Sur les cylindres C, C' sont appliqués des clichés, qui sont la reproduction hémicylindrique et par moulage de la composition plane faite en caractères mobiles. Nous verrons, à propos de la stéréotypie, comment on obtient ces clichés. Sur le cylindre C par exemple, qui sera le cylindre de dessous, on dispose aux extrémités d'un même diamètre les clichés des pages 1 et 4 qui forment le recto du

journal; sur le cylindre *C'* les clichés des pages 2 et 3 qui formeront le verso. Les cylindres *C* et *C'* sont encrés par des rouleaux, qui viennent appuyer sur leur surface et ont pris l'encre en passant dans des encriers disposés parallèlement à eux.

A l'arrière de la machine se trouve une grosse bobine de papier placé parallèlement à la machine. On engage, entre *C* et son cylindre de blanchet, l'extrémité de la feuille qui est appelée par la rotation des cylindres : le recto s'imprime, puis la feuille, en s'engageant entre *C'* et son cylindre de blanchet, vient appliquer le verso encore blanc sur les clichés 2 et 3, qui impriment les pages 2 et 3. A sa sortie, la feuille est coupée à longueur voulue, puis s'engage entre des cylindres dont l'ensemble forme ce que l'on appelle l'*accumulateur*. Dans l'*accumulateur* les

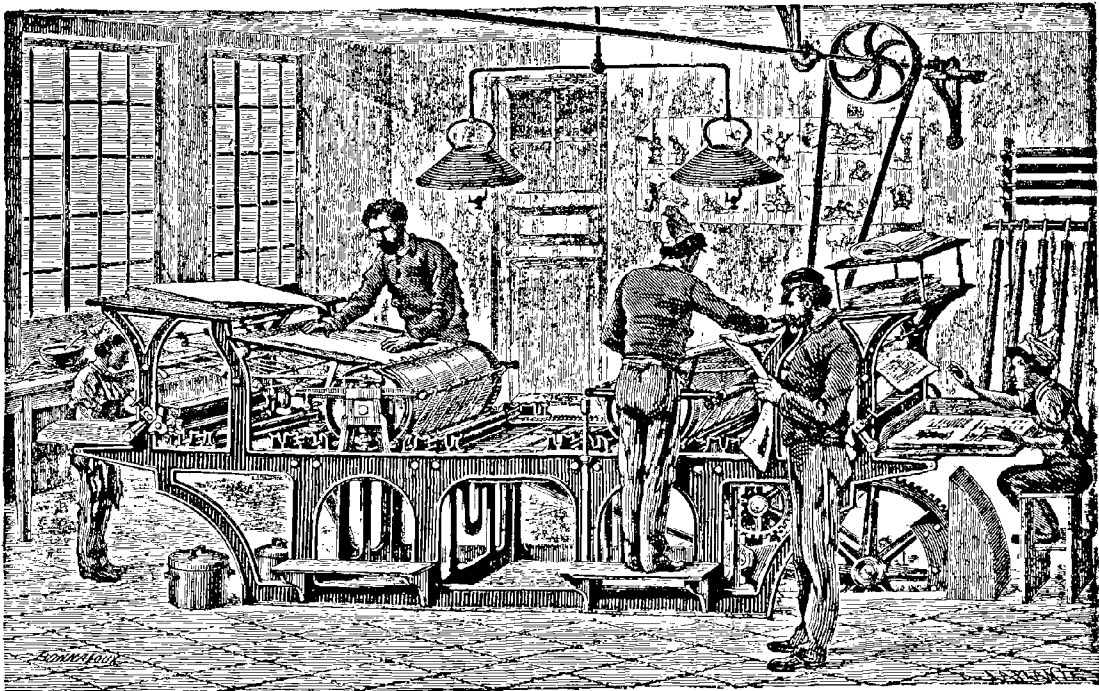


Fig. 410. — Presse typographique à vapeur pour tirage double.

exemplaires se superposent, et quand il en a reçu dix, il les livre à une raquette qui dépose le paquet sur une table située à l'arrière de la machine. L'existence de l'*accumulateur* est nécessitée par la vitesse de la machine, qui livre trop d'exemplaires en un temps donné pour que la raquette puisse les prendre un à un et les déposer sur la table.

Dans les presses que nous avons vues fonctionner à l'imprimerie du *Petit Journal*, chaque cylindre porte dans sa longueur deux paires de clichés, de sorte qu'ils impriment deux exemplaires à la fois. Avant d'entrer dans l'*accumulateur*, la feuille comprenant les deux exemplaires est coupée suivant la longueur par un couteau qui les sépare. Chaque mouvement de la raquette livre donc vingt exemplaires, de sorte que les huit presses installées peuvent livrer chaque jour les onze cent mille

exemplaires qui forment actuellement le tirage quotidien de ce journal. L'impression se fait en plusieurs intervalles : elle commence à cinq heures et demie du soir pour finir à trois heures du matin.

Ajoutons, d'une manière générale, que lorsque les formes en caractères mobiles ont servi soit à imprimer, soit à faire les clichés, elles sont lavées et desserrées, et les caractères sont remis à des ouvriers qui les répartissent dans les différents cassetins des casses. Cette opération, appelée *distribution*, doit être faite avec le plus grand soin ; car c'est d'elle que dépend la régularité de composition de l'ouvrage pour lequel on se servira des mêmes caractères.

STÉRÉOTYPIE

La *stéréotypie* est une opération qui permet de faire, en un seul bloc de métal fusible, une page semblable à la page composée en caractères mobiles. Ces blocs sont conservés après le tirage, et au moment où, les exemplaires tirés étant vendus, l'éditeur doit faire réimprimer l'ouvrage, il n'est pas nécessaire de composer à nouveau ; les mêmes planches servent à la réimpression.

Voici comment on obtient ces blocs. On compose une première fois l'ouvrage en caractères mobiles et l'on prend en creux l'empreinte des pages imposées dans une même forme. Dans le clichage au plâtre on prend l'empreinte avec du plâtre liquide. Dans le clichage au papier on opère de la manière suivante.

On commence par faire ce que l'on appelle un *flan*, en superposant un certain nombre de feuilles de papier mince collées entre elles avec un mélange de blanc de Meudon et de colle de pâte. C'est avec ce flan qu'on prend l'empreinte de la page à stéréotyper. Pour cela le mouleur applique le flan sur elle, et à l'aide d'une brosse il frappe sur le flan en allant du centre vers les bords : il force ainsi le papier humide à pénétrer dans les creux laissés entre les reliefs des caractères ; puis il place le tout sous une presse dont la plaque est chauffée. Le moule en carton se sèche, et quand il est bien sec, on le retire de dessus la page à stéréotyper pour le mettre dans un moule en fer à charnières. Lorsque celui-ci est refermé, il y a, entre l'une de ses faces et le moule en carton, un intervalle égal à l'épaisseur que l'on veut donner au cliché ; c'est dans cet intervalle qu'on coule en une fois le métal liquide. On laisse refroidir, et après solidification on ouvre le moule en fer, on détache le carton de l'alliage et l'on met le cliché à épaisseur. La flexibilité des empreintes au papier permet de les mettre dans des enveloppes cylindriques, quand on veut avoir des clichés pour presses rotatives. On se sert beaucoup aujourd'hui en stéréotypie de clichés en cuivre obtenus par galvanoplastie.

CHAPITRE XXVI

GRAVURE, LITHOGRAPHIE, IMPRESSION EN COULEUR

La reproduction sur papier des œuvres des artistes, des dessins destinés à faire comprendre les descriptions scientifiques ou autres, est exécutée par deux arts distincts, la gravure et la lithographie, dont nous allons exposer les principaux traits.

GRAVURE

On connaît depuis longtemps le moyen de graver en creux des dessins sur des planches métalliques, mais c'est au Florentin Maso Finiguerra que l'on doit d'avoir utilisé ces planches à la reproduction sur papier des lignes gravées. C'est à lui qu'est due l'invention de la *gravure au burin*, qui de tous les procédés en usage est le plus ancien. Malgré la variété des méthodes de gravure, nous les ramènerons toutes à deux types principaux : la *gravure en creux* ou *en taille-douce*, et la *gravure en relief* ou *en taille d'épargne*.

La *gravure en creux* s'exécute sur métal au *burin* ou à l'*eau-forte*.

La *gravure au burin* consiste à pratiquer dans une planche de cuivre, qui doit être très homogène, des *sillons* entre-croisés, ou *tailles*, reproduisant tous les détails du dessin. Ce travail, qui est très simple à décrire, exige de la part de l'artiste une très grande habileté et se fait à l'aide d'un outil en acier appelé *burin*. Si l'on passe sur la planche ainsi gravée un tampon imprégné d'encre d'imprimerie très épaisse, l'encre entre dans les tailles et il devient facile de reproduire par impression sur une feuille de papier les dessins gravés. Dans la pratique, le burin ne sert ordinairement qu'à activer le travail préparé par l'action de l'eau-forte, dont nous allons maintenant parler.

La gravure à l'*eau-forte*, dont les uns attribuent l'invention à Albert Dürer, les autres à François Mazzuolli, a été pratiquée pour la première fois par Wenceslas

d'Olmültz, en 1466. Ce procédé consiste à creuser le métal (cuivre ou acier) par l'action de l'acide azotique étendu d'eau. Pour atteindre ce but on couvre la planche d'un vernis composé de poix de Bourgogne, de poix noire, de cire vierge et d'asphalte; puis, avec des pointes, on enlève le vernis suivant les lignes du dessin. On borde ensuite la planche d'une petite muraille de cire, de manière à en faire une espèce de cuvette, dans laquelle on verse l'eau-forte (composée ainsi, pour le cuivre : acide azotique, 1 partie; eau, 2 parties; azotate de cuivre, 60 grammes par litre; pour l'acier : eau distillée, 15 parties; alcool, 2 parties; acide azotique, 1 partie; azotate d'argent, 1 gramme par litre). Le mordant attaque le métal, le creuse partout où il est à nu, c'est-à-dire suivant les lignes du dessin, et respecte les parties recouvertes de vernis. Quand l'attaque est jugée suffisante pour les tailles fortes et commence à atteindre celles qui doivent être moins creusées, on transvase l'eau-forte et l'on ajoute de l'eau ordinaire. Puis on enlève la couche de vernis en frottant la planche avec un morceau de charbon de saule; par un lavage à l'eau-forte, on rend au cuivre sa couleur qui a été altérée, on arrose la planche avec de l'huile et on la frotte énergiquement avec un morceau de feutre à chapeau : elle est prête à être livrée à l'imprimeur.

La gravure en taille-douce se fait aussi sur pierre. Après avoir préparé la pierre avec une solution de tanin, de gomme laque et d'acide nitrique, qui empêchera l'encre d'imprimerie de prendre sur les parties non gravées, on décalque le dessin à graver sur la pierre. Pour cela, on enduit d'une poudre rouge appelée *sanguine* le verso de la feuille où est le dessin, on l'applique sur la pierre et, en suivant les lignes de ce dessin avec une pointe, on les reproduit en traits constitués par la sanguine. Ce sont ces traits que le graveur entaille ensuite au burin. Après gravure, on enduit la pierre avec de l'huile pour la préserver de l'humidité et avoir des tons plus purs; puis elle est livrée à l'imprimeur, qui se sert d'une presse analogue à celle que nous décrirons bientôt à propos de la lithographie.

Pour la gravure des sujets qui doivent être reproduits un grand nombre de fois, on emploie souvent la méthode des *reports sur zinc*. Cette méthode consiste à tirer d'abord sur papier une épreuve de la gravure sur pierre; puis, par un moyen analogue à celui que nous verrons employé par les lithographes, on reporte les lignes de l'épreuve sur une plaque de zinc, que l'on attaque ensuite par un acide. L'encre de l'épreuve reportée protège le métal de l'action de l'acide et quand l'attaque est faite, toutes les lignes sont en relief sur la planche métallique, dont les parties non couvertes d'encre ont été creusées par le liquide. On se sert alors de cette planche comme si elle était un cliché d'imprimerie. On comprend que, lorsque le tirage l'aura détériorée, la pierre gravée, qui n'a encore fourni qu'une épreuve, permettra de faire un nouveau report aussi pur que le premier, et ainsi de suite.

La gravure en *relief* ou en *taille d'épargne* se pratique ordinairement sur des morceaux de bois en bois debout sur lequel le dessin a été fait par le dessinateur au crayon et à l'encre de Chine. Le graveur entaille au burin toutes les parties qui

doivent rester blanches : les parties correspondant aux noirs seront en relief et prendront seules l'encre lorsqu'on passera le rouleau à leur surface.

Le bois gravé peut servir à imprimer sur papier, mais on comprend qu'au bout d'un certain nombre de tirages les reliefs s'écraseraient et perdraient de leur finesse. Pour éviter cet inconvénient et respecter aussi longtemps que possible le travail du graveur, on procède par *clichage*, c'est-à-dire qu'on reproduit par galvanoplastie le bois gravé, et ce n'est plus le bois qui est employé à l'impression, mais le cliché qui, dès qu'il sera détérioré par l'usage, pourra être refait sur le bois.

Le moule, qui servira à la reproduction galvanique, est fabriqué soit avec de la gutta-percha ramollie qu'on applique sur le bois et que l'on soumet à une forte pression pour la forcer à bien se modeler sur lui, soit avec de la cire. Quand on moule à la cire, ce qui est préférable, on coule d'abord un gâteau de cire jaune

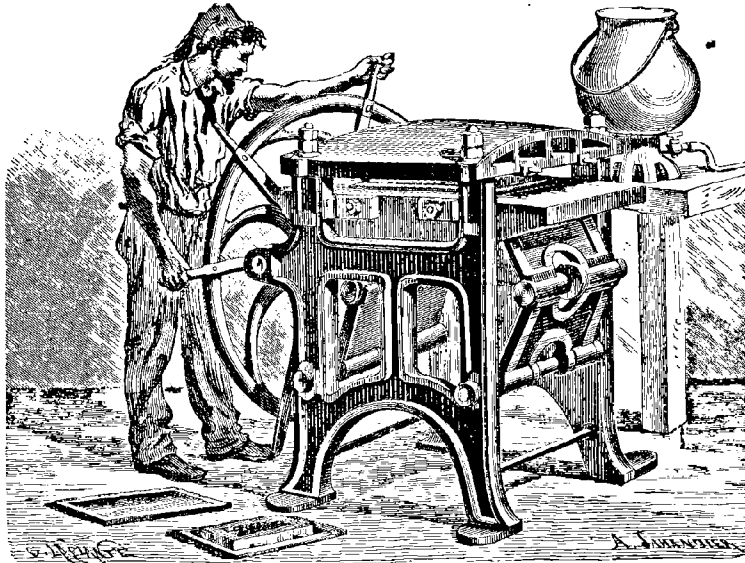


Fig. 411. — Presse à faire les moules en cire.

dans une cuvette en plomb. On plombagine sa surface, puis on glisse la cuvette, la cire en dessous, dans une coulisse portée par la plate-forme supérieure et fixe d'une presse que représente la figure 411. Au-dessous d'elle et sur une plate-forme mobile, on place le bois dont on veut prendre l'empreinte. A l'aide d'une roue à bras que montre la figure, on manœuvre une vis qui fait ouvrir l'angle de deux plaques de fonte appelées *genoux* et situées au-dessous de la plate-forme mobile. (On ne voit sur la figure que l'un de ces genoux ; l'autre, qui est voisin de la roue, est en partie caché.) A mesure que la roue tourne, les genoux s'ouvrent, font monter la plate-forme et appliquent le bois sur la cire. Grâce à la pression très considérable et très régulière exercée par la machine, l'empreinte se fait sur la cire de la manière la plus délicate. Au bout de quelques instants on a une épreuve en creux sur la planche de cire qui est devenue très dure ; on la plombagine avec soin et on

la porte au bain de sulfate de cuivre. L'action du courant décompose le sel et fait déposer le cuivre sur le moule; après quarante-huit heures de bain, on obtient une planche de cuivre reproduisant avec finesse tous les détails du bois.

Cette planche ne serait pas assez solide pour servir à l'impression; il faut la doubler d'une semelle en plomb. On étame sa face inférieure, puis on la place dans une cuvette et l'on coule sur la face étamée du plomb fondu, qui, après solidification forme la semelle destinée à rendre le cuivre plus résistant. Il n'y a plus maintenant qu'à nettoyer le cliché (ce qui se fait avec de l'essence minérale, de la poudre appelée *terre pourrie*, et de la sciure de bois), à le dresser et à le rendre parfaitement

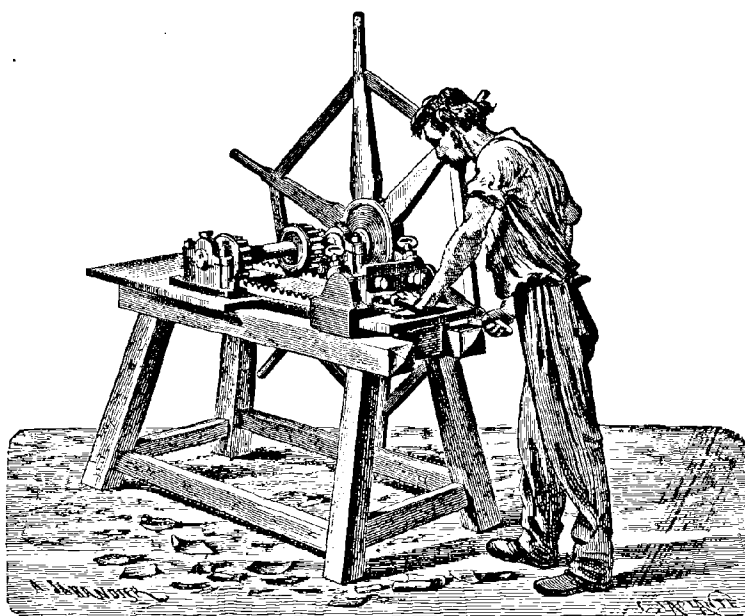


Fig. 412. — Machine pour dresser les clichés.

plan. Le dressage de la face de plomb est commencé sur le tour et achevé sur une machine, que représente la figure 412. Elle se compose d'une plate-forme horizontale, mue par des engrenages et des crémaillères que met en mouvement une roue à bras; au-dessus de cette plate-forme et à l'extrémité de la machine se trouve un rabot fixe. On place le cliché sur la plate-forme en mettant au-dessus la semelle de plomb; l'ouvrier, en tournant la roue à bras, fait passer le cliché sous le rabot qui le dresse.

On découpe ensuite les bords à la scie circulaire, on dresse bien le cliché et on le fixe sur une semelle de bois.

C'est par ce procédé que l'on fabrique les clichés qui servent à faire les figures des ouvrages illustrés.

LITHOGRAPHIE

La lithographie est un art qui consiste à imprimer les caractères et dessins tracés avec un corps gras sur une pierre calcaire appelée *pierre lithographique*. L'invention de cet art remonte à l'année 1799; elle est due à Aloys Senefelder, choriste au théâtre de la cour de Munich. Senefelder avait composé plusieurs pièces de théâtre; mais n'ayant pas les ressources suffisantes pour subvenir aux frais de leur impression, il chercha le moyen économique de reproduire l'écriture. Après des essais assez nombreux, il eut l'idée d'utiliser à cet effet une pierre calcaire que l'on trouve en abondance aux environs de Munich, qui a le grain serré et peut recevoir un beau poli. Il imagina d'écrire sur cette pierre parfaitement polie, à l'aide d'un corps gras, puis de verser à sa surface un acide qui, rongant la pierre aux endroits non recouverts de corps gras et la respectant aux parties préservées par lui, mettrait les caractères en relief et produirait ainsi une véritable planche d'imprimerie. Senefelder n'obtint pas le relief nécessaire pour l'impression, mais il remarqua que la partie attaquée de la pierre était devenue incapable de recevoir l'encre d'imprimerie, si bien que, lorsqu'on passait à sa surface un rouleau à encrer, les caractères seuls se chargeaient d'encre. Il suffisait alors d'appliquer une feuille de papier sur la pierre, de la soumettre à une pression convenable pour avoir la reproduction des caractères tracés. Tel est encore le principe sur lequel repose la lithographie. Depuis Senefelder cet art a subi de remarquables perfectionnements; il fait aujourd'hui l'objet d'une importante industrie qui s'est répandue dans toutes les grandes villes, mais dont Paris est surtout le siège. Nous allons en décrire les principaux détails.

On emploie communément en France deux espèces de pierres lithographiques : celles d'Allemagne ou de Munich et celles des environs de Châteauroux, du Vigan et de Bruniquel. Les pierres de Munich réunissent toutes les qualités d'une bonne pierre lithographique : elles ont une pâte homogène, dure, serrée, et s'imbibent facilement d'eau; elles peuvent servir pour les dessins au crayon et pour les écritures d'un travail fini. Les pierres de Châteauroux sont d'une qualité inférieure et ne sont utilisées que pour l'écriture à la plume.

Lorsqu'une pierre est neuve, il faut d'abord la dresser. Ce dressage se fait en frottant l'une sur l'autre deux pierres entre lesquelles on a mis une couche de grès pulvérisé et additionné d'eau. Après le dressage, on lave la pierre et, si on la destine à un dessin à la plume, on la frotte avec un morceau de pierre ponce préalablement dressé à la lime et que l'on mouille de temps en temps. Si la pierre doit recevoir un dessin au crayon, elle subit l'opération du *grainage*, qui a pour but de rendre sa surface légèrement grenue. Pour cela on saupoudre sur la pierre du sable passé au tamis très fin, on mouille avec une éponge et l'on frotte avec

une autre pierre, absolument comme pour le dressage, en n'appuyant pas sur la pierre supérieure. L'opération est répétée plusieurs fois et on la dirige d'après le grain que l'on veut obtenir. Les pierres sont ensuite lavées, séchées, passées au blaireau qui enlève les grains de sable restés à leur surface, enfin enveloppées dans du papier de soie et mises en réserve jusqu'au moment de leur emploi.

L'artiste chargé de tracer à la surface de la pierre les caractères à reproduire se sert à cet effet d'encre ou de crayons lithographiques : d'encre, quand il veut tracer des caractères d'écriture ou des dessins imitant le dessin ordinaire à la plume; de crayons, quand il veut imiter le dessin au crayon.

Pour qu'après l'impression les caractères apparaissent sur le papier dans leur sens naturel, il est nécessaire que sur la pierre ils soient tracés à rebours. C'est une habitude que le lithographe prend peu à peu, et, pour se rendre compte de l'effet que produira son œuvre sur le papier, il a près de lui un miroir dans lequel il regarde de temps en temps les caractères tracés sur la pierre. Le miroir les lui présente dans leur sens naturel.

Lorsque le dessin est fait, on prépare la pierre pour l'impression en étendant à sa surface un liquide formé d'acide nitrique et d'une dissolution de gomme arabique. Par l'action de ce liquide, les parties nues de la pierre deviennent inaptées à recevoir l'encre d'imprimerie, et les caractères tracés avec le corps gras prennent plus de fixité. On lave ensuite la pierre à l'eau, puis à l'essence de térébenthine. Celle-ci dissout les corps gras de l'encre lithographique et les caractères disparaissent. Ils existent cependant encore en ce sens que les parties qui étaient recouvertes par l'encre ou le crayon gras n'ont pas été attaquées par l'acide, de telle sorte que si, après avoir mouillé légèrement la pierre avec une éponge fine, on passe un rouleau encre à sa surface, ces parties seules prennent l'encre, et les caractères reparaissent.

Il ne reste plus maintenant qu'à exécuter le tirage, qui se fait soit sur des presses à bras, soit sur des presses mécaniques.

La *presse à bras* se compose d'un bâti rectangulaire dans l'intérieur duquel se trouve un chariot C (fig. 413) qui peut glisser, dans le sens longitudinal du bâti, sur un cylindre placé transversalement. C'est sur ce chariot qu'on place la pierre; on la mouille avec une éponge et l'on passe à sa surface un rouleau semblable comme forme aux rouleaux d'imprimerie, mais qui est fait avec du feutre et du cuir collés sur un cylindre de bois. (L'encrage du rouleau s'exécute comme en imprimerie typographique.) L'encre s'attache seulement sur les caractères et respecte les autres parties qui sont protégées par la préparation à l'acide et par la petite couche d'eau qui les mouille. On applique alors sur la pierre une feuille de papier rendue humide par un séjour de quelques minutes entre des feuilles mouillées appelées *intercales*; on place au-dessus une feuille de papier qui fera coussin et l'on rabat sur le tout un cadre nommé *châssis*, dont la surface est formée par une lame de cuir fixée sur ses côtés. Sur ce cadre on amène une pièce verticale O nommée *râteau*, qui transmettra la pression. Pour cela, l'ouvrier agrafe ce râteau à un levier qui peut s'abaisser par le mouvement d'une pédale sur laquelle il pose le pied. En même temps qu'il appuie sur la pédale, il fait tourner une roue verticale

placée sur le côté de la machine et appelée *moulinet*. Cette roue produit l'enroulement d'une sangle attachée au chariot et force celui-ci à passer sous le râteau, dont il subit la pression.

En lithographie il est important, pour éviter la rupture des pierres, que cette pression ne soit pas exercée trop brutalement. La machine que nous venons de décrire satisfait à cette condition; car, dès que l'ouvrier qui manœuvre la presse sent une résistance un peu trop forte, il appuie sur la pédale avec plus de précaution et, à l'aide de vis, règle la position du râteau, de manière à avoir une pression convenable. Quand le chariot a passé, l'ouvrier dégrafe le porte-râteau, le relève, et lorsqu'une chaîne à contrepoids a ramené le chariot dans sa position primitive, il ouvre le châssis, enlève la feuille qui a reçu l'impression, et recommence l'opération.

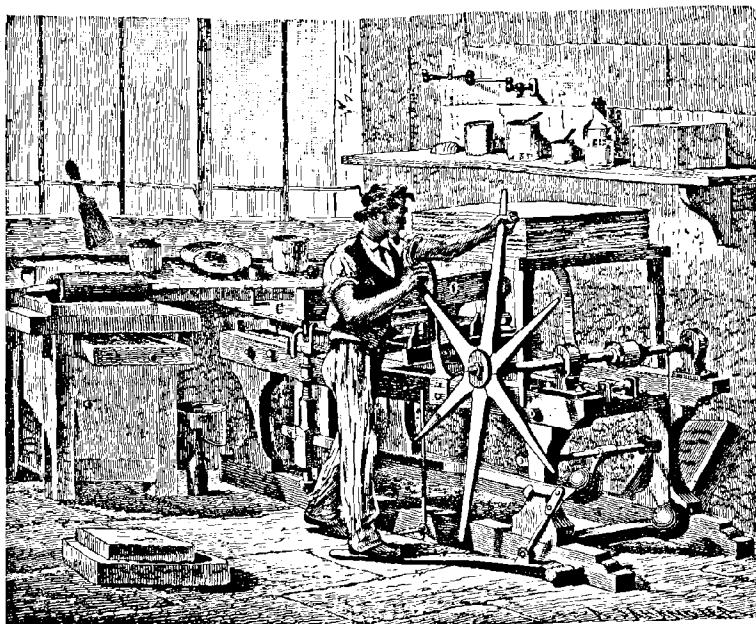


Fig. 413. — Presse lithographique à bras.

Les *presses mécaniques* des lithographes ont une grande analogie avec celles qu'emploient les imprimeurs typographes. La pierre est mise sur un chariot mobile remplaçant le marbre; elle est encreée par des rouleaux disposés comme ceux des presses d'imprimerie typographique; des rouleaux en molleton la mouillent au passage, et elle vient s'engager sous un cylindre de pression qui applique la feuille sur elle. Ce cylindre est monté de manière à se soulever de lui-même dès que la pression devient trop forte.

On comprend qu'une pierre lithographique ne puisse, comme une forme d'imprimerie, servir au tirage d'un grand nombre d'exemplaires sans être détériorée. C'était là un inconvénient assez grave, puisqu'il nécessitait que l'artiste dessinât sur une nouvelle pierre les caractères qu'il avait tracés sur la première. Le procédé des reports évite ce nouveau travail du dessinateur. Voici en quoi il consiste : Au moyen d'une feuille de papier humide encollée à sa surface avec de la *colle de*

pâte, on tire une épreuve sur la pierre originale; puis on applique cette feuille encore humide sur une autre pierre, le côté de l'épreuve en dessous, et l'on soumet à la presse. Sous l'influence de la pression, la couche de colle contracte de l'adhérence avec la pierre, et lorsque, après avoir lavé à l'eau, l'ouvrier soulève la feuille, la colle ne la suit pas et reste sur la pierre, tenant emprisonnés entre elle-même et celle-ci les caractères qui étaient sur l'épreuve. On lave encore à l'eau, la colle s'en va et les caractères restent seuls, reproduisant sur la pierre le travail du dessinateur. Il n'y a plus maintenant qu'à traiter cette pierre comme on a traité la pierre originale, l'attaquer à l'acide, etc., et s'en servir pour le tirage. On comprend facilement l'avantage d'un tel procédé : il permet un tirage indéfini, car on pourra faire autant de reports que la pierre originale pourra donner d'épreuves sans être détériorée, et chaque report donnera lieu lui-même au tirage d'un grand nombre d'exemplaires.

L'*autographie* est un procédé qui remplace souvent la lithographie. Il en diffère en ce qu'au lieu d'écrire ou de dessiner sur la pierre lithographique, on le fait sur un papier préparé et recouvert d'une couche de gélatine, d'empois et de gomme-gutte; le dessin est ensuite reporté sur une pierre lithographique que l'on soumet aux préparations que nous avons décrites. Ce procédé simplifie le travail du dessinateur, puisqu'on n'a plus à tracer la figure symétrique de celle que l'on veut reproduire.

IMPRESSION EN COULEUR

Quand il s'agit d'imprimer des dessins coloriés, on se sert de trois procédés principaux : l'impression typographique en couleur, la chromolithographie et la chromotypographie.

L'*impression typographique* en couleur s'applique aux journaux qui donnent des dessins coloriés, comme le *Petit Journal illustré*. On se sert à cet effet de presses rotatives, qui présentent autant de cylindres qu'il y a de couleurs à imprimer. Ces cylindres portent chacun un cliché en cuivre obtenu par galvanoplastie et présentant en relief les parties du dessin qui doivent avoir la même couleur. La feuille passe successivement sur chacun de ces cylindres qui a été encre à la couleur voulue. A l'imprimerie du *Petit Journal* la mise en train de la machine ne dure que onze heures, et, la mise en train une fois faite, chaque machine imprime onze mille exemplaires à l'heure.

La *chromolithographie* est un art qui permet de reproduire à l'aide des procédés de la lithographie des dessins en couleur qui peuvent avoir une grande finesse de tons. Voici comment on opère. On commence par faire un calque au trait (fig. 414) de la peinture que l'on veut reproduire. On se sert à cet effet d'encre lithogra-

phique ou autographique. Lorsque le calque est fait, on le reporte sur une pierre lithographique et avec une encre légère on en tire sur papier sec et bien laminé autant d'épreuves qu'il doit y avoir de couleurs. Supposons que le dessin comporte six couleurs; on reporte chacune des six épreuves sur une pierre; puis, s'il s'agit, par exemple, de la pierre qui doit imprimer le jaune, on couvre d'encre grasse et noire toutes les parties du dessin qui doivent être jaunes. Ensuite on attaque à l'acide. Il est évident que l'acide va ronger toutes les parties de la pierre qui ne sont pas couvertes d'encre grasse; si, après l'attaque, on lave à l'essence pour enlever l'encre grasse et que l'on passe un rouleau imprégné d'encre jaune, cette encre s'attachera seulement sur les parties qui doivent être jaunes. Dans le travail de préparation que subissent les pierres, le calque au trait, qui a été fait avec de l'encre légère, disparaît peu à peu.

Sur chaque pierre terminée, l'artiste devra marquer avec une grande exactitude les points de repère qui sont indiqués par le calque au trait. Toutes les pierres étant préparées, on tire d'abord une épreuve sur la pierre destinée à donner le jaune, puis l'imprimeur applique cette épreuve avec soin sur la seconde pierre qui doit imprimer le *bleu*, et ainsi de suite : la même feuille de papier va donc être appliquée successivement sur les six pierres nécessaires à la reproduction du dessin colorié. Dans ces applications successives, il faut opérer avec une précision parfaite pour que le raccord des couleurs se fasse bien et l'on se sert à cet effet de repères qui ont été faits sur le calque au trait.

Depuis quelques années, quand il s'agit de dessins qui doivent être tirés à un grand nombre d'exemplaires on se sert de la *chromotypographie*. Les pierres lithographiques sont remplacées par des plaques de zinc sur lesquelles on reporte les différentes épreuves dont nous venons de parler à propos de la chromolithographie. Sur chacune d'elles on recouvre d'une encre protectrice les parties qui doivent imprimer une couleur déterminée. Puis on attaque à l'acide : le zinc se creuse et laisse en relief les parties qui doivent imprimer. Quand le creux est assez accusé, on enlève l'encre, on dresse la plaque, comme on le fait pour les clichés en cuivre galvanique, et on la fixe sur une planche de bois. Chacun des clichés ainsi obtenus sert à l'impression successive des différentes couleurs.

C'est par ce procédé que l'on imprime les albums si jolis qui font le bonheur de nos enfants et qui se distinguent aujourd'hui par des qualités artistiques que notre jeunesse n'a pas connues.

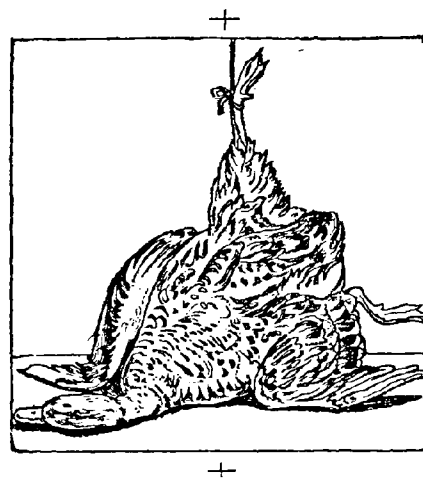


Fig. 414. — Épreuve de trait destinée à guider le chromolithographe dans le repérage des couleurs.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

LA HOUILLE ET LES MÉTAUX USUELS

CHAPITRE PREMIER

	Pages.
LA HOUILLE	1
Extraction de la houille.	5
Coke et agglomérés	29

CHAPITRE II

LE FER ET LES MÉTAUX USUELS.	31
Le fer	32
Fabrication de la fonte dans les hauts-fourneaux	56
Transformation de la fonte en fer ou affinage.	43
Tôle.	51
Acier	52
Fabrication des rails de chemin de fer	56
Fil de fer	58
Fer-blanc et fer galvanisé	60
EXTRACTION DES MÉTAUX USUELS AUTRES QUE LE FER	62
Plomb	62
Cuivre.	64
Zinc. Aluminium. Étain. Mercure. Argent. Or. Platine	65

CHAPITRE III

FONDERIE. FORGEAGE. CONSTRUCTION DES MACHINES. MACHINES-OUTILS.	67
Fonderie	67
Forgeage.	75
Construction des machines. Machines-outils	81

INDUSTRIES DE L'ALIMENTATION

CHAPITRE IV

MEUNERIE ET BOULANGERIE. PÂTES ALIMENTAIRES. BEURRES ET FROMAGES	94
Meunerie et boulangerie	94
Pain.	99
Pâtes alimentaires	104
Beurres et fromages	107

CHAPITRE V

CONSERVES ALIMENTAIRES	116
----------------------------------	-----

CHAPITRE VI

	Pages.
Boissons	124
Vins	124
Bière	132
Cidre	141
Eaux-de-vie et alcools	141
Vinaigres	146
Huiles	147

CHAPITRE VII

LE SUCRE	153
De la betterave. Ses variétés, culture de cette plante, ses avantages pour l'amélioration du sol	155
Extraction du sucre de betterave	157
Raffinage du sucre	168
Confiserie. — Dragées	172
Chocolat	174

INDUSTRIES DU VÊTEMENT ET DE LA TOILETTE

CHAPITRE VIII

LA SOIE	178
Vers à soie. Magnaneries. Maladies des vers à soie. Travaux de M. Pasteur.	179
Filature de la soie	187

CHAPITRE IX

LE LIN	194
Rouissage, maquage, teillage du lin	196
Peignage et filature du lin	201
Chanvre, cordes et cordages	210
Jute	212
Ramie	214

CHAPITRE X

LE COTON	215
Filature du coton	216

CHAPITRE XI

LA LAINE	223
Laines peignées	223
Laines cardées	230

CHAPITRE XII

LES TISSUS	232
Fabrication des tissus	233

CHAPITRE XIII

TEINTURE, BLANCHIMENT, IMPRESSION ET APPRÊTS DES TISSUS	246
Premiers apprêts des tissus. Grillage	247
Blanchiment des tissus	248

TABLE DES MATIÈRES.

479

	Pages.
Teinture.	250
Impression des tissus.	252
Derniers apprêts des tissus.	256
Fabrication des draps.	259

CHAPITRE XIV

LE VÊTEMENT ET LA COIFFURE	264
Confection des vêtements	264
Chapellerie.	266

CHAPITRE XV

LA COUSSURE ET LA GANTERIE	274
Tannage.	274
Corroirie. Mégisserie. Chamoiserie.	277
Cordonnerie	280
Ganterie.	286

CHAPITRE XVI

FABRICATION DES ÉPINGLES, DES AIGUILLES, DES BOUTONS, DES BROSSES, DES PEIGNES ET DES BIJOUX.	289
Fabrication des épingles	289
Fabrication des aiguilles à coudre.	293
Fabrication des boutons.	295
Fabrication des brosses	297
Fabrication des peignes	299
Bijouterie	302

CHAPITRE XVII

LA SAVONNERIE ET LA PARFUMERIE.	306
Fabrication du savon.	310
Fabrication du savon de toilette	313
Parfumerie.	317

INDUSTRIES DU LOGEMENT ET DE L'AMEUBLEMENT

CHAPITRE XVIII

TRAVAUX DE DÉCORATION DES MAISONS. FABRICATION DES PAPIERS PEINTS, ÉBÉNISTERIE.	322
Travaux de décoration.	322
Fabrication des papiers peints.	323
Ébénisterie.	331

CHAPITRE XIX

INDUSTRIES DE LA CÉRAMIQUE.	336
Porcelaine.	341
Tournassage de la porcelaine.	344
Moulage de la porcelaine.	345
Fabrication des assiettes.	346
Coulage de la porcelaine.	347
Cuisson de la porcelaine.	348

	Pages.
Faïences.	353
Décoration de la porcelaine et de la faïence.	354
Poteries communes et terres cuites. Briques. Grès cérames.	357
CHAPITRE XX	
VERRERIE ET CRISTALLERIE.	360
Fabrication du verre.	363
Fabrication des verres à vitres.	365
Fabrication des glaces.	369
Fabrication des bouteilles.	374
Gobeletterie.	376
Soufflage du verre à l'air comprimé par les procédés de M. Léon Appert	381
Décoration du verre.	387
CHAPITRE XXI	
BRONZES D'ART ET D'AMEUBLEMENT	391
Bronzes	391
Zincs d'art	401
CHAPITRE XXII	
COUTELLERIE ET QUINCAILLERIE	403
Coutellerie.	403
Chaudronnerie	408
Ustensiles de ménage en fer battu étamé	409
Clouterie	411
CHAPITRE XXIII	
INDUSTRIES DE L'ÉCLAIRAGE	417
Fabrication des bougies stéariques	419
Gaz de l'éclairage	424
Éclairage électrique	429
INDUSTRIES SATISFAISANT AUX BESOINS INTELLECTUELS	
CHAPITRE XXIV	
FABRICATION DU PAPIER ET DES PLUMES MÉTALLIQUES	444
Fabrication du papier	445
Fabrication des plumes métalliques	449
CHAPITRE XXV	
IMPRIMERIE TYPOGRAPHIQUE	453
Fonderie des caractères	454
Composition et tirage	458
Stéréotypie	466
CHAPITRE XXVI	
GRAVURE, LITHOGRAPHIE, IMPRESSION EN COULEUR.	467
Gravure	467
Lithographie.	471
Impression en couleur.	474