

HISTOIRE
DE
L'INDUSTRIE

MÊME LIBRAIRIE

Envoi franco au reçu du prix en timbres-poste.

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR :

Lectures variées sur les sciences usuelles, les grands phénomènes de la nature, les productions naturelles appliquées à l'industrie, l'hygiène populaire. Livre de lecture courante à l'usage de toutes les écoles, avec figures dans le texte. 1 vol. de 360 pages in-12. 1 fr. 60 c.

Ouvrage approuvé pour les bibliothèques scolaires et couronné par la société pour l'Instruction élémentaire.

Petites leçons sur les inventions et les découvertes, le commerce et l'industrie. 1 vol. in-12, avec figures intercalées dans le texte. (*Sous presse.*)

Arts et Manufactures, procédés généraux de l'Industrie contemporaine, contenant un grand nombre de figures intercalées dans le texte. 1 vol. in-12. (*En préparation.*)

Cours de physique rédigé conformément au programme de l'enseignement spécial, par M. Gripon, ancien élève de l'École normale, professeur de physique près la Faculté des sciences de Rennes.

Traité élémentaire de physique appliquée, contenant un grand nombre de figures intercalées dans le texte. In-12, cart. 3 fr.

Notions préliminaires de physique (première année), contenant 220 figures intercalées dans le texte. Seconde édition augmentée. 1 vol. in-12, cart. 2 fr.

Cours élémentaire de physique appliquée aux arts industriels (deuxième année), pesanteur, chaleur, électricité, électrochimie, contenant 265 figures intercalées dans le texte. 1 vol. in-12, cart. 3 fr.

Cours élémentaire de physique appliquée aux arts industriels (troisième année), chaleur, électricité, acoustique et optique, contenant 265 figures intercalées dans le texte. 1 vol. in-12, cart. 3 fr. 50 c.

Cours de chimie rédigé conformément au programme de l'enseignement spécial.

Notions préliminaires de chimie (première année), contenant 75 figures intercalées dans le texte, par M. Beaume, professeur de physique au lycée d'Orléans. 1 vol. in-12, cart. 1 fr. 25 c.

Cours de chimie (deuxième année), contenant 56 figures intercalées dans le texte, par M. Isambert, agrégé et docteur ès lettres, professeur à la Faculté des sciences de Poitiers, avec une préface de M. H. Sainte-Claire Deville. 1 vol. in-12, cart. 1 fr. 50 c.

Cours de chimie (troisième année), contenant un grand nombre de figures intercalées dans le texte, par le même. In-12, cart. » »

HISTOIRE
DE
L'INDUSTRIE

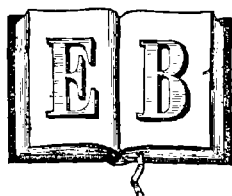
ET EXPOSITION SOMMAIRE

DES PROGRÈS RÉALISÉS DANS LES PRINCIPALES BRANCHES
DU TRAVAIL INDUSTRIEL

PAR

M. MAIGNE

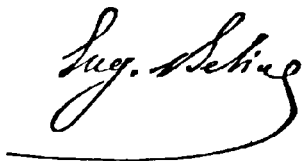
AUTEUR DU DICTIONNAIRE DES INVENTIONS ET DÉCOUVERTES
ET DE NOMBREUX OUVRAGES SCIENTIFIQUES.



PARIS
LIBRAIRIE CLASSIQUE D'EUGÈNE BELIN
RUE DE VAUGIRARD, N° 52.

—
1873

Tout exemplaire de cet ouvrage non revêtu de ma griffe
sera réputé contrefait.

A handwritten signature in cursive script, reading "Eug. Belin". The signature is written in black ink and is positioned above a long, horizontal, slightly curved line that spans the width of the signature.

SAINT-CLOUD. — IMPRIMERIE DE M^{ME} V^e EUG. BELIN.

PRÉFACE.

L'Histoire de l'Industrie et celle des inventions sont liées d'une manière si intime et se trouvent dans une dépendance réciproque si prononcée, que l'une ne peut pas être séparée de l'autre. C'est d'ailleurs un fait incontestable que la plupart des inventions n'ont de valeur qu'autant qu'elles s'unissent à l'Industrie.

On peut dire que l'Histoire de l'Industrie, nous voulons surtout parler de l'Histoire écrite, n'a véritablement commencé qu'avec le xvii^e siècle. Dans les temps antérieurs, le travail manuel était trop peu en honneur pour qu'on se préoccupât d'en consigner les transformations dans les livres. On se bornait le plus souvent à décrire quelques procédés empiriques, et si, ce qui était rare, on essayait d'en déterminer l'origine, c'était d'une manière très-imparfaite et presque toujours erronée; encore même, s'attachait-on plutôt à décrire les curiosités que les choses réellement utiles. Il y a donc très-peu à trouver, relativement à l'Histoire de l'Industrie, dans les ouvrages d'autrefois, et si nous savons quelque chose à ce sujet, le plus souvent nous le devons à l'étude des monuments. Ce sont eux, en effet, qui nous apprennent

ce qu'étaient les arts et métiers aussi bien dans l'antiquité que pendant le moyen âge. Or, ils mettent en complète évidence, qu'à ces deux périodes de l'histoire, chez toutes les nations civilisées, telles que les Égyptiens, les Phéniciens, les Babyloniens, les Grecs de Byzance, une foule de branches industrielles étaient au moins aussi avancées que chez les modernes. Nous n'avons fait de progrès sérieux sous ce rapport qu'en substituant le travail mécanique au travail manuel, ce qui a eu pour résultat de multiplier l'usage des produits en diminuant le prix de la main-d'œuvre.

Aujourd'hui, les curiosités sont dédaignées par l'Histoire de l'Industrie, où elles sont remplacées, et avec raison, par l'exposition des perfectionnements successifs apportés dans la production des matières premières, l'application des procédés, la construction de l'outillage. Mais alors se présente une difficulté parfois insurmontable, résultant de l'impossibilité où l'on se trouve de pouvoir assigner une date précise et un nom d'homme, à l'abri de toute contestation, aux inventions les plus célèbres. C'est que, contrairement à la croyance commune, il n'est aucune grande innovation industrielle qu'on puisse attribuer à coup sûr à un seul homme ou à une seule époque, parce que toutes sont le résultat du travail d'une foule de chercheurs appartenant à des temps et à des pays différents. L'un a trouvé l'idée première, mais vague et imparfaite; les autres ont soupçonné les applications possibles et vainement tenté de les réaliser; d'autres, enfin, venus au moment propice, ont repris l'œuvre de leurs devanciers et, favorisés par les progrès généraux des sciences et des arts, sont parvenus à don-

ner une forme définitive, un caractère d'utilité pratique, à ce qui, avant eux, s'était montré impropre à tout emploi sérieux. Rien d'ailleurs n'est isolé dans l'histoire des travaux du génie de l'homme; toute grande conquête en appelle nécessairement une autre, mais aucune ne paraît qu'à l'époque où elle est rendue nécessaire par l'état de la société, c'est-à-dire où il y a un besoin nouveau à satisfaire.

Pour être complète, l'Histoire de l'Industrie exigerait de nombreux volumes. Ce n'est donc pas un travail de ce genre que nous offrons aujourd'hui. Nous avons dû nous borner à l'exposition sommaire des transformations successives qu'ont subies les inventions les plus importantes, depuis leur origine, vraie ou probable, jusqu'à notre temps. Encore même, afin de ne pas grossir démesurément le volume, nous avons dû réserver l'étude d'une multitude de questions intéressantes pour un des autres livres qui formeront comme le complément de celui-ci. Telle qu'elle est, notre *Histoire de l'Industrie* ne sera pas, nous l'espérons, tout à fait inutile; elle fera revivre chez les gens du monde des connaissances que les exigences de la vie leur ont fait oublier, et les jeunes gens de nos écoles y puiseront une foule de notions qui font maintenant partie de toute instruction sérieuse.

HISTOIRE

DE

L'INDUSTRIE

PREMIÈRE PARTIE.

LES ALIMENTS.

CHAPITRE PREMIER.

Le Pain.

Ce que c'est que le pain. — Emploi abusif de ce mot. — Le vrai pain. — Origine du pain. — Premier emploi de la farine. — Découverte de la fermentation. — Histoire sommaire du pain. — Perfectionnements introduits de nos jours dans la panification : pétrins mécaniques, fours aérothermes; procédés Mége-Mouriès, Dauglish, etc.

Ce qu'on entend par Pain. — On donne un peu abusivement le nom de **pain** à tout aliment préparé par la cuisson d'une farine pétrie avec de l'eau, tel que le pain de froment, de maïs, de riz, de pommes de terre, etc.; mais ce nom ne convient réellement qu'au résultat de la cuisson des pâtes de céréales¹, ayant subi un commencement de fermentation². Encore même, le pain véritable, le pain proprement

1. **Céréales.** De *Cérès*, déesse des moissons, chez les Grecs et les Romains. On réunit, sous ce nom, toutes les plantes de la famille des graminées, dont les graines servent à la nourriture de l'homme. Ce sont : le *blé* ou *froment*, le *seigle*, l'*orge*, l'*avoine*, le *riz*, le *maïs* ou *blé de Turquie*, le *millet*, le *sorgho* ou *doura*. On y joint aussi le *sarrasin* ou *blé noir*, bien qu'il appartienne à une autre série végétale. On trouvera, dans nos **LECTURES VARIÉES SUR LES SCIENCES USUELLES**, l'histoire de toutes ces plantes.

2. **Fermentation.** Du latin *fervere*, bouillonner. On appelle ainsi une espèce de décomposition spontanée qu'éprouvent les matières animales et les ma-

dit, est-il celui de froment, parce qu'il possède seul les propriétés nutritives les plus complètes, à tel point qu'il pourrait, à la rigueur, suffire à l'entretien de nos forces. Aussi, en trouve-t-on l'usage établi au berceau des civilisations les plus anciennes, et exprime-t-il, dans presque toutes les langues, « non-seulement l'alimentation dans son ensemble, mais encore tout ce qui constitue les besoins essentiels de la vie. Du reste, la malédiction qui atteignit Adam sur le seuil de l'Eden et qui le condamna à gagner son pain à la sueur de son front, consacre mieux que ne pourrait le faire le témoignage des historiens, la haute antiquité de cet inappréciable aliment. »

Invention du pain. — Du blé au pain, dit un auteur, la distance est grande. Comment cette distance fut-elle franchie? c'est ce qu'il est difficile de déterminer. Il a fallu peut-être longtemps avant de découvrir que le grain donne la farine, et que la farine réduite en pâte, et ayant subi la fermentation et la cuisson, donne le pain. Il fallait des instruments pour broyer le grain, car il n'est véritablement propre à notre nourriture qu'après avoir été réduit en farine. L'invention du *moulin* ¹ répondit à ce premier besoin.

tières végétales, quand elles sont abandonnées à elles-mêmes. Elle donne naissance à de nombreux et utiles produits, tels que le pain, le vin, la bière, les alcools, etc. « La fermentation, dit le docteur Hofer, est de tous les phénomènes chimiques le plus important et en même temps le plus anciennement connu. Et cependant elle n'a été bien étudiée que de nos jours. C'est la fermentation qui, par la découverte de l'acide carbonique, est devenue, au xviii^e siècle, le point de départ de la chimie moderne. En 1590, dans une *Dissertation sur l'effervescence et la fermentation*, Jean Bernouilli affirma, ce que personne encore n'avait fait, que le pain doit sa porosité aux *airs* ou gaz qui, au moment où ils s'échappent, soulèvent la pâte et la font ressembler à une éponge, tandis que le pain non fermenté est, au contraire, lourd et compacte. »

1. **Moulin.** L'invention de ces appareils fut le résultat de plusieurs tâtonnements dont nous devons dire quelques mots. On essaya d'abord de séparer le grain de sa pellicule en le grillant. On eut ensuite l'idée de le concasser entre deux pierres, comme le font encore plusieurs peuples sauvages. Plus tard, on imagina de le triturer dans un mortier. Enfin, un perfectionnement en amenant un autre, on le broya avec un rouleau de pierre sur une table de pierre, ce qui conduisit probablement à le pulvériser entre deux meules superposées, la supérieure tournant horizontalement sur l'inférieure. On arriva ainsi peu à peu à l'invention du moulin.

Cette invention remonte à une époque très-reculée. Du temps de Moïse, elle était déjà connue en Egypte depuis déjà plusieurs siècles. On assure même

Il est probable que, dans le principe, on se contenta d'employer la pâte sous la forme d'une bouillie plus ou moins

que ce pays la communiqua aux Hébreux, aux Grecs et à la plupart des peuples de l'Occident de l'Asie.

Dans tous les cas, l'usage des moulins ne s'introduisit pas en même temps chez toutes les nations de la Grèce. Les Spartiates furent les derniers à le connaître : ils durent ce bienfait à Milétès, un de leurs rois. Les Romains employèrent aussi les moulins fort tard, car ils ne commencèrent à s'en servir que vers l'an 190 avant notre ère. Auparavant, après avoir légèrement torréfié le grain, ils le concassaient dans des mortiers de pierre avec des pilons de bois garnis de clous, dont ils attribuaient l'invention à un nommé Pilmnus.

Les moulins des Romains étaient très-simples et peuvent donner une idée de ceux des autres peuples de l'antiquité. Ils consistaient en deux petites meules en pierre dure, placées l'une sur l'autre. La meule inférieure, ou la meule gisante, était conique, et placée à demeure sur une table circulaire : un pivot de fer était fixé à son sommet. La meule supérieure avait la forme d'un sablier. Elle était volante, c'est-à-dire mobile, et creusée de manière à coiffer la précédente, sur laquelle le pivot la maintenait en équilibre. La partie située au-dessus de ce pivot était disposée intérieurement en manière d'entonnoir : on y introduisait le grain, qui, descendant par un ou plusieurs trous pratiqués au fond de la cavité, pénétrait entre la face externe de la meule gisante et la face interne de la meule volante, dont le frottement le réduisait en farine. Enfin, celle-ci tombait tout autour de la meule inférieure, dans une rigole creusée sur la table.

Il y avait des moulins à bras et des moulins à manège. Les premiers étaient mus à l'aide d'une barre de bois introduite dans un trou pratiqué sur un des côtés ou à la partie supérieure de la meule volante, et, comme ce travail était très-pénible, on y appliquait généralement des esclaves, des prisonniers de guerre ou des condamnés. Comme leur nom l'indique, les moulins à manège étaient mis en mouvement par des animaux, le plus souvent par des ânes ou des mulets.

Dans le premier siècle avant notre ère, on imagina d'employer l'eau courante à la manœuvre des moulins. Cette innovation, qui donna naissance aux moulins à eau, ou moulins hydrauliques, parut, pour la première fois, dans l'Asie Mineure, peut-être même dans le royaume de Pont, sous le règne de Mithridate le Grand. Les nouveaux moulins furent connus des Romains dès les dernières années de la république, et la description qu'en fait un auteur contemporain, Vitruve, suffit, malgré sa brièveté, pour montrer qu'ils différaient fort peu de ceux qu'on trouve encore dans nos campagnes. On les établissait ordinairement sur les bords des rivières, quelquefois cependant au milieu même du courant, sur des bateaux.

Beaucoup plus tard, un autre moteur, l'air en mouvement, fut appliqué aux machines à mouler le grain. Alors parurent les moulins à vent. Comme les précédents, ils sont d'origine asiatique, mais ils n'ont point été introduits en Europe au moment des Croisades, ainsi qu'on le croit généralement ; car, d'après les historiens de la Hongrie, ils étaient communs dans ce pays bien avant 718, et il en était de même en Pologne et en Russie. Quoi qu'il en soit, ce n'est qu'à partir du XII^e siècle qu'ils semblent s'être répandus dans les autres contrées, plus particulièrement dans celles où il n'existait point de cours d'eau ; mais ils n'ont jamais eu, sauf dans quelques cas exceptionnels, qu'une importance tout à fait secondaire.

épaisse. Plus tard, on imagina d'en confectionner des galettes ou gâteaux compactes, qu'on faisait cuire sous la cendre. Il dut ensuite se passer bien des siècles avant d'arriver à faire fermenter la pâte, et à la soumettre, dans des fours appropriés, à une température convenable.

Le pain chez les Hébreux. — A l'époque d'Abraham, les Hébreux ne connaissaient pas encore le procédé de la fermentation. C'est pour cela que ce patriarche ne servit que des galettes aux anges qui lui apparurent dans la vallée de Mambré. Le même peuple était plus avancé au siècle de Moïse. Nous lisons, en effet, dans l'Exode, que lorsqu'ils sortirent d'Égypte, les Israélites mangèrent du pain sans *levain*¹ et cuit sous la cendre : ils avaient été obligés de partir si vite qu'ils n'avaient pas eu le temps de mettre le levain dans la pâte. L'usage des « pains de proposition, » déposés tous les samedis sur les tables d'or du sanctuaire, et la « fête des azymes » ou des pains non fermentés, devaient leur origine à cette circonstance, dont ils étaient destinés à perpétuer le souvenir.

Quant à la découverte du levain, elle est impossible à déterminer. On l'attribue bien au hasard, mais ce mot n'explique rien. Ainsi que le fait remarquer l'historien de la chimie, « il fallut nécessairement que l'esprit d'observation s'emparât d'un fait, en apparence, insignifiant. On aura sans doute été bien étonné en voyant qu'un morceau de pâte aigrie, et d'un goût

1. Aux anciens moteurs, les modernes en ont ajouté un nouveau, la force expansive de la vapeur d'eau. Le premier moulin à vapeur a été monté à Londres, en 1789, par Boulton et Watt.

Depuis la fin du siècle dernier, les moulins à blé ont reçu des améliorations d'une si grande importance que ceux qui sont établis d'après les nouveaux principes n'ont que le nom de commun avec les anciens. Toutefois, ce n'est pas, ainsi qu'on serait tenté de le croire, à l'emploi de la vapeur ou à celui de roues hydrauliques plus puissantes, que les moulins perfectionnés de nos jours doivent leur supériorité. Ce qui les caractérise essentiellement, ce sont les ingénieuses dispositions des diverses parties de leur mécanisme et l'addition d'une multitude d'appareils accessoires destinés à rendre leur fonctionnement à la fois plus facile, plus économique et plus parfait.

1. **Levain.** Substance qu'on ajoute à la pâte, avant la cuisson, pour la faire lever, c'est-à-dire lui faire éprouver cette fermentation (voy. la note 2 de la page 1) qui en détermine le boursoufflement et la légèreté. C'est tantôt de la pâte qu'on a laissée aigrir, tantôt de la levûre de bière (voy., sur la levûre, la note 2 de la page 6).

détestable, ajouté à une pâte fraîche la faisait gonfler, et que cette pâte donnait un pain plus léger, plus savoureux, et d'une digestion plus facile. »

Le pain chez les Grecs. — Les Grecs attribuaient l'introduction du pain dans leur pays, soit au dieu Pan, soit à la déesse Cérès. On croit qu'ils en consommaient peu, du moins à l'époque héroïque¹, parce que le poète Homère², si prolix lorsqu'il décrit les repas sans fin de ses héros, oublie presque toujours de comprendre le pain dans l'énumération des viandes et des boissons dont ils faisaient usage. Toutefois, cet oubli pourrait bien provenir de ce que le pain était considéré comme une chose si indispensable qu'Homère n'a pas jugé à propos d'en faire mention chaque fois.

Le pain chez les Romains. — Les Romains connurent le pain assez tard. Au dire de Pline³, pendant plus de quatre cents ans, ils ne se nourrirent que de bouillie, et probablement aussi de galettes. Ce furent des boulangers grecs, amenés à Rome au retour de la guerre contre Persée, roi de Macédoine⁴, qui les initièrent aux procédés de la panification. Dans les premiers temps, ils préparaient le levain à l'époque des vendanges, en pétrissant de la farine de millet avec du moût de raisin blanc, et ils divisaient la pâte en boulettes, qui, séchées au soleil,

1. **Temps héroïques, époque ou âge héroïque.** On appelle ainsi, dans l'histoire de la Grèce ancienne, la période écoulée depuis le xiv^e jusqu'au xi^e siècle avant Jésus-Christ. Elle est signalée par l'apparition de personnages d'une nature surhumaine, les héros, et par des légendes plus ou moins merveilleuses relatives, soit à la vie de ces personnages, soit aux événements auxquels ils ont pris part, tels que le siège de Troie, l'expédition des Argonautes, la guerre des Sept chefs contre Thèbes, etc.

2. **Homère,** le premier et le plus grand poète de la Grèce, né, on ne sait positivement dans quelle ville, probablement vers l'an 900 avant Jésus-Christ. C'est dans ses œuvres, dont les principales sont l'*Iliade* et l'*Odyssée*, que se trouve la peinture la plus exacte et la plus complète des mœurs de l'époque héroïque.

3. **Pline.** Il s'agit ici de Pline, surnommé l'*Ancien* ou le *Naturaliste*, pour le distinguer de son neveu, Pline le Jeune. Né à Côme, l'an 23 de Jésus-Christ, Pline l'Ancien mourut en l'an 79, victime de son amour pour la science, lors de la grande éruption du Vésuve qui détruisit Herculanium et Pompéïa (voyez, sur cette éruption, nos *LECTURES VARIÉES SUR LES SCIENCES USUELLES*).

4. **Persée** régna depuis l'an 178 jusqu'à l'an 167 avant Jésus-Christ. Il mourut à Rome, où il avait été amené comme prisonnier.

se conservaient toute l'année. Par la suite, ils se contentèrent de faire avec de la farine ordinaire et de l'eau une pâte molle, qui, cuite comme une bouillie, était ensuite abandonnée à elle-même jusqu'à ce qu'elle s'aigrît au point convenable. Au lieu de levain ordinaire, ils se servaient aussi quelquefois de *levûre de bière*¹, qu'ils tiraient ordinairement de la Gaule.

Les boulangers romains acquirent, surtout sous l'empire, une très-grande habileté. Ils variaient la forme et l'aspect de leurs pains avec une fertilité d'imagination que les modernes ne désavoueraient pas. Pour augmenter la blancheur de la pâte des espèces de luxe, ils y ajoutaient souvent une terre blanche, très-douce au toucher, que l'on croit être le carbonate de magnésie². Ils connaissaient également ce que nous appelons les *petits fours*. Ainsi, outre le pain commun pour la consommation habituelle, ils faisaient, pour la table des riches, des pains tantôt ronds, tantôt carrés, tantôt longs, les uns cuits au four ordinaire ou au four de campagne, les autres simplement sous la cendre, dans la pâte desquels ils introduisaient des aromates, des œufs et des matières grasses. A l'époque d'Auguste, le pain le plus recherché des friands était le *pain picentin*, dont la pâte était feuilletée et pétrie avec du lait miellé. On aimait aussi beaucoup un pain appelé *parthique*, parce que la manière de le préparer avait été empruntée aux Parthes, et *aquatique*, parce que, léger et spongieux, il s'imbibait facilement. On se servait encore de pains plats et ronds, presque toujours non levés, sur lesquels on posait et découpait les viandes rôties, et que l'on mangeait ensuite, en guise de gâteaux, quand les jus les avaient bien pénétrés.

Le pain en Gaule. — On prétend que l'art de faire le pain fut introduit en Gaule par les Grecs qui, environ 600 ans avant notre ère, vinrent fonder Marseille, mais il n'existe au-

1. **Levûre de bière.** Substance qu'on extrait du moût de bière pendant la fermentation. Elle se sécrète d'elle-même et coule, par la bonde des barils, dans des vases où on la recueille avec soin.

2. **Carbonate de magnésie.** Substance terreuse et de couleur blanche qu'on trouve assez abondamment dans la nature. Elle est quelquefois employée par les boulangers peu consciencieux parce qu'elle possède la propriété d'améliorer la qualité du pain fait avec des farines de mauvaise nature.

cune preuve à l'appui de cette opinion. Quoi qu'il en soit, les Gaulois, ainsi que nous l'avons dit, substituèrent la levûre au levain ordinaire, usage qui fut également adopté par les autres peuples qui fabriquaient la bière. Toutefois, ils n'en conservèrent pas moins le goût du pain azyme, et ce goût se maintint pendant tout le moyen âge. Du reste, la fabrication du pain non levé se maintint dans les campagnes, d'une manière à peu près générale, jusqu'au xvi^e siècle. Elle fut même conservée dans les villes, jusqu'à la même époque, pour la confection de pains plats qui, comme chez les Romains, servaient à poser et découper certaines viandes. Ce sont les pains de ce genre que les écrivains du temps appellent *tailloirs* ou *tranchoirs*. Enfin, les boulangers de ces temps reculés n'étaient pas moins habiles que ceux de l'ancienne Rome. Comme ces derniers, ils savaient faire un très-grand nombre de variétés de pains, pains de luxe et pains ordinaires, afin de satisfaire le goût ou le caprice des différentes classes de personnes qui composaient leur clientèle.

Perfectionnements modernes. — De nos jours, plusieurs utiles améliorations ont été introduites dans la fabrication du pain. Les unes ont eu pour objet de remplacer par des machines le pétrissage à bras d'homme, les autres de rendre la cuisson plus économique et plus régulière en substituant de nouveaux fours aux anciens, d'autres enfin de faire produire au même poids de farine une plus grande quantité de pain,

Pétrissage mécanique. — 1. Dans le pétrissage ordinaire, le garçon boulanger, penché sur la huche ou pétrin, soulève, avec peine et à plusieurs reprises, une lourde pâte, qui veut être manipulée promptement. Enfermé dans une chambre dont la température est d'au moins 20°, il est forcé de travailler nu, et, presque toujours, son corps est couvert d'une abondante sueur. Qui n'a pas entendu, en passant auprès d'une boulangerie, les gémissements du pétrisseur, cette espèce de cri de souffrance, accompagnement obligé des efforts qu'il est tenu de faire pour élever et battre la pâte, et qui lui a valu le nom si expressif de *geindre* ? On plaint l'homme condamné chaque nuit à une si rude besogne, et peut-être rejetterait-on le pain qui lui a coûté

tant de fatigue, si l'on pensait à quelles impuretés le pétrissage à bras condamne la fabrication du plus nécessaire des aliments. L'humanité, la propreté si nécessaire dans la préparation des substances destinées à notre nourriture, réclamaient donc la transformation du travail de la pâte, et ce progrès a été réalisé

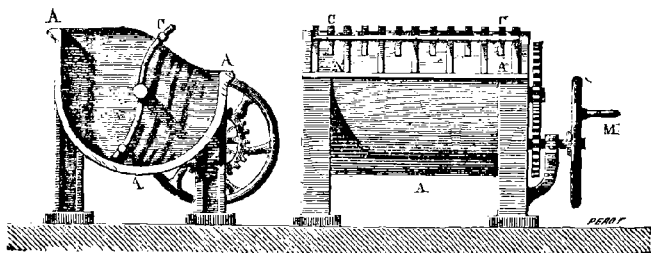


Fig. 1 et 2.

Pétrin Rolland.

par l'invention des *pétrins mécaniques*.

2. On fait généralement remonter l'origine de ces appareils à celui que le boulanger parisien Lembert présenta, en 1811, à la Société d'encouragement ¹, et qui reçut le nom de *lembertine*; mais ils sont plus anciens, car il en était déjà question vers le milieu du siècle dernier. Quoi qu'il en soit, ils n'ont guère commencé à pouvoir être utilement employés que depuis une quarantaine d'années; encore même y en a-t-il très-peu qui aient été reconnus d'un bon service.

3. Tous les pétrins mécaniques se composent d'une auge ou

1. **Société d'encouragement pour l'industrie nationale.** Association de savants, de manufacturiers, de fonctionnaires publics et de propriétaires, qui existe à Paris depuis 1802, et qui a pour objet de seconder le développement et le perfectionnement de toutes les branches des arts industriels. Ses principaux moyens d'action consistent : à distribuer des récompenses pécuniaires ou simplement honorifiques aux auteurs des inventions ou des perfectionnements utiles; à provoquer ces inventions ou ces perfectionnements au moyen de prix accordés à ceux qui résolvent des questions posées dans un programme spécial; à faire exécuter par les hommes les plus compétents des expériences complètes afin de constater la valeur des diverses inventions qui se produisent; à guider par ses conseils les industriels qui réclament son concours; à publier mensuellement le résultat de ses divers travaux, ainsi que la des-

cuve dans laquelle tourne un pétrisseur, c'est-à-dire un arbre armé de lames diversement disposées, qui coupent, soulèvent et laissent alternativement retomber la pâte. Les plus petits fonctionnent au moyen d'une manivelle à bras, tandis que les plus grands sont mus par une machine à vapeur ou par un manège. Un des plus simples et des plus commodes est celui de M. Rolland, qui date de 1847. La fig. 1 en représente une coupe, et la fig. 2 une vue extérieure. L'auge AAA est en bois, mais doublée intérieurement de tôle étamée; on peut aussi la faire en fonte et en tôle. Sur l'arbre O du pétrisseur sont fixés, en sens inverse, deux cadres CC en forme de S, dans l'intérieur de chacun desquels sont disposées des lames de même courbure, mais de longueur inégale. Avec cet appareil, qui sert à la préparation du levain aussi bien qu'à celle de la pâte, il suffit d'une demi-heure pour transformer un sac de farine en une pâte homogène, parfaitement levée et aérée, sans pelotes ni grumeaux.

Fours. — 1. Les nouveaux fours ne sont pas moins nombreux que les pétrins. Ce qui les distingue essentiellement des anciens c'est qu'ils ont tous le foyer extérieur. Les uns sont chauffés par un courant d'air chaud : aussi, les désigne-t-on sous le nom de *fours aérothermes*¹. Les autres sont construits comme un moufle² autour duquel circulent la flamme et les produits de la combustion. Plusieurs ont la sole tournante, c'est-à-dire établie de manière à tourner horizontalement, ce qui facilite singulièrement l'enfournement et le défournement.

2. Le four Rolland, dont la fig. 3 donne une coupe, appartient au second système. Il est en briques et en métal. La sole gg est tournante et disposée de façon à pouvoir être élevée ou abaissée

cription et les dessins des appareils nouveaux, dont l'emploi peut être profitable à l'industrie nationale.

1. **Aérothermes.** Du grec, *aér*, air, et *thermos*, chaud.

2. **Moufle.** Vase de terre qu'emploient les chimistes pour soumettre des corps à l'action du feu, sans que ces corps soient en contact avec la flamme, la fumée, les cendres et les substances qui peuvent se rencontrer dans le combustible. Il a ordinairement la forme d'un demi-cylindre, reposant sur un fond horizontal, fermé postérieurement, et ayant une ouverture unique qui débouche toujours en dehors du fourneau. Enfin, il est disposé sur la grille de ce dernier de manière à être enveloppé de feu de tous côtés.

suivant le plus ou moins d'épaisseur des pains. Le foyer *f*, séparé du four proprement dit *ee*, est placé au-dessus d'un étouffoir, destiné à recevoir la braise. La fumée et les autres produits de la combustion passent d'abord dans des tubes horizontaux *t*

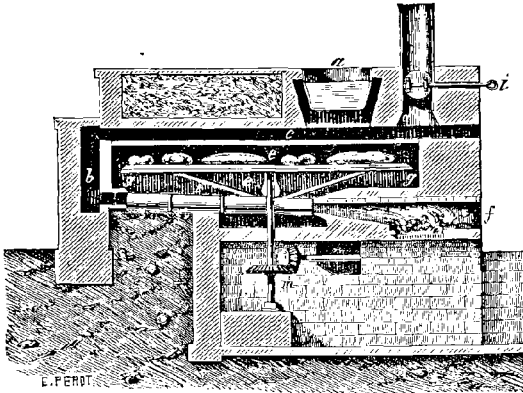


Fig. 3.
Four Rolland.

et distribuent la chaleur dans la partie inférieure du four; ils pénètrent ensuite dans des conduits verticaux *b*, noyés dans la maçonnerie, qui échauffent les parois; enfin, ils débouchent dans un double plancher en fer et fonte *c*, qui tient lieu de voûte, et d'où ils se rendent dans la cheminée *d*. Ce double plancher est recouvert d'une couche épaisse de cendres ou de terre, afin de le préserver du contact de l'air extérieur. Enfin, une chaudière *a*, chauffée par l'air brûlé et par la fumée, fournit l'eau nécessaire aux diverses opérations de la panification.

Avec le four Rolland, la cuisson est terminée en vingt-cinq minutes, et le nombre des fournées peut s'élever jusqu'à vingt par jour, avec une économie de 50 pour 100 sur le combustible.

Pour enfourner, un ouvrier, agissant sur une manivelle fixée à l'extrémité de l'arbre horizontal placé sous le foyer, fait tour-

ner la sole au moyen de l'engrenage *m*, et, à mesure que les différentes parties de celle-ci se présentent devant la bouche du four, il y dépose les pains. Le défournement s'effectue de la même manière, mais en imprimant à la sole un mouvement en sens inverse.

Nouveaux procédés de panification. — Deux surtout ont vivement attiré l'attention, celui de M. Mége-Mouriès, boulanger à Paris, et celui du chimiste anglais Daughlish.

1° — Le procédé Mouriès supprime le pain bis. Avec la farine, renfermant encore du son, il ne fait qu'une qualité de pain, qui a la même apparence que le pain blanc de première qualité de la boulangerie parisienne, et qui possède une valeur nutritive beaucoup plus considérable. Ce procédé repose sur ce fait, que la coloration du pain bis est due, non pas, comme on le croit généralement, à la présence du son très-fin, mais à l'action d'une substance particulière, appelée *céréaline*, qui se trouve sous la partie corticale du blé. Il suffit donc d'extraire cette substance pour faire disparaître la farine bise.

Avec le procédé Mouriès, on obtient 82 pour 100 de matière panifiable, tandis que la méthode ordinaire n'en donne que 70, ce qui revient à dire que, pour produire une même quantité de pain, il faudrait 100 kilogrammes de blé avec le nouveau système et 114 avec l'ancien, ou 87 kilogrammes au lieu de 100. L'emploi de ce procédé, s'il se généralisait, aurait donc l'avantage d'économiser un huitième de la quantité du blé qu'on applique chaque année à la fabrication, économie qui représente une consommation d'environ 45 jours.

2° — Le procédé Daughlish donne des résultats aussi favorables que le précédent, au point de vue du rendement du blé en pain blanc. Il consiste essentiellement à remplacer la levûre et le levain par une introduction mécanique de gaz acide carbonique dans la pâte. La farine est placée dans un pétrin hermétiquement clos où l'on fait le vide au moyen d'une pompe aspirante. On amène ensuite dans ce pétrin, par un tube approprié, de l'eau chargée de 7 fois son volume d'acide carbonique, et l'on termine en mettant en mouvement un agitateur puissant. Le pétrissage est terminé en douze minutes. Il n'y a plus

alors qu'à ouvrir un large robinet pour faire sortir la pâte. Celle-ci tombe dans des panneaux saupoudrés de fleurage, c'est-à-dire de farine grenue de maïs, ou dans des timbales en tôle, et l'on procède immédiatement à la cuisson.

CHAPITRE II.

Le Sucre.

Abondance du sucre dans la nature. — Plantes qui fournissent le sucre commercial. — Ce qu'on entend par sucre brut et sucre raffiné. — Comment on les obtient. — Le sucre de canne a été connu le premier. — Son invention dans l'Inde. — Comment il fut connu des anciens. — Découverte du raffinage. — Propagation de la canne à sucre dans l'Europe méridionale. — Son introduction aux Açores, aux Canaries, en Amérique. — Le sucre encore très-rare au xvii^e siècle. — Grand développement des sucreries américaines au siècle suivant. — L'usage du sucre devient général. — Découverte du sucre de betterave : Margraf. — Premiers essais pour l'extraire en grand : Achard. — A la France appartient la création de la nouvelle branche d'industrie : Benjamin Delessert, Crespel-DeLisse. — Au lieu de ruiner les sucreries coloniales, elle les a rendues plus prospères.

I. — NOTIONS GÉNÉRALES.

Origine végétale du sucre. — 1. Parmi les substances végétales qui servent à la nourriture de l'homme, il en est une dont l'importance est extrême, et que, pour cette raison, la Providence a répandue avec la plus généreuse prodigalité : c'est celle qui donne naissance aux boissons fermentées, et que nous désignons sous le nom de **sucre**.

2. Le sucre existe dans une nombreuse série de plantes. La plupart des fruits en sont richement dotés, il n'est pas moins abondant dans les tiges, les fleurs ¹, les racines et les tuber-

1. **Miel.** C'est le principe sucré des fleurs qui, recueilli et préparé par les abeilles, constitue le miel. « La connaissance du miel, dit le docteur Hofer, remonte aux temps les plus reculés. C'est le miel qui, dans l'antiquité, a remplacé l'usage du sucre, et celui-ci est devenu un aliment aussi indispensable que l'était le miel sur les tables des Grecs et des Romains, » nous pouvons même dire sur celles des peuples du moyen âge. Aujourd'hui encore, le

cules; mais celui qu'on trouve généralement dans le commerce, et que, pour cette raison, on appelle *sucre commercial*, est fourni tout entier par la tige d'un roseau gigantesque des pays chauds, la *canne à sucre* (fig. 4), et par la racine d'une plante potagère de nos climats, la *betterave*.

3. Il existe donc deux sortes de sucres commerciaux, le *sucre de canne* et le *sucre de betterave*; mais ils ont, l'un et l'autre, la même composition chimique, les mêmes propriétés, les mêmes usages. Avant d'en résumer l'histoire, il nous paraît utile de donner une idée des procédés généraux qui servent à les fabriquer.



Fig. 4.

Champ de cannes à sucre.

II. — FABRICATION DU SUCRE.

La fabrication du sucre comprend deux séries d'opérations. Dans la première, on obtient une poudre sableuse, colorée en jaune ou en brun, et douée d'un goût plus ou moins désagréable : c'est le *sucre brut* ou la *cassonade*. Dans la seconde, on miel tient lieu de sucre dans plusieurs pays. Les anciens savaient fort bien que si le parfum, la saveur et les propriétés du miel varient à l'infini, c'est à la nature des plantes sur lesquelles il a été butiné qu'il faut uniquement l'attribuer. Le miel de l'Hymette, en Grèce, et celui de l'Hybla, en Sicile, dont ils faisaient tant de cas, provenaient des végétaux aromatiques (origan, sauge, thym, etc.), qui croissaient en abondance sur ces montagnes. On sait que, pendant la célèbre retraite des Dix Mille, plusieurs des compagnons de Xénophon faillirent périr pour avoir mangé d'un miel recueilli sur des plantes vénéneuses.

raffine le sucre brun, c'est-à-dire on le débarrasse des substances étrangères qui altèrent sa couleur et sa saveur, afin de le convertir en *sucre blanc* ou *raffiné*.

Extraction. — 1° Pour extraire le sucre de la canne, on écrase celle-ci au moyen de presses ou de moulins, et l'on recueille le jus, ou *vesou*, qui en découle. Ce jus est ensuite clarifié, après quoi on le fait passer successivement dans des chaudières placées sur le feu et à la file, où il se concentre de plus en plus. Quand il est suffisamment épaissi, on le met refroidir dans des réservoirs peu profonds. Enfin, on le verse dans des caisses ou dans des tonneaux, où il ne tarde pas à se prendre en petits cristaux ou grains irréguliers. Quelques parties restent cependant liquides : on les fait sortir par des trous destinés à cet effet.

2° Les betteraves sont lavées avec soin, puis râpées au moyen de machines. L'espèce de pâte ou de pulpe qui résulte de ce râpage est enfermée dans des sacs de laine et soumise à l'action de presses puissantes, pour en extraire le jus. Ce jus est aussitôt clarifié, après quoi on le concentre à plusieurs reprises dans des appareils diversement disposés et, chaque fois, on le fait passer sur des filtres appropriés. Lorsqu'il est convenablement concentré, on le distribue successivement dans des chaudières d'une forme spéciale, où il se refroidit et commence à se solidifier, et dans des vases coniques ou rectangulaires où il achève de passer à l'état solide.

Raffinage. — Qu'il provienne de la canne ou de la betterave, le sucre brut se raffine toujours de la même manière. On commence par le faire fondre, c'est-à-dire par le rendre liquide, et l'on obtient ce résultat en le chauffant avec une petite quantité d'eau. On clarifie alors le sirop en y ajoutant un peu de noir animal et de sang de bœuf ou de blanc d'œuf, puis on le concentre rapidement, et on le fait refroidir; enfin, on le verse dans des moules coniques, appelés *formes*, où il se solidifie. Le plus ou moins de blancheur que présentent les pains provient du soin avec lequel on a effectué les diverses opérations.

Il est superflu de faire remarquer que le raffinage n'a pu être inventé qu'à une époque où les arts chimiques avaient déjà

fait des progrès considérables, en sorte que le sucre brut a dû être seul connu pendant un grand nombre de siècles. Une autre vérité non moins incontestable, c'est que la fabrication du sucre de canne a précédé celle du sucre de betterave.

III. — SUCRE DE CANNE.

Histoire. — La *Canne à sucre* étant originaire des contrées méridionales de l'Asie, c'est donc dans ce coin du monde que l'industrie sucrière a pris naissance; mais quand? c'est ce que nul n'a jamais su.

1. Les Grecs connurent le sucre à l'époque des conquêtes d'Alexandre dans l'Inde¹, mais les quantités qu'ils purent s'en procurer furent si minimes, qu'ils le considérèrent toujours comme un médicament de luxe réservé aux personnes riches. Ils l'appelaient *miel de roseau*, *sel indien*, *saccharon*; c'est de ce dernier mot, altération du sanscrit *scharkara*, et transformé par les Romains en *saccharum*, que vient le français *sucre*.

2. Le sucre était encore très-rare sous l'empire romain. On le tirait alors, non-seulement de l'Inde, mais encore de l'Arabie, où la canne avait été introduite après la mort d'Alexandre le Grand. Dioscoride², dans le premier siècle de l'ère chrétienne, faisant l'énumération des différentes espèces de miel, dit que l'une, qu'il nomme *saccharon*, se trouve dans l'Inde et l'Arabie Heureuse, dans la moelle de certains roseaux; qu'elle se congèle à la façon d'un sel, et qu'elle est friable comme lui. Galien³ rapporte à peu près la même chose, et Pline⁴ ajoute que le sucre vient de l'Inde et de l'Arabie, mais que le premier est le plus renommé; que c'est une sorte de miel recueilli sur des roseaux, croquant sous la dent, de la couleur de la gomme, en morceaux qui ne dépassent pas la grosseur d'une aveline, et uniquement employé en médecine. Comme ces auteurs ne par-

1. Alexandre III, dit le Grand, roi de Macédoine, naquit en 356 avant Jésus-Christ, monta sur le trône en 336, et mourut à Babylone, en 323, à son retour de l'Inde.

2. Dioscoride (Pedanius), médecin grec. On ignore l'époque de sa naissance et celle de sa mort. On sait seulement qu'il vivait au commencement de notre ère.

3. Galien (Claude), autre médecin grec, né à Pergame, l'an 131 de Jésus-Christ, mort vers l'an 200.

4. Voyez sur Pline, la note 3 de la page 5.

lent pas de l'éclatante blancheur du sucre, il est probable qu'on ne connaissait pas encore l'art du raffinage. Toutefois, plusieurs auteurs assurent que les Chinois étaient, sous ce rapport, beaucoup plus avancés que les autres peuples, et qu'ils savaient, dès la plus haute antiquité, non-seulement extraire le sucre de la canne, mais encore le blanchir par l'épuration et le faire cristalliser. Quoi qu'il en soit, on admet généralement que le sucre raffiné a été fabriqué couramment par les Arabes, à partir du vi^e ou du viii^e siècle, et que les chrétiens occidentaux n'ont commencé à l'employer que vers le temps des croisades.

3. A la fin du xiii^e siècle, la culture de la canne était en pleine prospérité en Syrie et en Egypte, d'où elle s'étendit peu à peu dans les principales îles de la Méditerranée, surtout à Chypre, en Crète, à Malte et en Sicile. En 1420, le prince Henri de Portugal l'introduisit à Madère, que ses vaisseaux venaient de découvrir. Quelques années plus tard, les Espagnols en dotèrent les Canaries et les provinces méridionales de la mère-patrie, principalement l'Andalousie et les environs de Valence et de Murcie.

4. Au xiv^e siècle, le sucre raffiné était encore très-cher en Europe. Il arrivait de l'Inde par la voie d'Alexandrie, et le marché en était approvisionné par les Vénitiens, qui faisaient alors tout le commerce de la Méditerranée. Il en venait aussi en gros pains de Chypre, de Malte, de Rhodes et de Candie. Quelquefois, on le tirait à l'état brut des lieux de production, et on le purifiait sur place. Les raffineries de Venise étaient alors célèbres, mais les procédés qu'on y employait n'étaient un secret pour personne, du moins en France et en Angleterre ¹.

1. **Pancirole** prétend que le raffinage du sucre fut découvert, en 1471, par un Vénitien, à qui, ajoute-t-il, il procura une fortune considérable; mais cette assertion ne se rapporte probablement qu'à l'invention de quelque perfectionnement, car il est question de sucre raffiné, de *sucre blanc*, comme on l'appelait, dans plusieurs documents bien antérieurs. Ainsi, on voit le sucre blanc figurer dans un compte de l'an 1333, pour la maison d'Humbert, dauphin de Viennois. Ce produit est également nommé dans une ordonnance du roi Jean, de l'an 1353. Le poète Eustache Deschamps, mort en 1420, énumérant les dépenses qu'une femme occasionne dans un ménage, compte celle du sucre blanc pour les tartelette. Enfin, en 1372, un religieux de l'ordre de Saint-Augustin, appelé Jean Corbechon, avait fait, par ordre du roi Charles V, la traduction d'un ouvrage latin, composé par un auteur anglais, et où se trouvent indiqués tous les principes du raffinage du sucre. « Sucre, est-il

5. Les premières années du *xvi^e* siècle virent fonder l'industrie sucrière dans le Nouveau-Monde. En 1506, l'Espagnol Pierre d'Arrança, ayant pris aux Canaries quelques pieds de canne, les transporta à Hispaniola, aujourd'hui Haïti, où ils se multiplièrent tellement, grâce à la beauté du climat, que douze ans après, cette île ne possédait pas moins de vingt-huit sucreries en activité ¹. Mais, pendant longtemps, les sucres américains n'arrivèrent en Europe qu'en passant par l'Espagne. L'imprimeur parisien Charles Estienne écrivait en 1550 : « Les sucres les plus estimés sont ceux que nous fournissent l'Espagne, Alexandrie et les îles de Malte, de Chypre, de Rhodes et de Candie. Ils nous arrivent de tous ces pays en gros pains. Ceux, au contraire, qui nous viennent de Valence, sont en pains plus petits. Celui de Malte est plus dur, mais il n'est pas aussi blanc, quoiqu'il ait du brillant et de la transparence. »

6. A la fin du *xvi^e* siècle, le sucre était encore si rare en France, qu'on l'achetait à l'once chez les pharmaciens. Quelques années plus tard, ce n'était plus le sucre d'Alexandrie et des îles de la Méditerranée qui alimentait notre commerce, mais celui de Madère et des Canaries. Il en venait aussi beaucoup de l'Inde par les Hollandais, qui s'étaient emparés du commerce de ce pays.

7. Dans le courant du *xvii^e* siècle, la culture de la canne se généralisa dans toutes les Antilles, où ses progrès furent singu-

dit dans cet ouvrage, est en latin appelé *sucara*, et est fait de roseaux qui croissent es viviers qui sont près du Nil; et le suc de ces roseaux est doux comme miel, et en fait-on le sucre par le cuire au feu, ainsi comme l'on fait le sel d'eau; car on pile ces roseaux, et puis les met-on en la chaudière sur un feu qui n'est pas fort, où il devient dessus comme escume, et puis le meilleur et le plus épais s'en va au fond; et ce qui est vil et plein d'escume demeure par-dessus et n'est pas si doux comme l'autre, et ne croque point entre les dents quand on le mâche, mais se fond en eau. On met le bon sucre, en bons vaisseaux ronds, sécher au soleil, et là s'endurcit et devient blanc, et l'autre demeure jaune. »

1. Plusieurs historiens assurent que la canne à sucre existait déjà en Amérique, à l'époque du voyage de Pierre d'Arrança, mais seulement dans quelques cantons privilégiés. Ce précieux végétal aurait ainsi deux patries, l'Asie tropicale et le Nouveau-Monde. Quoi qu'il en soit, la variété dont la culture est la plus répandue aujourd'hui est celle d'Otaïti qui, trouvée par les navigateurs Cook, Bligh et Bougainville, fut introduite par ce dernier à l'île de France, d'où elle pénétra successivement aux Antilles et dans l'Amérique du Sud. C'est une des plus importantes acquisitions que l'agriculture des régions tropicales doive aux voyageurs naturalistes.

lièrement favorisés par la facilité qu'avaient les colons de faire cultiver économiquement leurs plantations par des esclaves. Vers 1660, les sucres américains arrivaient en telle abondance, qu'ils suffisaient à une grande partie des besoins, et, trente ans après, nos colonies se trouvèrent en mesure d'alimenter le marché national. Dès ce moment, le prix du sucre diminua d'une manière continue, ce qui contribua nécessairement à vulgariser l'usage de ce produit. En même temps, les sucreries de l'Europe méridionale, où la main-d'œuvre était plus chère que dans celles du Nouveau-Monde, disparurent peu à peu. Celles d'Espagne se maintinrent les dernières : en 1789, il y en avait encore d'assez florissantes aux environs de Murcie,

IV. — SUCRE DE BETTERAVE.

Histoire. — 1. La découverte du sucre de betterave est due à un chimiste prussien du siècle dernier, André-Sigismond Margraf ¹. Comme ce savant s'était beaucoup occupé de l'extraction du sel d'oseille ² et d'autres sels acides par l'évaporation du suc des végétaux, l'idée lui vint de traiter les plantes sucrées par des procédés semblables, et, au lieu d'un sel acide, il trouva du sucre. C'est dans le courant de 1745 qu'il fit connaître le résultat de ses nouvelles recherches. Dans une dissertation excessivement remarquable, il établit que, parmi les plantes indigènes les plus riches en sucre, il faut placer en première ligne la betterave (rouge et blanche) et la carotte; que le sucre qui s'y

1. Margraf, né à Berlin en 1709, mort en 1780, un des plus grands chimistes du XVIII^e siècle, qui en compta de si illustres. « Non-seulement on lui doit la découverte du sucre indigène, mais il peut encore revendiquer la gloire d'avoir, un des premiers, introduit l'emploi du microscope dans la science, et la voie humide dans l'analyse des matières organiques. » (Hoefer).

2. Sel d'oseille. Substance composée de potasse et d'un acide particulier qu'on appelle *acide oxalique*. On l'extrait en grand des feuilles et des tiges de plusieurs plantes du genre oseille, en latin *oxalis*, et c'est de là que vient son nom et celui de son acide. Citée, pour la première fois, par Angelo Sala, au commencement du XVII^e siècle, cette substance fut décrite par Ducloux, en 1668; mais ce savant n'en connut pas la nature. Enfin, dans la première moitié du siècle suivant, Margraf y démontra l'existence de la potasse, et, un peu plus tard, en 1784, Scheële en isola l'acide. Le sel d'oseille est d'un usage habituel pour enlever les taches d'encre et de rouille sur les tissus. Il a aussi de nombreuses applications dans les ateliers de teinture, dans les indiennes, etc.

trouve est parfaitement semblable au sucre de canne; que ce sucre existe tout formé dans les plantes; que le moyen le plus simple et le plus commode de l'en extraire consiste à dessécher les racines, et à les faire bouillir dans de l'esprit-de-vin, qui se charge du sucre et le laisse déposer, sous forme cristalline, par le refroidissement. Enfin, il mit « en pleine évidence » qu'il était aussi facile d'extraire le sucre en Europe, avec les plantes qu'elle produit, que dans les contrées où croît la canne ¹.

2. La découverte de Margraf fut d'abord entièrement négligée, et, pendant près de trente ans, on ne vit, dans le nouveau sucre, qu'une curiosité de laboratoire. Deux compatriotes de ce chimiste, le baron de Koppi et le professeur Frédéric-Charles Achard, firent les premiers essais pour réaliser industriellement la fabrication du sucre de betterave. Ce dernier surtout se livra, à partir de 1772, à des recherches très-remarquables, qui furent couronnées du plus brillant succès, et, en 1787, le roi de Prusse lui donna le domaine de Kunern, en Silésie, pour qu'il y continuât ses expériences sur une plus grande échelle. Achard adopta la méthode des cristallisoirs, ainsi que la défécation par l'acide, et porta ses procédés à un si haut degré de perfection, qu'il fut dès lors possible de prévoir l'importance qu'aurait un jour l'art nouveau, si les circons-

1. « Les plantes que j'ai soumises à un examen chimique pour tirer du sucre de leurs racines, et dans lesquelles j'en ai effectivement trouvé de véritable, ne sont point, dit Margraf, des productions étrangères; ce sont des plantes qui naissent dans nos contrées aussi bien que dans d'autres, en assez grande quantité, des plantes communes qui viennent même dans un terroir médiocre, et qui n'ont pas besoin d'une fort grande culture. Telles sont la bette blanche ou poirée, le chervis et la carotte. Les racines de ces trois plantes m'ont fourni jusqu'à présent un sucre très-copieux et très-pur. Les premières marques qui indiquent la présence du sucre emmagasiné dans les racines de ces plantes, sont que ces racines, étant coupées en morceaux et desséchées, ont non-seulement un goût fort doux, mais encore qu'elles montrent pour l'ordinaire, surtout au microscope, des particules blanches et cristallines qui tiennent de la forme du sucre. » Décrivant ensuite le procédé au moyen duquel on peut extraire le sucre des plantes indigènes, Margraf ajoute que la betterave est celle qui en fournit le plus et le plus aisément; mais que, malgré tous ses efforts, il n'a pu retirer de ce végétal un sucre parfaitement blanc. Enfin, il termine par de précieuses indications sur l'époque la plus convenable au traitement du végétal saccharifère, et sur les avantages que produira un jour l'inappréciable découverte qu'il a eu le bonheur de réaliser.

tances venaient le favoriser. Les grandes guerres de la Révolution et de l'Empire firent naître ces circonstances.

3. Pendant la lutte héroïque que, depuis 1792 jusqu'en 1815, la France eut à soutenir contre l'Europe coalisée, nos relations avec l'Amérique se trouvant interrompues, le sucre des colonies augmenta tellement de prix, qu'il fallut se décider à s'en passer ou à essayer d'en extraire de végétaux indigènes. Les chimistes expérimentèrent tour à tour le maïs, le sorgho, la carotte, la châtaigne, etc.; mais ce furent les travaux d'Archard qui fixèrent surtout l'attention. En 1800, les procédés de ce savant venaient à peine d'être rendus publics que l'Institut les honora de son approbation. En même temps, le gouvernement engageait les grands propriétaires à se livrer à la culture de la betterave, instituait des cours pour enseigner les moyens d'extraire le sucre de cette plante, et promettait de splendides récompenses à celui qui saurait produire industriellement la précieuse denrée. Deux hommes surtout, M. Benjamin Delessert, de Lyon, et M. Crespel-Delisse, de Lille, contribuèrent à résoudre la question.

4. M. Delessert avait fondé à Passy, près de Paris, une raffinerie de sucre colonial, qui fonctionnait depuis 1804. A partir de 1806, et pendant quatre années entières, il se livra, dans cette usine, aux recherches les plus assidues pour obtenir en grand le sucre de betterave bien blanc et bien cristallisé. « On ne se figure plus aujourd'hui, dit M. Flourens, à plus de soixante 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, Benjamin Delessert annonce son succès à Chaptal. Celui-ci en parle aussitôt à l'Empereur Napoléon. 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 sa raffinerie occupée 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 au comble ! L'Empereur s'approche de Delessert, et, détachant la croix d'honneur qu'il portait sur sa poitrine, il la lui

remet. Le lendemain, le *Moniteur* annonçait « qu'une révolution dans le commerce était consommée. »

5. A la même époque, avant même Benjamin Delessert, M. Crespel-Delisse arrivait à de plus magnifiques résultats encore, car il créait l'industrie sucrière dans la partie de la France où elle s'est en quelque sorte centralisée; mais n'ayant pas auprès de lui un grand chimiste pour le recommander au souverain, ses succès n'eurent pas le retentissement qu'ils méritaient. Dès 1809, il fit des essais, et bientôt, inconnu, sans fortune, simplement aidé par son beau-frère et par un nommé Parsy, il établit une fabrique indigène dans sa ville natale. Ses appareils étaient bien simples et bien imparfaits, ses moyens bien restreints, mais son zèle était grand, son sens pratique exquis. Dans le courant de 1810, il présenta un pain de sucre au maire de Lille. En 1811, il produisit 500 kilogrammes de sucre brut; l'année suivante, il en obtint 10,000. Les revers de 1814 et de 1815 ne le découragèrent pas. Pendant les premières années de la Restauration, et alors que la sucrerie indigène encore naissante luttait péniblement contre la concurrence des sucres coloniaux, auxquels le retour de la paix avait rouvert nos ports, il alla s'établir à Arras et entreprit de conserver à la France et de propager une industrie qu'il considérait comme une source de richesse pour son pays. Ne pouvant décider les cultivateurs à produire la betterave, il se fit agriculteur pour alimenter lui-même sa fabrique. Afin de pouvoir perfectionner ses procédés et ses appareils à mesure que la pratique en révélerait la nécessité, il se fit chimiste et mécanicien. Enfin, le succès couronnant ses efforts, il ne cessa d'appliquer ses bénéfices à la création de nouvelles usines. En quelques années, ses ateliers et ses fermes devinrent comme des écoles où étaient reçus tous ceux qui se présentaient pour apprendre ou travailler. Il exploita jusqu'à huit sucreries dans les départements du Pas-de-Calais, de la Somme et de l'Oise. En 1824, il fabriqua déjà 160,000 kilogrammes de sucre. En 1826, il en produisit 400,000 kilogrammes. Il alla même, quelques années plus tard, jusqu'à en fabriquer, dans ses huit usines, 500,000 kilogrammes, extraits presque en totalité de betteraves récoltées sur ses terres.

6. Non-seulement la fabrication du sucre de betterave est née en France, comme industrie manufacturière, mais c'est encore dans notre pays qu'elle a reçu ses premiers développements, que les appareils et les procédés qu'elle emploie, ont été dotés de leurs améliorations les plus importantes. Il y a plus, au lieu de frapper de mort la production du sucre colonial, comme on le craignait, elle l'a, au contraire, augmentée. « Les pays intertropicaux, et particulièrement nos colonies, dit à ce sujet un éminent écrivain, n'ont pas diminué leur production depuis que le sucre indigène concourt à approvisionner nos marchés. En 1826, le sucre sorti des fabriques de la métropole ne s'élevait qu'à quelques centaines de mille kilogrammes. A cette époque, nos Antilles et la Réunion en produisaient 65,315,000 kilogrammes; en 1861, elles en fournissaient 121,540,000 kilogrammes, bien que la sucrerie indigène fût en position d'amener 170 millions de kilogrammes sur le marché, et pendant cette période est survenu l'affranchissement des Noirs, qui devait, bien autrement que les fabriques métropolitaines, paralyser la production coloniale. La demande des sucres par les sociétés prospères de l'Europe est telle qu'on ne peut imaginer dans quelle disette elles se trouveraient si la sucrerie indigène n'était venue en aide à la consommation. Il eût été matériellement impossible qu'elle fût satisfaite par les contrées équatoriales : leur population est peu nombreuse, le travail y est pénible, l'esclavage est perdu sans ressources. Leur production est donc complètement limitée. Le sucre indigène n'est pas venu prendre la place du sucre exotique ; il est venu s'ajouter à ce dernier, on peut même dire que c'est lui qui a permis de l'accroître dans la proportion que nous venons de faire connaître. Tous les perfectionnements, tous les appareils nouveaux, tous les procédés rationnels, c'est à lui qu'on les doit. C'est aux expériences faites incessamment, c'est aux essais tentés à grands frais dans la métropole que les colonies ont dû les moyens de doubler et d'améliorer leurs produits. »

CHAPITRE III.

Les Boissons fermentées.

Ancienneté des boissons fermentées. — Effets qu'elles produisent. — Trois surtout ont une grande importance. — Le vin est la plus bienfaisante. — Où il a été inventé. — Son histoire chez les Hébreux, les Égyptiens, les Perses, les Grecs, les Romains. — Introduction de la vigne en Gaule par les Grecs de Marseille. — Vins français au moyen âge et dans les temps modernes. — Anciens peuples qui ont fait usage de la bière. — L'emploi du houblon est tout moderne. — Histoire du cidre. — Notions sur la fabrication des boissons fermentées.

Ancienneté des boissons fermentées. — De tout temps et dans tous les pays, l'homme a eu l'idée de recueillir le jus des végétaux sucrés, afin d'en obtenir, par la fermentation, des boissons enivrantes; et, quand les produits de la nature lui ont manqué ou ne lui ont pas fourni d'assez abondantes ressources, il a trouvé l'art d'y suppléer par des pratiques variées qui l'ont conduit à inventer les divers breuvages dans la préparation desquels interviennent le lait, le miel et les graines des céréales.

Effets des boissons fermentées. — Toutes les boissons fermentées ont cela de commun que, prises avec excès, elles déterminent une perte momentanée de la raison. Aussi, que de honteux délires, que d'hébétéments, quel triste spectacle, propre à soulever à la fois l'indignation et la pitié, pour celui qui pourrait embrasser d'un regard, sur toute la terre, la misérable troupe des aliénés volontaires! Mais celui qui respecte sa vie, qui n'en cherche pas l'oubli, trouve, au contraire, dans les boissons fermentées, quand on en use modérément, un aliment énergique qui vient en aide à la vigueur du corps et au ressort de l'esprit.

Principales boissons fermentées. — Le nombre des boissons fermentées est très-considérable, mais deux surtout, le vin et la bière, ont, de tout temps, joué un rôle capital chez

les nations civilisées. Nous y ajouterons le *cidre*, à cause de l'usage général qu'on en fait dans quelques-uns de nos départements ¹.

I. — LE VIN.

Histoire. — 1. De toutes les boissons enivrantes, le **vin**, produit de la fermentation du jus du raisin, est la plus agréable au goût, la plus convenable à la santé; aucune autre n'en approche par ses effets sur l'aménité des mœurs et des relations. Le lieu où il a été inventé et d'où il s'est répandu dans le reste du monde, est parfaitement connu : c'est sur les versants méridionaux de la chaîne qui s'étend des sources de l'Euphrate à celles de l'Indus. Les Livres saints nous apprennent, en effet, que Noé, le nouvel auteur du genre humain, s'empressa, au sortir de l'arche, de planter la vigne et de faire du vin; mais, en même temps, ils nous mettent en garde contre les dangers qu'entraîne l'usage du vin : il précipite l'homme dans l'oubli de lui-même; de là l'irrévérence des enfants, la malédiction des pères, la déchéance des familles.

2. Le vin était d'un usage général chez les Hébreux. Les prophètes le célébraient comme un des trésors d'Israël, et l'un des plus excellents témoignages de la générosité du Créateur à l'égard de son peuple. « Le vin, disait l'*Ecclésiaste*, est le ressort de l'esprit et du cœur. » Nous savons d'ailleurs, non-seulement par la Bible, mais encore par les auteurs grecs et latins, que la

1. Le *koumis* des Tartares se fait avec le lait des juments, le *quass* des Russes avec la farine et le malt de seigle, l'*arak* de l'Inde avec le riz, le *vin de palme* des contrées tropicales avec la sève descendante du palmier, le *chica* du Chili avec la farine de maïs, etc. En délayant du miel dans l'eau et laissant fermenter le mélange pendant quelques jours, on obtient une boisson très-agréable qui, sous le nom d'*hydromel*, a été très-recherchée dans toute l'antiquité et pendant le moyen âge, et dont l'usage est encore fort répandu en Pologne, en Russie, dans les pays scandinaves. Quant à l'*hippocras*, ou *clairret*, si fréquemment mentionné par les écrivains du moyen âge, c'était un vin ordinaire additionné de sucre ou de miel et assaisonné avec des substances aromatiques. « Cette boisson, qui de nos jours serait à peine supportée comme médicament, était encore fort à la mode il y a quatre siècles à peine. Les historiens racontent qu'à Paris les fontaines coulaient d'*hypocras*, en place d'eau, à l'occasion du mariage de Charles VI avec Isabeau de Bavière. Ce qui nous causerait aujourd'hui une gastrite faisait les délices de nos ancêtres. » (Hoefler).

Judée en produisait d'excellent, et qu'elle en exportait en Perse, en Italie, jusque dans les Gaules.

3. Les monuments littéraires de l'Inde ne parlent pas une seule fois du vin, ce qui prouve que ce pays ne le connaissait pas dans les temps anciens. Il n'en était pas de même en Égypte, mais la loi religieuse en défendait l'usage. Aussi ne paraissait-il jamais sur la table des rois. Du reste, il devait y être fort rare, car la vigne n'y croissait point. Hérodote¹ le déclare formellement. « En Égypte, dit-il, on boit du vin d'orge, car la vigne y manque. » Ce vin fait avec de l'orge était pour les Grecs une circonstance si frappante qu'ils la regardaient comme un des traits les plus curieux de la nationalité égyptienne. Ce fut la Grèce qui introduisit l'usage du vin en Égypte. On sait, par le témoignage d'Hécatee², que Psammétichus fut le premier roi qui osa boire de la liqueur condamnée, et c'est précisément pendant le règne de ce prince que les mœurs nationales commencèrent à se corrompre³.

4. A l'époque d'Hérodote, les Chaldéens ne connaissaient encore que le vin de palmier. Il en était tout autrement chez les Perses. La nature de leur climat se prêtant admirablement à la culture de la vigne, ils avaient pour le vin un goût très-prononcé, en quelque sorte national. Certains vignobles d'élite étaient spécialement réservés au service des souverains, et ceux-ci se faisaient gloire de bien porter le vin. Un historien rapporte même que l'épithète d'un de ces princes mentionnait cette singulière vertu. On peut supposer que l'intempérance

1. **Hérodote**, célèbre voyageur et historien grec, né à Halicarnasse (Asie Mineure) l'an 484 avant Jésus-Christ, mort vers l'an 405. Son principal ouvrage nous est parvenu intact; il constitue un des plus précieux monuments de la littérature grecque, et l'exactitude des renseignements qu'il renferme, et qui avait paru quelque peu suspecte aux anciens, a été pleinement démontrée par les découvertes de la science moderne.

2. **Hécatee**, autre historien grec, né à Milet (Asie Mineure) un peu avant Hérodote. Il ne reste que des fragments de ses travaux.

3. **Psammétichus** ou Psammithichus, en égyptien Psammouthis, régna de 656 à 617 avant Jésus-Christ. Au lieu d'interdire l'entrée de l'Égypte aux étrangers comme l'avaient fait ses prédécesseurs, il leur en ouvrit toutes les portes, les autorisa à s'établir dans les villes de l'intérieur, leur permit d'exercer librement le commerce et l'industrie, les admit même dans les administrations publiques. Les Grecs surtout gagnèrent à ce changement, qui eut pour résultat de transformer à la longue les mœurs indigènes.

des Perses était une suite de l'opinion, répandue encore aujourd'hui chez les Guèbres ¹, qu'une alimentation puissante est une garantie contre les séductions des mauvais anges.

5. L'usage du vin chez les Grecs remontait à une époque immémoriale. C'était, disaient-ils, Bacchus qui le leur avait enseigné, et qui, en même temps, les avait initiés à la culture de la vigne. Ils en faisaient offrande aux dieux comme l'un des biens les plus précieux accordés par eux aux mortels; et le rouge nectar ², comme l'appelle Homère, ce divin breuvage qui était censé nourrir l'immortalité de l'Olympe ³, n'était lui-même que le vin, élevé au plus haut terme de sa perfection poétique. « Aussi, faut-il reconnaître, à la louange des Grecs, que, dès les premiers temps, le vin fut apprécié par eux avec le juste sentiment de ce qu'il doit être. Autant étaient vénérés ses bons services, autant paraissait indigne son abus. Qui ne se rappelle, dans l'*Odyssée*, le hideux tableau du Cyclope s'affaissant dans le sommeil après s'être enivré dans la coupe d'Ulysse? L'ivresse avait même, dans les légendes grecques, ses mythes réprobateurs. C'était à elle que se rapportait le principe de la querelle fameuse des Centaures, forcenés violateurs de l'hospitalité. C'était en proie à ses fureurs que les Bacchantes du Nord avaient égorgé Orphée et jeté ses lambeaux sanglants dans l'Hémus. Enfin, et c'est tout dire, elle caractérisait, pour les Grecs, les barbares, particulièrement ceux du Nord. Le sang

1. **Guèbres.** Au VII^e siècle, quand les Arabes, devenus Musulmans, s'emparèrent de la Perse, ils imposèrent le Coran à leurs nouveaux sujets. Malgré la persécution la plus terrible, un grand nombre de familles restèrent fidèles à l'antique religion nationale, ou religion de Zoroastre, ce qui leur valut, de la part de leurs compatriotes convertis à l'Islamisme, le nom de *ghebr*, qui veut dire « infidèle, » et d'où nous avons fait *guèbre*. Les descendants de ces familles existent encore. Ils sont surtout nombreux dans l'empire russe et dans l'Hindoustan, où on les désigne plus communément sous le nom de *Pursis*, c'est-à-dire de *Perses*.

2. **Nectar.** Du grec *né*, particule qui marque privation, et *ctaô*, faire mourir. Dans la mythologie gréco-romaine, le nectar est la boisson des dieux. Il entretenait leur immortalité, il la conférait même aux mortels qui en goûtaient: c'était une de ses principales vertus, comme l'indiquait le nom qu'on lui avait donné. Par extension, en Grèce et à Rome, on appelait « du nectar » tout ce qui était excellent, et cette locution païenne est encore en usage.

3. **Olympe.** Montagne de la Grèce au sommet de laquelle des traditions adoptées conventionnellement par les poètes plaçaient le séjour des dieux. Par extension, on donnait le même nom à l'ensemble des habitants de ce lieu fortuné, « où régnait toujours une sérénité sans nuages. »

hellénique ignorait cette honte, et les Spartiates l'imposaient à leurs ilotes¹ pour imprimer dans l'esprit des enfants l'image de la dégradation à laquelle elle peut conduire. »

6. Chez les Romains, une légende, à peu près semblable à celle des Grecs, faisait remonter l'industrie du vin à Saturne, qui, pendant son séjour en Italie, l'avait enseignée à la famille de Janus, roi du Latium. La bienfaisante liqueur leur fut chère dans tous les temps. On attribuait à Numa les premières lois qui avaient eu pour objet de favoriser le développement des vignobles. Néanmoins, il paraît certain que le vin ne devint à Rome une denrée ordinaire que longtemps après la fondation de la république². On en faisait venir de Grèce, et Pline³ rapporte que Caton l'Ancien⁴, ayant trouvé le moyen de contrefaire le vin grec, cette invention fut accueillie avec beaucoup de faveur. L'administration romaine fit tous ses efforts pour répandre partout la culture de la vigne, mais ce fut l'Italie qui devint, par excellence, la terre du vin. Les grands crus de la Campanie, au nombre desquels se trouvait celui qui fournissait le fameux falerne, étaient, au dire des Romains, les plus délicats de l'univers, et c'était un de leurs sujets d'orgueil de voir la nature produire, autour de leur grande capitale, ses plus inestimables trésors. Aussi, la vigne était-elle placée sous la protection immédiate de Jupiter, et le prêtre de ce dieu ouvrait lui-même en cérémonie la saison des vendanges⁵.

1. **Ilotes ou Hilotes.** Habitants d'Hélos, ville de la Laconie, qui, après avoir été vaincus par les Spartiates, furent réduits à la plus dure servitude. En souvenir du traitement odieux auquel on les soumit, on emploie encore le mot « ilote » pour désigner un homme de la condition la plus misérable.

2. **Rome.** On sait que l'histoire de Rome se divise en trois périodes : — 1^o Rome sous les rois, 244 ans, depuis l'an 753 jusqu'à l'an 509 avant Jésus-Christ; — 2^o Rome pendant la république, 480 ans, depuis l'an 509 jusqu'à l'an 29 avant Jésus-Christ; — 3^o Rome sous les empereurs, 505 ans, depuis l'an 29 avant Jésus-Christ, jusqu'à l'an 476 après.

3. **Pline.** Voyez la note 3 de la page 5.

4. **Caton, dit l'Ancien,** écrivain et magistrat romain, né en 234 avant Jésus-Christ, mort en 148.

5. **Vins.** On porte à 80 les espèces de vins connus des Grecs et des Romains, et les deux tiers se récoltaient en Italie. Certains n'étaient consommés qu'après avoir été épîcés et aromatisés, usage qui s'est maintenu jusqu'au xv^e siècle. Les vigneronns de Rome avaient porté leur industrie à un très-haut degré de perfection. Ils ne manquaient pas d'enduire les tonneaux avec de la résine afin d'empêcher les vins de se gâter. Ils pratiquaient également

7. On croit que la vigne fut introduite dans la Gaule par les Grecs qui, environ 600 ans avant notre ère, vinrent fonder Marseille. Du temps de César¹, elle était déjà répandue dans toutes les provinces méridionales et dans une partie de celles du centre, et le vin qui en provenait s'exportait jusqu'en Italie. Sous prétexte que le sol de la Gaule convenait mieux pour la culture du blé, l'empereur Domitien² en fit arracher tous les vignobles. Cette injustice ne fut réparée que deux siècles plus tard, époque à laquelle Probus³, l'un des successeurs de ce prince, importa de nouveau la vigne en Gaule.

8. Au v^e siècle, les invasions des barbares respectèrent les vignobles. Bien plus, quand ils eurent appris à apprécier les propriétés du vin, les nouveaux maîtres du pays s'efforcèrent de multiplier la vigne. Au xiii^e siècle, les crus renommés étaient déjà nombreux. On vantait surtout les vins de Gâtinais, d'Anjou, de Provence, d'Auxois, d'Angoumois, de la Rochelle, de Beaune, d'Auxerre, d'Épernay, de Vermanton, de Chablis, de Bordeaux, de Pierrefitte, de Montmorency, de Montpellier, de Narbonne, de Carcassonne, etc. Depuis cette époque, la France a tellement développé et perfectionné la culture de la vigne, qu'elle peut bien se nommer la « terre du vin, » avantage inappréciable qu'elle doit à la diversité infinie de ses terroirs, de ses expositions, de ses températures.

Fabrication. — 1. On compte aujourd'hui un très-grand

opération du soufrage. Ils savaient aussi améliorer les vins trop acerbés et rendre buvables ceux qui avaient tourné à l'aigre.

Nous venons de parler des tonneaux des Romains. Il y en avait de deux sortes. Les uns, appelés *cupæ*, étaient semblables aux nôtres. Les autres, nommés *dotia*, étaient d'énormes jarres de terre cuite et à large ouverture qui avaient quelquefois une dimension assez grande pour contenir un homme. C'est d'un tonneau de ce genre qu'il est question dans l'histoire de Diogène. Ces jarres étaient souvent pointues par le bas, ce qui obligeait à les enterrer en partie dans le sol des caves, afin qu'elles ne pussent se renverser. Pour les transports lointains, on enfermait le vin dans des outres faites de plusieurs peaux cousues solidement.

1. **César** (Caius-Julius), né à Rome, le 15 juillet de l'an 101 avant Jésus-Christ, mort le 15 mars de l'an 44. Il fit la conquête de la Gaule en huit ans (59-51).

2. **Domitien** (Titus-Flavius-Sabinus), empereur romain, régna dans la seconde moitié du premier siècle de notre ère, de 81 à 96.

3. **Probus** (Marcus-Aurelius-Valerius), autre empereur romain, régna de 276 à 282.

nombre de sortes de vins ; mais, sauf quelques légères différences dues à des usages locaux, les variétés ordinaires se préparent partout de la même manière.

2. Arrivés à leur maturité, les raisins sont écrasés, puis introduits dans de grandes cuves, où on les abandonne à eux-mêmes. Au bout de quelques jours, la fermentation s'établit, la masse s'échauffe et des bulles d'acide carbonique se dégagent en si grande abondance qu'il en résulte une espèce d'ébullition. Peu à peu cependant, la liqueur s'apaise. En même temps, elle s'éclaircit et perd sa saveur sucrée. Enfin, quand elle ne bout plus, on la soutire dans des tonneaux. Elle constitue alors le *vin* et peut être livrée immédiatement à la consommation ; mais on préfère généralement la conserver encore quelques mois pour qu'elle puisse acquérir toutes ses qualités.

3. Les *vins mousseux* s'obtiennent en mettant le moût en bouteilles avant qu'il ait achevé sa fermentation, en sorte que l'acide carbonique, ne pouvant s'échapper au dehors, est obligé de se dissoudre dans le vin et de s'y accumuler. On sait que la fabrication de ces vins est originaire de la Champagne ; mais, depuis 1820, elle s'est naturalisée dans les provinces voisines, ainsi que dans plusieurs parties de l'Allemagne.

II. — LA BIÈRE.

Histoire. — La **bière** a été de tout temps la boisson ordinaire des peuples qui ne cultivent pas la vigne. Nous avons vu qu'il en était ainsi chez les Égyptiens, qui la faisaient avec l'orge, d'où le nom de *vin d'orge*, par lequel les Grecs la désignaient. Le même usage existait aussi chez les Espagnols, les Gaulois, les Germains et les Scandinaves ; mais plusieurs d'entre eux remplaçaient quelquefois l'orge par le froment ou l'avoine, ou bien mélangeaient ces grains ensemble. Il y en avait aussi qui se servaient des semences du millet. Du reste, chaque peuple avait des procédés de fabrication qui, malgré leur grossièreté, n'en produisaient pas moins des résultats fort remarquables. C'est ainsi que, d'après le témoignage de Pline, les Espagnols et les Gaulois avaient trouvé le moyen de conserver leurs bières pendant très-longtemps ; mais on

ignore comment ils s'y prenaient, car l'emploi du *houblon*, qui a été précisément imaginé pour produire ce résultat, ne remonte pas au delà du commencement du xvi^e siècle ou de la fin du xv^e ¹.

Fabrication. — 1. La fabrication de la bière constitue actuellement une industrie très-importante aux États-Unis et dans les pays du Nord, surtout en Angleterre, en Belgique, en Hollande, en Allemagne. Quoiqu'on puisse y appliquer les graines de toutes les céréales, on donne généralement la préférence à celles de l'orge, parce que le prix en est le moins élevé. Quant aux procédés d'exécution, ils comprennent trois séries d'opérations : le maltage, le brassage et la fermentation, qu'on modifie plus ou moins, quant aux détails, suivant l'espèce particulière de bière qu'on veut préparer.

2. Le *maltage* a pour objet de développer un principe particulier appelé *diastase*, qui possède la propriété de convertir en sucre l'amidon des céréales ². Pour obtenir ce résultat, on fait gonfler l'orge dans l'eau, puis on l'étend en couche mince sur une aire plane, où elle perd son humidité, s'échauffe et germe. Quand le germe est aussi long que le grain lui-même, on dessèche ce dernier au moyen du feu, et on le débarrasse des petites racines que la germination en a fait sortir. Il constitue alors le *malt*.

3. Dans le *brassage*, on se propose d'extraire l'amidon du malt et de le transformer en sucre. A cet effet, on moule grossièrement le malt, puis on le tient, pendant plusieurs heures, en contact avec de l'eau chauffée à une température convenable, et on le brasse, on l'agite à plusieurs reprises pour bien effectuer

1. **Houblon.** C'est une plante à tiges grimpantes et herbacées, et haute de 8 à 3 mètres, que l'on cultive uniquement en vue de la fabrication de la bière. On n'utilise que ses fleurs, appelées vulgairement *cônes*, à cause de leur forme. Elles sont chargées d'une poussière jaune, odorante et amère, que l'on désigne sous le nom de *lupulin* ou de *lupuline*, et à laquelle on attribue principalement les propriétés du houblon. Champier, médecin lyonnais, mort entre 1535 et 1540, parle de l'emploi du houblon par les brasseurs comme d'une chose contemporaine.

2. **Amidon ou Fecule.** Substance pulvérulente, blanche et sans saveur qui existe dans les organes de la plupart des plantes, principalement dans les semences des céréales (blé, riz, orge, etc.) et des légumineuses (haricots, fê-

le mélange. Quand il a cédé à l'eau presque tous ses principes utiles, on l'enlève pour le vendre, sous le nom de *drèche*, aux agriculteurs, qui l'emploient à la nourriture du bétail. La liqueur qui reste est le *moût* de bière. On la fait bouillir avec des fleurs de houblon, qui lui communiquent, non-seulement la propriété de se conserver, mais encore l'amertume et l'odeur qui caractérisent la bière ; puis, quand on la juge suffisamment concentrée, on la dirige dans des bacs peu profonds, où on la laisse refroidir.

4. La *fermentation* est destinée à convertir en alcool et en acide carbonique le sucre contenu dans le moût. Pour cela, aussitôt que, par le refroidissement, le moût est descendu à une température d'environ 13°, on le distribue dans de grandes cuves, on y ajoute de la levûre et on l'abandonne à lui-même. Il ne tarde pas à se mettre en mouvement : l'acide carbonique se dégage avec abondance, et il se produit une grande quantité de levûre. Quand il ne bout plus, l'opération est terminée, et la bière ¹ peut être livrée à la consommation.

III. — LE CIDRE ET LE POIRÉ.

Histoire. — 1. Le *vin de pommes* et le *vin de poires*, dont parlent les auteurs anciens, étaient notre **cidre** et notre **poiré**. Les Hébreux les connaissaient, et il en était de même des Égyptiens, des Grecs, des Romains et des Espagnols.

2. On a prétendu que la France était redevable de la culture du pommier et de l'art de faire le cidre aux Northmans, aux Navarrais ou aux Biscayens ; mais le chimiste Girardin a prouvé que « les pommiers et les poiriers, indigènes dans les Gaules,

ves, lentilles, pois, etc.) ; dans les tubercules de la pomme de terre, de la patate, des ignames, etc. ; dans les fruits du chêne, du châtaignier, du marronnier d'Inde, etc ; dans la tige des palmiers, etc. ; dans les racines de la carotte, de la rhubarbe, etc. Suivant son origine, elle prend généralement des noms particuliers. Celle des céréales et des légumineuses est l'*amidou* proprement dit, et le mot *fécule*, employé seul, désigne celle de la pomme de terre.

4. La connaissance du vin et de la bière implique celle du **vinaigre** ; car, au contact de l'air et dans les conditions atmosphériques ordinaires, ces liqueurs s'acidifient rapidement. Aussi, les anciens connaissaient-ils le vinaigre, mais ils ignoraient la cause qui le produit. Ils l'employaient comme médicament et pour assaisonner des légumes. Ils en faisaient aussi une boisson en le délayant dans l'eau.

ont servi à la fabrication du cidre et du poiré dès les premiers siècles de l'ère chrétienne; et, que si nous devons quelque chose aux Biscayens et aux Navarrais, ce n'est vraisemblablement que la connaissance de quelques variétés de ces arbres, et nullement l'usage de brasser leurs fruits. » Toutefois, ce n'est qu'à partir du xiii^e ou du xiv^e siècle que l'usage du cidre est devenu général en Normandie, où la bière avait été jusqu'alors la boisson habituelle. Aujourd'hui encore, c'est dans cette partie de notre territoire que se préparent les cidres les plus renommés.

Fabrication. — La préparation du cidre et du poiré est fort simple. Les fruits, cueillis au moment de leur maturité parfaite, sont écrasés au moyen de moulins, mis à macérer pendant quelques jours, puis soumis à l'action de presses. Enfin, le jus obtenu est versé dans des tonneaux, où il se convertit, par la fermentation, en boisson agréable et salubre.

CHAPITRE IV.

L'Alcool et la Distillation

Ce qu'on entend par alcool, esprit et eau-de-vie. — Origine de la distillation : Aristote, les Arabes, Arnaud de Villeneuve. — L'eau-de-vie en médecine. Son emploi comme boisson. — Progrès de l'art distillatoire. — Différentes sortes d'alcools. — Histoire des appareils distillatoires : Pline, Zozime le Panopolitain, Porta, etc. — Description de l'alambic ordinaire; comment il fonctionne; ses défauts. — Perfectionnement apporté par Argand. — Transformation de l'art distillatoire : Edouard Adam. — Création de la distillation continue : Cellier Blumenthal, Derosne.

On sait que le vin, le cidre, la bière, les moûts d'orge, de riz, de maïs, de seigle, de pomme de terre, et, en général, toutes les liqueurs fermentées renferment un principe particulier qu'on appelle **alcool**¹ ou **esprit**, et qu'on extrait au

1. Alcool. Le mot *alcool* est d'origine arabe, mais il existe deux opinions différentes sur sa signification. Les uns prétendent qu'il veut dire « quelque chose

moyen d'une opération dite **distillation**. On sait aussi que, lorsqu'on distille une de ces liqueurs, l'alcool, étant plus léger que les autres substances, passe le premier, et que, si l'on arrête l'opération au moment où elle est à moitié faite, on obtient tout l'alcool contenu dans la liqueur, en mélange avec une certaine quantité d'eau : c'est ce produit, composé d'alcool et d'eau, qu'on désigne sous le nom d'**eau-de-vie**¹.

I. — ALCOOL, DISTILLATION.

Origine de la distillation. — 1. La découverte de la distillation a naturellement précédé celle de l'alcool. On croit généralement que nous la devons aux chimistes arabes du moyen âge ; mais elle remonte à une époque beaucoup plus ancienne, car elle se trouve indiquée, d'abord vaguement, dans Aristote², mort 322 ans avant notre ère, puis, d'une manière plus explicite, dans Alexandre d'Aphrodisie, commentateur des ouvrages

qui brûle, » ce qui le rendrait à peu près synonyme du latin *aqua ardens*, eau ardente, expression qui existe encore, presque sans altération, dans le patois du Languedoc (*aigua ardent*), pour désigner l'eau-de-vie. Suivant les autres, il signifie « corps très-subtil, très-divisé. » Dans le principe, disent ces derniers, on employait ce mot pour désigner le degré de ténuité extrême qu'on donnait à certaines poudres. Au xvii^e siècle, le chimiste Boerhaave le détourna de sa première acception en l'appliquant, comme nom spécial, au principe inflammable le plus pur. Plus tard, on l'employa pour désigner les liqueurs spiritueuses dépouillées de leur partie aqueuse, et dont on supposait les molécules beaucoup plus subtiles. Plus tard encore, à l'époque de la création de la nomenclature chimique moderne, on l'adopta comme synonyme d'esprit-de-vin. Notons, en passant, que, dans une foule d'anciens auteurs, *alcool* est le nom que l'on donne au sulfure d'antimoine naturel, réduit en poudre impalpable, avec lequel les femmes de l'Orient ont aimé, de tout temps, à se teindre les cils et le bord des paupières.

1. **Eau-de-vie.** Dans le commerce, on donne des noms différents aux produits de la distillation, suivant qu'ils sont plus ou moins riches en alcool. Les liquides, appelés *eaux-de-vie* contiennent de 37 à 60 pour 100 d'alcool, et ceux qu'on nomme *esprits* en renferment de 78 à 92 pour 100. L'*alcool* proprement dit contient un peu plus de 4 pour 100 d'eau. Quant à l'*alcool absolu* ou *anhydre*, c'est-à-dire rigoureusement pur, c'est un simple produit de laboratoire. — On sait que le degré de force des liquides alcooliques se détermine au moyen d'instruments spéciaux qu'on appelle *aréomètres* ou *alcoomètres*. Il existe un assez grand nombre d'instruments de ce genre, mais le seul dont l'usage soit legal en France est l'*alcoomètre centésimal*, inventé par le chimiste Gay-Lussac, en 1824.

2. **Aristote**, philosophe grec et précepteur d'Alexandre le Grand, né à Stagyre, en Macédoine, l'an 384 avant Jésus-Christ, mort à Chalcis, en Eubée, l'an 322.

de ce philosophe ¹. Géber ², vers la fin du VII^e siècle, est le premier écrivain arabe qui en parle, et Rhazès ³, son contemporain et son compatriote, indique la fabrication de l'eau-de-vie de grains. Mais si les Arabes n'ont pas inventé la distillation, ils sont incontestablement les premiers qui l'aient pratiquée d'une manière suivie et sur une grande échelle. Ils l'employaient surtout pour extraire l'alcool, qu'ils savaient obtenir à divers degrés de concentration, et pour se procurer les principes aromatiques des plantes. Ce sont eux aussi qui en ont communiqué les procédés aux peuples chrétiens.

2. Ce qui précède montre combien on attribue à tort à Arnaud de Villeneuve, médecin et alchimiste du XIII^e siècle, la découverte de l'esprit-de-vin et des teintures alcooliques ⁴. Tout cela

1. **Aristote.** Il s'exprime ainsi : « L'eau de mer est rendue potable par l'évaporation; le vin et tous les liquides peuvent être soumis au même procédé : après avoir été réduits en vapeurs humides, ils redeviennent eau. » Voici maintenant le passage d'Alexandre d'Aphrodisie, qui vivait au III^e siècle de notre ère : « On rend l'eau de la mer potable en la vaporisant dans des vases placés sur le feu, et en recevant la vapeur condensée sur des couvercles. Le vin et les autres substances qui ont une humeur ou un suc, et qui l'évaporent, deviennent de l'eau par la transmutation nouvelle de la vapeur en humide. »

2. **Géber** ou **Yéber** vivait vers le milieu du VIII^e siècle, mais on ne connaît pas le lieu de sa naissance, car les uns lui donnent pour ville natale Koufa, près de Bagdad, les autres Thous, dans le Khorassan, d'autres encore Harran, dans l'ancienne Mésopotamie. C'était un des hommes les plus considérés de son temps. Tous les médecins arabes postérieurs au IX^e siècle le citent comme leur maître, et il est, pour la chimie, ce qu'Hippocrate fut pour la médecine. C'est dans un de ses ouvrages que l'on trouve la plus ancienne description connue de l'acide nitrique et de l'eau régale.

3. **Rhazès**, à la fois philosophe profond et médecin de premier ordre, naquit à Rhaï, en Perse, vers 860, et mourut en 940. Voici le passage où il parle de l'eau-de-vie de grains : « Prends de quelque chose d'occulte la quantité que tu voudras, broie-le de manière à en faire une espèce de pâte, et laisse-le ensuite fermenter pendant nuit et jour; enfin, mets le tout dans un vase distillatoire, et distille-le. » Ce quelque chose d'occulte, que l'auteur ne nomme point, était probablement, dit le docteur Hoefler, des grains de blé qui sont, en effet, destinés à être enfermés, cachés dans le sein de la terre. C'est là un exemple du langage symbolique des alchimistes. Peut-être est-ce même avec des grains qui avaient déjà éprouvé, dans le sein de la terre, un commencement de fermentation, que Rhazès enseigna à faire de l'eau-de-vie. L'opération n'en aurait que mieux réussi. D'ailleurs, quand même notre conjecture ne serait pas fondée, et qu'il faudrait entendre par le quelque chose d'occulte autre chose que des grains de blé, le passage cité ne perd rien de sa valeur; car la substance que Rhazès n'a pas nommée, donne, comme il le dit lui-même, de l'eau-de-vie au moyen de la fermentation et de la distillation. Cette substance ne peut donc être qu'un produit amylicé ou sucré, susceptible d'éprouver la fermentation. »

4. **Arnaud de Villeneuve**, médecin et chimiste, naquit vers 1240, mais on

était bien connu avant lui; seulement (encore même le fait est incertain), il propagea l'usage de l'eau-de-vie en médecine.

Premier emploi de l'eau-de-vie. — Pendant tout le moyen âge, l'eau-de-vie fut regardée comme une panacée universelle¹, comme un remède souverain qui avait la propriété de guérir tous les maux, même de prolonger la vie et de rajeunir les vieillards : c'est à cette croyance qu'elle devait son nom. Au xv^e siècle, elle n'était encore qu'un médicament, et on ne la trouvait que chez les pharmaciens. A la fin du siècle suivant, elle était devenue une boisson usuelle dans presque toute l'Europe, et déjà les funestes effets qu'entraîne son abus commençaient à se produire.

Progrès de la distillation. — Tant que l'eau-de-vie avait été uniquement employée comme remède, la fabrication en avait été très-restreinte et avait pu être monopolisée par les pharmaciens. Les choses changèrent complètement quand elle prit rang parmi les boissons. Alors, pour répondre aux besoins

ignore en quel lieu, en sorte que sa nationalité est inconnue. Après avoir enseigné la médecine et la chimie à Barcelone, il parcourut successivement la France et l'Italie, laissant partout la réputation d'un praticien habile. Il périt dans un naufrage, en 1317 ou 1318. Arnaud de Villeneuve n'était pas un prodige de science, comme on le croit vulgairement. Un de ses biographes prétend qu'« il découvrit les trois acides sulfurique, muriatique, nitrique, » qu'« il composa le premier de l'alcool, et s'aperçut même que cet alcool pouvait retenir quelques-uns des principes odorants et sapides des végétaux qui y macèrent. » « On lui doit aussi, ajoute le même écrivain, les premiers essais réguliers de la distillation; il fit connaître l'essence de térébenthine; il composa les premiers ratafias. » « Il y a là presque autant d'erreurs que de mots. Toutes ces prétendues découvertes étaient connues avant Arnaud de Villeneuve. Il est d'ailleurs facile de se convaincre, par la lecture de ses ouvrages que, dans tout ce qu'il disait, il comptait beaucoup sur la crédulité de ses contemporains. » (Hoëfer).

1. **Panacée.** Du grec *pan*, tout, et *akéomai*, guérir, « remède à tous les maux. » L'idée absurde de trouver une préparation capable de guérir toutes les maladies, est née dans les premiers siècles de notre ère, c'est-à-dire à l'époque où certains savants, quittant la voie de l'expérience pour s'abandonner à l'imagination, se mirent à la recherche de cette substance merveilleuse, dite *Pierre philosophale*, qui devait donner le moyen de transmuter les métaux vils en or et en argent et, par suite, procurer immédiatement la richesse. Aujourd'hui, on ne cherche plus cette substance sans pareille; mais il existe encore des charlatans qui se vantent d'avoir découvert la panacée et, ce qu'il y a de plus triste, des gens assez niais pour y croire.

d'une consommation toujours croissante, prit naissance l'industrie du distillateur. De plus, dans les pays où la vigne ne prospère point, comme la Suède, la Norvège, le Danemark, le nord de l'Allemagne et la Russie, on se mit à faire de l'eau-de-vie avec les grains fermentés, parce que celle de vin, qu'il fallait tirer du dehors, coûtait trop cher. On apprit également à l'extraire des glands, des châtaignes, et, en général, de tous les fruits sucrés ou amylacés; mais celle de grains fut la seule qu'on prépara sur une grande échelle. Ange Sala, qui exerça la médecine, pendant le xvii^e siècle, en Prusse, en Bavière et en Autriche, a consacré à cette fabrication un chapitre d'un de ses ouvrages. « Tous les habitants des contrées du Nord, dit-il, savent faire de l'eau-de-vie avec les céréales. A cet effet, ils se servent du blé tel qu'il convient à la préparation de la bière. Après l'avoir grossièrement moulu, ils le jettent dans une cuve, y versent de l'eau tiède et remuent, avec des spatules, cette pâte demi-liquide. Enfin, ils y ajoutent de la levûre de bière et abandonnent le tout à la fermentation. » Un autre écrivain nous apprend qu'avant 1618 il existait des distilleries d'une très-grande importance dans plusieurs localités, surtout à Wernigerode, dans le Hartz, et aux environs de Magdebourg. Il assure même qu'alors cette industrie se développa tellement en Allemagne qu'elle y occasionna une révolution presque comparable à celle que l'extraction du sucre de betterave provoqua au commencement de notre siècle. Et cependant, loin de la favoriser, les autorités publiques crurent plus d'une fois devoir lui susciter des entraves parce qu'on l'accusait de faire un emploi profane de la matière qui constitue le « pain quotidien. » Néanmoins, malgré cette prospérité, les eaux-de-vie de vin furent toujours, dans les pays du Nord, celles qui figurèrent exclusivement sur la table des personnes aisées, et les eaux-de-vie de grains ne furent généralement consommées que par les classes les plus pauvres.

Différentes sortes d'alcools. — De nos jours, la maladie de la vigne ayant diminué considérablement la production des vins, le prix des eaux-de-vie fournies par ces derniers s'est excessivement élevé. L'usage malheureusement si répandu du

petit verre et les nombreuses applications que le **trois-six**¹ reçoit dans une foule de branches industrielles, ont naturellement souffert de ce renchérissement, et alors, de tous les côtés, on s'est mis à la recherche de nouvelles substances et de nouveaux moyens propres à fabriquer économiquement l'alcool. C'est ainsi que, suivant les pays, on a exploité les dattes, les figes ordinaires, les figes de Barbarie, le sorgho à sucre, la pomme de terre, les châtaignes, la betterave et ses mélasses, les fruits du manguier et du bananier, la racine de gentiane, les prunes, les mûres, les diverses féculs, toutes les céréales peu ou point employées, etc. ; on a même essayé d'obtenir du bois, à l'aide des acides, des moûts fermentescibles. Mais, après des essais de tout genre, les alcools de grains, de betterave, de mélasse et de pomme de terre, ont pu seuls donner lieu à une fabrication courante, qui s'est maintenue depuis et a même fini, dans les contrées du Nord, par acquérir un développement très-considérable, au grand avantage de l'industrie, mais au détriment de la santé et de la moralité des populations.

II. — APPAREILS DISTILLATOIRES.

Distillation primitive. — En parlant de la préparation de l'huile de térébenthine, ou pisséléon, Pline² décrit le plus ancien procédé distillatoire dont la connaissance nous soit parvenue. « On allume du feu sous le pot qui contient la résine ; la vapeur s'élève et se condense dans de la laine étendue sur l'ouverture du pot. L'opération est terminée, on exprime la laine ainsi imprégnée d'huile, et cette huile est le pisséléon. »

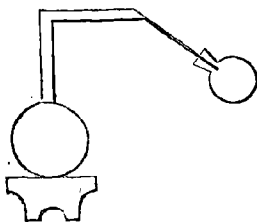


Fig. 5.
Alambic primitif.

1. Trois-six. Nom que, dans le commerce, on donne à l'esprit-de-vin à 33° de l'alcomètre centésimal, parce qu'il forme, en volume, les *trois sixièmes* de l'eau-de-vie ordinaire, ou à 19°, en d'autres termes, parce que, pour obtenir cette dernière, il faut ajouter à 3 volumes de cet esprit 3 volumes d'eau (voyez la note 1 de la page 33).

2. Pline. Voyez la note 3 de la page 5.

Premiers alambics. — 1. « Quelque imparfait que soit le procédé qui précède, il mérite néanmoins d'être médité : un pot servait de cornue, et un bouchon de laine de récipient. Combien de tentatives n'a-t-il pas fallu avant de songer à faire communiquer la cornue avec le récipient à l'aide d'un tuyau ou d'un tube, une chose qui nous paraît aujourd'hui la plus simple du monde¹ ! »

2. On ignore à quelle époque cette innovation fut faite ; mais elle était connue du temps du chimiste grec Zozime le Pano-politain, qui vivait à la fin du III^e siècle ou au commencement du IV^e siècle. On trouve, en effet, dans un des ouvrages de ce savant, la description, avec figures, de plusieurs appareils de distillation, dont il déclare avoir vu les modèles dans un temple de Memphis, et qui tous se composent d'un gros ballon posé sur un fourneau et communiquant avec un ou plusieurs récipients au moyen d'un égal nombre de tuyaux (fig. 5 et 6) ; il en est même qui sont pourvus d'un

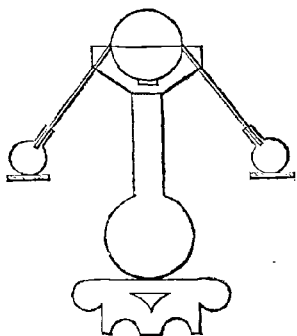


Fig. 6.
Alambic primitif.

ballon particulier, qui joue le rôle de notre chapiteau. Les appareils qui présentent cette dernière disposition sont donc de véritables *alambics*².

3. Pendant le moyen âge, les appareils distillatoires furent torturés de mille manières. On ne manquait jamais d'entourer

1. Hoefler : *Histoire de la Chimie*, 1.

2. *Alambics*. Zozime donne le nom de *bicos* au récipient destiné à recueillir les produits de la distillation, et il distingue les appareils en *monobicos*, *dibicos* et *tribicos*, suivant qu'ils ont un, deux ou trois récipients. « Le mot *bicos* paraît être la racine du mot *ambix* : il se retrouve tout entier dans le génitif *ambicos*. On sait que le génitif du singulier est presque toujours la vraie racine des noms. En plaçant leur article *al* devant *ambicos*, les Arabes ont fait le mot *alambic* et nous l'ont transmis. Le mot *alambic* n'a donc pas une origine arabe, comme on le croit vulgairement : c'est un mot grec altéré. »

le récipient d'eau froide, afin de condenser plus rapidement les vapeurs ; mais, dans le but de faire parcourir à celles-ci le plus long chemin possible, on recourbait les tubes en zigzag et l'on donnait à l'ensemble des diverses pièces les dispositions les plus singulières.

Alambic moderne. — 1. A la fin du xvi^e siècle et au commencement du xvii^e, par les soins de Porta¹, de Rodolphe Glauber² et de Jérôme Rubée³, les appareils à distiller reçu-

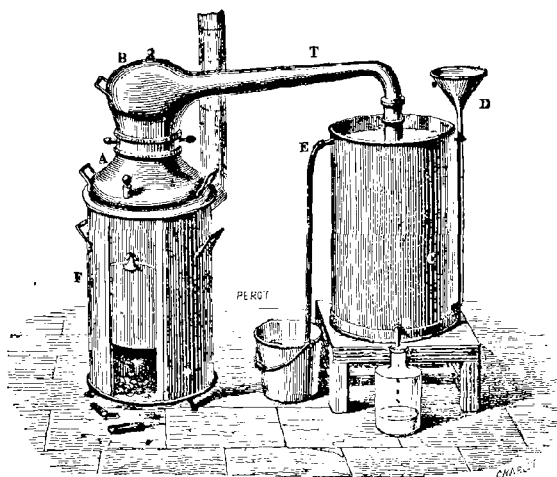


Fig. 7.

Alambic ordinaire.

rent les premiers perfectionnements d'une importance véritable. Les recherches de ces savants furent continuées ensuite

1. **Porta** (Jean-Baptiste), physicien italien, né à Naples en 1540, mort en 1615.

2. **Glauber** (Jean-Rodolphe), un des premiers chimistes de l'Allemagne, né à Carlstadt (Autriche), en 1604, mort en 1668.

3. **Rubée** (Jérôme), chimiste italien, né à Ravenne, vivait dans la seconde moitié du xvi^e siècle.

par Baumé¹, Chaptal² et autres, et de tous ces travaux résulta l'*alambic ordinaire*, tel qu'il existe encore aujourd'hui.

2. Comme le montre la figure ci-jointe, l'alambic ordinaire se compose d'une chaudière A placée sur un fourneau F. La chaudière est surmontée d'une espèce de couvercle en forme de dôme B, qu'on nomme *chapiteau*. Un tube T part de ce dôme et se raccorde avec un autre tube d'un plus petit diamètre, qui est renfermé dans un vase C, appelé *réfrigérant*, et que l'on maintient plein d'eau froide. Le second tube porte le nom de *serpentin*, parce qu'il est tourné en hélice.

3. Quand l'alambic fonctionne, les vapeurs qui s'élèvent de la chaudière passent successivement dans le chapiteau, dans le tube T et dans le serpentin. Arrivées dans ce dernier, elles se condensent par leur contact avec les parois froides du tube, et le liquide résultant de ce changement d'état s'écoule au dehors par le robinet R, fixé à l'extrémité du serpentin. A mesure que l'opération s'effectue, l'eau du réfrigérant s'échauffe aux dépens de la vapeur : elle prend à celle-ci une grande partie de sa chaleur sensible, et en même temps, elle reçoit la chaleur latente. Cet échauffement est même si considérable que chaque kilogramme de vapeur qui passe à l'état liquide en circulant dans le serpentin, échauffe à 100° plus de 5 kilogrammes d'eau froide. Or, il faut éviter que la température du réfrigérant s'élève au-dessus de 50°; car autrement la condensation serait incomplète. On prévient cet inconvénient en disposant les choses de manière que 10 kilogrammes d'eau froide, au moins, puissent être introduits dans le vase pour chaque kilogramme de vapeur qui se liquéfie. On fait pénétrer cette eau au fond du réfrigérant par le tube à entonnoir D; elle s'y accumule, soulève l'eau chaude, et la fait sortir par un déversoir E situé à la partie supérieure du vase.

4. On reproche à l'alambic ordinaire de ne pouvoir donner que de l'eau-de-vie plus ou moins faible, c'est-à-dire très-chargée d'eau, en sorte qu'on est obligé de la *rectifier*, c'est-à-dire de

1. **Baumé** (Antoine), pharmacien-chimiste français, né à Senlis (Oise), en 1728, mort en 1804.

2. **Chaptal** (Jean-Antoine), chimiste français, né à Nozaret (Lozère), en 1756, mort en 1832.

la distiller de nouveau pour l'amener à un plus haut degré de spirituosité. En outre, cette eau-de-vie est rarement très-limpide, et, si le feu n'est pas réglé avec un soin extrême, elle a un goût de brûlé fort désagréable. De plus, comme la condensation n'est jamais complète, il y a déperdition de vapeurs alcooliques qui se répandent en pure perte dans l'atelier. Enfin, on est obligé de consommer une quantité énorme de combustible, et, comme l'appareil a besoin d'être démonté à chaque chauffe, il en résulte qu'il ne peut fonctionner que d'une manière intermittente.

Appareil d'Argand. — Malgré tous les défauts qui viennent d'être énumérés, l'alambic ordinaire a été uniquement employé jusqu'à la fin du siècle dernier. Dès 1780, Ami Argand¹, physicien suisse, alors établi à Paris, essaya le premier de les amoindrir en faisant tourner, au profit de la distillation elle-même, la chaleur employée à la vaporisation du liquide. Il plaça, entre le serpentín et le chapiteau de l'ancien alambic, une cuve pleine de vin, qui renfermait elle-même un serpentín, où les vapeurs venaient d'abord se dégager avant de pénétrer dans le serpentín ordinaire. Cette cuve, qu'on appelait *chauffe-vin*, était assez élevée pour qu'on pût la vider dans la cucurbite ou chaudière de l'appareil. Il résultait de cette disposition que le vin de la cuve se trouvant arrivé à une température un peu élevée, les vapeurs mixtes d'eau et d'alcool y subissaient une sorte de départ. Les plus alcooliques y rencontrant encore une chaleur suffisante pour se maintenir, allaient gagner le deuxième serpentín, tandis que les vapeurs aqueuses étant assez refroidies pour se condenser, passaient à l'état liquide et retournaient dans la chaudière par le tuyau qui les avait amenées dans le chauffe-vin. Par cette ingénieuse addition d'Argand, on obtenait donc deux avantages bien marqués : 1° la chaleur abandonnée par la condensation des vapeurs était employée à l'échauffement du liquide qu'on allait soumettre à la distillation ; 2° on recueillait, dès la première opération, une

1. Argand (Ami), physicien et chimiste suisse, né à Genève, en 1750, en 1803.

eau-de-vie beaucoup plus forte que celle qu'on obtenait auparavant.

Appareil d'Édouard Adam. — 1. Argand avait fait faire un grand pas à l'art distillatoire, mais, en 1800, un chimiste rouennais, Édouard Adam¹, qui était établi à Nîmes, voulut aller plus loin. Il eut l'idée d'appliquer à la distillation l'appareil de Woulf², si usité dans les laboratoires de chimie, et d'obtenir ainsi, de prime abord, de l'alcool à tous les degrés de concentration ou de force demandée par le commerce. Ses

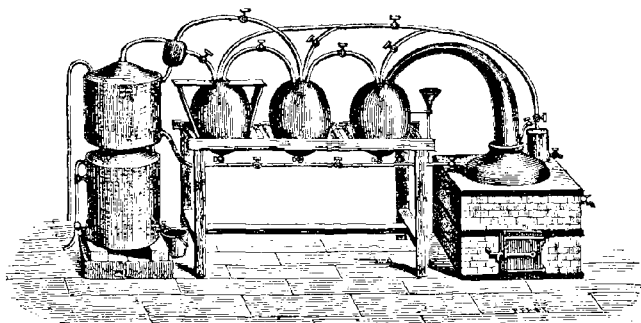


Fig. 8.

Appareil d'Édouard Adam.

essais furent couronnés d'un succès complet, car, du premier coup, il produisit de l'esprit à 84° centésimaux, au lieu d'eau-de-vie de 36 à 52°.

2. Adam construisit alors un appareil distillatoire pour lequel il prit un brevet d'invention, le 20 mai 1801. Cet appareil (fig. 8)

1. Adam (Édouard-Jean), né à Rouen en 1769, mort le 11 novembre 1807. Après avoir créé l'art distillatoire moderne et doté l'Europe d'une source nouvelle de profits, il passa les derniers jours de sa vie dans la misère, sort ordinaire de beaucoup d'inventeurs.

2. Appareil de Woulf. Appareil de chimie qui sert à opérer la dissolution des gaz dans l'eau, et qui est ainsi appelé du nom de son inventeur. Il se compose d'une suite de flacons tubulés qui communiquent ensemble et avec le vase dans lequel se produit le gaz sur lequel on opère.

était disposé de telle sorte que les vapeurs, s'élevant de la chaudière, passaient dans une série de vases en forme d'œuf, remplis de vin, et s'y condensaient jusqu'à ce que, par suite de la chaleur qu'elles abandonnaient, le vin eût acquis la température de l'ébullition. Ce vin, ainsi chauffé et devenu plus alcoolique, envoyait ses vapeurs, de plus en plus riches en esprit, dans une autre série de vases plus petits et vides, où elles déposaient, chemin faisant, leur partie la plus aqueuse, dont la quantité allait sans cesse en diminuant de vase en vase. Les parties les plus volatiles venaient enfin se condenser, d'abord dans un serpentín rafraîchi par du vin, puis dans un second rafraîchi par de l'eau. Quand le vin de l'alambic était épuisé d'esprit, on le laissait couler au dehors au moyen d'un robinet placé au bas de la chaudière, et on le remplaçait immédiatement par le vin chaud des œufs et du serpentín. De cette façon, on chauffait sans aucune dépense le vin qu'on allait distiller; on n'était plus obligé de renouveler l'eau du serpentín; on obtenait constamment de l'alcool froid, et, comme cet alcool n'était pas sur le feu, il ne contractait jamais le goût de brûlé. En outre, les produits étaient plus abondants, parce qu'on évitait toute perte par l'évaporation. Enfin, on recueillait d'un seul coup tous les degrés de spirituosité.

3. Aussitôt qu'il eut pris son brevet d'invention, Edouard Adams s'empessa de monter, avec l'aide de puissants capitalistes, une vingtaine de grandes brûleries ou distilleries à Cette, à Montpellier, à Toulon, à Perpignan et dans plusieurs autres villes du Midi. Ces établissements devinrent bientôt très-prospères et firent une concurrence désastreuse à ceux qui fonctionnaient d'après l'ancienne méthode. Les propriétaires de ces derniers se mirent alors à l'œuvre pour soutenir la lutte, et le seul moyen qui parut possible fut l'emploi d'appareils construits sur les mêmes principes que celui d'Adam. Comme les appareils de l'inventeur rouennais étaient immenses et très-coûteux, on chercha surtout à les simplifier, à les rendre moins encombrants, afin de les mettre à la portée du plus grand nombre. On vit ainsi paraître une foule de machines distillatoires; mais une surtout, celle d'Isaac Bérard, de Grand-Gallargues (Gard), eut un succès durable.

Appareil Bérard. — 1. Dans cet appareil, la chaudière, au lieu d'être coiffée d'un chapiteau, comme c'était l'usage, était surmontée d'un cylindre dont l'intérieur offrait plusieurs compartiments communiquant entre eux par de petites ouvertures. Les vapeurs qui s'élevaient du bain en ébullition pénétraient successivement dans ces compartiments, ou *chambres*, où elles déposaient une certaine quantité de leurs parties aqueuses, et ces parties aqueuses retournaient dans la chaudière par des tubes spéciaux, tandis que les vapeurs alcooliques, continuant leur marche, entraient dans un vase cylindrique plongeant dans un bain d'eau froide. Ce vase, qui se nommait *condensateur*, était divisé intérieurement en quatre ou cinq chambres communiquant ensemble par des ouvertures, et les choses étaient combinées de telle façon qu'on pouvait, à volonté, faire parcourir aux vapeurs la totalité ou une partie seulement de ces chambres. Dans tous les cas, au sortir du condensateur, les vapeurs alcooliques arrivaient dans le serpentin, où elles prenaient l'état liquide. Quand on les faisait circuler dans toutes les chambres, on obtenait de l'alcool marquant de 89° à 92° centigrades. Quand on les envoyait directement de la colonne dans le serpentin, on avait de l'eau-de-vie marquant de 52° à 66°. On produisait les degrés intermédiaires en faisant passer les vapeurs dans plus ou moins de chambres.

2. L'appareil de Bérard fut trouvé si simple et si avantageux que presque tous les distillateurs l'adoptèrent. Adam en attaqua l'auteur, comme il attaqua aussi les inventeurs de la plupart des autres appareils. De là naquirent des procès dispendieux, qui le détournèrent de ses occupations, et à la suite desquels il mourut de chagrin et dans un état voisin de la misère.

Appareils continus. — 1. Edouard Adam et ses imitateurs n'avaient fait que des appareils à marche intermittente. En 1808, Cellier-Blumenthal, combinant et complétant tout ce qu'il y avait de bon dans les systèmes de ses prédécesseurs, créa le *système de la continuité* qui depuis a rendu des services inappréciables à toutes les branches d'industrie qui ont recours à la distillation. Il construisit à cet effet un appareil très-ingénieux qui, amélioré plus tard (1817) par Charles Derosne, fut

introduit en peu de temps dans toutes les grandes distilleries. Cet appareil est représenté en coupe par la fig. 9. On y distingue les parties suivantes :

1^o Deux chaudières en cuivre AA' (fig. 9), qui sont placées à des hauteurs différentes sur un fourneau ordinaire. Elles communiquent entre elles au moyen de deux tuyaux, dont l'un *t* fait arriver la vapeur de la chaudière inférieure dans la chaudière supérieure, et l'autre *t'* laisse écouler les vinasses ¹ de la chaudière supérieure dans la chaudière inférieure.

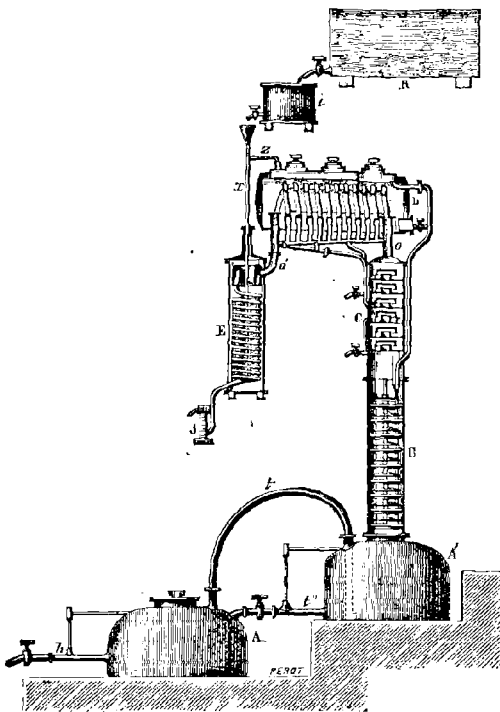


Fig. 9.

Appareil Derosue.

2^o Une colonne en cuivre B, placée sur la chaudière supérieure et appelée *colonne de distillation*. Elle est garnie de plateaux, placés les uns sur les autres et

1. **Vinasses.** On appelle ainsi les liquides qui restent après qu'on a enlevé par la distillation l'alcool contenu dans le vin.

présentant alternativement leur concavité en haut et en bas. Ces plateaux sont destinés à recevoir chacun une couche de vin d'environ 27 millimètres d'épaisseur.

3° Une seconde colonne C, également en cuivre, placée sur la précédente, et qui se nomme *colonne de rectification* ou *rectificateur*. Elle est divisée en plusieurs compartiments ou chambres par des cloisons percées de trous. Sur chaque trou est soudé un manchon surmonté d'un couvercle, qui ne descend pas jusqu'à la cloison. Quand l'appareil fonctionne, chaque cloison est recouverte d'une couche de vin, qui ferme alors l'espace compris entre le manchon et son couvercle, en sorte que les vapeurs qui montent de la chaudière ne peuvent passer d'une chambre à l'autre qu'en traversant cette couche de vin.

4° Un *condensateur chauffe-vin* D, qui consiste en un serpentín horizontal enfermé dans un cylindre ou réfrigérant de cuivre qu'on tient constamment plein de vin. Les tours de ce serpentín sont munis, à leur partie inférieure, de tubes d'écoulement, fermés par des robinets et qui donnent des produits alcooliques à divers degrés de force.

5° Un *réfrigérant* E, muni d'un serpentín qui conduit le liquide distillé dans une éprouvette d'essai s, et de là, dans le vase ou récipient destiné à le recueillir. Il part de sa partie inférieure un tube vertical x qui s'élève bien au-dessus du chauffe-vin, et un autre tube z, soudé à sa partie supérieure, le fait communiquer avec dernier. Le premier tube reçoit, d'un réservoir supérieur, le vin à distiller. Quant au second, il sert à faire passer le vin du réfrigérant dans le chauffe-vin.

6° Un *réservoir* R, placé au-dessus de toutes les pièces qui précèdent, et qui les alimente de vin. Il est muni d'un seau i, pour régulariser l'écoulement de ce dernier dans le réfrigérant.

2. Pour mettre l'appareil en marche, on commence par remplir de vin la chaudière inférieure jusqu'aux trois quarts de sa hauteur, et l'on n'en met dans la chaudière supérieure que juste ce qu'il faut pour couvrir d'une couche de 15 à 16 centimètres l'orifice du tuyau de décharge. Ensuite on remplit également de vin le réfrigérant, le chauffe-vin, les plateaux de la colonne

de distillation et les compartiments de la colonne de rectification : le tube *r* sert à conduire le liquide du chauffe-vin sur les plateaux. Ces préparatifs achevés, on allume le feu sous la chaudière inférieure, qui est seule placée au-dessus du foyer. Aussitôt que le vin de cette chaudière entre en ébullition, les vapeurs qui s'en dégagent passent dans la chaudière supérieure. Le vin de cette dernière, se trouvant chauffé en même temps par ces vapeurs et par le courant de chaleur qui s'échappe du foyer, ne tarde pas à bouillir de son côté. Les vapeurs qu'il produit pénètrent dans la colonne de distillation, où, rencontrant le liquide qui descend du réservoir, elles lui abandonnent de la chaleur, en lui prenant une quantité proportionnelle d'alcool, et déposent une portion de leur eau, qui tombe dans la chaudière avec le vin épuisé des plateaux. Elles s'élèvent ensuite dans la colonne de rectification, où elles abandonnent encore une certaine quantité de leurs parties aqueuses. Passant alors par le tube *o*, elles parcourent les divers compartiments du chauffe-vin, en devenant toujours de plus en plus alcooliques. Enfin, le tube *o'* les amène dans le réfrigérant, où elles se condensent entièrement, puis s'écoulent, à l'état d'alcool froid, dans un récipient quelconque.

Ainsi, la distillation une fois commencée, comme le vin épuisé sort par le robinet de vidange *h* de la chaudière inférieure, et que cette chaudière en reçoit en même temps une quantité proportionnelle qui lui arrive du réservoir, l'opération pourrait être continuée, dans toute l'acception du mot, si l'on n'était obligé de la suspendre de loin en loin pour nettoyer ou réparer les appareils.

3. Tous les appareils distillatoires employés aujourd'hui en France et à l'étranger sont construits sur les principes établis par Cellier-Blumenthal, et ils ne diffèrent de celui que nous venons de décrire que par des dispositions secondaires en rapport avec le résultat particulier qu'on veut obtenir.

III. — ALCOOL ARTIFICIEL.

Transformation du gaz d'éclairage en alcool. —

1. Nous ne terminerons pas cette notice sans dire un mot

d'une découverte due à la chimie contemporaine, qui n'a encore produit aucun résultat pratique, mais qui deviendra peut-être un jour l'origine d'une industrie considérable.

2. A l'exposition universelle de 1862, à Londres, on remarqua, parmi les produits chimiques de la France, un litre d'alcool pur qui semblait pouvoir être obtenu manufacturièrement, au moyen du gaz de la houille, et dans des conditions exceptionnellement économiques.

Ce fait répandit l'inquiétude parmi tous les fabricants d'alcool; mais bientôt la vérité devint manifeste. On apprit alors que la liqueur exposée, loin d'être le résultat d'un procédé industriel, avait été préparée dans le calme du laboratoire, avec des soins infinis, des matières très-coûteuses et des frais si énormes que son prix de revient ne pouvait guère être inférieur à 4,000 francs. La concurrence d'une pareille fabrication n'était donc pas redoutable.

3. La panique occasionnée par l'exposition universelle venait à peine de prendre fin, quand on annonça l'invention d'un procédé tout nouveau au moyen duquel on pourrait faire de l'alcool d'une manière infiniment plus simple que par le passé. Il suffisait, disait-on, d'introduire de la houille dans un appareil disposé pour cela; cette houille donnait du gaz d'éclairage, et celui-ci se transformait immédiatement en alcool, en sorte que le combustible entrait par l'une des extrémités de la machine et la liqueur s'écoulait par l'extrémité opposée. Un tel résultat était tellement contraire à ce que la science actuelle permettait d'admettre, qu'on se mit à l'étudier avec soin; et, ici encore, on reconnut qu'on se trouvait en présence d'un procédé de laboratoire. La question en est toujours au même point.

CHAPITRE V.

Industrie du Chocolat.

Notions préliminaires : le *Cacao*. — Origine du *Chocolat*. — Son introduction en Europe. — Fabrication; ses progrès. — Observations finales.

Notions préliminaires. — De temps immémorial, on cultive dans toute l'Amérique Centrale un arbre de petite ou de moyenne taille dont le port a beaucoup d'analogie avec celui de notre cerisier. Cet arbre est le *Cacaotier* ou *Cacaoyer*. Il donne un fruit assez semblable à un concombre, qui renferme une quarantaine de graines ou amandes pressées les unes contre les autres (fig. 10). Ces graines constituent le **cacao**. Grillées, moulues et réduites en pâte avec du sucre, elles fournissent l'aliment si connu sous le nom de **chocolat**.



Fig. 10.
Branche de cacaoyer.

Origine du Chocolat. — C'est à l'Espagne que nous devons le chocolat. Au commencement du *xvi^e* siècle, quand les

guériers de ce pays découvrirent le Mexique, ils y trouvèrent l'usage du cacao universellement répandu. Tout le monde l'employait; riches et pauvres faisaient de cette amande leur nourriture habituelle, et lui attribuaient une origine céleste. Après avoir grillé et concassé le cacao, les uns en composaient une boisson fortifiante en le faisant bouillir dans de l'eau fortement aromatisée, ou bien ils en formaient une bouillie épaisse en le mélangeant de farine de maïs et de différentes épices. Les autres, plus délicats, se contentaient d'y ajouter de l'agua-miel ou suc de maguey ¹. Les Espagnols adoptèrent ce dernier mode et s'occupèrent de le perfectionner. En conséquence, ils remplacèrent l'agua-miel par le sucre, et le mélange délicieux qui résulta de cette innovation obtint aussitôt tous les suffrages. Alors parut le *chocolat* proprement dit; il devint bientôt l'aliment favori des créoles, surtout pour les repas légers du matin et de l'après-midi.

Le chocolat en Europe. — 1. Le chocolat fut apporté en Espagne vers le milieu du xvr^e siècle, et, pendant longtemps, ce pays en approvisionna le reste de l'Europe. Les Hollandais furent, dit-on, les premiers qui s'affranchirent de ce monopole : ayant réussi à nouer des relations directes avec quelques-unes des contrées qui produisaient le cacao, ils introduisirent chez eux la fabrication du chocolat et en communiquèrent les procédés aux Anglais.

2. On ne sait pas d'une manière bien positive à quelle époque ni par qui le chocolat fut apporté en France pour la première fois. Suivant les uns, ce serait par l'infante Marie-Thérèse, fille de Philippe IV, roi d'Espagne, lors de son mariage avec le dauphin Louis, fils de Louis XIII, qui monta plus tard sur le trône sous le nom de Louis XIV. Suivant les autres, l'importation aurait été faite à une époque antérieure par le cardinal Alphonse de Richelieu, frère du grand ministre et archevêque de Lyon, à qui des moines espagnols avaient communiqué la connaissance et la

1. Le végétal appelé *maguey* joue au Mexique à peu près le même rôle que la vigne en Europe. On en retire un suc sucré, qui, sous le nom d'*agua-miel*, sert de boisson ordinaire, et qui, soumis à la fermentation, fournit une espèce de vin qu'on appelle *pulque*.

recette du chocolat. Cette dernière opinion doit être la vraie, car, en 1660, date du mariage de l'infante, l'usage du chocolat existait déjà dans notre pays.

3. Dans le principe, le chocolat fut considéré, sinon comme un médicament, du moins comme une substance douée de qualités précieuses qui le rendaient éminemment propre à la nourriture des convalescents et des personnes délicates. Néanmoins, les gens riches, qui, sous prétexte d'hygiène, saisissent volontiers l'occasion de se livrer un peu à la gourmandise, ne laissèrent pas, sous prétexte d'affermir et de conserver la santé, d'adopter l'usage journalier du chocolat, qui devint ainsi un aliment de luxe fort à la mode dans la haute société, et avec d'autant plus d'empressement que le prix élevé auquel il se vendait n'en permettait pas l'acquisition à tout le monde.

4. Au siècle dernier, à l'exception de l'Espagne, la consommation du chocolat était très-limitée dans toute l'Europe, particulièrement en France. Le meilleur était fourni par les Espagnols et les Hollandais. On en faisait bien dans notre pays, mais il était de qualité inférieure, à cause surtout de la difficulté de se procurer de bon cacao. Nos industriels finirent cependant par se mettre à l'œuvre, et bientôt leurs produits purent lutter avec ceux des étrangers : ils eurent ce résultat, qui ne devint bien manifeste qu'après 1815, d'une part, à l'emploi de matières premières choisies avec soin, d'autre part, à l'invention de machines ingénieuses qui, remplaçant le travail manuel, permirent de travailler avec plus de propreté et surtout d'économie, ce qui donna le moyen de diminuer notablement les prix de vente et, par conséquent, d'augmenter proportionnellement la consommation.

Fabrication. — 1. Anciennement, le chocolat se faisait exclusivement à la main. Le cacao étant grillé et moulu, on y ajoutait le sucre, puis on mélangeait péniblement et imparfaitement le tout en le pétrissant sur une plaque de pierre avec un lourd cylindre de même matière ou de fer. Aujourd'hui, tout se fait mécaniquement depuis le nettoyage des graines jusqu'au pliage de la pâte moulée.

2. D'abord un appareil appelé *époudreur* débarrasse le cacao de ses impuretés. Un second appareil nommé *diviseur* reçoit en-

suite les amandes et les classe par ordre de grosseur, ce qui facilite beaucoup leur *grillage*. Ce dernier a lieu dans une espèce d'étuve où circule un courant d'air chaud. Deux *triages* à la main, l'un avant, l'autre après le grillage, éliminent tous les grains imparfaits. Vient alors un appareil, dit *décortiqueur-concasseur*, qui débarrasse le cacao de sa coque et de ses germes inutiles. Le broyage, qui vient aussitôt après, s'effectue au moyen de deux *broyeuses* de granit, dont la première, nommée *dégrossisseuse*, est ordinairement fournie de deux meules disposées comme celles des moulins à blé, tandis que la seconde, appelée *raffineuse*, se compose de trois cylindres tournant l'un au-dessus de l'autre et en sens inverse. Au sortir de la dernière broyeuse, le cacao en pâte est livré à un appareil *mélangeur*, consistant en deux meules de granit, qui y incorpore le sucre. Le mélange opéré, la matière est successivement travaillée par de nouvelles broyeuses à peu près semblables aux précédentes, puis par un appareil dit *malaqueur*, formé d'un ou de plusieurs cônes de granit roulant sur un plateau de même matière. Elle passe ensuite dans une *peseuse* qui, après l'avoir découpée en pains de 125 ou de 250 grammes, la distribue dans des moules de fer-blanc. Enfin, ces moules sont livrés à une *tapoteuse*, qui les secoue vivement pour que la pâte pénètre bien dans toutes leurs parties, après quoi un mécanisme spécial les envoie dans une chambre froide, dite *rafraichissoir*, où la pâte se raffermie et devient solide. Il n'y a plus alors qu'à extraire les tablettes de leurs moules et à les envelopper de papier. Ces deux opérations s'exécutent généralement à la main. Néanmoins, dans plusieurs grandes usines, la seconde est souvent confiée à des *plieuses mécaniques*.

Observations. — Quoiqu'on prenne aujourd'hui du chocolat partout, il est à remarquer que l'usage de cet aliment est beaucoup plus répandu dans certaines contrées que dans les autres. Ce sont celles de race latine, c'est-à-dire la France, l'Espagne, le Portugal et l'Italie, qui sous ce rapport tiennent le premier rang. Ces quatre pays, réunis à leurs colonies, anciennes ou actuelles, consomment plus des quatre cinquièmes de tout le cacao récolté. Une autre remarque, c'est que la France, grâce aux machines inventées par ses ingénieurs, est le pays où l'industrie

chocolatière a fait le plus de progrès. « Les autres peuples, et surtout les Espagnols, qu'on a considérés longtemps comme les fabricants du meilleur chocolat, sont aujourd'hui forcés d'acheter nos machines, s'ils veulent rapprocher leurs produits de la qualité des chocolats de France. » (Ménier.)

CHAPITRE VI.

Industrie des Conservees.

Altération des substances alimentaires. — Nécessité de la prévenir. — *Conservation par le froid* : son efficacité. — *Conservation par la dessiccation* : carne dulce, tasajo, poudre de viande, extrait de viande, bouillon concentré, lait condensé. — *Conservation par la soustraction de l'air* : procédé Appert; enrobages divers; conservation des œufs. — *Conservation par les antiseptiques* : emploi du sel, du vinaigre, de l'acide pyroligneux, de l'acide sulfureux, de la créosote, du charbon; injection des viandes.

Les substances qui servent à notre nourriture s'altèrent spontanément avec une si grande rapidité qu'on a cherché de tout temps le moyen de les conserver, soit pour prolonger, au delà des limites tracées par les saisons, les jouissances qu'elles procurent, soit afin de se ménager des ressources pour les circonstances où les lois de la nature ne permettent pas d'en former des approvisionnements. L'expérience des âges et les données de la science ont appris qu'on peut arriver à ce but de quatre manières différentes, savoir : par le *froid*, par la *dessiccation*; par l'*exclusion de l'air*, ou par l'emploi des *antiseptiques*. Toutefois, ce sont les recherches ayant pour objet l'emploi de la dessiccation, du vide et des antiseptiques qui ont été faites sur la plus grande échelle et avec le plus de persévérance. Elles ont abouti à la création de procédés simples et certains dont l'application industrielle a pour beaucoup contribué au bien-être des marins, des militaires en campagne et des voyageurs.

I. — CONSERVATION PAR LE FROID.

1. Le **froid** est un préservatif des plus efficaces. Il met les substances animales à l'abri de toute décomposition pendant le temps,

aussi long qu'il puisse être, qu'elles y restent soumises. C'est pour cela que, lorsque des cadavres d'hommes ou d'animaux sont enfouis dans la neige ou dans la glace, ils s'y conservent pour ainsi dire indéfiniment à l'état de fraîcheur. A diverses époques, on a trouvé, dans les glaces de la Sibérie, des mammouths ¹ si bien conservés, que les chairs n'étaient point corrompues, et cependant, ces animaux ont disparu de la surface du globe depuis des milliers d'années. En Suisse, on cite plusieurs exemples de voyageurs tombés dans les crevasses des glaciers, et dont les corps, découverts quarante ans après, présentaient un tel aspect qu'on eût dit que l'accident venait d'avoir lieu.

2. Cette propriété du froid est utilisée à peu près partout, du moins autant que les circonstances le permettent. De là l'usage d'entourer de neige ou de glace le poisson et les viandes qu'on veut faire voyager, et de déposer, pendant l'été, les préparations alimentaires dans les endroits frais. On sait aussi que, dans les pays du Nord et, en général, dans tous ceux où la température se maintient très-basse, la viande ne s'altère jamais.

II. — CONSERVATION PAR LA DESSICCATION.

C'est un fait incontestable que, là où il n'y a point d'eau, il ne peut y avoir putréfaction. Aussi, ne doit-on pas être surpris que des cadavres, enterrés depuis des siècles dans les sables brûlants des pays tropicaux, aient été trouvés dans un état de conservation des plus parfaits ².

1. Les **mammouths** étaient des éléphants d'une espèce particulière qui vivaient par bandes innombrables sur une grande partie de la surface de la terre, à une époque où l'homme n'existait pas encore. Les ossements de ces animaux ne sont pas rares en Italie, en Grèce, en France, en Allemagne, dans les îles Britanniques, dans la Russie centrale; mais c'est surtout en Sibérie qu'ils sont le plus abondants. Dans ce dernier pays, ils forment parfois des amas énormes, où les défenses sont communes au point d'être l'objet d'une véritable exploitation commerciale en vue du travail de l'ivoire.

2. Les corps ainsi conservés ont reçu le nom de **momies blanches**. En 1727, dans une excursion qu'il fit au Pérou, le chirurgien anglais Wafer en vit, réunis sur un seul point, plus que tous les autres voyageurs ensemble pendant des siècles. Comme il marchait sur une plage sablonneuse, non loin du port de Vismejo, il arriva à un endroit où le sol était littéralement converti de cadavres d'hommes, de femmes et d'enfants, sur une étendue de près d'un kilomètre. La vie semblait les avoir abandonnés depuis une semaine au plus

Matières animales. — 1. Dans l'Amérique du Sud, on a journellement recours à la dessiccation pour utiliser la viande des innombrables troupeaux de bœufs et de moutons qui parcourent les immenses prairies du bassin de la Plata. On commence toujours par découper cette viande en lanières minces et étroites. Prenant alors celles-ci, tantôt on se contente de les saupoudrer de farine grenue de maïs, puis de les dessécher au soleil. Tantôt, au contraire, on les sale et on les soumet alternativement à l'action de la chaleur solaire et à celle d'une presse puissante. Le résultat du premier procédé se nomme **carne seca** ou **carne dulce**, et celui du second **tasajo** ou **charqué**. Ces deux produits se préparent sur une très-grande échelle aux environs de Buénos-Ayres, de Montevideo et de Rio-Grande, d'où ils s'exportent dans toutes les parties du Nouveau Monde, pour la nourriture des mineurs, des ouvriers et des voyageurs ; mais ils ne sont toujours que des pis-aller supportables quand on n'a pas autre chose à manger, et ils ne seraient pas acceptables dans la consommation européenne, à cause de leur goût rance et de leur dureté.

2. En Europe, surtout depuis le milieu du siècle dernier, une foule d'inventeurs se sont occupés de la dessiccation des viandes ; mais aucun des moyens proposés n'a pu devenir pratique, quelques-uns parce qu'ils étaient trop coûteux, la plupart parce qu'ils ne donnaient que de mauvais résultats.

3. Au lieu de conserver la viande en gros morceaux, on peut aussi la conserver à l'état pulvérulent. Dans ce cas, après l'avoir complètement desséchée, on la passe au moulin. L'usage de cette **poudre de viande**, comme on l'appelle, est immémorial chez les peuples de la Tartarie. Du temps de l'empire romain, il existait également chez les nations guerrières de l'Asie Mineure et de notre ancienne Armorique ¹. Le **pemmican** des peuplades

mais, quand on les touchait, on les trouvait aussi légers et aussi secs qu'un morceau de liège. Le docteur Wafer ayant consulté les gens du pays sur l'origine d'un spectacle aussi extraordinaire, apprit que ces cadavres étaient les restes d'une peuplade sauvage dont tous les membres, pour ne pas devenir prisonniers des Espagnols, s'étaient ensevelis vivants dans le sable.

1. **Armorique**, du celtique *armor*, mot signifiant « ce qui est situé sur la mer. » On a d'abord appelé ainsi toute la partie de la Gaule située le long de l'Océan. Plus tard, on restreignit ce nom à l'étendue de pays comprise entre l'embouchure de la Seine et celle de la Loire. Plus tard encore, et c'est le sens qu'il a ici, on l'appliqua exclusivement à la Bretagne.

de l'Amérique du Nord est une préparation semblable, qui est faite avec la chair du bison.

Plusieurs fois, notamment en 1860, 1766 et 1855, on a proposé aux gouvernements européens de nourrir les troupes de terre et de mer avec des poudres de viande diversement préparées; mais ces grossiers aliments, bons tout au plus pour des sauvages, ont toujours soulevé une répulsion invincible.

4. D'autres inventeurs ont été plus heureux en proposant de concentrer sous un petit volume les principaux éléments nutritifs et sapides qui constituent la chair des animaux. Nous devons à la réalisation pratique de cette idée les produits si connus sous le nom d'**extrait de viande**, et qui, d'abord préparés et expérimentés en Europe, se fabriquent aujourd'hui en grand dans l'Amérique méridionale. Disons sommairement comment les choses se passent dans une des usines établies à Fray-Bentos (Uruguay), d'après les indications du chimiste Justus Liébig.

« L'animal étant abattu depuis peu, la chair est hachée menue et délayée dans une égale quantité d'eau, deux cents litres, par exemple, pour deux cents kilogrammes de viande. On fait bouillir ce mélange et l'on maintient l'ébullition pendant un quart d'heure, puis on jette le tout dans une toile au-dessous de laquelle s'écoule un liquide qui n'est autre que le bouillon que l'on veut recueillir.

« Toutefois, ce bouillon est dissous dans une trop grande quantité d'eau et mélangé de matières grasses dont il faut encore le débarrasser; mais, avant d'effectuer cette opération, on a recours à la presse hydraulique¹ pour extraire de la viande bouillie les dernières parcelles du liquide interposé qu'elle peut encore contenir. Ainsi pressée, elle forme une espèce de gâteau que l'on considère comme épuisé de toute matière comestible, un résidu que l'on parviendra sans doute à utiliser un jour ou l'autre. Pour les matières grasses, on les élimine facilement en soutirant le

1. On appelle **presse hydraulique** une machine qui donne le moyen de produire des pressions énormes avec une très-grande facilité et beaucoup d'économie. Le principe de sa construction a été découvert en 1653 par un de nos compatriotes, l'illustre Blaise Pascal; mais elle a été réalisée pratiquement, pour la première fois, en 1796, par le mécanicien anglais Joseph Bramah.

liquide sur lequel elles surnagent. Ce liquide est alors chauffé à feu nu dans une chaudière, jusqu'à ce que le volume en soit réduit au sixième du volume primitif. Enfin, il est amené à consistance d'extrait par une ébullition à basse température et à l'abri du contact de l'air dans un vase où l'on fait le vide au moyen d'une pompe spéciale. Il ne reste plus qu'à verser l'extrait encore chaud dans des pots en grès vernissé de contenances diverses et que l'on ferme hermétiquement. »

Dans l'usage habituel, les extraits de viande sont employés pour faire des potages et animaliser des sauces maigres ; mais où leur action paraît surtout avantageuse, c'est quand on les mêle à du bouillon médiocre ; il suffit, en effet, d'en ajouter une petite quantité à ce dernier pour en relever immédiatement le goût et en augmenter les propriétés réparatrices.

5. La préparation du **bouillon concentré** et celle du **lait condensé** reposent sur le même principe que la fabrication des extraits de viande. Quelquefois, on pousse l'évaporation assez loin pour réduire le bouillon ou le lait en tablettes solides ; mais alors, si l'opération n'est pas entourée de précautions convenables, l'influence de la chaleur enlève aux produits à peu près tout leur arôme, c'est-à-dire l'une des qualités qu'on recherche le plus.

Matières végétales. — La dessiccation ne sert pas seulement à conserver la viande, elle sert encore, c'est même là son principal emploi en Europe, à conserver les fruits et les légumes.

1. Les **fruits secs**, qui forment, entre le Midi et le Nord, un objet de commerce considérable, sont desséchés au soleil, dans des fours ou dans des étuves.

2. Les **légumes secs** et les **légumes verts** se préparent de la même manière ; mais la dessiccation de ces derniers a reçu, de nos jours, des perfectionnements qui ont permis de l'appliquer sur une échelle beaucoup plus grande que par le passé.

Les légumes verts desséchés par les anciens procédés ont le défaut d'être très-encombrants, ce qui en interdit, ou du moins en restreint beaucoup l'usage dans les circonstances où ils seraient précisément le plus utiles, comme, par exemple, à bord des

3.

navires et pour la nourriture des armées en campagne. En outre, si la température du four ou de l'étuve n'a pas été réglée avec tout le soin convenable, ce qui présente d'assez grandes difficultés, les produits sont de mauvaise nature, souvent même ils éprouvent une altération lente qui, après quelques mois de conservation, les rend impropres à tout usage.

En 1845, M. Masson, jardinier du Luxembourg, à Paris, fit disparaître une partie de ces inconvénients en desséchant les légumes au moyen d'un courant d'air chaud, puis les soumettant à l'action de presses hydrauliques très-puissantes. Vers la même époque, le docteur Gannal reconnut que la conservation des légumes desséchés ne pouvait être assurée si la cuisson ne précédait pas la dessiccation.

Le procédé Masson et le procédé Gannal furent d'abord exploités isolément; mais, en 1853, les deux entreprises rivales comprirent que l'une ne pouvait prospérer sans l'autre : elles se réunirent donc, et, dès ce moment, la fabrication des conserves de légumes verts prit un développement énorme.

Voici, en peu de mots, comment on opère. Après avoir lavé, épluché et coupé les légumes, on les introduit dans des vases fermés, où ils sont soumis, pendant quelques minutes, à l'action d'une vapeur chauffée à 112 ou 115°. Quand la cuisson est terminée, on les dessèche rapidement dans des étuves à double courant d'air. Au sortir de ces appareils, ils sont prêts à être livrés au commerce. On distribue dans des sacs de papier ou des boîtes de carton ceux qui sont destinés à la consommation ordinaire. Quant à ceux qui doivent être envoyés au loin, on les comprime au moyen de presses hydrauliques, qui réduisent leur volume des sept dixièmes. On obtient ainsi des gâteaux aussi durs que le bois, et que l'on débite à la scie en plaques ou tablettes de dimensions déterminées. Chacune de ces tablettes forme généralement la ration d'un homme; elle pèse 25 grammes et représente 200 grammes de légumes frais. Une caisse ayant un mètre cube de capacité peut en loger 25,000.

III. — CONSERVATION PAR L'EXCLUSION DE L'AIR.

1. L'air étant une des causes principales de l'altération des

matières végétales et animales, il s'ensuit qu'en les préservant complètement de son contact, on devra les conserver aussi longtemps qu'on le jugera nécessaire. La connaissance de ce fait était déjà bien établie chez les anciens, et ils ne manquaient pas de la mettre à profit toutes les fois qu'ils le croyaient utile ¹.

2. Les procédés fondés sur le principe qui précèdent forment deux catégories très-distinctes. Dans les uns, on débarrasse les substances de l'air qu'elles contiennent, puis on les enferme dans des vases hermétiquement clos. Dans les autres, on se contente de les tenir dans un liquide peu perméable à l'air, ou bien on les recouvre d'un enduit possédant la même propriété.

A. — 1. De tous les procédés de la première catégorie, le plus important est celui auquel le cuisinier français Appert a donné son nom. Il est peut-être immémorial, mais, en l'empruntant à la pratique des ménages, où il n'était employé que pour certaines préparations spéciales, et en l'appliquant à toutes les substances alimentaires sans exception, Appert en a fait la base d'une industrie de premier ordre, qui est aujourd'hui très-florissante dans tous les pays, principalement dans ceux qui ont une marine nombreuse. C'est grâce à lui que l'on peut manger aux Grandes-Indes ² un repas préparé dix ans auparavant à Londres ou à Paris, et que, ainsi qu'on l'a dit, on peut *mettre les saisons en bouteilles*.

Le procédé Appert date de 1804. Il exige que les matières à conserver soient préalablement cuites aux trois quarts. Quand

1. « Tous les procédés de conservation mis en usage par les anciens avaient pour but de prévenir, autant que possible, l'accès et l'influence de l'air, comme s'ils avaient entrevu que cet agent contient un principe éminemment propre à hâter la fermentation et la putréfaction des substances animales et végétales. C'est pour cela que, pour conserver les pommes et les grenades, ils les recouvraient d'une couche de cire ou de résine. Ils conservaient les raisins, ainsi que beaucoup d'autres fruits, dans des vases d'argile exactement fermés et enfouis dans du sable à un ou deux mètres de profondeur. Dans d'autres cas, ils faisaient bouillir les substances fermentescibles dans l'eau, avant de les enfermer dans des vases. » (Hoefer.)

2. **Grandes-Indes** ou **Indes orientales**. Nom donné jadis à l'Inde, pour la distinguer de l'Amérique, que l'on appelait **Indes occidentales**, à cause de sa position à l'ouest de l'Europe. Ce nom d'**Indes occidentales** donné à l'Amérique venait d'une erreur de Christophe Colomb qui avait pris la côte du Nouveau Monde pour la prolongation du continent asiatique.

elles sont arrivées à ce point, on les dispose dans des boîtes de fer-blanc, qu'on achève de remplir, soit avec du bouillon, soit avec une sauce préparée à part. On ferme alors ces boîtes avec la plus grande précision, puis on les place dans un bain-marie ¹ couvert, dont on élève graduellement la température jusqu'à 100°. On entretient ensuite une légère ébullition pendant 15 ou 30 minutes, si leur volume ne dépasse pas un ou deux litres, et un peu plus longtemps, si elles sont plus grandes. Il ne reste plus alors qu'à laisser refroidir.

Les **conserves Appert**, quand elles ont été préparées avec tout le soin convenable, peuvent être gardées sans altération pendant plus de vingt ans. Néanmoins, comme elles contiennent toujours une certaine quantité d'air, il arrive parfois qu'elles se décomposent spontanément. C'est pour remédier à cet inconvénient qu'en 1839 un commerçant parisien, nommé Fastier, mettant à profit une idée émise par Appert lui-même, a imaginé d'expulser entièrement l'air des boîtes. A cet effet, lorsque les boîtes sont dans le bain-marie, on dirige le feu de telle sorte que les substances qu'elles contiennent entrent elles-mêmes en ébullition. La vapeur d'eau s'échappe par un petit trou ménagé sur un point des couvercles, et entraîne tout l'air de l'intérieur. Quand on juge que cet air est entièrement sorti, on ferme l'ouverture avec un peu de soudure.

2. Parmi les autres procédés fondés sur le même principe que celui d'Appert, nous en citerons seulement deux, que M. Martin de Lignac a proposés, en 1854, pour la conservation de la viande de bœuf. Dans le premier, qui est à peu près semblable à celui de Fastier, on conserve la viande en morceaux volumineux et sans cuisson préalable. Dans l'autre, la viande est découpée en tranches minces, débarrassée par un courant d'air chaud, d'une partie de son eau, puis fortement comprimée dans des boîtes cylindriques de fer-blanc, que l'on soumet ensuite, dans un bain-marie fermé, à une température maximum de 108°. On a donné

1. **Bain-marie.** Bain d'eau chaude dans lequel on plonge le vase contenant la substance dont on veut élever la température d'une manière douce et uniforme. Ce mode de chauffage est, dit-on, ainsi appelé du nom de son inventeur, Marie la Juive, savante alchimiste que l'on croit avoir vécu au III^e ou au IV^e siècle de notre ère.

le nom de **conserves autoclaves** aux produits du premier procédé, et celui de **conserves de bœuf comprimé** aux produits du second.

B. — Les procédés de la seconde catégorie sont en très-grand nombre et conviennent presque tous aussi bien aux substances animales qu'aux substances végétales. Quelques-uns seulement, et ce sont les plus anciens, ont pu être employés d'une manière suivie.

1. Ainsi, dans presque tous nos départements du Centre et du Midi, on conserve, pendant très-longtemps, la viande de porc et les diverses volailles en les enfermant, après les avoir coupées et fait cuire, dans des vases de faïence ou de grès qu'on achève de remplir avec la *graisse* de ces animaux.

Dans l'ancienne province d'Alsace et dans plusieurs parties de l'Allemagne, on conserve la viande crue, pendant les chaleurs de l'été, en l'entourant d'une couche de *lait caillé*. Dans d'autres pays, on remplace le lait caillé par le *miel* ou la *mélasse* ¹.

L'*huile d'olive* est également un bon conservateur, mais, en raison de son prix élevé, on ne peut guère l'employer que pour quelques préparations de luxe ².

Du reste, le *suif*, la *cire* et, en général, tous les corps gras, soit solides, soit liquides, possèdent les mêmes propriétés que la graisse, le lait caillé, le miel et l'huile d'olive.

2. Dans ces dernières années, on a proposé, pour enrober la viande, une multitude de substances d'origine et de nature fort diverses, telles que l'*acide stéarique* ³, la *fécule* ⁴, la *gomme ara-*

1. On sait que la **mélasse** est le liquide épais et brunâtre qui reste après la cristallisation du sucre.

2. Ce procédé était déjà très-employé par les Grecs et les Romains, surtout pour la conservation des olives. En 1826, on découvrit, dans les ruines de Pompéi, des bouteilles pleines d'olives ainsi conservées, et ces olives étaient encore en très-bon état, quoique leur enfouissement remontât à plus de 1700 ans, et que l'huile dans laquelle elles baignaient se trouvât convertie en acide gras.

3. **Acide stéarique**, du grec *stear*, suif. On appelle ainsi une substance blanche, grasse et solide, qu'on extrait du suif et d'autres graisses, et dont on fait d'excellentes bougies. (Voyez plus loin la partie relative à l'Éclairage.)

4. **Fécule**, du latin *fæcula*, lie, sédiment. Matière blanche et sous forme de poudre qui existe dans presque tous les végétaux. On l'appelle *amidon*, quand on l'extrait des graines des céréales, et l'on réserve le nom de *fécule*

bique ¹, la *gélatine* ², le *goudron* ³, la *colle de poisson* ⁴, la *cire à cacheter* ⁵, le *caoutchouc* ⁶, la *gutta-percha* ⁷, le *collodion* ⁸, la *glycérine* ⁹, l'*acide tannique* ¹⁰, etc. ; mais les unes ont paru d'un

à celle qu'on retire des autres plantes, surtout des tubercules de la pomme de terre.

1. **Gomme arabique.** Substance inodore et d'une saveur fade qu'exsudent différentes espèces d'acacias, qui croissent en Egypte, en Abyssinie et au Sénégal.

2. **Gélatine**, du latin *gelu*, gelée. Substance qui prend naissance par l'action prolongée de l'eau bouillante sur les tissus animaux, et plus particulièrement sur les os, les cartilages et les parties tendineuses. Suivant son origine, son plus ou moins de pureté et ses usages, on l'appelle *colle forte*, *grenétine*, *colle à bouche*, *colle d'os*, *colle de poisson*, etc.

3. **Goudron.** Substance noire et d'une odeur forte et tenace, dont il existe deux sortes qui sont d'origine bien différente : 1^o le *goudron végétal*, ou goudron proprement dit, qu'on obtient en brûlant, dans des fours spéciaux, les copeaux de pin et de sapin qui ne sont plus aptes à fournir de la térébenthine ; 2^o le *goudron minéral*, qu'on retire des bitumes naturels ou par la distillation de la houille. C'est avec le premier qu'on a proposé d'enrober les viandes.

4. **Colle de poisson.** Gélatine extraite de divers poissons, plus particulièrement de plusieurs espèces d'esturgeons, qui abondent dans le Volga et dans les autres grands fleuves de la mer Caspienne et de la mer Noire. (Voy. ci-dessus, note 2.)

5. **Cire à cacheter.** Mélange de matières résineuses qu'on façonne en bâtons et qui sert à fermer les lettres.

6-7. **Caoutchouc, gutta-percha.** Substances qui s'écoulent de plusieurs grands arbres ou arbustes des contrées tropicales, et qui possèdent, quand elles sont desséchées, la propriété d'être imperméables. En raison du rôle important qu'elles jouent dans l'industrie, une notice spéciale est consacrée plus loin à chacune d'elles.

8. **Collodion**, du verbe *coller*. Matière agglutinative qu'on obtient en faisant macérer du coton-poudre dans l'éther. Comme nous le verrons ailleurs, il a été découvert, en 1848, par le docteur Maynard, à Boston (Etats-Unis). On l'emploie, en chirurgie, pour réunir les plaies, à la place du taffetas d'Angleterre et du sparadrap. On en fait aussi usage en photographie, ainsi que dans la fabrication des fleurs artificielles, dans la reliure des livres, etc.

9. **Glycérine**, du grec *glykys*, doux. Liquide sirupeux, transparent et d'une saveur très-douce, qu'on extrait des huiles et des graisses, et qui a été découvert, en 1783, par le chimiste suédois Scheele. Pendant longtemps, la glycérine n'a eu aucun usage sérieux ; mais les choses ont complètement changé depuis 1850. On l'emploie généralement aujourd'hui, comme excipient, en pharmacie, en parfumerie et dans l'art vétérinaire. On s'en sert aussi pour lubrifier les parties frottantes des machines, faciliter le tissage des étoffes, maintenir la terre des mouleurs et des sculpteurs en état de souplesse, etc.

10. **Acide tannique ou tannin.** Matière astringente qui existe dans un grand nombre de végétaux, surtout dans le *tan* ou écorce de chêne : de là son nom. C'est elle qui, en se combinant avec la peau des animaux, la convertit en *cuir*. On en attribue la découverte au chimiste français Arnaud Séguin, en 1795.

emploi trop difficile ou trop coûteux, et les autres, quand on les a soumises à des expériences sérieuses, ont constamment donné des produits détestables.

C. — C'est aussi en les soustrayant au contact de l'air que l'on parvient à conserver les **œufs** très-longtemps frais. A l'exemple des anciens, les habitants des campagnes les enferment dans des tonneaux, des caisses de bois ou des pots de terre, où ils les disposent sur des lits de sable fin, de cendres, de poussier de charbon, de plâtre, de son ou de sciure de bois. Dans les villes, les marchands, se conformant aux instructions de Cadet-Gassicourt ¹, les tiennent dans des vases pleins d'eau de chaux ou d'eau salée. Un autre procédé, recommandé au siècle dernier par Musschenbroek ², Réaumur ³ et Nollet ⁴, consiste à les enduire d'un mélange formé de cire ou de suif et d'huile d'olives. On peut aussi remplacer cette composition par le caoutchouc, le collodion, la gélatine, la gomme arabique, etc. ; mais alors l'opération devient beaucoup trop dispendieuse.

IV. — CONSERVATION PAR LES ANTISEPTIQUES.

Parmi les substances dites *antiseptiques* ⁵, quelques-unes seulement servent à conserver les matières alimentaires. Ce sont le *sel de cuisine*, les *acides*, la *créosote* et le *charbon*.

Sel de cuisine. — Les propriétés conservatrices du **sel de cuisine** ou **sel marin**, ont été connues et mises à profit dès une haute antiquité, et probablement par tous les peuples. Suivant Hérodote ⁶, les Égyptiens, qui pratiquaient beaucoup le salage,

1. Cadet de Gassicourt (Louis-Claude), pharmacien français, né à Paris, en 1731, mort en 1779.

2. Musschenbroek (Pierre Van), physicien hollandais, né à Leyde, en 1692, mort en 1761.

3. Réaumur (René-Antoine Ferchault de), physicien et naturaliste français, né à la Rochelle, en 1683, mort en 1757. Son nom est resté attaché à un thermomètre, dont l'usage n'a pas encore entièrement disparu.

4. Nollet (Jean-Antoine), ecclésiastique et physicien français, né à Pimpré, près de Noyon, en 1700, mort en 1770.

5. **Antiseptiques**, du grec *anti*, contre, et *septis*, putréfaction. On appelle ainsi les substances qui empêchent ou retardent la décomposition des corps organiques.

6. Sur Hérodote, voyez la note 1 de la page 23.

en faisaient remonter l'origine à une époque immémoriale. En effet, le peuple qui, en embaumant les morts ¹, avait trouvé le moyen de les préserver de la putréfaction, devait avoir trouvé auparavant celui de conserver, par la salaison, les chairs qu'il mangeait.

Acides. — La plupart des acides pourraient servir à la conservation des substances animales et des substances végétales, mais trois seulement, le *vinaigre*, l'*acide pyroligneux* et l'*acide sulfureux*, ont été reconnus d'un bon usage pour les aliments.

1. On sait depuis des siècles que la chair des animaux et les produits végétaux se conservent très-bien dans le **vinaigre**; et l'industrie, de même que l'économie domestique, tire chaque jour parti de ce moyen facile et peu coûteux.

2. L'**acide pyroligneux**, ou **vinaigre de bois** ², est un antiseptique beaucoup plus énergique que le précédent. Si, en effet; on y plonge des morceaux de viande pendant quelques minutes, et qu'on les expose ensuite à l'air, ils se dessèchent

1. Embaumement des cadavres. Tous les peuples anciens ont su embaumer les cadavres, mais aucun ne l'a fait avec autant de soin que les Egyptiens. On trouve journellement dans les tombeaux de ces derniers, des cadavres préparés, ou **momies**, qui sont dans un parfait état de conservation, quoiqu'ils remontent à plus de 3,000 ans avant Jésus-Christ. Cette circonstance a fait supposer à tort que les embaumeurs de l'ancienne Egypte possédaient des procédés supérieurs à ceux en usage de nos jours; la vérité est que, si leurs préparations sont parvenues jusqu'à nous sans altération, elles le doivent surtout au climat sec et chaud du pays.

L'embaumement égyptien variait suivant la qualité des personnes; mais il consistait toujours à mutiler plus ou moins les cadavres, après quoi on les remplissait et on les enduisait de matières antiseptiques et aromatiques. Le système moderne supprime la mutilation et, au moyen de combinaisons chimiques, convertit en composés imputrescibles les matériaux organiques qui constituent les parties molles du corps humain. La méthode générale qui sert à l'appliquer a été créée en 1832, par le docteur français Jean-Nicolas Gannal, qui lui a donné son nom: elle consiste à introduire les liquides conservateurs dans les cadavres, par l'artère aorte ou par la carotide, au moyen d'une petite pompe foulante.

2. **Acide pyroligneux**, du grec *pyr*, feu, et du français *ligneux*. Nom donné à l'acide acétique, ou vinaigre plus ou moins impur, qu'on obtient en distillant le bois. Cet acide paraît avoir été découvert par le chimiste anglais Robert Boyle, mort en 1691. C'est l'ingénieur français Philippe Lebon, l'inventeur de l'éclairage au gaz, qui a eu le premier l'idée de le fabriquer industriellement.

pen à peu sans altération, mais ils acquièrent un goût particulier qui répugne à beaucoup de personnes. Cette action préservatrice de l'acide pyroligneux brut était bien connue des anciens ; seulement, ils n'y avaient recours què pour l'embaumement des cadavres ¹. Dans les temps modernes, c'est l'illustre Monge ² qui l'a signalée le premier.

3. L'emploi de l'**acide sulfureux** ³ ne semble pas remonter au delà d'une quarantaine d'années. Toutefois, si les anciens n'en ont pas fait usage pour la conservation des aliments solides, ils y ont eu fréquemment recours pour la conservation des liquides sucrés ou vineux. Caton, en effet, nous apprend que l'opération du *mutage* ⁴ était fréquemment pratiquée par les sommeliers de son temps.

L'acide sulfureux est un excellent antiseptique pour toutes les matières organiques. De nos jours, l'agronome Mathieu de Dombasle, le chimiste Braconnot, le professeur Lamy et le docteur Vernois, ont puissamment contribué à en populariser l'usage. Pendant les plus fortes chaleurs de l'été, si l'on plate des pièces

1. Voici ce qu'on lit à ce sujet dans Pline : « Le Têda (variété de pin sauvage) fournit à l'Europe la poix liquide avec laquelle on enduit les navires, et qu'on emploie encore à beaucoup d'autres usages. On l'obtient en coupant l'arbre en petits fragments que l'on fait suer dans des fours entourés de feu à l'extérieur. Le premier liquide qui s'échappe coule comme de l'eau dans un canal disposé pour le recevoir. Ce liquide se nomme en Syrie *cedrium* ; et telle est son efficacité, qu'en Egypte, il sert à embaumer les cadavres. » Ce *cedrium* n'était autre chose que l'acide pyroligneux brut. D'après l'his-torien espagnol Augustin de Zarate, les anciens habitants du Pérou appliquaient aussi cet acide à la conservation de leurs morts. Ils l'extrayaient d'un arbre aromatique dont l'espèce n'a pu être déterminée. Quand l'écorce de cet arbre était enlevée, il en sortait une liqueur d'une odeur si pénétrante qu'elle finissait par incommoder. On recueillait cette liqueur avec soin, et on l'appliquait, au doigt ou au pinceau, sur les cadavres, qui, dès ce moment, devenaient incorruptibles.

2. Monge (Gaspard), un des plus grands géomètres modernes, né à Beaune (Côte-d'Or), en 1746, mort en 1818.

3. L'**Acide sulfureux** est l'un des composés que le soufre forme en s'unissant avec l'oxygène. C'est une substance gazeuse qui se produit aussitôt que l'on brûle du soufre au contact de l'air, et qui se dégage constamment, et en très-grande quantité, des terrains soumis à l'action des feux souterrains. Il a dû être un des premiers acides connus. Néanmoins, ce n'est que vers le commencement du dix-septième siècle qu'il a été considéré comme un corps distinct, découverte due au médecin saxon Libavius. Sa composition véritable n'a même été trouvée qu'en 1777, par notre illustre compatriote Lavoisier.

4. C'est l'opération qu'on appelle vulgairement **soufrage**, et qui consiste à faire brûler dans les tonneaux des mèches soufrées.

de viande dans une caisse hermétiquement fermée et où brûle du soufre, elles se modifient à tel point qu'elles se conservent ensuite une vingtaine de jours, sans éprouver aucune altération et sans contracter aucun mauvais goût : l'opération ne dure guère plus de 15 à 20 minutes.

Créosote. — La **créosote** a été découverte en 1830 par le baron de Reichenbach, chimiste allemand. C'est une des substances qui préservent le mieux les matières animales de la corruption. Elle doit même son nom à cette propriété, et ce nom vient de deux mots grecs ¹ qui signifient *conservateur de la chair*. Toutefois, si les anciens ne l'ont pas connue, ils n'en ont pas moins utilisé indirectement l'action préservatrice, car ils sauraient le poisson et boucanaient ou fumaient la chair des mammifères. Or, la fumée, qui, on le sait, joue le principal rôle dans les opérations du *saurage* et du *fumage*, ne possède une action antiseptique que parce qu'elle renferme de la créosote. L'acide pyroligneux est, du reste, dans le même cas.

Charbon. — L'usage du **charbon** pour la conservation des matières animales et des matières végétales est aussi une conquête moderne. Il a été introduit en 1790, par le chimiste russe Lowitz. On emploie indifféremment le charbon de bois ou le charbon animal, l'un et l'autre pulvérisés. Pour soustraire, par ce procédé, les viandes à la putréfaction, il suffit de les envelopper d'une couche un peu épaisse de l'une de ces poudres.

Observations. — Depuis 1736, on a proposé plusieurs fois de conserver les viandes par la méthode usitée aujourd'hui pour l'embaumement des cadavres. Dans cette méthode, aussitôt que l'animal est mort, et avant de le dépecer, on l'injecte, au moyen de pompes foulantes, avec des liqueurs plus ou moins concentrées, et pour la préparation desquelles on a indiqué un mélange de sucre et de fécule, ou de sucre et de sel de cuisine, ou de salpêtre et d'acide pyroligneux, etc. Tous les essais faits dans cette voie ont échoué quand on a voulu les soumettre à une application sérieuse.

1. *Kreias*, chair, et *sozô*, conserver.

CHAPITRE VII.

Conservation des Grains.

Altération des grains dans les magasins; ses causes. — Moyens proposés pour la prévenir. — *Préservatifs contre l'humidité* : ensilage, greniers-glacières, silos mobiles. — *Préservatifs contre les insectes* : étuvage, pelletage, greniers-aérateurs, tarare brise-insectes, tue-teignes, greniers-conservateurs. — Moyettes.

Altération des grains dans les greniers. — Malgré les soins usuels, les grains, surtout le blé, éprouvent, pendant leur séjour dans les greniers, une altération qui en rend une partie impropre à tout usage. Cette altération est due à deux causes principales : 1° aux dévastations de plusieurs espèces d'insectes, notamment des charançons et des alucites ; 2° aux moisissures et à la fermentation qui se développent sous l'influence de l'humidité¹. Les insectes donnent lieu à une perte annuelle d'environ 20 pour 100. L'échauffement des blés en produit une autre qui, en moyenne, est de 15 à 20 pour 100 dans la première année, et de 5 à 6 pour 100 dans les années suivantes. Supprimer ces pertes, ou du moins les diminuer, c'est augmenter le rendement des récoltes, c'est restreindre les éventualités de disette ou de cherté de la substance alimentaire par excellence, c'est abaisser le chiffre de la mortalité. La conservation des blés est donc une question de la première importance, aussi a-t-elle toujours vivement préoccupé les agriculteurs et les savants. Malheureusement, la plupart des moyens qu'on a proposés pour la réaliser sont ou inefficaces ou inapplicables.

I. — PRÉSERVATIFS CONTRE L'HUMIDITÉ.

1. On a reconnu, de temps immémorial, que les grains, quand ils sont parfaitement secs, se conservent pour ainsi dire indéfini-

1. Voyez, dans nos *LECTURES VARIÉES SUR LES SCIENCES USUELLES*, une notice sur les insectes nuisibles aux grains. 4 vol. in-12. Librairie Eug. Belin.

ment, si l'on a soin de les soustraire au contact de l'air et de l'humidité. De là l'idée de les enfermer dans des excavations souterraines, appelées vulgairement **silos**. Tous les anciens peuples, en Egypte, en Syrie, en Sicile, au nord de l'Afrique, ont connu ce mode de conservation. En plaine, ils accumulaient les récoltes, soit dans des puits tapissés de planches ou de paille, soit dans des citernes dallées dans tous les sens. En pays de montagnes, ils creusaient des caveaux à mi-côte des collines. Mais toujours ils disposaient ces espèces de greniers de manière que l'entrée pût en être hermétiquement fermée. On a retrouvé des

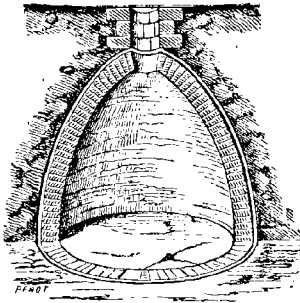


Fig. 11.
Silo romain.

silos égyptiens où, malgré un séjour de plus de deux mille ans, le blé avait conservé toutes ses propriétés nutritives. Ceux qu'aujourd'hui encore on établit, dans plusieurs parties de l'Afrique, notamment au Maroc, restent parfois plus de vingt ans sans être ouverts, et, quand on en retire le grain, celui-ci est en aussi bon état que le jour de l'emmagasinage (fig. 11, silo romain).

2. L'ensilage produit d'excellents résultats, mais il n'est réellement praticable que dans les pays où la température est à la fois chaude et sèche. Encore même, exige-t-il que les puits, fosses et citernes, soient creusés dans des terrains tout à fait compactes et à l'abri des atteintes de l'eau. Il ne peut être employé dans nos climats que moyennant certaines précautions qui le rendent très-dispendieux, et qui consistent, en général, à substituer aux silos proprement dits des caveaux bâtis en matériaux hydrauliques, c'est-à-dire ayant la propriété de durcir dans l'humidité et de ne pouvoir en être pénétrés. Les **greniers-glacières**, proposés, en 1822, par le général Demarçay, appartiennent à ce genre de constructions. Comme leur nom l'indique, ce sont des magasins souterrains dans lesquels on dépose les grains à peu près de la même manière que la glace que l'on veut conserver.

3. Une idée qui a eu un grand succès, si l'on en juge par le grand nombre d'appareils qu'elle a fait inventer, est celle qui consiste à enfermer le blé, préalablement desséché, dans des vases ou récipients de forme et de dimensions variables suivant l'étendue et la disposition des lieux où l'on veut les placer. Ces **silos mobiles**, comme on les appelle, paraissent avoir été indiqués, pour la première fois, au commencement de ce siècle, par un de nos compatriotes, le général comte Dejean, alors ministre de la guerre. Ils ont été beaucoup recommandés à notre époque par plusieurs savants ou agriculteurs, notamment en 1855 et 1862, par un autre Français, le professeur Doyère. Les silos de ce savant sont des cylindres de tôle, préservés extérieurement de l'oxydation par un revêtement inattaquable et enveloppés dans une épaisse maçonnerie de béton. Nous citerons encore le **grenier-silo** du docteur Louvel, qui diffère surtout du précédent en ce qu'il opère au moyen du vide, c'est-à-dire en maintenant à l'abri du contact de l'air les substances qu'on y renferme. Non-seulement il garantit les grains et les farines de toute cause d'altération due à l'humidité et aux autres influences atmosphériques, mais encore il tue et dessèche en peu de jours les insectes qui peuvent s'y rencontrer.

II. — PRÉSERVATIFS CONTRE LES INSECTES.

1. Une foule de moyens ont été imaginés en vue de se débarrasser des insectes. Dans certains pays, on en fait périr de grandes quantités en tenant, dans les greniers, tantôt des bergeronnettes ou des fourmis de la grosse espèce, tantôt des paquets de fleurs de sureau; mais, on le comprend sans peine, ces procédés, bons peut-être pour les petits producteurs, n'auraient aucune efficacité pour les approvisionnements de quelque importance. On a indiqué, comme pouvant donner de bons résultats, mais sans pouvoir rendre ce procédé pratique, des fumigations d'*acide sulfureux* ¹, de *chlore* ², d'*acide car-*

1. **Acide sulfureux.** Voyez, sur cet acide, la note 3 de la page 65.

2. **Chlore.** Du grec *khloros*, jaune verdâtre. Corps simple gazeux qui existe abondamment dans la nature, mais toujours à l'état de combinaison, soit avec l'hydrogène, soit avec certains métaux. Entrevu au commencement du xvii^e siècle, par le chimiste allemand Rodolphe Glauber (voyez note 2, page 39);

bonique ¹, etc. Au siècle dernier, l'illustre Parmentier ² ayant remarqué que les insectes destructeurs des grains ne résistent pas à une température de 70° centigrades, proposa de passer le blé dans des étuves chauffées à cette température. Le procédé fut expérimenté, mais on s'aperçut que, s'il détruisait les insectes, il détruisait aussi la faculté germinative du blé. De plus, le grain éprouvait un déchet assez considérable, donnait un pain de mauvais goût, et subissait une altération particulière qui effaçait les caractères auxquels, dans le commerce, on reconnaît sa bonne ou sa mauvaise qualité.

2. Une remarque, aussi ancienne peut-être que l'art agricole, a appris que les insectes du blé ont besoin pour vivre d'un repos absolu, et que, si l'on remue les tas de grains où ils se trouvent, ils se hâtent de les abandonner. La connaissance de ce fait a conduit au **pelletage**, opération très-utile, sans doute, mais très-pénible et non moins coûteuse. En outre, elle ne produit qu'un effet momentané, parce que les insectes ne manquent pas de revenir dans les tas aussitôt qu'on cesse de les remuer.

3. Plusieurs appareils ont été imaginés pour suppléer aux moyens qui précèdent. Un des premiers qu'on ait vus en France paraît être le **moulin insecticide** de Terrasses des Billons, qui date de la fin du siècle dernier ou du commencement de celui-ci : c'était un cylindre dans lequel tournait une vis d'Archimède ³ recouverte d'une toile métallique.

En 1818, l'ingénieur Dartigue publia la description de ses

découvert en 1774, par le chimiste suédois Schéele, qui méconnut sa nature et l'appela *acide marin* ou *acide muriatique oxygéné*; il a été isolé, pour la première fois, et signalé comme un corps simple, par le chimiste anglais Humphry Davy, en 1808. Ce dernier lui donna le nom de *chlorine*, à cause de sa couleur, nom qui fut ensuite changé en celui de *chlore*.

1. **Acide carbonique.** Gaz composé d'oxygène et de carbone, qui possède des propriétés excessivement délétères, et qui se produit spontanément dans une foule de circonstances. C'est le premier gaz que les chimistes aient su distinguer de l'air atmosphérique. Toutefois, sa composition n'a été véritablement connue qu'en 1776.

2. Parmentier (Antoine-Augustin), agronome français, né à Montdidier (Somme), en 1737, mort en 1813. C'est à lui que notre pays est, en grande partie, redevable de la propagation de la pomme de terre (Voyez nos **LECTURES VARIÉES SUR LES SCIENCES USUELLES**, Eug. Belin, éditeur).

3. **Vis d'Archimède.** Machine uniquement destinée, dans le principe, à élever l'eau, et que l'on emploie également aujourd'hui, dans certaines usines, pour transporter des matières pulvérulentes à de petites distances. Elle con-

trémies superposées. Elles se composaient de plusieurs coffres ou trémies de bois placées les unes au-dessus des autres, à un mètre de distance, et munies à leur partie inférieure d'une petite ouverture fermée par une porte à coulisse. On y produisait l'agitation du blé en le faisant tomber des caisses supérieures dans les inférieures.

Ces appareils et quelques autres plus ou moins défectueux étaient à peu près oubliés, quand, au mois de décembre 1835, M. Vallery, manufacturier à Saint-Paul-sur-Risle (Eure), prit un brevet d'invention pour son **grenier mobile**. Cet appareil célèbre consiste en un énorme cylindre de bois qui tourne horizontalement sur un axe de fer. Il est divisé intérieurement en plusieurs compartiments ou cases, et percé sur son pourtour d'ouvertures rectangulaires fermées par des toiles métalliques. Quand il est en mouvement, un ventilateur envoie dans les cases un courant d'air continu; en même temps, les insectes sont lancés au dehors par les trous des toiles métalliques, et celles-ci sont disposées de telle sorte qu'une fois sortis les insectes ne peuvent plus rentrer. Le grenier Vallery fonctionne admirablement, et peut servir, non-seulement à la conservation des céréales, mais encore à celle des graines oléagineuses, des légumineuses et de toutes les graines en général. Il n'a qu'un défaut: c'est d'être très-encombrant et d'un prix fort élevé. On peut le considérer comme l'origine de tous les **greniers aérateurs** qu'on a inventés depuis son apparition, et parmi lesquels nous nous bornerons à citer ceux de MM. de Coninek, Huart et Desvaux, qui sont tous fixes et diffèrent surtout entre eux par la disposition du mécanisme destiné à produire l'agitation du grain et le mouvement de l'air. Celui de Huart, qu'on appelle vulgairement **silo Huart** ou **grenier vertical**, a été adopté par l'administration de la guerre pour le service de la Manutention militaire de Paris.

4. Avec les appareils dont nous venons de parler, les insectes sont simplement expulsés; il faut ensuite les recueillir et les détruire. Il en est d'autres qui les tuent. On savait depuis longtemps,

siste essentiellement en une sorte de tube ouvert par les deux bouts et roulé en spirale sur un arbre un peu incliné, qui tourne sur deux pivots. Elle doit son nom à sa forme et à son inventeur, l'illustre Archimède, de Syracuse, mort 212 ans avant Jésus-Christ.

que, pour conserver leur blé, les paysans russes le projettent sur des dalles très-dures, et que le choc subi par le grain dans cette opération si simple est suffisant pour faire périr les insectes qu'il renferme. C'est en étudiant ce procédé de conservation que le docteur Herpin, de Metz, a été amené à construire son **tarare brise-insectes**. Cet appareil date de 1842. Il se compose d'un tambour fixe dans lequel se meut avec rapidité un arbre horizontal muni de battes parallèles à l'axe. Le blé est introduit dans le tambour par une trémie armée de brosses. Ces brosses lui font déjà éprouver une certaine friction, et le choc des battes est assez énergique pour tuer non-seulement les insectes libres, mais encore les larves renfermées dans les grains, et les œufs qui adhèrent à ces derniers. En 1853, le professeur Doyère a proposé un appareil analogue, auquel il a donné le nom de **tue-teignes**, et qui ne diffère de celui du docteur Herpin que par les dispositions intérieures.

5. Au lieu de recourir à des moyens mécaniques pour débarasser le blé des insectes, plusieurs inventeurs ont eu l'idée de recourir à des agents chimiques. Les **greniers-conservateurs** de MM. Salaville, Basin, Chaussenot, Haussmann, Careau, etc., reposent sur ce principe. Le premier fait usage de l'*acide sulfureux*¹, le second du *chlore*², le troisième de l'*acide carbonique*³, le quatrième de l'*azote*⁴, le cinquième du *sulfure de carbone*⁵. Ces substances produiraient certainement des effets satisfaisants ; mais leur emploi, exposant à des dangers, nécessiterait des précautions dont la pratique n'a pu encore garantir la complète efficacité.

1. **Acide sulfureux.** Voyez, sur cet acide, la note 3 de la page 65.

2. **Chlore.** Voyez, sur ce corps, la note 2 de la page 69.

3. **Acide carbonique.** Voyez, sur cet acide, la note 1 de la page 70.

4. **Azote**, du grec *a* privatif, et *zotikos*, vital. Corps simple et gazeux qui forme les 79/100 de l'air atmosphérique, et établit une des principales différences entre les matières animales, où il abonde, et les matières végétales, qui, pour la plupart, n'en contiennent pas. Il est irrespirable et éteint les corps en combustion. La découverte de ce gaz est due au chimiste anglais Priestley et au botaniste écossais Rutherford (1772); mais notre compatriote Lavoisier est le premier qui en ait décrit les propriétés (1774).

5. **Sulfure de carbone.** Composé de soufre et de carbone, qui est sous la forme d'un liquide incolore, très-combustible, ayant une odeur infecte de choux pourris et une saveur excessivement âcre. Il a été découvert en 1796, par le chimiste allemand Lampadius. On en fait un grand usage, dans les arts, pour dissoudre les corps gras et le caoutchouc.

III. — LES MOYETTES.

1. Nous ne terminerons pas ce chapitre sans dire quelques mots d'un admirable moyen de conserver les blés, non pas dans les greniers, mais au moment de la moisson, quand, le temps étant pluvieux, on craint de ne pouvoir les mettre assez rapidement à l'abri de l'eau. Ce moyen consiste à ramasser les tiges aussitôt qu'elles sont coupées et à en former des **moyettes**, c'est-à-dire des meules de petites dimensions disposées d'une certaine façon. Ces petites meules s'appellent *moyettes flamandes* ou *moyettes picardes*, suivant la manière dont elles sont faites. Elles datent toutes du siècle dernier; mais les premières ont été inventées, en 1760, par Louis Rose, échevin à Béthune, et les secondes, en 1771, par l'agronome Ducarne de Blangy.

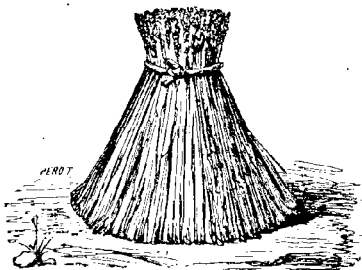


Fig. 12.
Moyette flamande.

2. Les moyettes flamandes sont les plus simples. A mesure que le blé est coupé, et alors qu'il n'est pas mouillé, on prend une quantité de tiges à peu près équivalente à 5 ou 6 gerbes ordinaires, et on les réunit par un lien à 25 ou 30 centimètres au-dessous des épis. On obtient ainsi une espèce de gros faisceau, qu'on appelle *poupée* et qu'on place verticalement sur le sol, en ayant soin de l'ouvrir par le bas (fig. 12), afin de lui donner du pied



Fig. 13.
Moyette flamande.

et de faciliter la circulation de l'air à l'intérieur, ainsi que la dessiccation des mauvaises herbes. Ce faisceau terminé, on le couvre d'un *chapeau* formé de deux ou trois brassées de tiges liées le plus loin possible des épis (*fig. 13*).

3. Pour construire une moyette picarde, on commence par coucher, à l'endroit qu'on a choisi, et qui doit être un peu élevé, une javelle repliée sur elle-même, les épis en dessus. Cela fait, on place sur cette javelle, vers son milieu, une rangée d'autres javelles, que l'on sépare entre elles et que l'on dispose de façon que tous leurs épis soient exactement dirigés au centre (*fig. 14*). Sur cette première rangée, on en met une seconde, puis une troisième, et l'on continue ainsi jusqu'à ce que les parois extérieures de la meule aient une hauteur d'environ 1 mètre 30 centimètres.

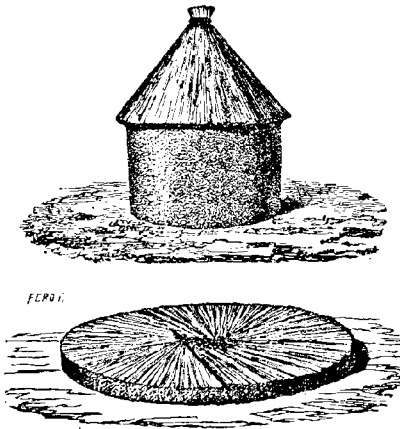


Figure 14.
Moyette picarde.

En même temps, on a soin de disposer les javelles en spirale, et de croiser assez fortement les épis des deux dernières rangées. Par suite de cette disposition, toutes les tiges sont inclinées du dedans au dehors, en sorte que, s'il venait à pleuvoir, elles procureraient à l'eau un écoulement des plus faciles. On termine la moyette en la couvrant d'une grosse gerbe, ouverte

en entonnoir, les épis en bas, et liée solidement près de son extrémité inférieure, ainsi que le montre la figure 14.

4. Les moyettes sont employées avec le plus grand succès par tous les bons cultivateurs de nos départements du Nord, et, à diverses époques, le gouvernement en a signalé l'utilité à ceux des autres parties de la France,

DEUXIÈME PARTIE.

INDUSTRIE DES TISSUS.

CHAPITRE I.

Lse Matières textiles.

Matière des premiers vêtements. — Commencements de l'usage de la *laine*. — Soins des anciens pour l'amélioration des laines. — Les laines pendant le moyen âge : création de la race mérine; son introduction dans toutes les parties de l'Europe. — Le *lin* et le *chanvre* dans l'antiquité. — Origine chinoise du travail de la *soie*. — Importation du ver à soie en Europe. — Propagation de l'industrie des soieries. — Histoire du *coton*. — Son emploi dans l'antiquité et pendant le moyen âge. — Origine anglaise de l'industrie cotonnière dans les temps modernes. — Son importance actuelle. — Textiles divers : *jute*, *china-grass*, *poil de chameau*, *alpaca*, *cachemire*.

C'est la peau des animaux, l'écorce et les feuilles des arbres, que l'homme a d'abord employées pour mettre son corps à l'abri des intempéries. Plus tard, il reconnut qu'en séparant le poil de la peau, il pouvait en former des vêtements aussi chauds et aussi solides, en même temps plus souples et plus commodes que les cuirs et les fourrures. Alors naquit l'industrie lainière, mais il est à remarquer que les premières étoffes de laine furent simplement des espèces de feutres ¹. Plus tard encore, après l'invention du filage et du tissage, on apprit à tirer parti des autres matières textiles que la nature produit avec tant de variété, suivant les

1. **Feutre.** On appelle ainsi toute étoffe qu'on obtient avec les poils des animaux sans qu'il soit nécessaire de recourir aux opérations du filage et du tissage. Cette fabrication repose sur la propriété que possèdent les poils de s'enchevêtrer entre eux, au moyen d'une légère agitation et de la pression, de manière à former un tissu naturel tellement solide qu'on ne peut plus le diviser sans déchirement.

sols et les climats. Le nombre de ces matières est d'environ 350, les unes de nature animale, les autres de nature végétale¹. Néanmoins, quelques-unes seulement ont été, et sont encore d'un usage général chez les peuples policés, et c'est de leur histoire que nous allons essayer de faire une esquisse rapide.

I. — LA LAINE.

1. La **laine** est fournie par le *Mouton*. C'est la première substance filamenteuse employée par l'homme pour se vêtir; elle a remplacé les peaux de bêtes sauvages pour cet usage. « Sa production, qui avait exigé la substitution du système pastoral au système de la chasse, a marqué la première étape de l'humanité dans la voie de la civilisation. Ce n'est que plus tard que les textiles végétaux, le lin et le chanvre dans les climats tempérés, le coton dans les climats chauds, ont en partie remplacé la laine. »

2. De bonne heure, on a préféré la laine blanche à celle de couleur, parce qu'elle prend mieux la teinture. De bonne heure aussi, on a regardé la finesse des brins comme une qualité très-importante. Dès les temps les plus reculés, nous voyons les Grecs, les Phéniciens, les Carthaginois, les Romains faire tous leurs efforts pour obtenir de belles laines, surtout des laines fines. Les toisons de l'Apulie et de la Grande-Grèce étaient célèbres sous ce double rapport. Celles de l'Espagne, du nord de l'Italie et de notre France, alors la Gaule, étaient aussi très-estimées. Pour

1. Le règne minéral ne possède qu'une substance qui puisse mériter l'épithète de *textile* : c'est l'**amiante**. On la rencontre dans certaines roches primitives, en Corse, en Savoie, en Ecosse, et ailleurs. Elle se présente quelquefois en filaments doux, longs et flexibles, qu'on parvient à filer, puis à tisser, surtout si l'on y ajoute du coton ou de la filasse. Comme cette substance est inaltérable par le feu, on peut en faire des nappes, des serviettes, des mouchoirs de poche, qu'on jette dans un brasier quand ils sont sales, et qui en sortent plus blancs que si on les eût lavés, parce que les corps étrangers sont détruits par la chaleur, qui n'altère pas le tissu; mais, à cause de la rareté de la matière première, ces objets ont été toujours considérés comme de simples curiosités. Chez les Grecs et les Romains, qui avaient la coutume de brûler les morts, on se servait de l'amiante pour faire des linceuls dans lesquels on enveloppait les corps des grands personnages, afin de recueillir leurs cendres pures de tout mélange. (Voyez notre DICTIONNAIRE CLASSIQUE DES ORIGINES, DÉCOUVERTES ET INVENTIONS.)

rendre leurs laines plus douces, les Tarentins enveloppaient les moutons avec des sarraux de toile ¹. On comprend cette précaution, car la soie était encore inconnue, et il fallait chercher ailleurs de quoi satisfaire au luxe des classes riches.

3. Pendant le moyen âge, la plupart des nations de l'Europe chrétienne ne produisirent que des laines plus ou moins communes. Il en fut tout autrement en Espagne, où, à force de soins et de persévérance, les Maures créèrent ces laines *mérinos* ², qui ont toujours passé depuis pour les plus magnifiques de toutes. Au XIII^e siècle, le nombre des moutons qui donnaient ces laines incomparables s'élevait à 7 ou 8 millions; mais, après l'expulsion des Maures, il diminua tellement, par suite de l'incurie des nouveaux propriétaires, que, trois cents ans plus tard, sous le règne de Philippe IV (1621-1665), il n'était plus que de deux millions et demi.

4. De nos jours, la laine la plus renommée est toujours celle du mouton mérinos, mais l'Espagne ne la produit plus exclusivement, car, à diverses époques, les autres nations sont parvenues à s'approprier la race d'animaux qui la fournit. La Saxe a possédé le mouton mérinos en 1765, la Prusse en 1768, l'Autriche en 1773, etc. Quant à la France, elle en a été dotée, en 1766, par le naturaliste Daubenton ³, qui, ayant fait venir d'Espagne un troupeau composé de sujets choisis avec soin, le plaça dans sa terre de Montbard, près de Dijon ⁴. D'autres troupeaux plus nom-

1. Cet usage existe encore dans plusieurs pays, particulièrement en Ecosse, où les pâtres des monts Cheviots y ont recours pour les chèvres et les brebis.

2. Le nom de *merino*, donné aux moutons qui fournissent cette laine, est une abréviation du mot espagnol *ultramerino*, d'outre-mer, qui vient d'au delà des mers. Ces animaux ont été ainsi appelés par les Espagnols, parce que les premiers provenaient du croisement des brebis indigènes avec des béliers du nord de l'Afrique.

3. Daubenton (Louis-Jean-Marie), naturaliste et anatomiste français, né à Montbard (Côte-d'Or), en 1716, mort en 1799.

4. Avant Daubenton, plusieurs tentatives pour introduire la race mérine en France avaient déjà été faites : en 1750, par M. d'Eligny, intendant du Béarn; en 1752, par M. de Perce, au château de Chambord; et, en 1757, par M. de la Tour-d'Aigues, en Provence; mais elles avaient eu peu de succès. Le naturaliste Daubenton fut plus heureux : grâce à l'appui que lui prêta M. de Trudaine, un des ministres les plus dévoués aux progrès de l'agriculture et de l'industrie, il put faire ses essais avec plus de suite et sur une plus grande échelle.

breux furent introduits plus tard, d'abord en 1776 et 1786¹, par ordre de Louis XVI, puis en 1796² et durant les années suivantes, par les divers gouvernements qui se succédèrent en France; et, dès 1800, la race mérine se trouva définitivement acquise à notre pays.

5. On peut dire que, jusqu'à la fin du siècle dernier, la laine a été, dans toute l'Europe, la principale matière des étoffes destinées au vêtement. Le développement considérable que reçut alors le travail du coton par suite des remarquables progrès faits dans la filature et le tissage, eut pour conséquence de ralentir considérablement l'emploi des laines. « D'ailleurs, il faut bien le dire, on ne connaissait pas encore le moyen de faire avec la laine ces étoffes modernes qui, aujourd'hui, rivalisent de légèreté et de brillant avec les plus beaux tissus de coton et certains tissus de soie, et qui conviennent aux vêtements de femme, même dans les pays chauds. Puis, la production de la laine fine, à peu près bornée à l'Europe centralé et occidentale, y trouvait de moins en moins les conditions économiques qu'elle réclame, à mesure que la population devenait plus dense, la terre plus chère, la propriété plus divisée et mieux utilisée. Car la bête à laine proprement dite, celle dont la laine est le seul ou du moins le principal produit, est avant tout l'animal des pays peu peuplés, à climat doux et sec, où la terre a peu de valeur et où règne sans partage la grande culture extensive³, à vastes pâturages. Là, elle est sinon le

1. Le troupeau de 1786 fut placé dans une des dépendances du château de Rambouillet. Il forma la célèbre *bergerie modèle de Rambouillet*, qui a tant contribué à l'amélioration de nos races ovines.

2. Par le traité de Bâle, conclu le 22 juillet 1795, entre la France et l'Espagne, le gouvernement espagnol avait pris l'engagement de nous livrer annuellement, pendant cinq ans, 100 béliers et 1,000 brebis.

3. On appelle **culture extensive** un système de culture qui, pour obtenir le maximum de produit brut et de produit net que l'agriculture puisse donner en pleine campagne, opère la fertilisation du sol par le temps surtout, par des moyens peu dispendieux, par le boisement, l'engazonnement, les jachères mortes, l'élevé du bétail sur une grande échelle. Par opposition, on donne le nom de **culture intensive** à un autre système qui, s'appuyant sur un gros capital et de larges débouchés, met en œuvre les moyens les plus énergiques pour obtenir immédiatement des récoltes maxima, tels que les fumures à hautes doses, les labours profonds, les cultures superficielles alternant avec les cultures profondes, les sarclages et les binages réitérés, l'alternat des plantes, la prépondérance des prairies naturelles servant à nourrir du bétail en stabulation, etc.

seul, du moins le meilleur moyen de tirer un revenu du sol ; là on l'entretient à si bon marché que la laine peut y être produite à très-bas prix. « Et c'est, en effet, depuis que, dans ces dernières années, d'immenses contrées telles que l'Australie, l'Amérique du Sud et l'Afrique méridionale, réunissant à un haut degré toutes ces conditions, se sont mises à élever sur la plus grande échelle le mouton à laine fine et abondante, qu'on a vu cette matière affluer sur les marchés et son prix s'abaisser. La crise cotonnière, due à la guerre civile des États-Unis, et la crise séricicole, ont merveilleusement contribué à développer ce mouvement, comme ce mouvement a lui-même servi à rendre ces crises moins pénibles pour les consommateurs. Il en est résulté pour la fabrication des laines une reprise considérable dont la santé s'est trop bien trouvée pour qu'elle puisse s'arrêter. Les choses en sont même venues au point qu'aujourd'hui « la laine tend à redevenir, comme dans les temps primitifs, la matière par excellence pour les vêtements de l'homme. Cette tendance se manifeste non-seulement dans les pays froids, mais encore dans les pays chauds, et on ne peut que s'en féliciter, au double point de vue de l'hygiène humaine et de la statistique de la terre, car la laine semble être jusqu'à présent un des rares produits agricoles qu'un pays peut exporter indéfiniment sans épuiser le sol.

6. « On porte à près de trois milliards de francs la valeur de la production annuelle de la laine dans le monde entier. Si cette production semble stationnaire dans notre vieille Europe, elle prend en revanche un gigantesque développement dans l'Amérique et l'Afrique du Sud et en Australie, et il en sera probablement de même dans les immenses solitudes du Far-West de l'Amérique du Nord. Aussi, en tenant compte des autres matières qu'on tire de la bête ovine, viande, suif, peau, lait, et surtout des valeurs que crée l'industrie avec sa dépouille annuelle, arrive-t-on à cette conclusion que le mouton est aujourd'hui la source d'une production qui dépasse presque toutes les autres en importance. » (L. Moll.)

II. — LE LIN ET LE CHANVRE.

Quoique le *lin* et le *chanvre* demandent, pour la séparation de leurs fibres, certaines opérations assez compliquées, telles que le

rouissage et le *teillage*, l'emploi de ces textiles pour la fabrication des étoffes n'en remonte pas moins à une époque très-reculée.

Lin. — 1. En ce qui concerne le **lin** (*fig. 13*), nous savons, par le témoignage de Moïse et des auteurs grecs et latins, qu'il a été en usage, de temps immémorial, en Égypte et dans toute l'Asie occidentale. On a même pu voir, à l'exposition universelle de 1867, des fragments de toile de lin fabriquée depuis plus de six mille ans ¹.

« Les Assyriens, dit Hérodote, portent d'abord une tunique de lin qui leur descend jusqu'aux pieds, et par-dessus une autre tunique de laine. » Chez plusieurs autres peuples, les tissus de lin étaient considérés comme les plus purs, par conséquent comme les plus convenables aux vêtements sacerdotaux. C'est même parce que les prêtres de la déesse Isis étaient vêtus de lin que les Romains les appelaient *linigéri*, c'est-à-dire « portelin. » Du reste, l'industrie linière fut excessivement avancée chez tous les peuples anciens. On faisait avec le lin une multitude d'espèces de toiles, dont les plus fortes et les plus grossières étaient destinées au service de la marine, tandis que les plus fines, semblables à nos gazes et à nos batistes, servaient à la toilette des dames. A Rome, sous l'empire, on employait, pour ce dernier usage, une variété de lin qu'on tirait du nord-ouest de l'Espagne. Le lin du pays des Cadurques² passait pour le meilleur de la Gaule. Celui de Cumes, en Campanie, était regardé comme le plus propre à la confection des



22701

Lin.

Fig. 13.

1. Ces fragments faisaient partie de la collection rétrospective présentée par le gouvernement Égyptien, et avaient été trouvés dans des tombeaux.

2. **Cadurques.** Nom donné par les Romains aux habitants de l'ancien Quercy, c'est-à-dire à la partie de la France qui correspond au département du Lot, et à une partie de celui de Tarn-et-Garonne. *Divona* ou Cadurcum, aujourd'hui Cahors, était la capitale de ce petit peuple.

filets de chasse et de pêche, et des toiles pour retenir et enfermer les sangliers. « J'ai vu de ces toiles, dit Pline ¹, qui étaient si fines qu'un pan entier, avec ses cordes, passait par une bague, et qu'un homme en portait une quantité énorme, de quoi environner tout un bois. » Il ajoute ensuite que le fil avec lequel on les faisait se composait parfois de 450 brins. « Ce fait, continue-t-il, pourra étonner ceux qui ne savent pas que les Rhodiens montrent encore aujourd'hui, dans leur temple de Minerve, des fragments de la cuirasse de lin d'Amasis, ancien roi d'Égypte, de laquelle chaque fil est composé de trois cent cinquante-cinq brins. »

2. Les caractères qui distinguent les toiles de lin des étoffes similaires de coton sont trop connus pour que nous ayons besoin d'en parler. La supériorité relative de ces toiles leur a conservé une certaine vogue qui, malgré leur prix notablement plus élevé, se maintiendra peut-être toujours.

3. La Russie, la Belgique, la France et l'Irlande sont aujourd'hui les principaux pays producteurs du lin. En France, c'est dans les départements du Nord que la culture de ce textile est le plus développée.

Chanvre. — 1. L'usage du **chanvre** (*fig. 16*; 1, chanvre femelle; 2, chanvre mâle) n'est pas moins ancien que celui du lin. Suivant Hérodote ², les habitants de la Thrace ³ faisaient avec le chanvre des toiles qui ressemblaient tellement à celles de lin qu'il fallait bien s'y connaître pour les distinguer. Un passage de Pline tendrait à faire croire que, du temps de cet écrivain, le chanvre n'était encore utilisé, en Italie, que par les cordiers; mais tout porte à croire qu'on l'appliquait aussi à la fabrication des toiles.

2. Le chanvre est le textile végétal que l'Europe produit avec le plus d'abondance. « Cela tient non-seulement à la simplicité de sa culture et à la possibilité de le faire revenir indéfiniment sur le même sol, moyennant de fortes fumures annuelles, mais encore et surtout à un principe de l'ancienne culture

1. Voyez, sur Pline, la note 3 de la page 5.

2. Voyez, sur Hérodote, la note 1 de la page 25.

3. **Thrace.** Le pays de ce nom correspondait à la plus grande partie de la Turquie d'Europe.

d'après lequel le cultivateur devait produire tout ce qu'il consom-



Fig. 16.
Chanvre d'Europe.

ommaît. D'ailleurs, grâce à la brièveté de sa végétation, le chanvre, quoique sensible au froid, peut être cultivé sous presque toutes les latitudes européennes. On le trouve, en effet, depuis les environs de Saint-Petersbourg et même d'Arkangel, jusque dans les plaines de Grenade et de Valence. » (L. Moll.) Néanmoins, c'est en France, en Italie et en Russie qu'on le cultive sur la plus vaste échelle.

3. L'emploi le plus ordinaire du chanvre consiste dans la fabrication des ficelles et des cordages, et dans celle des grosses toiles

d'emballage, de marine et de ménage; mais, depuis plusieurs années, il éprouve un ralentissement qui semble ne pouvoir qu'augmenter. « On peut attribuer ce fait au développement de la navigation à vapeur, qui supprime ou réduit l'usage des voiles, à la substitution croissante des câbles de fer aux câbles de chanvre, dans la marine et ailleurs, enfin, à la concurrence redoutable que font au chanvre le *phormium tenax*¹, le jute et autres textiles étrangers, qui sont loin de le valoir pour la qualité de la filasse,

1. Le *phormium tenax* est une plante de la famille des liliacées qui croît en abondance et sans culture dans les îles de la Nouvelle-Zélande. On retire de ses feuilles des filaments dont les indigènes se servent, de temps immémorial, pour faire des cordes une fois et demie au moins plus résistantes que celles du meilleur chanvre. Ce végétal a été signalé, pour la première fois, en 1769, par le capitaine Cook, et depuis cette époque, les Anglais en ont introduit la culture dans plusieurs de leurs colonies, principalement dans l'Inde et dans la Nouvelle-Galles du Sud. On l'appelle aussi **lin de la Nouvelle-Zélande**.

mais qui fournissent des cordages et des toiles grossières à des prix très-bas.» (L. Moll.)

III. — LA SOIE.

1. « On a dit de la **soie** qu'elle tient, parmi les matières textiles, le même rang que l'or parmi les métaux, et nous trouvons la comparaison fort juste. N'est-elle pas, en effet, la plus chère, la plus estimée? Son éclat, son élasticité, sa durée, sa ténacité, les couleurs brillantes dont elle se revêt, ne la placent-elles pas au-dessus de la laine, du chanvre, du lin et du coton? Mais, ce qui assure à la soie une suprématie nettement tranchée, c'est que, seule entre tous les produits filamenteux, elle fournit un fil élémentaire long de plusieurs centaines de mètres, tandis qu'avec le coton, le chanvre et la laine, on n'obtient ce fil primitif qu'en réunissant et en maintenant par la torsion une multitude de brins. Le caractère de la soie est donc de doter l'industrie d'un fil naturel tout fait, homogène, sans solution de continuité, et non simplement de la matière première d'un fil ¹. »

2. Beaucoup d'insectes produisent une matière analogue à la soie; mais la soie proprement dite, la véritable soie, est fournie par la chenille de diverses espèces de Bombyx, plus particulièrement par celle du *Bombyx du mûrier*, vulgairement appelé **ver à soie** (fig. 17). Personne n'ignore que cet insecte est ori-

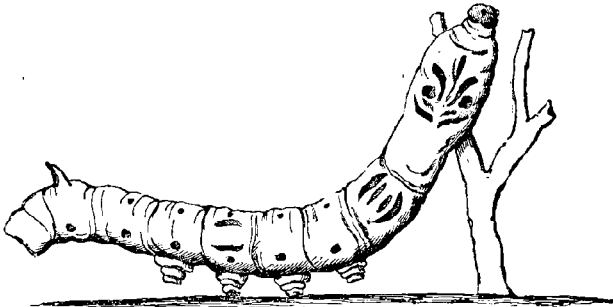


Fig. 17.
Bombyx du mûrier.

ginaire des contrées septentrionales de la Chine, d'où il a été peu

1. De Chavannes : *De la soie et de ses premières transformations.*

à peu introduit dans les autres pays où on le voit aujourd'hui. C'est également dans cette partie du continent asiatique que l'industrie de la soie a pris naissance, à une époque inconnue, mais très-ancienne et que plusieurs écrivains croient antérieure à l'an 2500 avant Jésus-Christ.

3. Aristote ¹ est le premier auteur qui parle de la soie; mais ce qu'il en dit se rapporte à celle de chenilles indigènes qu'on élevait, en vue de ce produit, dans quelques îles de l'Archipel grec ². Quant à la soie chinoise, on ne possède aucun renseignement sur le moment où elle commença à figurer dans le commerce européen. On sait seulement qu'elle n'arriva d'abord que sous forme de tissu, et en quantités tellement restreintes qu'elle en devenait d'une valeur énorme.

4. De tous les peuples de l'antiquité, ce furent les Romains qui employèrent le plus les soieries; mais, pendant des siècles, ils se servirent de ces étoffes sans savoir d'où provenait la précieuse matière dont elles étaient faites. Les trafiquants eux-mêmes, qui commencèrent à les apporter à Rome à la fin du premier siècle avant Jésus-Christ, et qui les tenaient de troisième ou de quatrième main, n'étaient pas plus avancés. Tout ce qu'ils pouvaient positivement affirmer, c'est qu'elles venaient des extrémités de l'Asie; le reste se bornait à des conjectures chimériques. Ainsi, les uns croyaient que la soie était fournie par une sorte d'araignée, qui vivait cinq ans et du corps de laquelle on la tirait après la mort de l'animal. Les autres, et c'était l'opinion la plus générale, regardaient cette matière comme un produit purement végétal, analogue au coton, que l'on récoltait sur certains arbres. Quoi qu'il en soit, les soieries étaient alors si rares, par conséquent si chères, qu'on les échangeait, poids pour poids, con-

1. Voyez, sur Aristote, la note 2 de la page 33.

2. Surtout dans celle de Cos, une du groupe des Sporades. Avec la soie de leurs chenilles indigènes, les habitants de cette île faisaient des gazes d'une excessive légèreté que les élégantes d'Athènes et de Rome recherchaient avec fureur et dont la transparence était devenue proverbiale. Pline attribue l'invention de ces belles étoffes à une habile ouvrière, Pamphyla, fille de Platès, que l'on suppose avoir vécu vers le iv^e siècle avant Jésus-Christ. Ajoutons, pour ne rien omettre, que, suivant quelques auteurs, les célèbres tissus de Cos étaient, non pas de soie, mais d'une espèce de coton, c'est-à-dire des mousselines semblables, pour la finesse, à celles que l'on fabrique encore dans l'Inde.

tre de l'or, et il en fut ainsi pendant presque toute la durée de l'empire romain¹. Dans ces temps reculés, les étoffes de soie n'étaient portées que par les personnes les plus riches, surtout par les femmes. On les considérait même comme un insigne du relâchement des mœurs. C'est pour cela qu'à diverses époques les souverains les plus renommés pour la sévérité de leurs habitudes, firent tous leurs efforts pour en restreindre l'usage, qui fut également condamné par la plupart des Pères de l'Eglise; mais l'amour du luxe et les exigences de la mode finirent par prendre le dessus.

5. A mesure que la consommation des soieries augmenta, le commerce s'efforça naturellement de multiplier ses approvisionnements. Il fit même plus, car, tout en continuant de tirer ces précieux tissus des lieux de production, il voulut aussi en introduire la fabrication en Europe. Cette industrie nouvelle existait déjà dans l'empire grec, à Byzance, aujourd'hui Constantinople, au commencement du v^e siècle, peut-être même au iv^e; mais elle fut d'abord peu importante, à cause de la rareté de la matière première, qu'il fallait faire venir à grands frais de l'Asie centrale. Les choses ne changèrent que, vers le milieu du siècle suivant², sous le règne de l'empereur Justinien (527-565), époque à laquelle deux moines apportèrent dans cette ville des œufs de ver à soie qu'ils s'étaient procurés à Khotan, dans la Boukharie, et qu'ils avaient, dit-on, cachés mystérieusement dans le creux de leur bâton de voyage. Grâce aux récits de ces moines, on connut, pour la première fois, la nature véritable de la soie; on fut également initié à la manière d'élever les insectes qui la produisent, et, dès ce moment, l'industrie séricicole se trouva réellement acquise à l'Europe.

6. Après Constantinople, Athènes, Thèbes et Corinthe furent les premières villes européennes qui possédèrent des fabriques de soieries. Vers l'an 1130, Roger, roi de Sicile, ayant fait la con-

1. Parmi ces soieries (*serica vestis*), les unes étaient tout soie (*holoserica*), tandis que les autres avaient la chaîne de laine ou de lin (*tramoserica*). Il y en avait aussi qui étaient ornées de fils d'or, et d'autres qui étaient enrichies de broderies de couleur exécutées ordinairement en Egypte ou dans l'Asie Mineure.

2. En 530, suivant plusieurs historiens; en 530 ou 532, suivant d'autres.

quête d'une partie de la Grèce, emmena avec lui dans ses Etats un grand nombre d'ouvriers en soie, qu'il établit à Palerme, à Naples et à Messine. En même temps, il introduisit le ver à soie et le mûrier en Sicile et dans les Calabres, d'où ils se répandirent peu à peu dans le reste de l'Italie et même en Espagne.

7. Au XII^e siècle, les Vénitiens, bientôt imités par les Génois et les Florentins, se livrèrent à la fabrication des soieries, et créèrent des établissements dont les produits, supérieurs à ceux qu'on avait obtenus jusqu'alors, furent aussitôt recherchés par toute l'Europe. A la même époque, les provinces méridionales de l'Espagne étaient remplies de manufactures de soie très-florissantes.

8. Vers la fin du XIII^e siècle, les papes introduisirent l'industrie de la soie dans le comtat d'Avignon, qui était alors leur propriété. La France proprement dite ne la posséda qu'une centaine d'années plus tard. Nos plus anciennes fabriques furent établies à Lyon, au commencement du XV^e siècle, par des réfugiés italiens. Dans la seconde moitié de ce même siècle, Louis XI en fonda de nouvelles à Tours, avec des ouvriers qu'il avait fait venir d'Italie. Il s'en établit aussi à Nîmes, vers le même temps. Ces diverses manufactures se développèrent rapidement, mais celles de Lyon acquirent peu à peu une importance qui les éleva au premier rang. Au commencement du XVII^e siècle, Olivier de Serres, un des plus illustres agronomes que la France ait produits, et Laffemas, contrôleur-général du commerce, surmontant les répugnances de Sully, obtinrent des édits qui favorisèrent beaucoup la multiplication du mûrier et le développement de la sériciculture. Enfin, une soixantaine d'années plus tard, le ministre Colbert, marchant sur leurs traces, institua des récompenses pécuniaires en faveur des planteurs de l'*arbre d'or*, comme on appelait le mûrier ¹. Malgré tant d'efforts, en 1789, la France ne produisait guère plus de 6 millions de kilogrammes de cocons. Pendant la République et jusqu'en 1800, cette production

1 « Mais peut-être la culture du ver à soie et l'élevage du mûrier s'étendirent-ils, surtout grâce à l'action locale de quelques simples particuliers qui prêchèrent d'exemple. A ce titre, il est juste de rappeler le nom de François Traucat, jardinier de Nîmes, qui se vantait d'avoir répandu plus de quatre millions de plants; celui de M. de Camprieux, consul du Vigan, qui, le premier, arracha des châtaigniers pour planter des mûriers; enfin, celui du capitaine François de Carles, qui agit de même et aliéna la plus

diminua même de moitié. A partir de 1801, elle commença à se relever, mais avec une telle lenteur, qu'en 1820 elle ne dépassait pas encore 3,200,000 kilogrammes. A partir de ce moment, le mouvement ascensionnel se prononça de plus en plus. Ainsi la moyenne des dix années 1821-1830 fut de près de 11 millions de kilogrammes. Celle de la période décennale suivante en donna de 13 à 14 millions. Enfin, en 1843, le rendement de toutes nos magnaneries était de 24 millions de kilogrammes, et, en 1853, il s'élevait à 26 millions de kilogrammes, représentant une valeur d'environ 130 millions de francs. La multiplication des pépinières de mûriers avait suivi une progression proportionnelle.

9. Actuellement, la fabrication des soieries existe dans presque tous les pays de l'Europe ; mais il est à remarquer que, sauf quelques exceptions, elle y a été établie ou par des Lyonnais ou par des ouvriers formés à Lyon. En outre, la France, parvenue au premier rang, grâce à la perfection de ses produits en fils et en étoffes, a la même prépondérance sous le rapport de l'importance de sa production. On estime à près de 700 millions de francs la valeur des soieries qu'elle fabrique annuellement, et dont elle vend plus de la moitié à l'étranger.

10. En 1850, la sériciculture européenne était en pleine prospérité, lorsqu'un fléau redoutable vint apporter la gêne et la misère là où elle avait introduit le bien-être et l'abondance. La France fut la première frappée. Vers 1841, on remarqua, dans les magnaneries les mieux dirigées, la disparition d'un grand nombre de vers, sans qu'il fût possible de s'en rendre compte. Bientôt apparurent les signes extérieurs d'une maladie qu'on a appelée successivement *gattine*, *étisie*, *pébrine*, etc., et qui, se propageant avec une extrême rapidité, pénétra peu à peu dans toutes les contrées de l'Europe où l'on élève des vers à soie. Cette maladie, par sa généralité et son intensité, s'éleva ainsi à la hauteur d'une véritable calamité publique. Elle occasionna des pertes énormes ; et, malheureusement, les peuples sériciculteurs de l'Occident ne sont pas encore au terme de leurs sacrifices. On a calculé qu'en France seulement, pendant les années 1854-1866, la

grande partie de ses terres pour populariser la petite industrie séricicole dont il avait compris, en Italie, toute l'influence sur le bien-être de la population. » (QUATREFAGES.)

moyenne de la production annuelle était descendue un peu au-dessous de 9,300,000 kilogrammes, ce qui avait donné lieu à une perte annuelle d'environ 62,800,000 francs, ou, pour la totalité des treize années de la période, de 816,400,000 francs.

Pour remédier au mal, un grand nombre d'éducateurs ont essayé d'introduire en Europe plusieurs races de vers à soie, toutes originaires de l'Inde, de la Chine ou du Japon, et qui, moins délicates que celles du mûrier, se nourrissent de la feuille de divers autres arbres; mais, jusqu'à présent, ils n'ont pas réussi à constituer une industrie sérieuse sur cette base. Espérons que nos successeurs seront plus heureux.

IV. — LE COTON.

1. Le **coton** est la matière duveteuse qui entoure la se-



Fig. 18.
Branche de cotonnier.

mence du *Cotonnier*, plante de moyenne ou de petite taille qu'on cultive dans la plupart des pays dont la température est élevée (fig. 18). Ces semences sont renfermées, au nombre d'environ une vingtaine, dans une gousse ou coque à peu près grosse comme une aveline. A l'époque de la maturité, la gousse s'ouvre d'elle-même et laisse déborder la précieuse matière, qui offre alors l'aspect d'une touffe flo-

conneuse, et que l'homme recueille avec soin pour l'appliquer à ses besoins.

2. L'Amérique intertropicale et les contrées les plus chaudes de l'Asie et de l'Afrique étant la patrie du cotonnier, c'est dans ces parties du globe que l'industrie du coton a dû nécessairement commencer.

3. Dès la plus haute antiquité, les peuples de l'Indoustan ont cultivé le cotonnier et fabriqué des étoffes avec son duvet. Hérodote, qui vivait au v^e siècle avant notre ère, est le premier auteur ancien qui parle du coton et de l'usage qu'on en faisait. « Les Indiens, dit-il, possèdent une espèce de plante qui, au lieu de fruits, produit de la laine d'une qualité plus belle que celle des moutons ; ils en font leurs vêtements. » Strabon, qui mourut la trente-cinquième année après Jésus-Christ, nomme les cotonnades à fleurs, ou *indiennes*, qui se tissaient aux Indes, et il ajoute que la culture du cotonnier avait franchi l'Indus et s'était répandue à l'entrée du golfe Persique. Au temps de Pline le Naturaliste, c'est-à-dire un demi-siècle après Strabon, le cotonnier avait également pénétré dans la Haute-Egypte ; mais, au temps de cette importation, il y avait déjà des centaines d'années que les produits de l'industrie indienne étaient connus dans ce pays. Les Egyptiens employaient le coton pour faire des vêtements à l'usage des personnes du plus haut rang, et l'auteur latin remarque que rien n'était comparable, pour le moelleux et la blancheur, aux belles étoffes qu'on en tissait. A cette époque, le commerce des cotonnades indiennes avait déjà pris une certaine extension. Les navigateurs arabes allaient les chercher à Barigatza, au nord de la moderne Bombay, et les apportaient au port d'Adulé, sur la mer Rouge, d'où elles se répandaient ensuite en Egypte. Il est probable que ces mêmes produits arrivaient aussi dans les principales villes de la Grèce et de l'Italie ; mais elles ne durent pas être, pour ces deux pays, l'objet d'une importation bien considérable, car on n'en trouve aucune mention directe dans les écrivains grecs et latins, qui, cependant, n'oubliaient guère de parler des autres marchandises venant de l'Orient, telles que les épices, les parfums, la soie, l'or et les pierres précieuses ¹.

1. Les Grecs appelaient le coton *xylon* ou *gossipion*, expressions que les Romains adoptèrent par la suite. On lui donnait aussi le nom de *byssus*. Au-

4. Au VIII^e siècle, les Arabes portèrent le cotonnier dans le nord de l'Afrique, d'où ils l'introduisirent en Espagne. Dans ce dernier pays, les plantations les plus importantes furent faites dans les plaines du royaume de Valence. Bientôt s'élevèrent à Grenade, à Cordoue, à Séville, à Barcelone, de nombreuses manufactures dont les produits rivalisèrent, en finesse et en blancheur, avec ceux de l'Asie.

5. Au XIV^e siècle, l'industrie cotonnière commença à prospérer en Chine, où la fabrication des soieries l'avait jusqu'alors empêchée de se développer. A la même époque, les Turcs plantèrent le cotonnier dans la Macédoine et l'Albanie, où il constitue encore une précieuse source de richesse nationale, et les Italiens créèrent, à Venise et à Milan, des établissements de tissage qu'ils alimentèrent avec des cotons filés tirés de la Syrie et de l'Asie Mineure. Au siècle suivant, les Européens trouvèrent la fabrication des cotonnades en pleine prospérité au Mexique, au Pérou et dans toute l'Amérique méridionale, où elle passait pour avoir existé de tout temps. Elle était aussi très-développée sur toute la côte occidentale d'Afrique.

6. Nous venons de voir que l'industrie cotonnière a été introduite en Europe par les Maures d'Espagne, pendant le VIII^e siècle. Toutefois, elle n'a commencé à y prendre une extension sérieuse que vers les premières années du XVII^e siècle, et c'est à l'Angleterre qu'appartient la gloire d'avoir donné le signal de ce progrès.

7. Suivant un des historiens de la ville de Manchester, les premières balles de coton qu'on ait vues en Angleterre y furent apportées au commencement du XIV^e siècle par des navires génois et vénitiens. On ne sut alors tirer aucun parti de cette matière, et l'on se contenta d'en faire des mèches de chandelles. Vers 1430, les arrivages étant devenus peu à peu plus nombreux et plus importants, quelques tisserands des comtés de Chester et de Lancastre eurent l'idée de se servir du coton pour

jourd'hui, ce dernier nom sert à désigner une espèce de soie résistante que certains mollusques bivalves produisent en abondance, et dont ils forment des câbles qui les amarrent solidement aux rochers. Tout le monde connaît le byssus grossier des moules. Celui des pinnes a été renommé, de tout temps, pour sa longueur, sa finesse et son moelleux. Sur les côtes de l'Italie méridionale, où il abonde, on l'emploie pour faire des gants, des bas, même des serviettes et des draps.

fabriquer de grossières étoffes du genre des futaines flamandes. Cet essai ayant parfaitement réussi, des armateurs de Bristol et de Londres se décidèrent à envoyer des navires dans le Levant pour y prendre des chargements du nouveau textile. Les rois Henri VIII (1509-1547) et Edouard VI (1547-1553) s'empresèrent d'encourager l'industrie naissante, et les choses allèrent si bien qu'en 1650 il y avait, dans une foule de petites paroisses, des métiers à tisser le coton qui fournissaient du travail à la population pauvre quand la rigueur de la saison faisait interrompre les travaux des champs. Sous le règne de Guillaume III (1689-1702), ces métiers occupaient déjà près de 40,000 personnes, et leurs produits avaient une valeur de 15 à 16 millions de francs.

8. Dans le principe, les tisserands étaient disséminés dans les campagnes et travaillaient isolément, se procurant, comme ils pouvaient, la matière première dont ils avaient besoin, et qui était alors le coton pour la trame et le lin pour la chaîne. Or, la consommation des cotonnades devint si grande au milieu du siècle dernier, que les fileuses au rouet ne purent plus fournir assez de fil et de coton. Cette circonstance provoqua l'invention des machines à filer, qui, à leur tour, conduisirent à celle des machines à tisser, sans laquelle il eût été impossible d'employer les masses de produits que les premières jetaient chaque jour dans le commerce. Ces deux innovations capitales furent bientôt complétées par l'adoption de la machine à vapeur pour mettre en mouvement les divers appareils, et alors commencèrent à s'élever ces manufactures gigantesques, où le coton entre à l'état brut pour sortir sous forme d'étoffe, et dont une seule fait le travail qui occupait autrefois toute la population d'une province. Dès ce moment, la fabrication du coton prit l'élan inouï qui en a fait de nos jours la plus importante des industries textiles.

9. Jusqu'en 1774, l'Angleterre tira de l'Inde et du Levant le coton nécessaire à ses fabriques ; mais, dans le courant de cette même année, elle commença à en recevoir de ses colonies d'Amérique ¹. Enfin, dix ans plus tard, les Américains, ayant

1. C'est, en effet, dans le courant de cette année, que les Etats-Unis com-

trouvé dans les îles de Bahama le cotonnier dit *Sea-Island* ¹, le transportèrent en Virginie et en Géorgie, dont le climat et le terrain lui convinrent si bien et le transformèrent à un tel point que son coton a toujours été regardé depuis comme le plus beau du monde.

10. A l'exemple de l'Angleterre, toutes les nations de l'Europe se sont mises avec ardeur à créer des fabriques de coton. En ce qui concerne spécialement la France, les commencements de cette industrie ne paraissent pas antérieurs à la fin du xvii^e siècle, et ce n'est guère qu'après 1815 qu'elle a pris un développement considérable. L'Angleterre, les États-Unis et la France sont actuellement ses centres principaux.

11. De toutes les industries textiles, la fabrication des tissus de coton est celle qui, dans le monde entier, occupe le plus de bras, met en œuvre le plus de capitaux et fournit le vêtement le moins cher. C'est l'introduction des procédés mécaniques dans la filature, le tissage et l'impression, qui, en permettant d'abaisser le prix de revient, par suite le prix de vente, a le plus contribué au développement de cette branche de travail, développement « qui n'aura d'autre limite que celle d'une consommation s'accroissant chaque jour en raison directe du bon marché du produit fabriqué. »

En 1851, on admettait que le travail du coton faisait vivre plus de huit millions de personnes, qu'il employait pour plus d'un milliard et demi de machines et appareils de tout genre, et que la valeur des produits qu'il livrait annuellement au commerce dépassait 3 milliards et demi de francs.

En 1860, on estimait la production totale du coton brut à près de 2,260 millions de kilogrammes, ayant une valeur de plus de 1,600 millions de francs.

mencèrent à expédier leur coton en Europe. Le premier envoi partit de Charleston : il se composait de sept balles pesant ensemble 2,000 kilogrammes. Dix ans après (1784), le même port exporta à lui seul neuf à dix fois plus. En 1860, la production totale des cotonnières américaines paraît être, en moyenne, d'un peu plus de 725 millions de kilogrammes, représentant un revenu brut annuel de près d'un milliard de francs.

1. *Sea-Island*. Ce cotonnier a été ainsi appelé, des mots anglais *sea*, mer, et *island*, île, soit parce qu'il a été trouvé dans des îles, soit parce que le territoire où les États-Unis le cultivent, se compose de la côte comprise entre Savannah (Géorgie) et Charleston (Caroline du Sud) et des îles voisines.

Pendant cette même année, les manufactures européennes en mirent en œuvre 850 millions de kilogrammes, dont 716 provenaient des Etats-Unis, 92 des Indes, 27 de l'Egypte, 10 du Brésil et 5 de diverses parties de l'Amérique, de l'Asie et de l'Afrique. Les Etats-Unis fournissaient donc à eux seuls plus des 8/10 de la consommation des usines. On conçoit l'immense perturbation qu'éprouva l'industrie quand la guerre de la sécession¹ vint tarir cette source. Alors on comprit combien il était imprudent de faire dépendre de la production d'un seul pays l'existence de tant de personnes, la prospérité de tant de villes. Aussi, cherche-t-on depuis ce moment à cultiver le coton partout où le sol et le climat le permettent, et à perfectionner les procédés de culture de manière à pouvoir soutenir la concurrence avec la production américaine, quand elle aura repris son ancienne puissance, et les résultats déjà obtenus font espérer que la solution ne se fera pas trop longtemps attendre. Ainsi, sur les 780 millions de kilogrammes employés par l'Europe, en 1866, les Etats-Unis n'en ont fourni que 340, mais on en a retiré 270 de l'Inde anglaise, 100 de l'Egypte, 36 du Brésil, 33 de la Syrie, de l'Asie Mineure et autres contrées méditerranéennes, 10 des Etats de l'Equateur, 8 de la Chine, du Japon et de la Cochinchine, etc.

V. — TEXTILES DIVERS.

Matières végétales. — A côté du chanvre, du lin et du coton « il existe un grand nombre d'autres matières végétales qui servent ou peuvent servir à faire des tissus ; mais il est vrai de dire que peu d'entre elles sont sérieusement entrées dans l'industrie, et que les progrès de la fabrication ont plutôt tendu à travailler de mieux en mieux les plus connues et les plus éprouvées qu'à en découvrir de nouvelles. Il ne faut pas s'en étonner : l'industrie a bien assez de chances à courir pour s'appliquer à en diminuer le nombre par une fabrication mieux étudiée et plus parfaite, plutôt que de s'exposer à de nouveaux

1. **Guerre de la sécession.** C'est la guerre civile qui a désolé les Etats-Unis depuis le mois d'avril 1861 jusqu'au mois d'avril 1865. On l'a ainsi appelée parce qu'elle avait pour objet de décider si la grande nation américaine continuerait d'exister, ou bien si les Etats du Sud se sépareraient de ceux du Nord, feraient sécession, pour former un peuple indépendant.

échecs en abordant des matières premières mal connues. » (Legentil.) Toutefois, parmi ces textiles, il en est quelques-uns qui entrent dans la consommation générale : tels sont, le *jute* et le *china-grass*.

1. Le **jute**, appelé vulgairement **chanvre de l'Inde** ou **chanvre de Calcutta**, est la fibre de plusieurs variétés de Corrètes ou Corchoros, plantes très-répandues en Chine et dans l'Asie méridionale. De temps immémorial, dans les pays de production, il a les mêmes usages que le chanvre et le lin en Europe. On l'emploie pour faire des cordes, des sangles, et surtout des toiles qui, suivant leur degré de finesse, servent à confectionner des emballages, des tapis ou des vêtements. Dans l'Inde, principalement au Bengale, la population pauvre ne porte guère que des habits de jute, dont le filage et le tissage occupent des milliers de bras.

Ce n'est que depuis une vingtaine d'années que le jute a pris place dans l'industrie d'Europe. Les Anglais ont ouvert non-seulement la voie ; ils ont encore toujours conservé le premier rang. Ils font avec ce textile du linge de table, des tapis, des nattes, mais surtout des toiles destinées, soit à l'emballage, soit aux usages les plus grossiers, et particulièrement aux sacs pour le transport de la houille. Dundee et Glasgow sont les centres de cette fabrication, qui augmente toujours d'importance.

2. Le mot **china-grass**, qui signifie *herbe de Chine*, a été créé par les Anglais pour désigner une plante de la famille des Orties, qu'on nomme vulgairement *Ortie blanche*, et qui croît en abondance dans l'empire chinois et dans presque toute l'Asie méridionale. La tige de cette plante donne des filaments d'une grande beauté, que l'on désigne par le même nom, et qu'en France on appelle quelquefois **chanvre de Chine**.

Les filaments de china-grass sont très-supérieurs à ceux du jute pour la beauté et la solidité. Leur blancheur et leur aspect soyeux permettent de les employer à fabriquer une espèce de batiste ou même de les introduire dans certaines soieries. En Chine, on en fait une riche étoffe, à laquelle les commerçants anglais ont donné le nom de *grass-cloth*, drap d'herbe, et dont on confectionne des mouchoirs, des chemises et des robes.

Une variété de china-grass, qui croît en Chine, à Java,

dans l'Indo-Chine et dans l'Inde, et qui sert aux mêmes usages, est l'*Ortie utile* des savants, le **ramié** du langage vulgaire. Depuis 1866, on en a fait des plantations assez importantes en Algérie et en Provence.

Matières animales. — 1. Plusieurs animaux, tels que le *Chameau*, le *Lama*, l'*Alpaca*, la *Vigogne* et le *Guanaco*, qui habitent, le premier le nord de l'Afrique et l'Asie, les quatre autres les contrées montagneuses de l'Amérique du Sud, produisent une laine plus ou moins abondante qu'on emploie au tissage dans les lieux de production ; mais aucun de ces animaux ne peut soutenir la moindre comparaison avec le mouton, surtout le mérinos, pour le rendement proportionnel. « Chez tous, en effet, le produit est minime, et, chez la plupart, il est grossier. Aussi, ne saurait-on entretenir avec profit une seule de ces espèces uniquement pour sa dépouille annuelle, comme on le fait souvent pour le mouton. En revanche; comme produit accessoire, venant s'ajouter à un produit principal, le travail, cette dépouille peut offrir un certain avantage. Ce fait explique l'insuccès constant des tentatives d'introduction de l'Alpaca et du Lama dans les pays où, comme en Europe, on ne peut les employer comme bêtes de somme; il explique aussi leur remplacement successif par le mouton, dans leur propre patrie, à mesure que la civilisation y pénètre. » (L. MOLL.)

2. Ce qui précède s'applique également aux *Chèvres*. Celles qui habitent le pays des Kirghiz et le versant septentrional des monts Himalaya, et qu'on désigne vulgairement sous le nom de *Chèvres de Cachemire*, donnent le duvet le plus beau et le plus fin qui existe. On a essayé plusieurs fois de les introduire en Europe, au Cap et à la Plata, mais sans jamais pouvoir en tirer le moindre profit. C'est que leur duvet est en quantité extraordinairement minime, que sa récolte est longue et difficile, et qu'enfin il paraît se perdre après quelques générations partout ailleurs qu'au pays natal. C'est avec le *pascham*, ou duvet des chèvres du Thibet, que se font les cachemires de l'Inde, et avec la *touz*, ou duvet des chèvres des Kirghiz, que se confectionnent les cachemires d'Europe.

CHAPITRE II.

La Filature.

Notions préliminaires. — *Filature à la main* : invention de la quenouille, du fuseau, du rouet. — *Filature mécanique* : son origine. — Filature du *coton* : la spinning-jenny : Highs, Kay, Hargreaves ; le throstle : Highs, Kay, Arkwright ; la mull-jenny : Crompton. — Filature de la *laine* : laine cardée, laine peignée. — Filature du *chanvre* et du *lin* : Philippe de Girard. — Filature de la *soie* : Borghesano Lucchesi, Vaucanson, Gensoul, Hollenverger.

Notions préliminaires. — A l'exception de la soie, que la chenille livre à l'état de fil tout fait, les matières filamenteuses sont fournies par la nature en brins d'une grosseur et d'une longueur tellement limitées qu'elles ne pourraient servir à presque aucun usage, si le génie de l'homme n'était parvenu à leur donner artificiellement des dimensions plus considérables. L'art du **filage** a précisément été inventé pour obtenir ce résultat. Comme chacun sait, il consiste à réunir ces brins et à les faire adhérer entre eux, à l'aide d'une torsion convenable, de manière à les transformer en un fil continu, d'un diamètre et d'une longueur variables à volonté. L'ensemble des moyens qu'il met en œuvre constitue la **filature**, et l'on distingue la *filature à la main* et la *filature mécanique*, la première connue dès les temps les plus reculés, la seconde d'origine tout à fait moderne.

I. — FILATURE A LA MAIN.

Invention du filage. — Dans l'antiquité, la plupart des nations s'attribuaient l'invention du filage. Les Egyptiens croyaient la devoir à la déesse Isis, les Grecs à Minerve, les Lydiens à Arachné, les Chinois à l'empereur Yao, les Péruviens à Mama-Ollea, femme de Manco-Capac, leur premier souverain, etc.¹. La vérité est que, comme tant d'autres choses, l'art de

1. « Une chose digne de remarque, c'est que toutes les traditions sont d'accord pour attribuer à des femmes l'invention de filer et de tisser les étoffes. On sait que cette occupation appartenait, dans l'antiquité, exclusivement aux femmes. » (Hoefler.)

transformer les matières textiles en fils remonte à l'origine même des sociétés. Tous les peuples l'ont connu et pratiqué; mais, et c'est une des gloires impérissables de l'industrie moderne, ses grands progrès mécaniques ne sont pas antérieurs à la fin du siècle dernier.

Instruments de filage. — 1. La **quenouille** et le **fuseau** (*fig. 19*) sont les plus anciens instruments de cette industrie. Toutes les nations en ont fait ou en font usage. On les a même trouvés chez les peuplades les plus sauvages du Nouveau-Monde et de l'Océanie.

2. Au **xvi^e** siècle, suivant les uns, seulement au **xvii^e**, suivant



Fig. 19.
Quenouille.

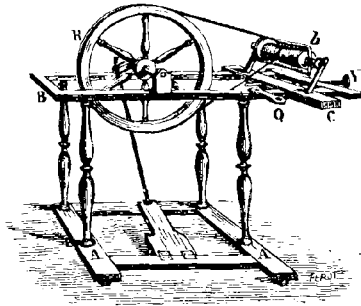


Fig. 20.
Rouet à filer.

les autres, parut le **rouet à filer**[†]. Tout le monde connaît cet ingénieux instrument (*fig. 20*); mais, ce qu'on ignore généra-

†. Les Indiens emploient, de temps immémorial, un **rouet à filer** d'une construction fort simple et toute différente de celle de l'instrument européen, avec lequel ils n'en produisent pas moins des fils d'une finesse merveilleuse. Quant à l'invention de ce dernier, plusieurs auteurs allemands l'attribuent tantôt à un ecclésiastique, dont ils ne rapportent ni le nom ni le pays; tantôt à un nommé Burgens, de Wattenmattel, près de Brunswick, qui l'aurait faite en 1530. « Mais, dit le général Poncelet, comme on ne nous fait connaître ni les antécédents de cette découverte, ni les dispositions spéciales, caractéristiques et propres à en préciser la valeur relative ou l'ig-

lement, c'est qu'il constitue une machine véritable, complète et admirablement disposée, et qu'il a servi de point de départ à tous les grands appareils dont on se sert aujourd'hui. « Supposez, dit le général Poncelet, que le pied de la fileuse soit remplacé par un moteur quelconque ; que l'épinglier, l'ailette à crochets, le soit aussi par un mécanisme qui permette au fil de s'enrouler d'un mouvement de va-et-vient spontané sur la bobine devenue verticale ainsi que la broche ; que le rapport de la vitesse de l'enroulement ou de l'étirage du fil à la torsion soit rendu indépendant du grossissement de la bobine ; qu'enfin, les doigts de la fileuse qui produisent et règlent l'étirage des fibres dans la masse de la quenouille, soient remplacés encore par une succession de mécanismes rangeant ces fibres les unes à côté des autres parallèlement, et les étirant de quantités proportionnelles convenablement allongées ou tordues, et l'on aura une idée générale » du problème qu'il y avait à résoudre pour construire un métier à filer automate.

II. — FILATURE MÉCANIQUE.

Origine de la filature mécanique. — Au commencement du siècle dernier, le filage était encore une simple occupation des femmes de la campagne, qui le pratiquaient, quelques-unes avec le rouet, le plus grand nombre avec la quenouille. Alors surgit la première des inventions qui devaient donner à cet art un si prodigieux élan en créant la **filature mécanique**.

rigine plausible, il devient permis de supposer qu'il en est ici de ces prétentions absolues comme de celles qui concernent l'invention de beaucoup d'autres importantes machines, dues au progrès lent des arts mécaniques, et dont plusieurs pays s'attribuent à la fois, mais à tort, et très-souvent par pure ignorance, le mérite à peu près exclusif. » Comme le montre la figure, le rouet d'Europe se compose d'un support fixe AA et de parties mobiles, savoir : 1^o une roue verticale R, qu'on fait tourner à l'aide d'une manivelle ou d'une pédale, et qui, au moyen d'une corde sans fin, communique son mouvement à une petite poulie ; 2^o une baguette ou *broche* de fer, fixée par un bout dans la petite poulie et tournant avec elle. Cette broche porte deux pièces distinctes : un tube, ou *bobine*, en papier ou en carton, sur lequel le fil s'envide ; une espèce d'U en fer *b*, muni de crochets, qui sert à diriger le fil, et qu'on nomme *ailette* ou *épinglier*. Elle est fixée sur une espèce de chariot *c*, qu'on approche ou éloigne de la roue à volonté, au moyen d'une forte vis V, en le faisant glisser sur le bâtis B. L'appendice O offre un trou pour recevoir le manche de la quenouille.

La révolution que les temps modernes ont vu s'opérer dans le filage est née en Angleterre, et a eu pour origine les développements de l'industrie cotonnière. Elle s'est ensuite étendue au travail des autres matières textiles. Le filage du coton est donc celui que nous devons étudier le premier.

Filature mécanique du Coton. — Au milieu du xviii^e siècle, la consommation des étoffes de coton était déjà si grande en Angleterre que le filage à la main ne pouvait plus fournir assez de fil aux tisserands. Cette circonstance engagea plusieurs esprits ingénieux à entreprendre des recherches pour construire une machine qui, conduite par un seul homme, pût faire autant d'ouvrage que plusieurs fileuses.

1. Le métier appelé **spinning-jenny**, c'est-à-dire **jenny** ou **jeannette la fileuse**, fut le premier résultat de ces recherches. On en attribue généralement l'invention à Thomas Highs, fabricant de peignes à tisser, de Leigh, dans le comté de Lancastre. On raconte à ce sujet qu'en 1763 ou 1764 cet ouvrier, se trouvant chez un tisserand, son voisin, qui venait de faire une longue et inutile course pour se procurer du fil de coton, se demanda s'il ne serait pas possible de trouver des combinaisons mécaniques capables de produire assez de fil pour qu'on ne pût plus en manquer. Plein de cette idée, il chargea un horloger, nommé Kay, de lui faire des rouages et diverses autres pièces dont il croyait avoir besoin. Tous les deux travaillèrent secrètement, pendant plusieurs mois, dans un grenier de la maison de Highs. Quand la machine fut prête, ils voulurent la mettre en mouvement, mais elle fonctionna si mal que, dans un accès de désespoir, ils la brisèrent et la jetèrent par la fenêtre dans une cour. Kay ne voulut pas se livrer à de nouveaux essais. Quant à Highs, il ne tarda pas à reprendre courage, et, après avoir ramassé les débris qui gisaient éparpillés sur le sol, il se remit tout seul à l'œuvre. Enfin, après plusieurs tâtonnements, il réussit à produire une seconde machine qui marcha bien, et à laquelle il donna le nom de sa fille. Cette première jenny n'avait que six broches¹; mais, bientôt après, Highs en fit une autre

1. En filature, on appelle **broche** la tige ou baguette de fer sur laquelle le fil s'envide à mesure qu'il est produit. Dans les machines, l'envidement n'a

qui en comptait jusqu'à vingt-quatre. Vers 1767, en construisant une machine semblable, le charpentier James Hargreaves y introduisit quelques utiles perfectionnements; ce fait, mal compris, lui a valu d'être regardé par certains auteurs comme l'inventeur de la jenny.

2. La spinning-jenny était excellente pour le fil de trame, mais elle ne pouvait donner du fil assez résistant pour la chaîne¹. Highs, encouragé par le succès de ses premières tentatives, n'hésita pas à poursuivre ses travaux afin de combiner une nouvelle machine qui pût filer le coton au degré de consistance et de finesse que les tisserands exigeaient pour les fils destinés à former la chaîne. Il éprouva d'abord de grands mécomptes; mais, à force de persévérance, il eut le bonheur de produire un métier qui répondait à ses espérances, et dont il avait chargé son ancien associé Kay d'exécuter les diverses pièces. Ce métier fut appelé **throstle** ou **métier continu**. On lui donna plus tard le nom de **métier hydraulique**, parce qu'il fallait une force considérable pour le mettre en mouvement, et que la machine à vapeur n'étant pas encore introduite dans l'industrie, il ne pouvait être employé avec avantage que dans les manufactures mues par une chute d'eau. C'est le premier appareil à filer où l'on ait vu figurer les *cylindres étireurs*, c'est-à-dire l'organe admirable sur lequel repose surtout la filature mécanique.

Highs s'était empressé de rendre publique la spinning-jenny. Il adopta une conduite tout opposée pour le throstle. Considérant cette dernière machine comme la plus importante de ses inventions, il s'efforça de la tenir secrète, dans l'intention de l'exploiter un jour lui-même, aussitôt qu'il aurait pu se procurer les fonds nécessaires pour monter une fabrique. Mais, ces fonds, il ne

pas lieu directement sur la tige métallique, mais sur un tube mobile de papier, de bois ou de carton, dans l'axe duquel passe cette tige; et leur importance varie suivant le nombre de broches dont elles sont munies. (Voyez la note qui précède.)

1. On sait que les tissus ordinaires sont formés par deux séries de fils qui se croisent à angle droit. Les fils de l'une de ces séries sont placés dans le sens de la longueur, tandis que ceux de l'autre sont dans le sens de la largeur et entrelacent les premiers. L'ensemble des fils longitudinaux constitue ce qu'on appelle la **chaîne**, et l'on donne le nom de **trame** à celui des fils transversaux. En raison de la traction que subissent les fils de chaîne, pendant le tissage, ils ont besoin d'être faits de manière à présenter une résistance beaucoup plus grande que ceux de trame.

les posséda jamais, et, en outre, il eut la douleur de se voir ravir les profits et la gloire de sa découverte.

3. Le throstle était achevé depuis quelque temps, lorsque, dans le courant de 1764, un ancien barbier de Bolton-le-Moors, nommé Richard Arkwright¹, épousa une jeune fille de Leigh et vint habiter momentanément cette ville. C'était un esprit ardent, d'une activité prodigieuse et qui, à une patience sans bornes, joignait le talent inappréciable de savoir s'approprier les inventions d'autrui et de les combiner de manière à leur faire produire tout ce dont elles étaient capables. Il est probable qu'il fut amené à s'occuper de la construction des métiers de filature par ce que la rumeur publique lui apprit de celui que Highs cachait avec tant de soin. Quoi qu'il en soit, voici à quel moyen il eut, dit-on, recours pour connaître le secret de ce dernier.

Arkwright, ayant su que l'horloger Kay avait été employé par le pauvre fabricant de peignes, le fit venir et lui commanda quelques pièces de cuivre qu'il disait appartenir à une machine destinée à résoudre le problème du mouvement perpétuel². Kay essaya de le détourner de poursuivre une pareille chimère, et l'engagea à donner une meilleure direction à ses recherches en essayant d'établir une machine à filer le coton. Alors Arkwright se récria, déclarant qu'une semblable entreprise était irréalisable et qu'il se garderait bien de se jeter dans des expériences qui avaient déjà ruiné plusieurs personnes. Kay tomba dans le piège, et, pour prouver à Arkwright que la chose n'était pas aussi difficile qu'il le croyait, il lui confia un modèle de la machine de Highs : c'était le throstle.

Arkwright ayant ainsi obtenu ce qu'il désirait, se mit en quête de capitalistes afin de pouvoir tirer parti de l'invention qu'une

1. **Arkwright** (Richard), né à Preston (Lancastre), en 1732, mort en 1792, de simple barbier devint un des plus heureux manufacturiers de l'Angleterre et laissa à ses héritiers une fortune évaluée à plus de 12 millions de francs.

2. **Mouvement perpétuel.** Le problème qui porte ce nom consiste à construire une machine disposée de telle sorte qu'une fois mise en marche, elle fonctionnerait indéfiniment, sans s'arrêter, se suffisant à elle-même, n'ayant jamais besoin de recourir à une force motrice extérieure pour entretenir son mouvement. Une telle machine est d'une réalisation absolument impossible, et ceux qui cherchent à l'exécuter sont des esprits superficiels et peu au courant des lois de la mécanique. Depuis 1775, l'Académie des sciences n'examine plus les plans ou mémoires qu'on lui adresse à ce sujet, et cette mesure a été adoptée peu à peu par les autres institutions du même genre.

ruse grossière venait de faire tomber entre ses mains. Bientôt, avec l'argent que lui donna M. Smalley, banquier à Preston, et l'aide de Kay, qu'il prit à ses gages en lui recommandant le secret, il chercha à doter le métier de Highs des améliorations qu'il reconnut indispensables. Quand il le jugea en état de fonctionner d'une manière satisfaisante, il le fit breveter en son propre nom : on était alors en 1768. Dans le courant de cette même année, Arkwright établit à Nottingham une petite filature qui était mue par des chevaux ; un peu plus tard, en 1771, il en monta une autre plus importante à Cromford, dans le comté de Derby, en employant une roue hydraulique pour machine motrice. C'est de cette époque que date l'introduction du throstle dans l'industrie. Ainsi qu'on vient de le voir, il a été inventé par Highs ; mais, sans l'esprit entreprenant d'Arkwright, il n'aurait très-probablement vu le jour qu'après bien des années ; peut-être même aurait-il péri avec son auteur qui, doué d'un caractère fimide, ne sut pas sortir de l'obscurité et mourut dans l'indigence.

4. Jusqu'en 1779, la jenny et le throstle constituèrent toute la filature mécanique du coton. La trame était filée par les tisseurs et leurs familles, sur la jenny, qui n'exigeait d'autre force que la main d'un homme, tandis que la chaîne était produite par le throstle, dans des fabriques spéciales mues généralement par des chutes d'eau. Dans le courant de cette même année, Samuel Crompton¹ créa une machine nouvelle qu'il appela **mull-jenny**, en français **moulin de jeannette**, parce qu'elle était une ingénieuse combinaison de la jenny et du throstle.

La mull-jenny opéra dans la filature par machines, telle qu'elle existait alors, la même révolution que les machines précédentes avaient opérée dans le filage à la quenouille et au rouet. Entre autres avantages, elle permit aux filateurs d'obtenir des fils d'une plus grande finesse que par le passé, ce qui rendit possible la fabrication des mousselines. Toutefois, elle ne fut pas d'abord appréciée à sa juste valeur ; elle eut même à soutenir une longue lutte contre les préjugés et l'esprit de routine. Enfin, à partir de 1783, elle se répandit rapidement dans toutes les villes industrielles de l'Angleterre, et son importance grandit encore lorsque

1. Crompton (Samuel), né à Firwood, près de Bolton-le-Moors (Lancastre), en 1753, mort en 1827.

les travaux de James Watt eurent permis d'y appliquer la machine à vapeur¹.

5. A mesure que les inventions qui précèdent s'étaient effectuées, des transformations non moins considérables avaient eu lieu dans les divers appareils destinés à préparer le coton à l'opération du filage. C'est ainsi qu'en 1760 James Hargreaves, pour venir en aide aux cardeurs qui ne pouvaient plus fournir assez de coton cardé aux filateurs, avaient substitué aux anciennes cardes manuelles des cardes dites **à bloc**, qui permettaient de faire deux fois plus de travail. C'est ainsi encore que les nouvelles cardes s'étant elles-mêmes bientôt trouvées en défaut, un inventeur dont le nom n'a pas été conservé, les avait remplacées, vers 1762, par des **cardes à tambour** qui, après divers perfectionnements, sont devenues la machine à carder qu'on emploie aujourd'hui².

6. La première tentative pour introduire en France les machines anglaises à filer le coton remonte à 1773. Elle fut faite, mais sans succès, par les propriétaires d'une manufacture de velours de coton établie à Amiens. Plusieurs entreprises du même genre, qui eurent lieu pendant les années suivantes, n'eurent pas un meilleur sort. Les choses ne changèrent qu'en 1784, quand M. Martin d'Amiens vint fonder au village de l'Épine, près d'Arpajon (Seine-et-Oise), une filature importante dans laquelle il réunit les appareils les plus parfaits alors en usage chez nos voisins. Cet établissement atteignit un très-haut degré de prospérité et servit de modèle à la plupart de ceux qui ne tardèrent pas à s'élever dans différentes localités, notamment à Lyon, à Louviers, à Toulouse, à Orléans, etc. Le gouvernement favorisa ce mouvement avec ardeur en distribuant des récompenses pécuniaires et des encouragements de tout genre à ceux qui importaient ou construisaient des machines supérieures à celles qui étaient déjà connues. C'est ainsi qu'en 1785, il accorda au méca-

1. La première machine à vapeur fut montée, pendant cette même année, 1785, à la filature de M. Robinson, à Papplewick (Nottingham); mais cet industriel ne trouva des imitateurs qu'à partir de 1787. La ville de Manchester n'adopta le nouveau moteur qu'en 1789.

2. Voyez, pour la description de ces machines et de celles dont il sera question plus loin, notre ouvrage intitulé : **ARTS ET MANUFACTURES**, librairie Eug. Belin.

nicien Miln, qui dirigeait à Paris une fabrique de métiers à filer, une gratification de 60,000 livres, un local, un traitement annuel de 6,000 livres, et une prime de 1,200 livres pour chaque assortiment de ses machines qu'il justifierait avoir livré aux manufactures. En 1791, il donna des sommes assez importantes au mécanicien Pikford, de Versailles, et à MM. Morghan et Massey, d'Amiens. Enfin, le 12 octobre 1802, MM. James Douglas et Cockerill, ayant fait breveter des machines qu'ils venaient d'importer d'Angleterre et qui offraient la réunion des derniers perfectionnements réalisés dans ce pays, le gouvernement fit l'acquisition de ce brevet (1807), et ordonna qu'une collection complète des machines nouvelles fût déposée au Conservatoire des arts et métiers¹, pour servir de modèle aux constructeurs. C'est de cette époque que datent, dans notre pays, les grands progrès de la filature du coton par des moyens mécaniques.

7. La filature mécanique du coton est aujourd'hui répandue partout. Néanmoins, c'est en Angleterre qu'elle a reçu les développements les plus considérables. Les Etats-Unis occupent le second rang, puis viennent successivement la France, l'Allemagne et la Suisse. Cette industrie emploie deux classes principales de métiers : les métiers continus et les mull-jennys ; mais depuis la fin du siècle dernier, ces machines ont reçu un nombre si prodigieux de transformations et de perfectionnements qu'elles n'ont, pour ainsi dire, que le nom et le principe de commun avec celles de Thomas Highs et de Samuel Crompton. On considère le métier dit **mull-jenny self-acting**, ou **mull-jenny automate**, appelé aussi **métier renvideur**, comme un résumé complet de tous les progrès de la mécanique contemporaine ; c'est celui qui effectue le plus complètement, d'une manière tout à fait automatique, les diverses opérations du travail du coton, aussi bien celles qui précèdent le filage que le filage lui-même.

1. **Conservatoire des arts et métiers.** Etablissement célèbre fondé à Paris pour contribuer au développement de l'industrie nationale. Il a été créé le 10 octobre 1794, par un décret de la Convention ; mais ce n'est guère qu'après 1815 qu'il a commencé à prendre de l'importance. Il forme aujourd'hui une sorte d'institut technologique, unique au monde, qui renferme une bibliothèque spéciale d'une grande richesse, des collections de machines et d'appareils de tout genre, et des cours publics sur les applications de la science aux arts industriels.

Filature mécanique de la Laine. — 1. La filature mécanique de la *laine cardée* a précédé de beaucoup celle de la laine *peignée*¹. Elle date de l'invention de la mull-jenny. Pendant longtemps, elle s'est faite exclusivement avec cette machine; mais, depuis une quinzaine d'années, on y emploie aussi le métier continu. « Les modifications apportées au vieux throstle, dit à ce sujet un éminent industriel, le rendent dès à présent propre au travail de la laine cardée. Si nos prévisions se réalisent, la filature aura à sa disposition un nouveau métier *self-acting*, c'est-à-dire automate, précieux par sa simplicité et le peu de place qu'il occupe, si on le compare aux machines de ce nom. »

2. Les premiers essais pour appliquer les procédés mécaniques au filage de la *laine peignée* remontent à 1816. Ils restèrent sans succès signalé jusqu'en 1824. Des résultats satisfaisants ne commencèrent même à être obtenus qu'en 1841, lorsqu'on adopta la **peigneuse** de Godard, d'Amiens, plus connue sous le nom de John-Collier, son constructeur. Quatre ans après, c'est-à-dire en 1845, parut une machine du même genre, mais beaucoup mieux combinée, celle de Josué Heilmann², de Mulhouse, qui vint résoudre, de la manière la plus heureuse, un des problèmes les plus importants de la filature mécanique de la laine peignée. C'est grâce à cette peigneuse et à plusieurs autres appareils du même inventeur, exécutés et presque toujours heureusement améliorés par M. Nicolas Schlumberger, que la transformation de la laine

1. On sait que toutes les espèces de laines se divisent en deux catégories bien distinctes : les *laines cardées*, pour la fabrication des étoffes feutrées et tirées à poils, comme les draps et les couvertures; et les *laines peignées*, pour la fabrication des étoffes rases, non feutrées, telles que les mérinos et les cachemires d'Ecosse. A cause de leur destination spéciale, les laines de chacune de ces catégories ont besoin d'être soumises à des opérations différentes, avant le filage proprement dit, afin que les fils qui en proviennent soient propres à l'usage qu'on veut en faire. On obtient ce résultat à l'aide d'un peignage soigné, pour les laines dites *peignées*, et au moyen d'un cardage analogue à celui du coton, pour les laines cardées.

2. Heilmann (Josué), né à Mulhouse, en 1796, mort en novembre 1848, s'occupait toute sa vie d'améliorer le matériel des manufactures de tissus. La peigneuse est celle de ses inventions qui l'a surtout rendu célèbre; mais, avant de l'exécuter, il avait créé plusieurs autres machines très-remarquables, parmi lesquelles nous citerons seulement une machine à broder, une machine à métrer, une machine à tisser le velours, etc.

3.

peignée en fil par des moyens mécaniques a pu arriver au degré de perfection le plus complet.

Filature mécanique du Chanvre et du Lin. —

1. Les premiers essais entrepris pour filer mécaniquement le chanvre et le lin ont été faits, à la fin du siècle dernier, en France, en Angleterre et en Ecosse. Malgré le savoir des hommes éminents qui s'en occupèrent, et parmi lesquels se trouvait notre illustre chimiste Berthollet¹, on ne put réussir, à cause de la nature particulière de ces deux substances, qu'à produire des fils grossiers, peu solides et très-irréguliers.

2. Le problème était donc tout à fait à résoudre, lorsque, le 7 mai 1810, un décret de l'empereur Napoléon I^{er} offrit un prix d'un million à l'inventeur de la machine qui exécuterait le filage du lin et du chanvre dans les divers degrés de finesse réclamés par l'industrie. Le concours devait être fermé le 7 mai 1813. Les événements politiques ne permirent pas au gouvernement de donner suite à ce projet; mais les vrais principes de la filature mécanique du chanvre et du lin n'en furent pas moins découverts par un de nos compatriotes, l'ingénieur Philippe de Girard², et, dès le mois de juillet 1810, deux petites machines construites par le mécanicien Laurent et l'horloger Henriot, pour le compte et sous les yeux de l'inventeur, fonctionnèrent à titre d'essai. Pendant les deux années suivantes, ces machines reçurent plusieurs perfectionnements à la suite desquels, dans le courant de 1813, Philippe de Girard fonda, en société avec ses frères et plusieurs capitalistes, deux filatures à Paris, l'une rue de Vendôme, au Marais, et l'autre rue de Charenton; mais, pour diverses causes, ces établissements n'eurent aucun succès industriel. Du

1. **Berthollet** (Claude-Louis), né à Talloire (Savoie), en 1749, mort en 1822, a puissamment contribué à la fondation de la chimie moderne. Entre autres découvertes, on lui doit l'application du chlore au blanchiment, et d'importants travaux sur l'art de la teinture, qu'il érigea en science positive.

2. **Girard** (Philippe de), né en 1775, au village de Lourmarin (Vaucluse), mort à Paris, le 26 août 1845, quelques mois après son retour de Pologne, où il avait passé près de 20 ans. Dès sa jeunesse, il s'occupa de mécanique. Ainsi, en 1789, lorsqu'il n'avait encore que quatorze ans, il construisit une ingénieuse machine pour utiliser les vagues de la mer. Le nombre des inventions qu'il fit dans sa longue carrière est presque incalculable, mais la plus importante est celle de la filature mécanique du chanvre et du lin. Il était établi à Paris depuis plusieurs années quand il la réalisa.

reste, les métiers de Philippe de Girard étaient encore loin de pouvoir fonctionner d'une manière tout à fait satisfaisante; ils réclamaient de nouvelles et de nombreuses améliorations, dont leur inventeur ne put les doter immédiatement, parce que, se trouvant sans ressources par suite de la perte de sa fortune, il fut obligé de suspendre ses travaux; il finit même, tenté par les promesses généreuses de l'Autriche, par s'expatrier volontairement.

3. La filature mécanique du chanvre et du lin avait été créée théoriquement en France. L'Angleterre la réalisa pratiquement. Au mois de novembre 1814, deux des associés de Philippe de Girard, ayant réussi à se procurer les dessins et la description des procédés de cet inventeur, les vendirent à un négociant de Londres, appelé Horace Hall, qui s'empressa de les faire breveter à son nom¹. Les Anglais comprirent admirablement toute la valeur de cette acquisition. Ils se mirent avec ardeur à la perfectionner, et ils la complétèrent en y ajoutant des machines destinées à la préparation des étoupeés.

4. La filature du lin était déjà complète en 1826. De Leeds (Écosse), qui fut son berceau, elle se répandit rapidement dans les trois royaumes. Dès 1830, elle constituait une industrie très-importante; mais les manufacturiers anglais, qui, après avoir plusieurs fois bouleversé leur outillage, étaient enfin arrivés à de bons résultats, enviaient leurs procédés de fabrication d'un si profond mystère que ce fut surtout par l'apparition des fils anglais sur le continent que nos industriels apprirent qu'un champ nouveau leur était ouvert.

5. Ce fut à Leeds qu'en 1833 et 1834 nos filateurs et nos constructeurs allèrent étudier et chercher la fileuse de Philippe de Girard, et ils la rapportèrent enrichie de toutes les améliorations qu'elle avait reçues. C'est donc de cette époque que date la filature mécanique du lin dans notre pays. Nous en sommes surtout redevables aux frères Scrive, de Lille, à MM. Féray, d'Essonne, Decoster, de Paris, Vaison, d'Abbeville, et à quelques autres qui, pour doter la France d'un nouvel élément de prospérité,

1. D'après le général Poncelet, ces associés se nommaient Lanthois et Cachard; ils extorquèrent les pièces à M. Duserreau, ami de Philippe de Girard, à qui celui-ci les avait confiées, et ils les vendirent 20,000 livres sterling, soit 500,000 francs, à Horace Hall.

ne reculèrent devant aucun sacrifice pécuniaire, quelquefois même jouèrent, dit-on, leur liberté.

6. Après la France, la Belgique adopta la filature mécanique du lin. L'Allemagne vint ensuite, en sorte que peu à peu cette industrie se répandit depuis l'Irlande jusqu'à la Vistule, et même jusqu'aux rives de la Néva.

Filature mécanique de la Soie. — 1. « La formation des fils de soie diffère essentiellement de celle des autres matières textiles. Pour celles-ci, la filature consiste dans la transformation successive et régulière de fibres d'une longueur restreinte en un fil d'un développement indéfini, disposé sur une bobine. Pour la soie, le cocon (*fig. 21*) est une bobine qu'il suffit de ramollir pour en tirer le brin tout formé. Les préparations premières se bornent, les cocons étant ramollis, à en dévider plusieurs pour obtenir un fil d'une résistance en rapport avec l'emploi qu'on veut en faire. » La filature de la soie n'a donc aucun rapport avec celle des autres textiles.

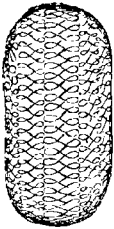


Fig. 21.
Disposition
du fil dans le
cocon.

2. Les procédés mécaniques qui servent à filer la soie paraissent avoir été créés dans la seconde moitié du xiv^e siècle, par un industriel de Bologne, nommé Borghesano Lucchesi, et c'est, dit-on, de cette ville qu'ils se répandirent dans tous les pays séricicoles. Ce n'est toutefois qu'entre 1744 et 1770 que l'illustre Vaucanson¹ en découvrit les vrais principes et proposa des machines qui, encore aujourd'hui, peuvent servir de modèles. Depuis cette époque, plusieurs innovations très-utiles ont été rendues pratiques. Ainsi, le mode de chauffage, tel qu'il existe dans les établissements bien conduits, a été inventé par Gensoul, de Lyon, quelque temps avant l'exposition de 1806 ; mais il n'a commencé

1. **Vaucanson** (Jacques de), né à Grenoble, en 1709, mort en 1782, est un des hommes qui ont le plus fait pour améliorer le matériel de nos manufactures de tissus. Quant aux *automates* qui l'ont rendu si célèbre aux yeux du vulgaire, ce sont de « sublimes jouets » qu'il exécuta dans ses moments de délassement. N'oublions pas que le Conservatoire des arts et métiers (voy. la note de la page 104) doit son origine à une collection de machines formée par ce grand mécanicien, et qu'il légua à Louis XVI.

à se propager qu'en 1820. Ainsi encore, c'est depuis 1830 que l'usage s'est introduit de remplacer la tourneuse à la main par un moteur mécanique. Le travail de la *bourre*¹, comme industrie manufacturière, n'est pas même antérieur aux années 1815-1817, où M. Hollenwerger, de Colmar, remporta le prix proposé par la Société d'encouragement pour le filage mécanique de cette matière.

CHAPITRE III.

Le Tissage.

Objet du *tissage*. — Son ancienneté. — *Tissage manuel*. — Premier métier à tisser. — Premiers progrès : invention de la navette, des lames, des ensouples, du battant, des marches. — Métier à marches. — Les tissus unis sont les plus anciens. — Invention des tissus façonnés. — Métier à la tire. — Habileté des tisserands de l'antiquité. — Ce qu'a fait le génie moderne pour améliorer le tissage. — *Tissage mécanique*. — Etoffes unies : de Gennes, Vaucanson, Edmond Cartwright ; son extension en Angleterre, son introduction en France. — Etoffes façonnées : Claude Dagon, Garon, Bouchon, Falcon, Vaucanson, Jacquard, Breton. — Ce qu'on entend par étoffes brochées : Prosper Meynier et le battant-brocheur.

Objet du tissage. — Le **tissage** a pour objet d'entrelacer, d'une certaine manière, les fils fournis par le filage afin de les convertir en étoffes. On comprend sans peine que, comme ce dernier, il remonte à l'origine de l'industrie humaine. « En effet, lorsqu'on admire la merveilleuse adresse qui a été donnée par la nature à l'instinct natif de la fauvette, pour tresser le berceau de sa couvée, on ne saurait penser que l'homme se soit longtemps contenté de se couvrir de feuilles sèches ou même de la peau des animaux de la chair desquels il avait fait sa nourriture. Dès qu'un flocon de laine étiré entre les doigts a donné naissance à un fil, l'idée d'enchevêtrer plusieurs fils ensemble pour en faire

1. **Bourre de soie.** On désigne sous ce nom la soie provenant des cocons percés et celle qui résulte du déchet du moulinage. On la travaille à part pour faire ce qu'on appelle la *fantaisie*.

une feuille ou une peau factice, mais plus résistante ou plus homogène, n'a pas dû se faire attendre¹. »

Comme pour la filature, on distingue le *tissage manuel* et le *tissage mécanique*, le premier connu de tout temps, le second d'origine moderne.

I. — TISSAGE MANUEL.

Premier métier à tisser. — 1. Tout porte à croire que le premier appareil pour croiser et entrelacer les fils ne différait pas de celui dont se servent aujourd'hui encore les paysans égyptiens pour faire des nattes (*fig. 22*).

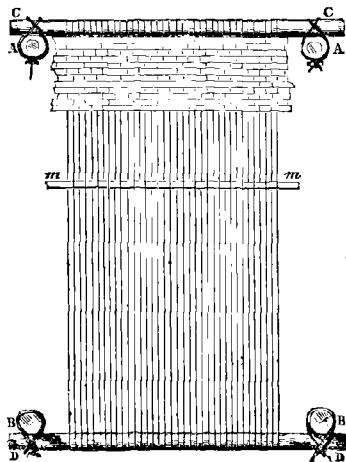


Fig. 22.
Métier égyptien à nattes.

Quatre piquets AA, BB, plantés en terre aux quatre coins d'un carré long, sont joints deux à deux, à chaque extrémité du carré, par une traverse de bois CC, DD. Des ficelles tendues d'une traverse à l'autre constituent la *chaîne*². Des brins de junc, rendus flexibles par un séjour dans l'eau, sont passés avec les doigts alternativement dessus et dessous les ficelles consécutives, de manière à

les croiser perpendiculairement, puis rapprochés les uns des autres au moyen d'une baguette *mm* qu'on introduit de temps en

1. E. Burel, *Nouveau manuel du Tissage mécanique*. Paris, E. Roret, 1869. Nous avons emprunté à cet excellent ouvrage trois des figures de cette notice. Suivant une autre opinion, c'est la toile de l'araignée qui aurait donné la première idée du tissage.

2. Voyez pour l'explication des mots *chaîne* et *trame*, la note de la¹ page 100.

temps dans la chaîne. Ces jones représentent la *trame*, et la baguette mobile est le rudiment de ce que les tisserands modernes appellent *battant*.

Ainsi, des milliers de siècles ont passé, sans apporter de modification radicale au principe enseigné par la nature, pour la confection d'un tissu. Les procédés seuls ont varié, pour faciliter ou activer le travail.

2. Dans l'origine, la trame était formée par des fils isolés qui étaient arrêtés sur les bords du tissu au moyen d'un entrelacement grossier. Par suite de cette disposition, le corps du tissu se trouvait bien lié, mais ses bords ne présentaient aucune solidité parce qu'ils étaient exposés à se désunir.

Le premier perfectionnement introduit dut être l'emploi de la **navette** (*fig. 23*). Cet instrument permit d'emmagasiner, sur une bobine se déroulant au fur et à mesure, un fil d'une certaine longueur qui, en revenant sur lui-même à chaque trajet, donna à toutes les parties de l'étoffe la solidité dont elles avaient manqué jusqu'alors.

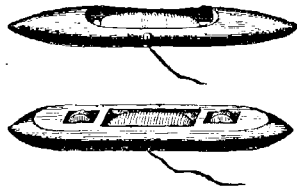


Fig. 23.
Navettes.

3. L'invention de la navette fut un progrès considérable, mais, pour la rendre pratique, il fallut trouver le moyen de lever simultanément la moitié *c* des fils de la chaîne (*fig. 24*) et d'abaisser l'autre moitié *d* d'une quantité égale. On obtint ainsi un canal angulaire *e* au travers duquel la navette pût passer d'un seul jet entraînant son fil derrière elle.

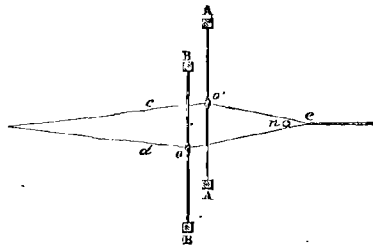


Fig. 24.

Le premier fil *n* passé et serré dans le fond du canal au moyen de la baguette dont nous avons parlé, on répéta le mouvement de hausse et de

baisse des fils de la chaîne, mais en l'intervertissant. En se croisant, ces fils enfermèrent celui de la trame et formèrent un nouveau canal que la navette traversa encore en retournant sur ses pas, et les choses purent continuer de la même manière à l'infini.

4. Le mouvement des fils de la chaîne a été produit à l'origine par le tirage à la main. Ils passaient dans les boucles *oo'* d'autant de ficelles verticales attachées par leurs deux extrémités à des tringles de bois AA, BB, et les choses étaient disposées de façon que, lorsqu'on tirait ces tringles, on faisait monter ou descendre les ficelles qu'elles portaient et, par suite, les fils de la chaîne correspondants à celles-ci. Ces ficelles sont devenues nos *lisses* et ces tringles nos *lumes*.

5. Après ce perfectionnement en vint un autre qui eut pour

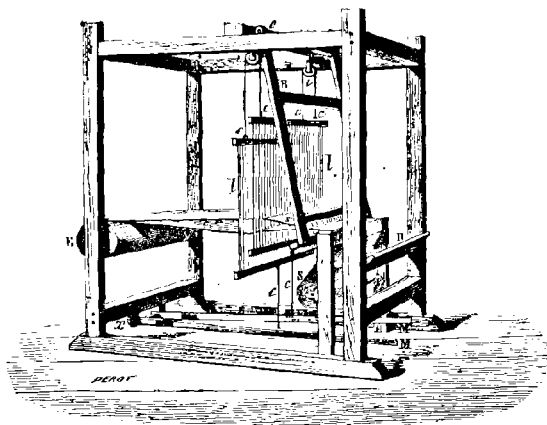


Fig. 23.
Métier à marches.

objet l'allongement pour ainsi dire indéfini des fils de la chaîne. Au lieu de les attacher à des pièces fixes; on imagina de les enrouler sur un cylindre tournant placé sur le derrière du métier, et qu'on déroulait à mesure que l'étoffe était faite, tandis qu'on enroulait celle-ci sur un cylindre semblable placé à l'extrémité

opposée. L'adoption de ces cylindres, que nous appelons aujourd'hui *ensouples*, permet de donner aux tissus une longueur considérable et qui n'avait d'autre limite que celle des fils employés.

6. Avec les éléments qui précèdent, le métier à tisser présentait déjà des conditions de fonctionnement très-favorables. Il fut encore doté de deux améliorations d'une grande valeur. La première eut pour objet de remplacer la baguette employée pour presser le fil de trame après chaque passage de la navette, par un appareil spécial qui a reçu le nom de *battant*. Quant à la seconde, elle consista à supprimer l'ouvrier chargé de faire monter et descendre les lames pour faciliter le passage de la navette et croiser les fils de la chaîne, et l'on produisit le même effet en disposant sous le métier, des pédales ou *marches*, sur lesquelles le tisserand lui-même agit avec les pieds.

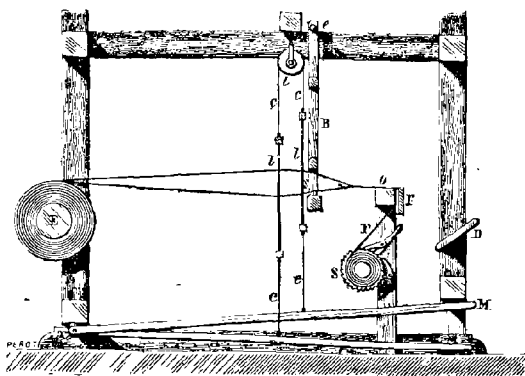


Fig. 26.

Coupe du métier à marches.

7. Dès ce moment, le métier à tisser forma une machine complète, qui, employée par tous les peuples de l'antiquité, est arrivée jusqu'à nous sans avoir subi aucun changement d'une grande importance. C'est celui que l'on désigne aujourd'hui sous le nom de **métier à marches**, le seul qu'on trouve encore chez les tisserands de village de toute l'Europe.

Métier à marches. — Comme le montrent les dessins

(fig. 25 et 26), ce métier se compose d'un bâti solide, et de parties mobiles qui servent à exécuter le travail.

Le bâti a généralement une hauteur de 3 mètres, une largeur de 3 mètres et demi, et une profondeur de 1 mètre 80 centimètres : il présente en avant une planche inclinée D qui sert de siège au tisserand.

Les parties mobiles sont les suivantes : E, ensouple de derrière sur laquelle les fils de la chaîne sont enroulés ; S, ensouple de devant sur laquelle l'ouvrier enroule l'étoffe, à mesure qu'il la fabrique, en se servant d'une roue à déclie et d'une manivelle ou d'un levier. MM sont les pédales ou marches, tringles de bois mobiles autour d'un axe x , qui traverse une de leurs extrémités. Les lisses ou lames, ll , sont de grosses ficelles, ou *mailles*, munies de nœuds ou d'anneaux pour livrer passage aux fils de la chaîne. Les ficelles de chaque système sont assemblées en haut et en bas au moyen de deux réglettes de bois, dont l'une, la supérieure, a ses extrémités attachées à une corde c qui va passer dans la gorge d'une poulie i fixée au haut du bâti, tandis que l'autre, l'inférieure, communique par une corde semblable c' avec les marches. Il résulte de cette disposition que les lisses se partagent les fils de la chaîne et peuvent les faire monter et descendre alternativement, quand on appuie successivement sur les marches correspondantes. Enfin, s est le battant. C'est une traverse de bois horizontale suspendue en haut du bâti par deux montants B à pivot e , de manière à pouvoir osciller d'avant en arrière. Cette traverse porte un peigne d'acier ou de roseau, appelé *ros*, dont les dents, en nombre égal à celui des fils de la chaîne, séparent ces derniers les uns des autres. Ce sont ces dents qui serrent le fil de la trame, à chaque passage de la navette, dans le canal angulaire formé par les fils de la chaîne.

Tissus unis, tissus façonnés. — Les premiers tissus étaient *unis*, et exactement semblables de chaque côté; ce sont, en effet, les plus simples de tous, par conséquent, ceux qu'on a dû faire à l'origine même du tissage. Plus tard, à mesure que les arts se perfectionnèrent, on eut l'idée de produire des ornements à la surface des étoffes au moyen des seules ressources du métier à tisser. La réalisation de cette idée donna naissance à la fabrication des tissus dits *façonnés*. Mais, comme l'exécution des orne-

ments exige que les fils de la chaîne puissent se mouvoir isolément, on fut conduit à modifier le métier ordinaire. Alors parut, sans doute après des tâtonnements assez longs, le métier dit **à la tire**, qui fut probablement employé par tous les peuples civilisés de l'antiquité, et qui à été d'un usage général en Europe jusqu'aux premières années de ce siècle.

Le tissage chez les anciens. — Ce que beaucoup de personnes ignorent, c'est le degré d'extrême perfection auquel l'art du tissage a été porté de très-bonne heure. Plusieurs milliers d'années avant notre ère, les ouvriers de l'Inde, de l'Assyrie, de l'Égypte, de la Phénicie, savaient faire des tissus unis tout aussi beaux et aussi fins que ceux de nos jours. Ils n'étaient pas moins habiles à produire des tissus façonnés, qu'ils ornaient parfois de dessins très-complicés. Les tisserands de la Grèce et de Rome ne furent pas moins habiles. Enfin, si l'on en juge par les échantillons que nous a transmis le moyen âge, il est incontestable qu'à cette époque, en Asie aussi bien qu'à Constantinople et dans l'Europe occidentale, principalement en Espagne, en Italie, en France, en Angleterre, dans les Flandres, on connaissait et on employait, pour les étoffes de luxe, tous les procédés dont on se sert aujourd'hui.

II. — TISSAGE MÉCANIQUE.

Généralités. — Au milieu du siècle dernier, le tissage était si avancé qu'il semblait n'avoir plus rien à acquérir. C'est principalement pour cela qu'alors ni depuis il n'a pas éprouvé cette transformation qui s'est opérée dans les autres branches de l'industrie des matières textiles.

Le génie moderne n'a réellement fait que simplifier la fabrication des tissus façonnés et créer la fabrication mécanique des tissus simples et unis. Il a obtenu ce double résultat au moyen d'un nombre prodigieux d'inventions dont il n'est pas souvent possible de connaître la date exacte et l'auteur. Il est, en outre, à remarquer que les tisserands européens antérieurs au xvii^e siècle avaient surtout travaillé la laine, le chanvre et le lin, tandis que ceux qui sont venus après eux ont mis en œuvre les matières textiles les plus variées, et sur une échelle dont l'étendue échappe à toute appréciation.

Tissage mécanique des tissus unis. — 1. C'est en France qu'on a eu, pour la première fois, l'idée de fabriquer mécaniquement les tissus unis, mais à l'Angleterre appartient la gloire d'avoir réalisé pratiquement ce progrès.

2. La plus ancienne tentative dans cette voie remonte au mois d'août 1768. A cette époque, un officier de marine, nommé de Gennes, présenta à l'Académie des sciences la description d'une « nouvelle machine pour faire de la toile sans l'aide d'aucun ouvrier. » L'invention fut trouvée ingénieuse, mais sans application possible.

Soixante-sept ans après, en 1745, l'illustre Vaucanson¹ essaya aussi de résoudre le problème, et ne fut pas plus heureux. Comme celui de son prédécesseur, son métier à tisser ne rencontra personne qui voulût l'employer.

Du reste, aucune innovation de ce genre ne pouvait réussir, parce que notre industrie n'était pas encore assez avancée pour comprendre l'utilité du tissage mécanique².

3. Les choses se passèrent tout autrement en Angleterre, quelques années plus tard. Ce pays, se trouvant déjà en possession de la filature mécanique, avait besoin de métiers à tisser à fonctionnement plus rapide que les anciens, afin de pouvoir employer l'énorme quantité de fil que les fileurs livraient chaque jour à la consommation. Le métier du docteur Edmond Cartwright³ fut le premier qui répondit à ce besoin³. Les circonstances qui en amenèrent la construction ont été racontées par l'inventeur lui-même.

1. Sur Vaucanson, voyez la note de la page 108.

2. « Quant à notre pays, dit à ce sujet le général Poncelet, l'esprit des fabricants d'étoffes était loin alors d'être dirigé vers la production économique des tissus, même les plus communs, et cet état de choses a persisté longtemps encore après l'époque où, grâce aux progrès incessants des filatures de soie, de laine et de coton, on se décida enfin chez nous à imiter nos industriels voisins d'outre-Manche. »

3. Cartwright (Edmond), né à Marsham (Nottingham), en 1743, mort en 1824. Outre son métier à tisser, il inventa une machine à carder, etc.

4. D'après Baines, un industriel de Manchester, nommé Gartside, essaya, en 1765, de réaliser la fabrication mécanique des tissus unis. A cet effet, il fit monter dans un établissement de tissage situé aux environs de cette ville, et qui était mis en mouvement par l'eau, un grand nombre de métiers appelés *swivel*, que l'on croit avoir été construits d'après celui de Vaucanson. Cet établissement marcha assez longtemps, mais il ne produisit pas de résultats avantageux, parce qu'il fallait un ouvrier pour surveiller chaque métier.

« Étant à Maltoek, dit-il, pendant l'été de 1784, je me trouvais en compagnie avec quelques habitants de Manchester. La conversation tomba sur la machine à filer d'Arkwright. Une des personnes présentes fit observer qu'aussitôt que la patente d'Arkwright serait expirée, on établirait un si grand nombre de filatures, et que l'on filerait tant de coton, que l'on ne pourrait trouver assez de bras pour le tisser. — Je répondis qu'Arkwright devait ensuite appliquer son esprit à inventer un métier à tisser. Chacun de se récrier, et de soutenir que la chose était impossible; tous les habitants de Manchester émirent unanimement l'avis qu'elle était inexécutable. A l'appui de leur opinion, ils ajoutèrent des arguments auxquels je n'étais pas en état de répondre, parce que j'ignorais complètement le sujet dont il était question : je n'avais même pas encore vu une personne tisser. J'essayai cependant de prétendre que la chose n'était pas impossible, et je fis remarquer que, tout récemment, on avait montré à Londres un automate jouant aux échecs¹. Affirmeriez-vous, Messieurs, dis-je à mes interlocuteurs, qu'il soit plus difficile de construire une machine propre au tissage, qu'une autre qui exécute les divers mouvements que comporte ce jeu compliqué ?

« Peu de temps après, une circonstance particulière m'ayant rappelé cet entretien, je fus frappé de la pensée que, comme dans un tissage uni, ainsi que je comprenais alors ce travail, il ne devait y avoir que trois mouvements qui se succéderaient, il ne serait pas difficile de les reproduire et de les répéter.

« Plein de ces idées, j'employai sur-le-champ un charpentier et un serrurier à les mettre à exécution. Aussitôt que la machine

1. **Automates.** Dans le langage vulgaire, on entend par ce mot des pièces mécaniques représentant des personnes ou des animaux, et qui, au moyen de rouages et de ressorts moteurs, imitent les mouvements volontaires des créatures vivantes. Plusieurs pièces de ce genre ont eu, lors de leur apparition, une grande célébrité. Nous citerons, entre autres : le *Canard*, la *Vielleuse* et le *Joueur de flûte* de Vaucanson; l'*Ecrivain* et l'*Oiseau chantant* de Robert Houdin, etc. Le *Joueur d'échecs* dont parle Cartwright n'avait rien de commun avec les mécanismes de ce genre. Il avait été construit, en 1776, en Russie, aux frais et sous la direction d'un seigneur hongrois, le baron de Kempelen, qui le promena, pendant plus de vingt ans, dans toute l'Europe, où il excita une admiration générale. On finit cependant par reconnaître qu'on était la dupe d'un adroit mystificateur. Un habile joueur était, en effet, caché dans l'intérieur de la machine, et c'était lui qui faisait mouvoir les pièces du jeu.

fut terminée, je me procurai un tisserand pour monter la chaîne, qui était de matières semblables à celles dont on fait ordinairement la toile à voile. A ma grande satisfaction, une pièce de toile, telle quelle, fut le produit de ce premier essai.

« Comme je n'avais réfléchi auparavant à aucun objet mécanique, soit en théorie, soit en pratique ; que je n'avais jamais vu fonctionner un métier à tisser et que je n'avais aucune idée de sa construction, on supposera facilement que mon premier métier fut une machine assez grossière.

« Imaginant, dans ma simplicité, que j'avais accompli tout ce qui était nécessaire, je pris une patente, le 4 avril 1785, pour assurer ce que je croyais être une propriété très-précieuse. Cela fait, je voulus bien condescendre à voir comment on tissait ailleurs, et on comprendra ma surprise, lorsque je comparai mon pauvre métier avec ceux qui étaient communément en usage. Profitant cependant de ce que je voyais, je construisis un nouveau métier à peu près semblable, dans ses principes généraux, à ceux que l'on fait maintenant ; mais ce ne fut qu'en 1787 que je complétais mon invention, et, le 1^{er} août de cette même année, je pris ma dernière patente pour le tissage. »

Quelque temps après, Cartwright, voulant tirer parti de son métier, établit à Doncaster une fabrique de tissage qui recevait le mouvement d'une machine à vapeur, mais l'entreprise ne réussit pas. Une seconde tentative semblable, faite, en 1790, non loin de Manchester, par MM. Grimshaw, de Gorton, n'eut pas plus de succès. Toutefois, à partir de ce moment, le problème du tissage mécanique ne cessa d'exercer la patience et le génie inventif des principaux constructeurs de l'Angleterre, parini lesquels se distinguèrent surtout les Robert Miller, de Printfield (1796), les Borrocks, de Stockport (1803), les Thomas Johnson, de Bradburg (1803), etc., et les difficultés qui l'empêchaient de prendre racine finirent par disparaître. En 1806, on comptait à peine quelques métiers, presque tous à Manchester ou aux environs. Vers 1820, l'Angleterre et l'Écosse en possédaient ensemble près de 14,000. En 1829, ce nombre s'élevait à 55,000 environ, et aujourd'hui il dépasse 500,000.

4. D'Angleterre, le tissage mécanique a été introduit dans les autres pays. Les premières tentatives pour en doter la France

remontent au commencement de ce siècle ; elles furent faites par Biard (1804) et Despiau (1805). Toutefois, notre pays n'en a été doté que longtemps après, et il a dû ce bienfait à un grand nombre de mécaniciens parmi lesquels nous citerons seulement les Vignerons, les Debergues, les Calla, les Risler et Dixon, les Josué Heilmann, etc.

5. Il est à remarquer que les métiers mécaniques ne servirent d'abord qu'à la fabrication des tissus de coton ; mais, à mesure qu'on apprit à mieux les connaître, on les employa aussi au travail de la soie, de la laine, du chanvre et du lin. Toutefois, jusqu'à présent, ils n'ont pas donné des résultats bien satisfaisants pour la laine et la soie. Ce qui s'oppose à l'emploi de ces appareils pour la laine, c'est, dit le professeur Alcan, « le peu de résistance qu'offrent les fils de cette matière aux brusques mouvements mécaniques, qui occasionnent des ruptures plus fréquentes que les métiers à bras, et rendent par conséquent le travail plus défectueux et plus coûteux. Quant aux étoffes de soie, qui ont besoin d'une si grande perfection, dépendant de l'attention et de la surveillance lors du travail, on comprend aussi que le tissage mécanique ne peut présenter un grand avantage, surtout dans les localités où la main-d'œuvre est à bas prix. Cependant on ne peut douter que le tissage automatique n'arrive pas un jour à être exclusivement employé pour toutes les matières. De nombreuses tentatives surgissent chaque jour, » et il est incontestable que le succès les couronnera.

6. La création du tissage mécanique des étoffes unies fut accompagnée ou précédée du perfectionnement, de la découverte même de plusieurs organes plus ou moins délicats sans lesquels les métiers de Cartwright et de ses continuateurs n'auraient pu fonctionner d'une manière convenable. Nous citerons seulement la **navette volante**, dont l'invention est généralement attribuée à John Kay, fabricant de cannes à Bury, près de Manchester, au nom duquel elle fut patentée le 26 mai 1733. Avant d'entrer comme partie constituante dans les métiers mécaniques, cette navette fut adaptée aux métiers ordinaires, au grand avantage des ouvriers, auxquels elle permit de faire deux fois plus d'ouvrage avec deux fois moins de fatigue. Les Anglais ne l'utilisèrent guère qu'après 1760. John Kay essaya vainement de la faire adopter

en France, où il se rendit lui-même vers 1740. En 1788, un Irlandais, nommé John Macloud, qui avait été contre-maître dans une fabrique de Manchester, fut chargé par le gouvernement de Louis XVI d'en propager l'usage dans nos principales villes manufacturières. Il obtint, dit-on, d'excellents résultats partout où il passa ; mais il paraît que son enseignement n'eut pas une longue durée, car, sous le Consulat, le chimiste Chaptal, alors ministre de l'intérieur, écrivit à tous les préfets pour les inviter à envoyer des ouvriers à la fabrique de M. Bawens, près de Passy, où on leur enseignerait l'art de tisser à la navette volante, ce qui n'aurait pas été nécessaire si l'invention de John Kay eût été réellement répandue dans notre industrie. De leur côté, les préfets rivalisèrent de zèle pour stimuler leurs administrés. « C'est par la supériorité de leurs procédés, disait l'un d'eux, que les fabriques étrangères sont redevables des succès qu'elles ont remportés sur les nôtres ; il est temps de rivaliser avec elles et de faire succéder les triomphes des arts à ceux de la guerre. »

Tissage mécanique des tissus façonnés. —

1. Les tissus dits *façonnés* ou *figurés* sont ainsi appelés parce qu'ils sont ornés de dessins obtenus par des croisements particuliers de fils. Or, comme nous l'avons vu précédemment, l'exécution de ces dessins exige que le métier soit disposé de manière que les fils de la chaîne puissent être alternativement soulevés et abaissés, soit isolément, soit plusieurs ensemble, et dans l'ordre voulu par la nature de l'effet qu'on veut produire. Pendant des siècles, cette manœuvre des fils a été effectuée par des moyens très-complicés et, dans la plupart des cas, très-pénibles, parmi lesquels se trouvait la nécessité de faire mouvoir les fils par des ouvriers, nommés *tireurs de lacs*, qui, au commandement du tisseur, agissaient sur des cordons attachés aux fils isolés et aux groupes de fils.

2. La fabrication mécanique des tissus façonnés est non-seulement d'origine française ; mais, de plus, c'est en France, et à Lyon, qu'elle a été créée et pratiquement réalisée.

3. Le premier progrès date du commencement du xviii^e siècle. A cette époque, on ne connaissait encore que le métier dit **à la petite tire**, en usage de temps immémorial chez les Chinois, dans

lequel un des tireurs était placé au-dessus du bâti, et qui ne pouvait fournir que des étoffes de petite largeur. En 1606, Claude Dagon changea la position des cordons que cet ouvrier était chargé de tirer et les ajusta de façon à pouvoir être manœuvrés d'en bas. Cette disposition, appelée **grande tire**, permit d'augmenter presque indéfiniment le nombre des lacs, ou la hauteur et les couleurs du dessin. En 1717, Jean-Baptiste Garon y ajouta, pour diminuer la fatigue des tireurs de lacs, un treuil horizontal et à rouleaux parallèles, dont l'adoption eut pour résultat de rendre possible la suppression d'un des tireurs. D'autres inventions ayant également pour objet de n'employer à la manœuvre des cordes que la force d'un seul ouvrier, furent faites dans les années qui suivirent; mais aucune ne put entrer dans la pratique. Telles furent, entre autres, celles de Régnier aîné (1755), de Fleury-Dardois (1776), de Paulet (1777), de Perrin (1778), de Claude Rivet (1779).

4. A l'époque où ces derniers inventeurs exécutaient leurs recherches, il y avait déjà longtemps qu'on avait trouvé le procédé qui devait l'emporter sur tous les autres et devenir d'un usage universel pour toutes les espèces de tissus façonnés. En effet, en 1725, un ouvrier tisseur, nommé Basile Bouchon, avait eu une idée qui, bientôt fécondée par le chef d'atelier Falcon (1728-1748), fournissait « le moyen le plus propre à soustraire les métiers de grand façonné à la complication inextricable des nœuds et des cordes, en substituant à chaque lac une bande de carton percée de trous en des points déterminés par le dessin, et enlacée avec ses voisines de manière à former une surface continue et flexible. » Un peu plus tard, Vaucanson ¹ s'occupa aussi de la fabrication mécanique des tissus façonnés; mais le métier qu'il construisit ne fut jamais employé. Après avoir figuré dans la collection des machines de son inventeur, ce métier passa dans les galeries du Conservatoire des arts et métiers ², où, après des années d'oubli, une circonstance fortuite vint le tirer de l'obscurité.

5. Le 23 décembre 1801, un ouvrier tisseur de Lyon, appelé Joseph-Marie Jacquard ³, qui, à l'exemple de tant d'autres, cher-

1. Sur Vaucanson, voyez la note de la page 108.

2. Sur le Conservatoire des arts et métiers, voyez la note de la page 104.

3. Jacquard (Joseph-Marie), né à Lyon en 1752, mort en 1834.

chait à perfectionner les machines servant à la fabrication des tissus façonnés, prit un brevet d'invention pour un métier qui était une simple modification de ceux que deux autres Lyonnais, Ponson (1773) et Verzier (1790-1800), avaient déjà proposés. Ce métier était construit sur un principe vicieux ; néanmoins il lui valut, à l'exposition de cette même année ¹, une récompense honorifique.

Quelque temps après, Jacquard, ayant présenté à la Société d'encouragement un métier à fabriquer les filets de pêche ², fut invité par cette Société à se rendre à Paris afin d'y faire fonctionner sa machine sous les yeux de commissaires délégués à cet effet. Ce voyage, qui eut lieu en 1803, le mit à même de visiter et d'étudier à loisir le métier de Vaucanson, qui, nous l'avons dit, était délaissé dans les salles du Conservatoire.

Après son retour à Lyon, Jacquard « eut l'heureuse et féconde pensée de réunir les cartons à nappes pendantes de Falcon avec un des organes constitutifs et caractéristiques de la machine de Vaucanson. Toutefois, cette simple réunion de deux inventions dont l'une, la seconde, n'était jamais entrée dans la pratique, ne put marcher couramment dans les ateliers que lorsqu'un habile mécanicien, du nom de Breton, l'eut profondément modifiée en la dotant d'une foule de perfectionnements de détail, dont plusieurs, d'une importance capitale, qu'il imagina de 1803 à 1816, d'abord en société avec Jacquard, puis livré à ses seules ressources ³.

1. Jacquard obtint une médaille de bronze, « très-suffisante récompense d'un système promptement abandonné, quoi qu'en aient dit certains auteurs mal informés. » (Poncelet.)

2. Voyez une note de la page 144.

3. On trouvera, dans les ouvrages, si remarquables à tant de titres, des généraux Plobert et Poncelet l'énumération des améliorations de tout genre que Breton fit au métier dit à la Jacquard, et dont ce mécanicien eut d'ailleurs soin de spécifier les principales dans un brevet à son nom, daté du 28 février 1815. La collaboration de Breton explique, dit ce dernier, comment Jacquard « n'a jamais pris de brevet d'invention pour le métier qui porte son nom, et comment, par une réserve attribuée à un sentiment exclusif de modestie, il ne s'en est jamais non plus déclaré positivement l'inventeur, quoique, à coup sûr, l'heureuse inspiration qui le conduisit à réunir, à grouper les idées de Falcon et de Vaucanson en un même métier, ait en soi un immense, un incontestable mérite d'application, et lui en donnât certes le droit au même titre qu'à beaucoup d'autres inventeurs célèbres, dont les noms sont devenus les types populaires, mais souvent incomplètement justifiés, de toute une branche d'industrie mécanique. » Si,

Alors seulement, grâce à la persévérance et à l'esprit inventif de cet artiste, dont les services ont été injustement oubliés ou méconnus, le métier dit à la **Jacquard** put devenir d'un usage avantageux, et son adoption, qui d'abord avait été très-lente, devint bientôt générale. Dès ce moment, une ère nouvelle commença pour l'industrie des étoffes façonnées.

« Ce grand progrès ne fut obtenu, on le voit, qu'après beaucoup d'hésitation et de longs tâtonnements, quoique tous les éléments du système fussent connus depuis longtemps ; ce fut faute de coordonner ensemble ces éléments et de les simplifier en les adaptant les uns aux autres, qu'on resta tant d'années pour atteindre le but. Mais simplifier, c'est le lot du génie, tandis que le vulgaire croit inventer lorsqu'il multiplie outre mesure des moyens très-ordinaires. » (Piobert.)

6. Depuis 1812, le métier dit à la Jacquard s'est répandu dans tous les pays où l'industrie des tissus est florissante ; mais on l'a enrichi d'un nombre d'améliorations si considérable, que celui dont il porte le nom aurait probablement de la peine à le reconnaître.

Battant-Brocheur. — Parmi les tissus façonnés, il en est qui sont ornés de dessins ou bouquets séparés : on les dit **brochés**. Quand on examine les deux côtés d'une de ces étoffes, on s'aperçoit que chaque dessin est obtenu en faisant passer le fil destiné à le former sur certains fils de la trame et en dessous de tous les autres. Il résulte de ce mode de procéder qu'une très-petite partie de fil est utilisée, et que tout ce qui passe en dessous de la trame est perdu. Dans les dessins compliqués, les fils

continue le savañt écrivain, Jacquard ne sut pas, comme tant d'autres, faire du nouveau métier « le point de départ d'une colossale fortune, et fut au contraire quelque peu en butte à la jalousie de rivaux intéressés, il n'éprouva du moins jamais ces avanies, ces chagrins devenus depuis le prétexte d'une foule de contes ridicules, reproduits dans les ouvrages anglais, et qui ont abouti à l'érection d'une statue par ses concitoyens lyonnais, jadis, dit-on, si injustes à son égard, et qui, de même que Jacquard, n'ont eu qu'un seul tort, fort grave aux yeux de la postérité, celui de taire les noms de Bouchon, de Falcon, de Vaucanson et de Breton, tout aussi inséparables du laborieux enfantement de l'admirable métier à cylindre et à cartons tisseurs que le furent ceux de Faust, de Schœffler et Gutenberg pour leur coopération réciproque à la découverte mémorable de l'imprimerie typographique, avec laquelle l'art de tisser mécaniquement les étoffes présente plus d'un trait de ressemblance. »

perdus augmentent le poids du tissu au point d'en devenir gênants, ce qui oblige à les couper. Les dessins ne se trouvent plus alors formés que par des bouts de fil isolés et retenus seulement par le serrage de ceux entre lesquels passent leurs extrémités. Dans les tissus de laine, tels que les châles, cet inconvénient n'est pas très-grand, parce que la laine se feutre ; mais, pour les tissus de soie, il n'en est plus de même : les fils s'échappent par suite de l'usage, et le dessin est promptement enlevé. A diverses époques, on a essayé de remédier à ce défaut ; mais c'est à M. Prosper Meynier, habile fabricant lyonnais, qu'appartient l'honneur d'y être parvenu le premier d'une manière simple et pratique. L'appareil de cet inventeur porte le nom de **battant-brocheur**, et date de 1838. C'est à cet appareil que la ville de Lyon doit la supériorité de ses soieries brochées, et son application au tissage des châles a tellement transformé cette industrie, qu'à prix égal nos fabricants peuvent faire et font aussi bien que ceux de l'Inde.

CHAPITRE IV.

La Teinture.

Objet de la teinture. — Son origine. — La teinture dans l'antiquité et au moyen âge. — Matières employées. — Découverte de l'Amérique et du cap de Bonne-Espérance. — Influence des progrès de la chimie au xviii^e siècle. — Transformation de la teinture contemporaine.

Objet de la teinture. — Quelquefois on emploie les fibres textiles et les étoffes qu'on en fabrique avec les couleurs qu'elles tiennent de la nature ; mais, le plus souvent, on leur en communique d'artificielles, afin de rehausser et de diversifier leur éclat. Les procédés au moyen desquels on produit ce résultat constituent la **teinture**.

Origine de la teinture. — Comme celle de tant d'autres, l'origine de l'art du teinturier se perd dans la nuit des temps. Néanmoins si, ainsi que leurs historiens le rapportent, les

peuples civilisés de l'antiquité ont su en tirer un merveilleux parti, les modernes sont parvenus, grâce aux découvertes incomparables de la chimie, à faire un meilleur emploi des couleurs déjà connues, et à en trouver une multitude de nouvelles dont les industriels d'autrefois n'auraient même pu soupçonner l'existence.

La teinture chez les anciens. — 1. Dans les premiers temps, les matières tinctoriales appliquées sur les étoffes étaient probablement toutes tirées du règne organique; et, comme on ne connaissait pas encore l'emploi des *mordants*¹, les couleurs devaient bientôt s'effacer ou du moins s'altérer par l'action de l'air et du lavage.

2. Un autre fait non moins incontestable, c'est que, dans l'enfance de la civilisation, on recherchait, à l'exemple des sauvages, le contraste des couleurs les plus vives, et principalement le rouge et l'écarlate. Les livres saints sont pleins de renseignements à ce sujet. Moïse parle aussi de peaux de mouton teintes en jaune et en violet.

3. Dès le temps de Job, les étoffes de l'Inde étaient déjà renommées pour la vivacité de leurs couleurs. Dès la plus haute antiquité, les teinturiers de la Phénicie, surtout ceux de Tyr et de Sidon, jouissaient aussi d'une très-haute réputation d'habileté. Ils excellaient particulièrement dans la préparation de la *pourpre*².

« On connaît la fable de ce chien de berger qui, ayant brisé, sur le bord de la mer, un certain coquillage, eut la gueule teinte d'une belle couleur, et qui mit ainsi, suivant la tradition, sur la

1. Un grand nombre de principes colorants ne peuvent se fixer solidement sur les tissus que par l'intermédiaire d'autres substances, telles que l'alun, la noix de galle, plusieurs sels de fer, etc. Ce sont ces substances, servant à rendre les couleurs solides, qu'on appelle *mordants*. Plusieurs ont cela de particulier, qu'elles possèdent, en outre, la propriété de modifier plus ou moins les couleurs, d'où il résulte qu'avec une seule matière colorante et des mordants différents il est possible d'obtenir plusieurs nuances.

2. Le sens que les anciens attachaient au mot *pourpre* était un peu différent de celui que nous lui donnons aujourd'hui. En effet, ils ne désignaient pas ainsi une teinte rouge glacée de vermillon, mais une sorte de violet. Dans le principe, c'était même un violet foncé; plus tard, à l'aide de manipulations appropriées, on rendit la nuance plus ou moins rouge.

trace de la teinture en pourpre¹. L'époque de cette découverte paraît remonter à plus de 1500 ans avant Jésus-Christ. On sait que les vêtements de pourpre étaient fort estimés, et faisaient l'ornement des princes et des riches. Les héros d'Homère portaient des ornements en pourpre. OEnée donne à Bellérophon un bouclier de pourpre. »

4. Les anciens nous ont laissé fort peu de détails sur l'art du teinturier. Un passage de Pline nous apprend cependant que les nations qui marchaient à la tête de la civilisation, et en particulier les Egyptiens, avaient connu de bonne heure l'usage des mordants et savaient en faire de nombreuses applications. « En Egypte, raconte-t-il, on teint les vêtements par un procédé fort singulier. D'abord, on les blanchit, puis on les enduit, non pas de couleurs, mais de plusieurs substances propres à absorber la couleur. Ces substances n'apparaissent pas d'abord sur les étoffes ; mais, en plongeant celles-ci dans la teinture, on les retire, un instant après, entièrement teintes. Et, ce qu'il y a de plus admirable, c'est que, bien que la chaudière ne contienne qu'une seule matière colorante, l'étoffe qu'on y avait plongée se trouve tout d'un coup teinté de plusieurs couleurs différentes, suivant la nature des substances employées. Et ces couleurs, non-seulement ne peuvent plus être enlevées par le lavage, mais elles sont encore devenues plus solides. » Il résulte de ce passage que les Égyptiens, et très-certainement aussi les Phéniciens et les Indiens, connaissaient plusieurs mordants, doués de la propriété de communiquer des teintes différentes à la même substance colorante. Il est donc probable qu'ils connaissaient et savaient utiliser l'action que les alcalis, les acides et certains sels métalliques exercent sur les matières tinctoriales. Cependant il paraîtrait que certaines couleurs, notamment l'écarlate, n'étaient pas très-solidement fixées après une première immersion

1. On a fait un nombre immense de recherches pour découvrir l'espèce de coquillage qui fournissait la pourpre. On sait aujourd'hui qu'elle était produite par des mollusques gastéropodes appartenant au genre Pourpre, tels que la *Bouche de sang*, la *Teinture* ou *Pourpre des teinturiers*, etc., et au genre Rocher, tels que le *Fascié*, le *Hérisson*, la *Petite Massue*, etc. On ne se sert plus de ces coquillages, parce qu'on possède d'autres matières qui permettent d'obtenir les mêmes nuances avec plus de facilité et une plus grande économie.

dans le bain de teinture¹ ; car, pour leur communiquer cette propriété, il fallait leur en donner une seconde. Les étoffes qui avaient subi ce double traitement étaient appelées *dibaphes*, c'est-à-dire deux fois teintes : il en est souvent question dans l'Écriture et les auteurs grecs et latins.

5. Les matières colorantes employées par les teinturiers de l'antiquité sont très-imparfaitement connues. On croit cependant savoir qu'indépendamment de la pourpre, dont les applications restèrent toujours leur monopole, ceux de la Phénicie se servaient de la *garance*², du *kermès*³, du *pastel*⁴, de la *gaude*⁵, de l'*orseille*⁶, des *graines jaunes*⁷. L'*indigo*⁸, le *carthame*⁹, etc., en usage dans

1. Les **bains de teinture** ne sont autre chose que les dissolutions de matières colorantes dans lesquelles on plonge les objets à teindre.

2. **Garance.** Plante de la famille des Rubiacées, qui est originaire du Levant et de l'Afrique du Nord, et qu'on a réussi, de très-bonne heure, à naturaliser dans plusieurs parties du midi et du centre de l'Europe. C'est la racine qui renferme le principe colorant usité en teinture.

3. **Kermès.** Corps desséché de plusieurs petits insectes ailés qui ressemblent aux pucerons des rosiers. On en distingue deux sortes principales : l'une, appelée *Cochenille du chêne*, qui vit sur les feuilles d'une variété de chêne, dans le midi de la France, en Espagne, en Italie et dans le Levant ; l'autre, nommée *Cochenille de Pologne*, qui se développe sur les racines des Scieranthes, en Pologne et dans les contrées voisines. Le Kermès est aussi appelé *graine d'écarlate*, parce qu'on le prenait autrefois pour la semence d'un végétal et qu'on l'employait pour obtenir la couleur écarlate.

4. **Pastel ou Guesde.** Plante de la famille des Crucifères, qui, originaire du Levant, a été introduite peu à peu en Afrique, en Espagne, en Italie, en France, en Allemagne. Ce sont les feuilles qui renferment la matière colorante. Avant l'époque où l'indigo devint d'un usage général en Europe, il fournissait toutes les nuances bleues sur les étoffes.

5. **Gaude ou Vaude.** Plante herbacée, analogue au réséda, qui est cultivée, de temps immémorial, dans le Levant et en Europe, en raison d'une belle couleur jaune que renferment ses feuilles et les enveloppes de son fruit.

6. **Orseille.** Pâte d'un rouge-violet foncé qu'on prépare avec différents lichens, petites plantes dures et coriaces, qui vivent sur les feuilles et les écorces des arbres, sur les rochers ou dans les lieux humides.

7. **Graines jaunes.** Baies non mûres et desséchées de plusieurs arbrisseaux du Levant et du midi de l'Europe. Dans le commerce, on les appelle *graines de Perse*, de *Morée*, de *Turquie*, d'*Avignon*, etc., suivant les contrées qui les fournissent.

8. **Indigo.** Substance tinctoriale bleue qu'on retire de diverses plantes cultivées dans l'Inde, de temps immémorial, ainsi que dans les îles voisines, en Chine, au Japon, en Egypte, et qui appartient presque toutes à la même famille que nos haricots, c'est-à-dire aux Légumineuses.

9. **Carthame.** Espèce de chardon originaire de l'Inde, dont les fleurs fournissent une belle couleur rouge. Cette plante est cultivée aujourd'hui dans le Levant, en Egypte, dans toute l'Europe méridionale et en Allemagne.

l'Inde depuis un temps immémorial, devaient également leur être connus. Avec la garance, ils produisaient cette belle couleur rouge appelée plus tard *rouge d'Andrinople*, *rouge turc*, *rouge des Indes*, que les Européens n'ont su produire qu'à une époque très-moderne. L'*alun*¹ constituait probablement un de leurs mordants de prédilection, et l'on sait que, pendant des siècles, cette substance a été exclusivement fabriquée en Orient. Il est vraisemblable que les teinturiers de la Grèce et de Rome furent peu à peu initiés aux procédés phéniciens. Toutefois, pour les nuances les plus solides et les plus éclatantes, les étoffes asiatiques jouirent toujours d'une incontestable supériorité. Il est, en outre, probable que, par suite de la difficulté de se procurer en quantité considérable les belles matières que l'Inde produit, ils durent se contenter, le plus souvent, de celles que fournissait le sol de l'Europe. Après avoir dit qu'avec la garance et le pastel, les teinturiers de son temps faisaient des couleurs pourprées, Vitruve² ajoute qu'avec le suc de plusieurs fleurs et de plusieurs fruits ils pouvaient imiter toutes les autres couleurs; mais, comme il écrivait pour des lecteurs au courant du sujet qu'il traitait, il a négligé de spécifier la nature de ces fruits et de ces fleurs.

La teinture au moyen âge. — 1. Au v^e siècle, lors de l'invasion des barbares, la teinture artistique disparut de l'occident de l'Europe. Elle se maintint, au contraire, dans l'empire grec et dans toute l'Asie, qui, n'étant pas soumis aux mêmes bouleversements, continuèrent à mettre en pratique les procédés des anciens; et, pendant près de huit cents ans, ces contrées eurent le privilège de fournir au commerce les étoffes à couleurs solides et éclatantes. Les Italiens furent les premiers, parmi tous les Européens occidentaux, qui pratiquèrent la teinture avec habileté. Ils durent cet avantage aux relations commerciales qu'ils entretenaient avec le Levant, et qui leur permirent de s'initier

1. **Alun.** Sel blanc, d'une saveur âpre et un peu acide, qui se rencontre quelquefois tout formé dans la nature, et qu'on prépare industriellement au moyen des argiles, des schistes alumineux et d'un minéral particulier appelé *Pierre d'alun* ou *alunite*. On l'emploie pour clarifier les eaux troubles, mordancer les étoffes, conserver les peaux, encoller le papier à écrire, etc.

2. Vitruve (Marcus Vitruvius Pollio), architecte latin, mort vers l'an 26 de notre ère.

aux méthodes qu'on y employait. Dès le XII^e siècle, il existait à Gênes et à Venise des ateliers importants dont les produits pouvaient rivaliser avec ceux de l'Orient. Alors commença la réputation de cette belle couleur rouge, dite *écarlate de Venise*, qui se faisait avec l'alun, le tartre ¹ et le kermès, et dont, pendant longtemps, l'imitation fut vainement poursuivie par les autres peuples.

2. A mesure que les teinturiers européens devinrent plus habiles, on se mit partout à l'œuvre pour développer la culture des plantes tinctoriales qu'on possédait déjà et pour en introduire de nouvelles, qui furent toutes tirées de l'Orient. La garance existait en Italie à l'époque de Pline, et dans plusieurs parties de la Gaule. Au XII^e siècle, elle couvrait de vastes espaces en Normandie, et servait à teindre différentes étoffes de laine, dont l'une, appelée *écarlate de Caen*, était très-recherchée. A la même époque, le pastel, apporté de l'Asie Mineure en Afrique et en Espagne par les Arabes, pénétrait dans plusieurs parties de l'Allemagne et dans notre Languedoc, principalement dans les anciens diocèses d'Albi, de Lavaur, de Toulouse, de Saint-Papoul et de Mirepoix, d'où il devait, quatre cents ans plus tard, s'étendre jusqu'en Normandie. Les Allemands, à l'exemple des Italiens et des Maures d'Espagne, commençaient aussi à se servir du kermès, qu'ils appelaient « sang-de-saint-Jean. » Au commencement du XIV^e siècle, le Florentin Federigo, ayant appris dans le Levant, où il avait fait un long séjour, la fabrication de l'orseille, l'importa dans sa ville natale, où elle devint, pour sa famille, l'origine d'une grande fortune. Au siècle suivant, un marchand génois, nommé Perdix, qui s'était rendu à Rocca, en Syrie, pour apprendre la préparation de l'alun, dont cette ville fournissait alors la qualité la plus estimée, établit, dans l'île d'Ischia, la première fabrique de cette substance qu'il y ait eue en Europe. Peu de temps après, une seconde usine semblable fut créée à la Tolfa, près de Civita-Vec-

1. **Tartre.** Nom sous lequel on désigne le dépôt que produisent les vins en vieillissant, et qui s'attache aux parois des tonneaux et des bouteilles. Il se compose, pour la plus grande partie, de bitartrate de potasse rendu impur par un mélange de tartrate de chaux et de matières colorantes. On connaît ce produit depuis qu'on fabrique le vin; mais sa nature véritable n'a été constatée qu'en 1779, et par le chimiste suédois Schéele.

chia, par Jean de Castro, et une troisième à Volterra, en Toscane, par Antonio de Piena.

La teinture dans les temps modernes. — 1. Dans la seconde moitié du xv^e siècle, la découverte du cap de Bonne-Espérance ¹ et celle de l'Amérique ² exercèrent une grande influence sur l'avenir de la teinture par le grand nombre de matières tinctoriales qu'elles fournirent à cet art. Dès ce moment, l'*indigo*, jusqu'alors d'une rareté extrême, commença à devenir très-abondant. Il fut, dit-on, apporté directement de l'Inde, pour la première fois, par le navigateur portugais Odoardo Barboza, en 1516. Toutefois, son usage rencontra d'abord une très-vive opposition, parce qu'il fit diminuer celui du pastel, et, par suite, porta un coup terrible à la culture de ce dernier, alors la richesse de plusieurs contrées. En France, cette opposition existait encore au commencement du siècle dernier : elle ne cessa même qu'en 1737. L'introduction du *campêche* n'éprouva pas moins de difficultés, mais pour un autre motif. Ce bois fut rencontré au Mexique par les Espagnols. On s'empressa aussitôt d'en faire usage à peu près partout ; mais, comme on ne savait pas encore l'employer convenablement, on ne put d'abord obtenir que des teintes peu durables, ce qui engagea plusieurs gouvernements à en défendre l'usage, sous peine d'amendes très-fortes. Cette interdiction ne fut levée que lorsqu'on fut parvenu à rendre les couleurs plus solides. Presque en même temps que le campêche, le Mexique nous envoya la *cochenille* ³. C'est avec cette belle matière et l'étain qu'en 1630 Cornélius Drebbel, savant hollan-

1. Le cap de Bonne-Espérance fut découvert en 1486 par le navigateur portugais Barthélemy Diaz, et doublé, pour la première fois, en 1497, par un autre navigateur de la même nation, l'illustre Vasco de Gama. Ce dernier, continuant son voyage, atteignit Calicut, sur la côte de Malabar, et eut ainsi la gloire d'établir les premières relations directes de l'Europe avec l'Asie méridionale.

2. On sait que l'Amérique fut découverte par Christophe Colomb dans la nuit du 11 au 12 octobre 1492, époque à laquelle ce grand navigateur arriva en vue de San-Salvador, l'une des îles de l'archipel des Lucayes.

3. *Cochenille*. Insecte tinctorial de la même famille que les *Kermès* (voyez page 127, note 3), mais vivant sur différents cactiers, plantes grasses du Mexique. A cause de sa forme, on l'appelle quelquefois *graine d'écarlate*. Les Espagnols l'ont introduit aux Canaries et dans l'Andalousie. On le cultive aussi dans plusieurs parties de l'Asie méridionale.

dais, inventa l'*écarlate de Hollande*, qu'on appela aussi *pourpre orientale*. Parmi les autres matières tinctoriales que l'Europe emprunta à l'Amérique, nous citerons encore les *bois rouges*¹, qui, trouvés au Brésil par les Portugais, devinrent presque aussitôt l'objet d'un commerce important.

2. Au xv^e siècle, on ne se contenta pas d'importer de nouvelles matières colorantes. Des voyageurs instruits, partis de divers points de l'Europe et surtout de l'Italie, parcoururent l'Orient, dont les teintureries avaient conservé toute leur célébrité, et s'empressèrent, à leur retour, d'en répandre les procédés. C'est aussi pendant le même siècle, que le teinturier Jean Gobelin, originaire de Reims, suivant les uns, ou de Hollande, suivant les autres, fonda, vers 1450, sur les bords de la rivière de Bièvre, près de Paris, dont les eaux étaient alors regardées comme d'une qualité supérieure pour la teinture², un atelier modèle, que ses descendants possédèrent pendant plus de deux cents ans. Une des couleurs qui firent la réputation de cet établissement, fut l'*écarlate de France* ou *écarlate des Gobelins*, lequel n'était autre chose que l'*écarlate de Venise*, mais préparé avec plus de soin.

3. Dans la seconde moitié du xviii^e siècle, l'art de la teinture éprouva une révolution radicale. Ceux qui l'avaient exercé jusqu'alors s'étaient bornés à faire usage de procédés empiriques, trouvés, pour la plupart, par hasard, et dont on ignorait absolument la théorie. Chaque teinturier avait en quelque sorte les siens, et les appliquait machinalement, sans autre préoccupation que d'en tenir la connaissance secrète. Les choses changèrent dès les premiers développements des sciences chimiques. Ils eurent pour résultat de régulariser la pratique des ateliers et de porter, dans l'emploi des recettes, un esprit philosophique qui en vulga-

1. **Bois rouges.** Sous ce nom et sous celui de **Bois de Brésil**, on désigne les bois de plusieurs arbres de la famille des Légumineuses qui croissent aux Antilles et dans l'Amérique méridionale, et pour distinguer leurs différentes sortes, on leur donne le nom du pays de production : *bois de Fernambouc*, *bois de Nicaragua*, *bois de Terre-Ferme*, etc.

2. Cette opinion, qui existe encore, est tout à fait erronée. Si les teinturiers établis sur la Bièvre produisaient des couleurs belles et solides, ils le devaient, non pas aux eaux de cette rivière, mais uniquement à leur habileté. Au reste, depuis longtemps, la célèbre manufacture des Gobelins n'emploie que de l'eau de Seine, et ses teintures n'en sont ni moins éclatantes, ni moins stables.

risa la théorie et donna le moyen d'en assurer et d'en varier l'exécution. Les plus grands chimistes de l'époque, entre autres, les Dufay¹, les Hellot², les Macquer³, les Berthollet⁴, les Bancroft, se firent un honneur de contribuer à ce progrès, et ils furent secondés par les praticiens les plus habiles, surtout par Jean-Michel Haussmann, de Mulhouse. Pendant que la teinturerie entraît dans la voie nouvelle, on n'oublia pas d'enrichir sa palette. Sauf de très-rare exceptions, les substances colorantes employées jusqu'alors avaient été exclusivement empruntées aux plantes et aux animaux. Le règne minéral, si riche en combinaisons colorées, la plupart inaltérables à l'air, avait été négligé. On s'étudia à mettre à contribution cette source en quelque sorte inépuisable, et des succès aussi nombreux qu'inospérés couronnèrent tous les efforts.

La teinture contemporaine. — Les savants de notre siècle ont admirablement continué l'œuvre de leurs devanciers. La préparation des mordants a été simplifiée, et l'on a mieux précisé les conditions indispensables pour les combiner complètement aux tissus. Relativement aux matières tinctoriales proprement dites, on a trouvé et mis en pratique des procédés qui rendent faciles l'extraction, la purification et la concentration des principes utiles qu'elles renferment, et l'on a acquis la connaissance de nouvelles méthodes qui permettent de les fixer plus solidement et avec plus d'économie que par le passé. Enfin, de nos jours, particulièrement depuis 1850, tous ces travaux ont été couronnés par la découverte d'une multitude de magnifiques couleurs bleues, rouges, vertes, noires, violettes, etc., extraites presque toutes du goudron de houille, et dont la consommation est immédiatement devenue assez grande pour alimenter des fabriques

1. Dufay (Charles-François), né à Paris en 1698, mort en 1741, cultiva presque toutes les branches des sciences naturelles. En chimie industrielle, il étudia principalement les matières colorantes et les mordants, et imagina une méthode aussi simple qu'exacte pour reconnaître la bonté et la solidité d'une couleur.

2. Hellot (Jean), chimiste français, né à Paris en 1685, mort en 1766.

3. Macquer (Pierre-Joseph), chimiste et pharmacien français, né à Paris en 1718, mort en 1784.

4. Sur Berthollet, voyez la note 1 de la page 106.

spéciales très-importantes¹. A cette occasion, on a même vu se produire ce fait unique dans les annales du commerce : « la vieille Europe approvisionnant l'Orient de matières tinctoriales, envoyant ses couleurs artificielles aux confins du monde, en Chine, au Japon, en Amérique, aux Indes, dans ces pays favorisés qui avaient jusqu'alors fourni à son industrie les produits tinctoriaux qu'elle consommait. C'était toute une révolution : la chimie victorieuse dépossédait le soleil d'un monopole qu'il avait toujours exercé. » Enfin, comme le dit avec raison un éminent professeur industriel, « par l'emploi des nouvelles couleurs artificielles, le teinturier le moins habile peut réaliser facilement, sur les fils et tissus de différentes natures, toutes ces nuances si pures et si éclatantes que jusqu'ici on n'avait rencontrées que dans les organes de certains végétaux ou animaux. L'application de ces nouvelles couleurs a eu nécessairement pour résultat de faire disparaître jusqu'à un certain point, c'est-à-dire pour certaines classes de nuances, les différences qui, autrefois, distinguaient si nettement les produits d'un teinturier instruit et habile d'avec ceux d'un concurrent moins capable; en un mot, la concurrence étant devenue inévitable, le succès dans la lutte ne dépend plus aujourd'hui que de la question d'économie. »

CHAPITRE V.

L'Impression des tissus.

Objet de l'impression des tissus. — Origine asiatique des toiles peintes. — Leur introduction en Europe. — Commencements de l'indienne européenne. — Les toiles peintes en France : Beaulieu, S. Kœchlin, J.-H. Dolfus, J.-J. Schmaltzer, A. Frey, Oberkampf. — Extension de l'indienne contemporaine : quelles en sont les causes. — Anciens procédés de l'industrie des toiles peintes. — Procédés modernes : impression au bloc, à la planche plate, au rouleau, à la perrotine, au métier à surface. — Procédés chimiques.

Objet de l'impression des tissus. — Par la tein-

1. Sur l'origine et la fabrication de ces couleurs, voyez notre ouvrage intitulé : ARTS ET MANUFACTURES, librairie Eng. Belin.

ture, on donne aux étoffes une couleur uniforme, tandis que, par l'impression, on ne colore que certaines parties de l'une de leurs faces, de manière à y produire des dessins dont la couleur est différente de celle du fond. Les étoffes teintes ne doivent donc pas être confondues avec les étoffes imprimées. Ces dernières sont aussi appelées étoffes ou toiles peintes, parce que, dans le principe et pendant des siècles, c'est au moyen du pinceau et par les procédés ordinaires de la peinture qu'on y a exécuté les dessins. Il est à remarquer, en outre, que les fabricants d'autrefois n'exerçaient leur industrie que sur le coton, et qu'à ceux de nos jours appartient la gloire d'avoir appliqué les mêmes méthodes à la soie, à la laine et au lin.

I. — HISTOIRE.

Origine des toiles peintes. — L'art d'orner les étoffes de dessins colorés est immémorial dans l'Inde, où l'on admet généralement qu'il a pris naissance, et c'est de ce pays que ses produits d'abord, puis ses procédés, ont pénétré peu à peu en Europe. Des témoignages historiques irrécusables démontrent qu'il a été pratiqué de très-bonne heure, plusieurs milliers d'années avant notre ère, par tous les anciens peuples civilisés de l'Orient, notamment par les Assyriens et les Égyptiens.

Les toiles peintes en Europe. — L'époque précise de l'introduction des toiles peintes en Europe est tout à fait inconnue. On sait seulement que, pendant le moyen âge, ces étoffes arrivaient sur le marché européen en très-petite quantité, et qu'on les tirait des ports de l'Asie Mineure et de la Syrie, qui eux-mêmes les recevaient de l'Inde par l'intermédiaire de la Perse. C'est pour ce dernier motif qu'on les appelait **persiennes** ou **toiles de Perse**, par abréviation **perses** ; ce dernier nom est même resté à certaines d'entre elles. On leur appliquait aussi, et on leur applique encore la dénomination d'**indiennes**, à cause de leur origine. Le commerce d'Europe ne les reçut directement de l'Inde qu'après la découverte du cap de Bonne-Espérance¹. Les

1. Il fut découvert en 1486 et doublé, pour la première fois, en 1497. Voyez la note 1 de la page 130.

Portugais furent les premiers à exploiter cette nouvelle source de profits; mais ils se bornèrent à importer des étoffes toutes fabriquées, tandis que les Hollandais, beaucoup plus industriels, importèrent plus tard, quand ils se furent emparés du commerce des Indes, et ces étoffes et la connaissance des moyens qui servaient à les obtenir.

Commencements de l'indienne en Europe.

— 1. Les commencements de l'indienne européenne sont entourés d'une obscurité impénétrable. Toutefois on admet assez généralement que les premiers essais eurent lieu dans les Pays-Bas, vers la fin du xvii^e siècle, mais que les premiers résultats satisfaisants furent obtenus en Suisse. Ce qu'il y a de certain, c'est que, grâce à la liberté dont elles jouirent immédiatement, les fabriques de ce dernier pays prirent en peu de temps un essor très-considérable et devinrent des espèces d'écoles, d'où les établissements de l'étranger tirèrent ensuite leur personnel spécial. Les annales de l'époque nous les montrent s'étendant de Genève et de Neuchâtel vers Bienne, Zurich, Aarau, Saint-Gall et Bâle.

2. Suivant Anderson, les Anglais ne cherchèrent à faire des indiennes qu'en 1676, et James Thomson assure que la première manufacture qu'ils possédèrent fut créée à Richmond, sur la Tamise, par un protestant français réfugié; mais le fait est très-douteux, car notre pays n'a réellement connu l'art de produire les toiles peintes qu'en 1736 ou 1737, lorsque le capitaine de vaisseau Beaulieu, chargé par Dufay, membre de l'Académie des sciences, d'étudier sur place les procédés employés par les ouvriers indiens, eut publié la narration de son voyage. Une publication semblable fut faite, en 1742, par un missionnaire de la compagnie de Jésus, le P. Cœurdox. Peu de temps après, vraisemblablement en 1743 ou 1744, plusieurs fabriques furent fondées à Paris, Sèvres, Corbeil, Nantes, Orange et Marseille : elles étaient en pleine prospérité en 1746.

3. Dans le courant de cette même année 1746, trois habitants de Mulhouse, Samuel Kœchlin, J.-Henri Dollfus et J.-J. Schmalzer, créèrent dans cette ville, alors indépendante, un établissement qui est devenu le point de départ de cette admirable acti-

tivité manufacturière à laquelle l'Alsace doit sa prospérité. Dix ans plus tard, l'indienne fut introduite en Normandie. C'est, en effet, en 1756, qu'un nommé Abraham Frey, de Genève, établit à Rouen la première fabrique qu'il y ait eu dans cette province. A la même époque, H.-F. Schulé, d'Augsbourg, fonda, dans sa ville natale, une manufacture dont les produits sont encore aujourd'hui des titres intéressants à consulter. Des fabriques bien organisées existaient également en Angleterre.

4. En ce qui concerne de nouveau la France, pendant plus de la moitié du XVIII^e siècle, l'industrie des toiles peintes ne put faire que de vains efforts pour se développer, gênée qu'elle était en tout, soit par les lois du temps, qui ne lui accordaient qu'une tolérance partielle, soit par les fabricants de soieries, de lainages et de toiles de lin, qui lui suscitaient des entraves de toute espèce, sous prétexte qu'elle nuisait à leurs intérêts. D'un autre côté, la Compagnie des Indes¹, qui avait son siège à Paris, exerçait sur elle une tyrannie incessante en l'obligeant d'acheter à gros deniers dans ses magasins les tissus dont elle avait besoin. Les choses ne changèrent qu'en 1759, époque à laquelle un édit de Louis XVI leva la prohibition qui avait frappé jusqu'alors les toiles de coton d'origine étrangère, et la remplaça par un droit d'entrée assez modéré. Cette réforme commerciale eut une influence décisive sur notre industrie des toiles peintes, et provoqua la fondation d'un grand nombre de manufactures. L'élan fut donné par un jeune ouvrier allemand, Philippe Oberkampf², alors attaché à une petite indienne parisienne qui appartenait à un M. Cottin. Dans les derniers jours de 1759, il alla se fixer dans la vallée de Jouy, sur les bords de la Bièvre, et, avec l'aide de son frère et de deux anciens camarades d'atelier, y créa un établissement qui, plus que modeste à l'origine, s'agrandit peu à peu et finit, à force de sagesse, de génie, de persévérance et d'activité, par acquérir, en peu d'années, des développements prodigieux. L'impulsion une fois donnée, la Normandie, l'Alsace,

1. **Compagnie des Indes.** Association de capitalistes créée en 1642 pour exploiter exclusivement le commerce de la France avec les Indes orientales, c'est-à-dire avec toute l'Asie méridionale.

2. **Oberkampf** (Christophe-Philippe), né à Weissenbach (comté d'Ansbach), en 1738, mort en 1815.

le Lyonnais et le Beaujolais se couvrirent de fabriques d'indiennes; mais, pendant longtemps, les *toiles de Jouy*, comme on appelait les produits de la maison Oberkampf, conservèrent une supériorité incontestée et servirent de modèles, même à l'étranger.

Progrès de l'indienneurie européenne. — Depuis la fin du siècle dernier, l'industrie des toiles peintes a pris partout un essor immense, grâce, d'une part, à l'intervention de la mécanique, qui lui a fourni le moyen de produire plus vite, mieux et à meilleur marché; d'autre part, aux progrès de la chimie technique, qui, en transformant l'art du teinturier, ont, du même coup, enrichi de couleurs nouvelles la palette de l'imprimeur et ont appris à faire un usage plus judicieux de celles qu'on possédait déjà.

II. — PROCÉDÉS DE FABRICATION.

Passons rapidement en revue les inventions principales qui ont créé la fabrication mécanique des toiles peintes. Nous avons vu, au commencement de cette notice, que, dans le principe, c'est avec le pinceau qu'on exécutait les dessins sur les étoffes. Ce procédé, appelé **pinceautage**, était, on le conçoit sans peine, d'une excessive lenteur. Il fut seul connu en Europe jusqu'à la fin du xvii^e siècle, où on le remplaça par le mode plus expéditif de l'**impression**. On continua cependant de l'employer jusque vers 1820, pour obtenir certains effets. Aujourd'hui, on imprime les tissus de plusieurs manières : au *bloc*, à la *planche plate*, au *rouleau*, à la *perrotine* et au *métier à surface*, et chacun de ces systèmes a paru à une époque différente.

Impression au bloc. — Dans l'**impression au bloc**, dite aussi à la **planche en relief**, les dessins sont gravés en relief sur une pièce ou bloc de bois (*fig. 27*), que l'ouvrier charge de couleur ou de mordant¹, puis applique à la

1. Sur la signification du mot *mordant*, voyez la note 1 de la page 125.

main sur l'étoffe de manière qu'elle dépose la substance colorante sur cette dernière.



Fig. 27.
Planche en relief.

C'est le système le plus ancien. Il date par conséquent de la fin du XVII^e siècle; mais on ne connaît ni le nom ni le pays de celui à qui l'industrie en est redevable. Ce mode d'impression

atteignit rapidement un très-haut degré de perfection. Aujourd'hui encore, quoiqu'il soit plus dispendieux que les autres, il a conservé, en France surtout, une importance considérable pour la fabrication des articles riches. On est même parvenu, en perfectionnant un ingénieux appareil inventé, vers 1824, par MM. Michel Spœrlin, de Vienne (Autriche), et Zuber, de Rixheim (Haut-Rhin), à imprimer jusqu'à quinze, vingt et même vingt-cinq couleurs, au moyen de trois ou quatre planches appliquées l'une sur l'autre.

Impression à la planche plate. — L'impression à la planche plate est un emprunt fait par les indienneurs aux imprimeurs d'estampes en taille-douce ¹. Les figures sont gravées en creux sur une planche plane de cuivre. On enduit cette planche uniformément de couleur ou de mordant, puis on la fait passer sous une lame d'acier, qui l'essuie et n'y laisse que la préparation colorante contenue dans les tailles. Il n'y a plus alors qu'à l'appliquer contre la toile pour qu'elle y dépose la couleur dont elle est chargée, et l'on obtient ce résultat au moyen d'une presse analogue à celle de la taille-douce. Ce mode d'impression date des années 1768-1769; mais il paraît avoir été employé, dès 1676, à titre d'essai, par un fabricant anglais nommé William Sherwin. Dans tous les cas, on ignore par qui et dans quel pays il a été rendu industriel. On sait seulement que les indienneurs de la Suisse, de l'Ecosse et des environs de Londres sont les premiers qui en aient fait usage sur une grande échelle et avec un véritable succès. Aujourd'hui, on ne s'en sert

1. Voyez, pour l'explication de ce mot, la Sixième partie.

plus que pour quelques articles spéciaux, tels que des mouchoirs, des foulards, des basins piqués.

Impression au rouleau. — 1. **L'impression au rouleau** est ainsi appelée parce que les dessins sont gravés en creux sur un cylindre ou rouleau de cuivre. Ce cylindre D (fig. 28) est disposé dans un bâti de fonte, de manière à tourner et à s'appliquer contre l'étoffe *mm*, en emportant avec lui la couleur ou le mordant à fixer sur celle-ci. Il puise la substance colorante, par l'intermédiaire d'un rouleau spécial B, dans une boîte A dont la longueur égale la sienne, et, avant d'atteindre l'étoffe, il rencontre une ou deux lames d'acier *ss* qui l'effleurent et font tomber la couleur partout où il n'y a point de tailles. Comme celle des deux précédents, l'origine de ce système d'impression est enveloppée d'une obscurité impénétrable. Des écrivains anglais en rapportent bien l'invention, les uns à un Ecossais du nom de Bell, en 1770, les autres aux mécaniciens Walker et Taylor, de Londres, en 1772; mais leurs assertions ne reposent sur aucune base. Ce qu'il y a d'incontestable, c'est que, dès avant 1780, il existait en France des machines à rouleaux imprimeurs, qui marchaient d'une manière régulière et continue, au moyen de manivelles mues à bras d'hommes; et ce qu'en dit Roland de la Platière¹ porte à supposer que nos ouvriers étaient, à cette date, familiarisés depuis longtemps avec leur fonctionnement, tout aussi imparfait qu'il puisse nous paraître aujourd'hui. Il est probable qu'à la même époque les Anglais possédaient aussi des machines semblables.

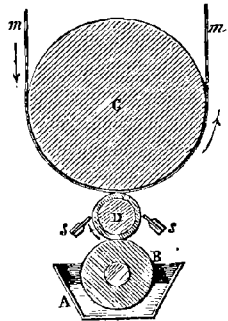


Fig. 28.

Impression au rouleau.

1. **Roland de la Platière** (Jean-Marie), né à Villefranche (Rhône) en 1732, mort en 1793, remplit, pendant plusieurs années, les fonctions d'inspecteur général du commerce et des manufactures à Rouen et à Amiens, ce qui lui fournit l'occasion d'étudier à fond une foule de questions industrielles, particulièrement celles de la fabrication des étoffes.

Dans tous les cas, il y en avait à coup sûr en 1785 dans la maison Livesey, Hargreaves, Hall et C^e, à Mosney, dans le comté de Lancastre. Dans les années qui suivirent, le travail à la main ou à la manivelle fut remplacé en France par l'action de roues hydrauliques, et en Angleterre par celle de la machine à vapeur. On apporta aussi aux presses diverses améliorations de détail dont la nature n'est pas bien connue, mais qui eurent pour objet l'accélération du travail à l'aide d'une construction mieux entendue, et l'invention de procédés plus rapides pour la fabrication et la gravure des rouleaux.

2. Quelques écrivains de notre pays affirment que les plus importantes de ces améliorations furent réalisées dans l'établissement d'Oberkampff, à Jouy, tandis que d'autres assurent que les machines perfectionnées au moyen desquelles, au commencement de ce siècle, cet industriel donna une extension si énorme à sa production, étaient des presses anglaises dont il avait dû la connaissance à un mécanicien appelé Handrès, venu en France, on ne sait à quelle époque, vraisemblablement à la fin de 1801, lors des préliminaires de la paix d'Amiens. Quoi qu'il en soit, vers le commencement de 1802, un sieur Ebinger, ancien imprimeur sur étoffes à Saint-Denis, qui avait été employé à la manufacture de Jouy, et qui, depuis quelque temps, s'occupait de l'amélioration des presses, fit la découverte d'un serrurier parisien du nom de Lefèvre et forma avec lui une société qui eut les plus heureux résultats pour notre industrie. Ce Lefèvre était un homme de génie. Il n'avait encore fourni que quelques cylindres aux fabriques des environs de Paris ; mais, initié par son associé aux divers détails de l'impression des tissus, il se mit bientôt en état de construire des machines entières au rouleau, qui, de 1804 à 1810, se répandirent dans nos manufactures et dans celles de la Suisse et de la Belgique, avec d'autant plus de rapidité qu'elles étaient infiniment supérieures, sous tous les rapports, à celles qu'on possédait déjà ; il paraît même qu'elles présentaient des dispositions très-ingénieuses et d'une très-haute importance, que les mécaniciens anglais ne connaissaient peut-être pas encore. C'est depuis ce moment que l'impression au rouleau est devenue d'un usage général dans notre pays ; car jusqu'alors elle n'avait été véritablement employée que dans quelques établissements

très-considérables, les autres n'imprimant, sauf un petit nombre d'exceptions, qu'à la planche en relief ou à la planche plate.

3. Les premières machines à rouleau n'imprimaient qu'une seule couleur. Plus tard on a imaginé de disposer deux, trois et même un plus grand nombre de cylindres qui, en agissant l'un après l'autre sur l'étoffe, permettent d'imprimer sur cette étoffe autant de couleurs ou de mordants différents (*fig. 29*). On ne possède

aucun document sur l'origine de cette innovation. Quant à l'opinion qui en fait honneur au fabricant Adam Warkinson, de Manchester, elle n'est appuyée par aucune preuve. Ce nom ne figure même pas dans la liste des patentes délivrées en An-

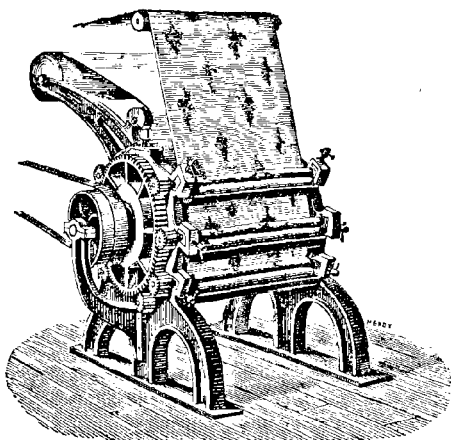


Fig. 20.

Machine à six couleurs.

gleterre. Or, comme le remarque avec raison le général Poncelet, les inventeurs, ingénieurs ou constructeurs anglais ne sont nullement dans l'habitude de négliger un semblable moyen d'assurer leurs droits à la priorité d'une idée, si peu importante qu'elle puisse paraître.

Impression à la perrotine. — L'impression à la perrotine est une des plus remarquables inventions de M. Perrot, mécanicien à Rouen. Elle a été créée en 1834 pour remplacer l'impression au bloc, toujours si lente et si dispendieuse. Dans ce système, deux, trois, quatre et même six plan-

ches de bois ou de fonte, gravées en relief, sont disposées dans un bâti de cette dernière matière. A l'aide d'un mécanisme très-simple, elles sont chargées de couleur ou de mordant, puis pressées successivement contre la toile qu'il s'agit d'imprimer, et qui passe devant chacune d'elles. Deux hommes font l'ouvrage de 50 ouvriers avec une machine à trois couleurs, et celui de 120 ouvriers avec une machine à six couleurs. L'introduction de la perrotine dans les ateliers d'impression sur coton et sur laine, dit le chimiste Girardin, doit être considérée à juste titre comme ayant fait époque, puisqu'elle exécute avec une merveilleuse précision et une économie inespérée le genre de travail que l'on ne pouvait accomplir auparavant qu'à grands frais et par les mains des plus habiles ouvriers.

Impression au métier à surface. — L'impression au métier à surface se fait au moyen d'une machine assez simple, appelée autrefois **plombine**, et dont la partie essentielle consiste en un rouleau de bois gravé en relief. En tournant, ce rouleau est chargé de la préparation colorante par un drap sans fin, et il la dépose sur la toile, qui marche en sens contraire du drap. L'origine de ce mode d'imprimer est inconnue. On sait seulement qu'il existait à Jouy, et sans doute ailleurs, au commencement de ce siècle, peut-être même à la fin du précédent. Aujourd'hui, il n'est guère employé qu'en Angleterre, et encore seulement pour appliquer certaines couleurs qui présentent des difficultés dans l'impression au rouleau¹.

1. La gravure en taille-douce des planches plates n'a pas varié depuis l'origine, c'est-à-dire s'est toujours exécutée au burin. Au contraire, celle des blocs en relief et des rouleaux a beaucoup varié. Au lieu de se servir du burin pour former les dessins, on a imaginé de faire usage de filets de cuivre ou de petits clous de même matière, qu'on plante dans le bois, ou bien l'on a recours à l'un des nombreux procédés du clichage. Toutefois, c'est l'exécution de la gravure des cylindres de cuivre de la machine à rouleau qui a le plus exercé le génie des inventeurs. On a imaginé, pour graver ces cylindres, trois systèmes principaux, savoir : au poinçon et au balancier, système inventé à Paris, en 1792, par Gengembre ; au poinçon molette ou à la molette roulante, système inventé, vers 1802, par Jacob Perkins, ingénieur américain ; à l'eau-forte et au burin, à l'aide du tour à guillocher, système inventé par l'Anglais White, en 1810.

III. — PROCÉDÉS CHIMIQUES.

Les opérations de la teinture et de l'impression des tissus, considérées au point de vue chimique, étant absolument les mêmes, il en résulte que tous les progrès réalisés dans la première pour fixer les couleurs ont nécessairement servi au profit de la seconde. D'un autre côté, l'emploi des nouvelles couleurs artificielles a produit, dans les ateliers d'impression, la même révolution que nous avons constatée dans ceux de teinture, l'application de ces belles matières étant si facile que tout imprimeur peut aujourd'hui obtenir des effets qu'il n'aurait jamais songé à exécuter autrefois, à cause des difficultés insurmontables qu'il devait rencontrer. Aussi, de nos jours le succès des établissements dépend presque uniquement du talent et du goût des dessinateurs qu'ils emploient, et c'est ce qui explique comment, de temps en temps, on voit des industriels d'un ordre très-inférieur s'élever subitement à un rang qu'ils n'eussent jamais occupé s'ils avaient dû continuer à lutter contre les difficultés inhérentes à la fabrication ancienne.

CHAPITRE VI.

Le Tricot. — La Dentelle. — Le Tulle.

Observations. — *Le Tricot.* — Son origine. — Invention du métier à bas : W. Lee. — Perfectionnements : J. Strute. — Métiers tricoteurs. — *La dentelle.* — Son origine. — Ses premiers développements en Europe. — Colbert et le point d'Alençon. — Etat actuel de l'industrie dentelière. — *Le tulle.* — Son origine anglaise : Hammond, Crane, Linley, Heatcoat. — Ce qu'est aujourd'hui sa fabrication.

Observations préliminaires. — Les procédés de tissage dont nous avons essayé d'esquisser l'histoire¹ servent à produire toutes les étoffes ordinaires, depuis le calicot et la toile de

1. Voyez le chapitre III, page 109.

ménage la plus grossière, jusqu'aux batistes les plus fines, aux soieries les plus splendides, aux tapis les plus magnifiques. Il existe d'autres tissus qui, en raison de leur nature spéciale, ne peuvent être obtenus qu'à l'aide de moyens tout à fait différents. Ce sont les **tissus à mailles**, dont on distingue deux sortes principales, savoir : 1° les *tissus à mailles élastiques*, appelés vulgairement *tricots* ; 2° les *tissus à mailles fixes*, qui comprennent la *dentelle* et le *tulle* ¹.

I. — LE TRICOT.

Origine du tricot. — 1. Ce sont les **tricots** qui alimentent le commerce de la bonneterie. On admet qu'ils remontent très-loin dans l'antiquité, et que leur apparition dans l'Europe occidentale n'est probablement pas antérieure au xvi^e siècle.

2. On n'avait encore porté que des espèces de caleçons à pied qu'on découpait dans des pièces d'étoffe, absolument comme les autres parties du costume, lorsque, vers le milieu du xvi^e siècle, peut-être même avant, on imagina d'en détacher la partie inférieure. Alors naquit la mode des *bas*. On les fit d'abord par le procédé ordinaire, mais on ne tarda pas à les tricoter. Les Anglais attribuent cette innovation à un de leurs compatriotes, nommé Jean Rider, qui en aurait eu l'idée vers 1564, tandis qu'une autre opinion en fait honneur aux Espagnols. Quoi qu'il en soit, on assure que les premiers bas de soie qu'on vit en France furent portés par Henri II, aux noces de sa sœur Marguerite avec le duc de Savoie, lesquelles eurent lieu en 1569.

Métier à bas. — 1. La fin du xvi^e siècle vit une invention

1. Les **Filets** appartiennent aussi à cette classe de tissus ; ils constituent ce qu'on appelle les *tissus à mailles nouées*. Les plus importants sont ceux qu'emploient les pêcheurs. De tout temps, les populations maritimes ont fait ces derniers à la main, pendant les soirées d'hiver. Au xvii^e siècle, l'idée vint, en Hollande et en Angleterre, de rendre ce travail plus prompt et plus économique en l'effectuant par des procédés mécaniques. La première machine véritablement pratique fut construite, dans ce dernier pays, en 1774, par un nommé Peter Brotherson. Depuis cette époque, un grand nombre d'inventions semblables ont été réalisées à peu près partout. On y a surtout recours pour les filets destinés à la grande pêche. Nous citerons seulement le métier exécuté, en 1849, par M. Pecqueur, de Paris, un des plus habiles mécaniciens de notre temps : c'est le premier d'origine française qui ait fonctionné d'une manière tout à fait satisfaisante.

d'une importance bien autrement considérable. Au lieu de tricoter exclusivement les bas à l'aiguille, comme on l'avait fait jusqu'alors, on voulut les confectionner aussi par des procédés mécaniques, et alors parut le **métier à bas** ou **machine à tricoter**.

2. Plusieurs opinions ont été émises sur l'origine de cette invention. Toutefois les témoignages les plus sérieux se réunissent en faveur d'un ministre protestant de Woodborough, nommé William Lec. On raconte à ce sujet qu'en 1589, ce pasteur, irrité de voir sa fiancée tricoter sans relâche, chercha les moyens de suppléer à cet ennuyeux travail. Il rencontra, dans la pratique, de grandes difficultés ; mais il eut le bonheur de les surmonter, et le premier métier à bas se trouva inventé. Quelques années plus tard, n'ayant pas reçu du gouvernement de son pays des encouragements qu'il avait demandés, il se tourna du côté de la France. Enfin, gagné par les promesses de Henri IV et de Sully, il passa en Normandie avec quelques ouvriers qu'il avait formés, et fonda, dans la capitale de cette province, la première fabrique de tricot à la mécanique qui ait existé. Cet événement eut lieu vers 1600.

3. La nouvelle industrie était déjà florissante, quand la mort de Henri IV, en 1610, vint faire craindre à l'inventeur de ne pas pouvoir obtenir les avantages qu'on lui avait promis. Il se rendit à Paris pour défendre ses droits auprès du nouveau roi, et y mourut. Ses ouvriers, se trouvant alors livrés à eux-mêmes, ne tardèrent pas à retourner en Angleterre en y important leurs métiers, qui, cette fois, y furent si bien appréciés que l'exportation en fut interdite.

4. La France perdit ainsi une branche industrielle qu'elle avait exploitée la première, et elle ne la recouvra qu'à l'époque de Louis XIV. En effet, sous le règne de ce prince, un habile mécanicien, nommé Jean Hindrès, cédant aux conseils du grand Colbert, se rendit en Angleterre, parvint à surprendre les plans des métiers, et, en 1656, à son retour, fonda, dans le château de Madrid, au bois de Boulogne, près de Paris, une manufacture, que l'on peut regarder comme l'origine de notre fabrication mécanique des tissus à mailles. Il ne faut pas oublier que, jusqu'en 1684, nos ouvriers de bas au métier ne purent travailler que la

soie ; mais un règlement de cette même année leur permit d'employer également toutes les autres matières textiles.

5. Le métier à bas ne produisait primitivement que des bas unis. On y introduisit peu à peu une multitude de perfectionnements qui eurent pour résultat d'en obtenir des bas à côtes, à jours, à fleurs, chinés, tigrés, etc. Ces perfectionnements furent presque tous imaginés en Angleterre, d'où les fabricants du continent les introduisirent dans les différents États, en s'en attribuant l'invention exclusive. Les travaux du mécanicien Jédésiah Strutt, qui florissait en 1759, sont considérés comme le point de départ de toutes les modifications ultérieures.

Métiers tricoteurs. — Le métier à bas ordinaire fonctionne à bras et d'une manière intermittente. Dès le commencement de ce siècle, on a essayé de construire des appareils analogues pouvant marcher automatiquement et d'une manière continue. Les nouveaux métiers paraissent d'origine française, et sont vulgairement appelés **tricoteurs** ou **tricoteuses** ; ils produisent des tricots en nappes continues, dans lesquelles on obtient, au moyen du découpage, les divers objets qui constituent le commerce de la bonneterie.

II. — LA DENTELLE.

Origine de la dentelle. — 1. L'examen des objets de toilette féminine qui sont peints ou sculptés sur plusieurs monuments de l'antiquité tend à faire croire que les dames grecques, romaines et autres portaient des **dentelles** ; mais il n'est pas possible de savoir si ces tissus étaient des dentelles à l'aiguille ou des dentelles aux fuseaux¹. Néanmoins, plusieurs auteurs pensent que les premières ont dû précéder les secondes.

1. Les dentelles dites **aux fuseaux** se fabriquent sur un petit coussin (*carreau*), posé sur les genoux de l'ouvrière, avec des *fuseaux* d'une forme particulière auxquels sont suspendus les fils : des épingles, enfoncées dans ce coussin, servent à diriger les fils suivant les caprices du dessin. — Les dentelles à l'aiguille se font avec une simple aiguille, sur un dessin qui se pose dans la main : c'est aux dentelles de ce genre qu'on donne généralement le nom de *points*.

La dentelle au moyen âge. — L'industrie dentelière disparut en Europe pendant les bouleversements qui accompagnèrent et suivirent les grandes invasions du v^e siècle. Elle se montra de nouveau plus tard, sans qu'on puisse savoir à quelle époque, ni dans quelle contrée. Il paraît cependant établi que les premiers progrès importants furent réalisés en Belgique et en Italie; mais, dès le principe, ces deux pays employèrent des moyens tout à fait différents, le premier travaillant *aux fuseaux*, et le second à *l'aiguille*. Quant à la question chronologique, elle est impossible à résoudre; on sait seulement que, sous Charles V (1364-1380), on portait déjà des dentelles en France; qu'en 1390 les dentelles belges figurent, pour la première fois, dans un traité de commerce conclu entre la ville de Bruges et l'Angleterre; et qu'en 1463, pour protéger les dentelles anglaises, le roi Edouard VI interdit l'entrée de ses États à celles de Venise, de France et de Belgique.

La dentelle dans les temps modernes. — 1. Au xvi^e siècle et au xvii^e, l'industrie dentelière avait déjà une importance considérable. Ses produits étaient recherchés, non-seulement par l'Eglise, qui en décorait les autels et les vêtements sacerdotaux, et par les dames, qui en faisaient un de leurs principaux objets de parure, mais encore par les élégants, qui en ornaient leurs rabats, leurs manchettes, leurs jabots, leurs chapeaux, leurs bottes, jusqu'à leurs carrosses et leurs chevaux. A cette époque, de même qu'aujourd'hui, il existait un très-grand nombre de sortes de dentelles, dont la fabrication s'était pour ainsi dire localisée, dans autant de contrées différentes. Néanmoins, les plus belles, par conséquent, les plus chères et les plus recherchées, étaient celles de Venise et de Bruxelles.

2. Au xvii^e siècle, la *dentelle* ou *point de Venise* était, en France, l'objet d'un tel engouement, qu'on ne reculait devant aucune dépense pour s'en procurer. Cette circonstance donna au gouvernement de Louis XIV l'idée d'introduire dans notre pays les procédés vénitiens, afin d'empêcher la sortie des sommes énormes que ces achats envoyaient chaque année à l'étranger. En 1665, une dame Gilbert, qui savait faire le point de Venise, ayant été présentée à Colbert, ce grand ministre fit aussitôt venir

trente dentelières vénitiennes, et les établit, sous la direction de cette dame, dans un de ses châteaux, celui de Lonrai, près d'Alençon. En même temps, un sieur Chardon, qui avait habité Venise, obtint l'autorisation d'établir à Reims une fabrique semblable. L'année suivante, d'autres dentelières, attirées de la Belgique et de l'Italie, furent envoyées à Arras, à Aurillac, à Bourges, à Auxerre, au Mans, à Saint-Flour, à la Flèche, etc. Plusieurs de ces entreprises réussirent; mais les autres rencontrèrent, dans les habitudes des ouvrières du pays, une résistance qu'elles ne purent surmonter. Celle de la dame Gilbert fut de ce nombre. Cette dame, ne pouvant obtenir des dentelières normandes un point pareil à celui qu'elle voulait imiter, renonça au projet de faire de la dentelle de Venise, et créa un point tout nouveau qui reçut le nom de *dentelle* ou *point de France*, et qu'on appelle aujourd'hui *dentelle* ou *point d'Alençon*. Cet admirable tissu fut adopté aussitôt par la cour, et sa production prit, en quelques années, un développement d'autant plus considérable, que, dans le but de la favoriser, des édits très-sévères défendirent l'importation des riches dentelles étrangères.

3. Le succès du point d'Alençon encouragea celles de nos autres villes qui possédaient déjà l'industrie dentelière à perfectionner leurs procédés, et engagea celles qui ne l'avaient pas à l'introduire dans leurs murs. Les *dentelles de Chantilly* commencèrent alors leur réputation.

4. Le xviii^e siècle fut une ère de prospérité pour nos fabriques de dentelles. La Normandie seule ne compta pas moins de trente centres principaux. Entre autres innovations, les ouvrières de cette province créèrent, chez nous, l'article *blonde*, ou dentelle de soie plate, que les Espagnols seuls avaient produite jusqu'alors, mais d'une manière très-restreinte. Cette dentelle fut ainsi appelée, parce que, dans le principe, on la faisait avec de la soie de couleur naturelle, c'est-à-dire jaune nankin.

La dentelle contemporaine. — Aujourd'hui, on fait de la dentelle dans tous les pays du monde, et partout cette industrie est exclusivement exercée par des femmes et des jeunes filles. En Europe, seulement, on évalue à plus de 500,000 le nombre de ces ouvrières, la plupart travaillant au foyer domes-

tique. Elles sont presque exclusivement répandues en France, en Belgique, en Saxe, en Prusse, en Espagne, en Portugal, en Bohême et en Angleterre. Néanmoins, les deux premiers pays ont seuls une importance de fabrication véritablement sérieuse; car, sur les 500,000 dentelières dont il vient d'être question, ils en occupent ensemble près de 400,000. Partout ces ouvrières emploient les mêmes matières et les mêmes procédés. Malgré cela, leurs produits n'ont entre eux presque aucune similitude. Ils diffèrent tellement qu'il y a, pour ainsi dire, presque autant d'espèces de dentelles que de centres de fabrication. Aussi, dans le commerce, pour s'y reconnaître, est-on dans l'usage de désigner ces tissus par le nom des localités qui les produisent sur la plus grande échelle¹. En conséquence, on appelle *dentelles* ou *points de Bruxelles*², *dentelles* ou *points d'Alençon*, *malines*, *dentelles du Puy*, etc., les dentelles qui se font dans ces villes ou aux environs.

III. — LE TULLE.

Origine du tulle. — 1. Le haut prix de la dentelle, résultant de la lenteur du travail qu'exige la fabrication manuelle, devait faire rechercher le moyen de la produire économiquement par des procédés mécaniques. C'est en Angleterre que cette idée a pris naissance dans la seconde moitié du siècle dernier, et qu'elle a été heureusement réalisée³.

1. Quelques-unes font exception : telle est la *valenciennes*. Cette dentelle a bien été créée dans la ville française dont elle garde le nom; mais, aujourd'hui, c'est en Belgique qu'elle se fabrique, et principalement à Ypres, Courtray, Menin, Bruges et Alost.

2. La dentelle de Bruxelles est aussi appelée *point d'Angleterre*. L'origine de cette dénomination mensongère remonte à une époque où, à cause des défenses de leur gouvernement, les marchands anglais, ne pouvant faire entrer légalement les dentelles bruxelloises, imaginèrent de les importer en contrebande, et de les vendre ensuite, en les débaptisant, comme des produits de l'industrie nationale.

3. Ce tissu n'a donc pas été inventé, comme on le croit généralement, dans le chef-lieu de notre département de la Corrèze. S'il a reçu la dénomination qu'il porte en français, c'est uniquement parce que les premiers qui le produisirent voulurent imiter une espèce de dentelle, appelée *point de tulle*, dont on se servait autrefois pour élargir la dentelle ordinaire, et qu'on tirait principalement de la ville de Toul, en latin *Tulla*, dans l'ancienne Lorraine.

2. La première tentative pour fabriquer mécaniquement la dentelle, paraît avoir été faite, vers 1768, par un fabricant de bas de Nottingham, nommé Hammond. On raconte à ce sujet qu'un jour, étant inoccupé, il regardait la dentelle du bonnet de sa femme : l'idée lui vint qu'un semblable tissu pourrait être fait au moyen du métier à bas modifié. Il se mit donc à l'œuvre ; mais, au lieu de la dentelle qu'il espérait obtenir, il produisit un tricot d'une espèce particulière qu'il appela *tricot de dentelle*. Pendant les années suivantes, plusieurs des principaux mécaniciens de Nottingham firent des recherches dans la même direction. Un premier progrès fut réalisé, en 1775, par l'invention d'un métier que les Anglais nomment **warp machine**, et qui, inventé par Crane, fut successivement perfectionné par Ingham, James Terratt, Dawson, Rolland et une foule d'autres. En 1799, John Linley fit faire un grand pas à la nouvelle industrie en imaginant le **métier à bobines**, qui ne fonctionna cependant d'une manière bien satisfaisante qu'à partir de 1809, quand il eut été profondément amélioré par Heatcoat, de Teveston. C'est de ce moment que date réellement l'industrie tulle. Le tissu produit par ce métier imitait si bien le fond ou réseau uni de la dentelle aux fuseaux que la mode l'adopta aussitôt, ce qui fit prendre à sa fabrication un développement énorme. Ces deux métiers sont encore aujourd'hui ceux qu'on emploie partout ; mais ils sont loin de donner des produits de qualité égale. Le *tulle mecklin* est fourni par la machine de Crane et le *tulle bobin* par celle de Heatcoat, et l'on sait que le premier est inférieur au second, sous tous les rapports.

Propagation de la fabrication du tulle. — Jusqu'en 1815, l'industrie du tulle n'exista qu'en Angleterre, et les habitants de Nottingham, secondés par le gouvernement de leur pays, qui défendait, sous peine de la déportation, la sortie des machines, formaient comme une ligue douanière pour conserver le monopole d'une fabrication devenue pour eux une source inépuisable de profits. Quelques-uns, cependant, mieux avisés que les autres, et comprenant que la nouvelle branche de travail finirait tôt ou tard par pénétrer dans les autres pays, entreprirent de l'introduire eux-mêmes sur le continent, afin de jouir des bé-

nécessaires que cette importation ne manquerait pas de procurer aux premiers qui la feraient; et, comme la France était alors un des plus importants débouchés de la production tullièrre, ce fut de ce côté qu'ils dirigèrent leurs vues. En 1816, un premier métier fut importé mystérieusement par Corbit, Black et Cutt, et introduit dans l'établissement de M. Thomassin, fabricant de tissus, à Douai. Au mois de février de l'année suivante, un second put fonctionner à Calais, où il avait été apporté pièce à pièce par Webster, Clark et Bonniton. A partir de ce moment, des familles d'ouvriers anglais vinrent, à diverses époques, se fixer dans cette dernière ville ou aux environs. C'est à ces hommes courageux que notre pays est redevable de l'industrie tullièrre. Enfin, en 1823, nos mécaniciens commencèrent à s'occuper de la construction des métiers à tulle, qu'on avait jusqu'alors tirés d'Angleterre. Le premier métier d'origine française fut monté à Calais, dans le courant de cette même année.

Tulle brodé. — Dans le principe, le tulle était tout uni. Vers 1823, les fabricants anglais réussirent à rompre l'uniformité de ce tissu au moyen d'une petite mouche formant semé et appelée *point d'esprit*. Cette innovation fut introduite en France en 1834 par MM. Champailler et Pearson. Elle constitua un grand progrès et devint le prélude d'un perfectionnement d'une importance bien plus considérable, car elle fit concevoir la possibilité de fabriquer du tulle à dessins variés. Dès 1836, une foule d'artistes habiles se mirent à l'œuvre, tant en France qu'en Angleterre. Enfin, le problème fut résolu à Calais en 1842, par l'application de la mécanique Jacquard au métier à tulle. Alors prit naissance la fabrication du **tulle brodé**.

Industrie contemporaine. — L'industrie tullièrre est arrivée de nos jours à un degré de prospérité inouïe. Ses centres principaux pour le monde entier sont, d'une part, Nottingham, en Angleterre, et Saint-Pierre-lez-Calais, en France. Dans la première de ces deux villes, elle occupe près de 4,000 métiers, donne du travail à 160,000 personnes au moins et produit, chaque année, pour environ 100 millions de francs. Dans la se-

conde, elle possède près de 700 métiers, entretient 55,000 ouvrières, et fabrique pour 14 à 15 millions.

CHAPITRE VII.

La Broderie. — Les Tapis et les Tapisseries. — Les Châles. — La Draperie.

La broderie. — Son origine. — Ce qu'elle était chez les anciens et au moyen âge. — Broderie mécanique. — Les *tapis* et les *tapisseries*. — Notions préliminaires. — Invention des *tapis*. — Les *tapisseries* dans l'antiquité, au moyen âge, dans les temps modernes. — Les *châles*. — Leur origine orientale. — Leur introduction en Europe. — La *draperie*. — Notions préliminaires. — Origine de la *draperie*. — La *draperie* dans l'antiquité, au moyen âge, dans les temps modernes. — Son état actuel.

I. — LA BRODERIE.

Origine de la broderie. — Ainsi que l'apprend l'histoire de tous les anciens peuples, l'art de la **broderie** remonte aux temps les plus reculés. Chez les Juifs, la loi de Moïse voulait que les vêtements sacrés fussent enrichis d'ornements brodés, et l'on sait que le prophète Ézéchiël reprochait aux femmes de son temps de porter des robes surchargées de broderies. Chez les Assyriens, des broderies d'une très-grande richesse couvraient les vêtements, comme le montrent les monuments de Khorsabad, et le même usage existait en Égypte, dans l'Inde, en Perse, en Chine, partout où les arts de luxe étaient cultivés. La broderie semble même avoir été comme une nécessité pour l'homme, au sortir des langes de la barbarie, car on en a trouvé des traces jusque chez les peuples réputés les plus sauvages. Chaque nation employait naturellement les matières qui étaient à sa portée : ici, le lin ou la laine ; là, les plumes ou la soie ; ailleurs, des racines ou des écorces ; plus loin, des fils d'or ou d'argent ; mais les plus avancées mettaient simultanément en œuvre ces diverses substances, suivant l'effet particulier qu'on voulait obtenir.

La broderie dans l'antiquité. — Cependant, chez les anciens, quelques peuples étaient surtout renommés pour le fini de leurs broderies. Sous ce rapport, les Babyloniens avaient une réputation en quelque sorte universelle, et c'est dans leur ville que furent fabriquées ces admirables couvertures de lits à convives que certains amateurs payèrent jusqu'à 800,000 fr. Les broderies de la Phrygie n'étaient pas moins célèbres. C'est même parce que les premières broderies remarquables qu'ils connurent avaient été exécutées par des artistes de ce pays, que les Grecs leur attribuaient l'invention de l'art de broder, et qu'ils donnaient aux broderies le nom de *phrygies*. Les Romains, qui adoptèrent les idées des Grecs sur ce sujet, appelaient les brodeurs *phrygiens* et leurs produits *opus phrygium* (œuvre de Phrygie). Les deux peuples poussèrent l'usage des broderies à tel point, qu'à diverses époques, les gouvernements se virent obligés de le restreindre en menaçant de peines sévères ceux qui dépasseraient certaines limites.

La broderie au moyen âge. — 1. Dans les premiers siècles du moyen âge, la broderie fut surtout employée pour les ornements d'église ; mais, à mesure que le luxe se développa, elle fut également appliquée aux vêtements laïques. Les miniatures des manuscrits, les tombeaux, les sculptures et les très-rare tableaux qui nous sont parvenus du xi^e siècle et des quatre suivants, peuvent donner une idée de la profusion qu'on en faisait alors. On l'appliquait partout, et les dessinateurs les plus distingués consacraient leur temps à produire des modèles, que les châtelaines, les religieuses et une foule d'ouvrières ordinaires exécutaient avec une habileté merveilleuse.

2. Dans le principe, c'était en Italie, surtout à Gènes, à Venise et à Milan, que se faisaient les plus riches broderies, et, en même temps, les plus chères. Celles de la Saxe, de la Belgique et de la France, étaient également très-recherchées, autant à cause de leur beauté que de leur prix relativement modéré. Mais il est à remarquer que, pendant fort longtemps, la Saxe fut le seul pays qui exécuta la *broderie blanche* sur mousseline, telle qu'on la pratique aujourd'hui. Partout ailleurs, on brodait à peu près exclusivement sur drap, sur soie ou sur canevas, avec des fils de laine,

d'or, d'argent ou de soie. La broderie blanche ne commença à se développer en France que vers le milieu du siècle dernier, d'abord à Paris, à Lyon et en Normandie, puis aux environs de Nancy et de Saint-Quentin. Elle fut introduite en Ecosse vers 1770, en Irlande vers 1780 et en Suisse un peu plus tard. C'est également au milieu du siècle dernier que le métier appelé **tambour**, au moyen duquel on fait aujourd'hui, soit à l'aiguille, soit au crochet, les broderies les plus fines, fut importé de Chine en Europe, où, jusqu'alors, on avait exclusivement brodé sur la main.

La broderie contemporaine. — A l'époque de la Révolution, l'art de la broderie éprouva, à peu près partout, un temps d'arrêt; mais, au rétablissement de la paix, en 1815, elle prit des développements considérables qui depuis n'ont cessé de s'accroître. Aujourd'hui, ses produits forment deux catégories bien distinctes : celle des *broderies de fantaisie* et celle des *broderies blanches*¹. Les broderies de la première espèce sont les plus anciennes : c'est par elles, en effet, que l'aiguille du brodeur a dû d'abord s'exercer. Elles ont encore une vogue immense en Orient, où on les applique à tout. Quoique leur emploi ait beaucoup diminué en Europe, elles y donnent lieu cependant à une fabrication considérable, qui a pour centres principaux la plupart des capitales, et dont le débouché le plus important est peut-être la chasublerie. Quant aux broderies blanches, elles alimentent une industrie très-importante qui est surtout florissante en France, en Suisse, en Ecosse et en Irlande. Dans notre pays seulement, elle produit, chaque année, un mouvement d'affaires d'environ 50 millions.

Broderie mécanique. — L'idée d'exécuter la broderie par des procédés mécaniques ne remonte pas au delà d'une cin-

1. Sous le nom de *broderies de fantaisie*, on comprend toutes les broderies de couleur. Elles s'exécutent sur toute espèce d'étoffes et avec les matières les plus diverses, surtout avec la soie, la laine, les paillettes, les fils d'or et d'argent. On les emploie dans la confection des vêtements ecclésiastiques, des costumes de théâtre, des uniformes militaires, etc. La broderie, dite *en tapisserie*, en est un genre particulier. Par *broderies blanches*, on entend toutes les broderies de lingerie et d'ameublement. On les appelle ainsi parce qu'elles se font avec du coton blanc et sur des étoffes blanches, principalement sur le jaconas, la mousseline, le tulle et la batiste.

quantaine d'années. La première machine proposée à cet effet paraît avoir été inventée en France vers 1820, on ignore par qui. Dans tous les cas, elle n'eut aucun succès. Une seconde, qui fut imaginée en 1825, par Thimonier, d'Amplepuis, n'eut pas un meilleur sort. Quelques autres furent proposées ensuite; mais la première qui ait pu recevoir et qui ait reçu des applications véritablement industrielles, est celle que notre célèbre mécanicien, Josué Heilmann¹, fit breveter en 1829, et qui, à partir de 1834, fut introduite peu à peu dans la plupart des grandes fabriques de tissus brodés, en France, en Angleterre, en Suisse et en Allemagne. Toutes celles qu'on a construites depuis n'en sont en général que des modifications plus ou moins heureuses, et quelquefois de véritables altérations.

II. — LES TAPIS ET LES TAPISSERIES.

Notions préliminaires. — Les tapis et les tapisseries s'exécutent au moyen du tissage². Comme les autres étoffes, ils présentent une chaîne et une trame; mais la trame seule paraît à l'envers et à l'endroit. On appelle proprement *tapisseries* ceux de ces tissus dont la surface est rase, et l'on réserve le nom de *tapis* à ceux qui ont un aspect velouté. Pour les fabriquer, on se sert de deux métiers : le **métier de haute-lisse**, dans lequel la chaîne est tendue verticalement, et le **métier de basse-lisse**, dans lequel elle est tendue horizontalement. Le premier, produisant un travail plus fini que le second, est exclusivement employé pour les articles très-riches.

Origine des tapis. — L'art de tisser les tapis et les tapisseries paraît immémorial en Orient. Au plus loin, en effet, qu'on recule dans les annales des peuples asiatiques, on trouve

1. Voyez la note de la page 105.

2. On sait qu'il existe deux classes de tapis, savoir : les **tapis tissés** et les **tapis à l'aiguille**. Dans la fabrication des premiers, on forme simultanément le fond et le sujet sur une chaîne tendue, tandis que, dans celle des seconds, le fond et le sujet ne peuvent se former qu'alternativement, et sur un tissu préalablement disposé qu'on appelle *canevas*. Nous ne parlerons ici que des tapis tissés, les seuls qui alimentent une industrie proprement dite. Quant aux tapis à l'aiguille, ils ne sont que l'application d'un genre particulier de broderie.

quelque mention de ces fragiles monuments de soie, de fil et de laine, qui se rattachent autant à l'histoire de la peinture qu'à celle de l'industrie.

Les tapis dans l'antiquité. — La Bible parle souvent des tapisseries qui ornaient les murs intérieurs du temple, et sur lesquelles, avec des trames de différentes couleurs, on avait représenté des personnages. Quelques-uns de ces tissus sortaient probablement des fabriques de la Palestine ; mais les plus beaux provenaient de Babylone, qui était le centre le plus actif de l'industrie tapissière. L'Égypte était également très-renommée pour la beauté de ses tapis. Ce fut, dit-on, dans ce pays qu'on inventa le métier de basse-lisse, afin de diminuer la fatigue que celui de haute-lisse, employé seul jusqu'alors, occasionnait aux ouvriers. Les Grecs et les Romains recherchèrent les tapis avec non moins d'ardeur que les Orientaux, qui les leur fournirent presque exclusivement : ils les suspendaient aux parois des appartements ou les étendaient sur les meubles, surtout sur les lits de festin.

La tapisserie au moyen âge. — 1. A l'époque des invasions des Barbares, le goût des tapisseries se maintint en Occident, grâce à l'usage adopté par les chrétiens d'en décorer les églises aux grandes solennités. Cet usage existait déjà en France au vi^e siècle et, à partir de ce moment, il alla toujours en augmentant. Parmi les tapisseries qu'on employait dans ces temps reculés, beaucoup venaient de l'empire grec ou de l'Asie musulmane ; les autres étaient une production nationale. C'est ainsi qu'en 985, il y avait à l'abbaye de Saint-Florent de Saumur une fabrique d'étoffes, spécialement de tapisseries, que les moines tissaient eux-mêmes. En 1025, Poitiers en possédait une autre, dont les produits s'exportaient jusqu'en Italie. Des établissements analogues existaient à cette dernière époque sur plusieurs autres points de la France, notamment aux abbayes de Saint-Denis, de Saint-Waast et de Saint-Martin du Canigou, et dans les terres de diverses églises de Normandie et de Picardie.

2. A partir du xiii^e siècle, la mode des tapis et des tapisseries devint en quelque sorte universelle. Des églises et des abbayes, elle pénétra dans les châteaux et les maisons particulières. On

employait ces étoffes, non-seulement pour décorer les appartements, mais aussi pour s'asseoir dessus à la manière des Orientaux. On s'en servait également pour la confection des tentes royales et seigneuriales de voyage, de guerre, de chasse ou de tournoi. Enfin, on déployait encore les tapisseries, surtout celles à personnages, dans les occasions solennelles, pour donner une physionomie plus joyeuse aux rues et aux places publiques. Ces circonstances firent prendre un développement énorme aux fabriques européennes, qui réussirent à suffire aux besoins de la consommation.

3. Le xv^e siècle est l'époque la plus brillante de l'industrie tapisserie dans l'Europe occidentale. On faisait partout des tapisseries; mais les plus belles se fabriquaient dans les Flandres et dans l'Artois, plus particulièrement à Bruges et à Arras.

Les tapis dans les temps modernes. — 1. C'est à François I^{er} que nous devons la création de la première manufacture dont les produits aient pu rivaliser avec ceux de l'étranger. Cet établissement fut fondé au mois de janvier 1535, et placé à Fontainebleau, sous la direction de Rabou de la Bourdaisière, surintendant des bâtiments royaux. Un grand nombre d'artistes éminents furent chargés de préparer des modèles, dont l'exécution fut confiée à des ouvriers venus de Flandre; mais celui qui exerça la plus grande influence sur la fabrication fut le Primatice¹, qui, sur les instances de François I^{er}, quitta l'Italie, en 1540, et vint se fixer en France.

2. La manufacture de Fontainebleau fut conservée par Henri II, qui en confia la surveillance générale à Philibert Delorme, son architecte ordinaire. De plus, vers 1550, ce prince en établit une seconde dans les bâtiments de l'hôpital de la Trinité, à Paris. Les guerres de religion arrêtèrent l'essor de notre industrie tapisserie. Au retour du calme, Henri IV entreprit de la relever: pour y parvenir, il fonda trois nouvelles fabriques à Paris; deux (1597-1599) furent spécialement destinées à faire des tapisseries de haute-lisse, tandis que la troisième (1604) dut s'occuper exclusivement de fabriquer des tapis semblables à ceux qu'on ti-

1. Primatice (Francesco Primaticcio, dit le), célèbre peintre, sculpteur et architecte italien, né à Bologne en 1504, mort en France en 1570.

rait du Levant. Celle-ci fut d'abord installée au Louvre. Plus tard (1627), elle fut transportée à Chaillot, dans une ancienne fabrique de savon, et c'est de cette circonstance que ses produits reçurent alors le nom de *tapis de la Savonnerie*.

3. Louis XIV fit encore plus pour la prospérité de notre industrie des tapis. C'est, en effet, à ce prince que nous devons la célèbre *manufacture des Gobelins*. Cet établissement incomparable fut créé en 1662. Dans la pensée du fondateur, il devait être une fabrique modèle, quant aux produits qu'il fournirait, et une école des divers arts qu'on devait y cultiver. Aussi, dès son origine, eut-on soin d'y appeler les artistes tapissiers les plus habiles, et les peintres-dessinateurs les plus renommés. L'élément scientifique seul laissa d'abord quelque chose à désirer, conséquence inévitable de l'état peu avancé où était alors la chimie pratique; mais cette lacune disparut à mesure que l'art de la teinture fit des progrès. C'est également à Louis XIV que nous devons la *manufacture de Beauvais* : elle fut fondée en 1664.

4. Au xviii^e siècle, l'industrie des tapis et des tapisseries était arrivée, tant en France qu'à l'étranger, à un développement considérable. Les fabriques les plus renommées étaient surtout celles des Gobelins, de Beauvais et de la Savonnerie, pour les pièces exceptionnelles; de Venise, de Bruges, d'Oudenarde, d'Aubusson, de Felletin et d'Abbeville, pour les articles moins riches; de Rouen et de Bergame, pour les objets de consommation ordinaire.

Les tapis à l'époque actuelle. — Depuis une soixantaine d'années, l'industrie tapissière a presque entièrement changé de destination. Le papier peint ayant remplacé les tapisseries pour la tenture des murailles, on ne les emploie plus que pour recouvrir les meubles et le sol des habitations. En France, les pièces artistiques se font toujours aux Gobelins, auxquels la Savonnerie a été réunie en 1826, et à Beauvais : ces fabriques ne travaillent que pour les palais du gouvernement. Tous les établissements particuliers ne produisent que pour la consommation courante. Il en sort bien des tapis et des tapisseries de grand luxe; mais le prix excessivement élevé de ces tissus en rend le placement très-difficile et, par conséquent, la fabrication très-restreinte.

III. — LES CHALES.

Origine des châles. — 1. C'est de l'Asie, tout le monde le sait, qu'est originaire l'industrie des **châles**. Ces tissus, si renommés pour la beauté de la matière et la perfection du travail, ont été créés dans le pays de Cachemire, au nord-ouest de l'Indoustan, où on les fabrique avec le *pascham*, duvet admirable de finesse, que produisent les chèvres du petit Thibet, et qui, avant d'être filé, est déjà presque de moitié plus cher que la soie la plus belle.

2. De temps immémorial, les châles servent, en Orient, de coiffure, de tapis, d'écharpe, de ceinture, de robe, de tunique et de tenture. Parfois même, ils sont successivement appliqués à ces divers usages. Plusieurs passages d'Aristophane ¹ font supposer qu'ils ne furent pas tout à fait inconnus des anciens Grecs. D'autres écrivains donnent à entendre que, sous les empereurs, les dames romaines du plus haut rang aimaient parfois à s'en parer. Dans tous les cas, au siècle dernier, les tissus de Cachemire étaient très-rares en Europe et ne donnaient lieu à aucun commerce. Le peu qu'on en voyait était aux mains de personnes qui avaient eu des relations avec l'Orient, et, quoique ces châles fussent alors aussi beaux et eussent la même valeur qu'aujourd'hui, on n'en faisait, pour ainsi dire, aucun cas. Cet accueil n'a rien qui doive surprendre : c'est, en effet, celui que reçoit presque toujours la chose la plus merveilleuse quand elle arrive avant que son temps soit venu, c'est-à-dire avant que les caprices de la mode lui aient permis de se montrer.

Introduction des châles en Europe. — 1. Deux circonstances ont exercé une influence décisive sur l'usage et, par suite, sur la fabrication des étoffes de Cachemire en Europe : l'expédition française d'Égypte et les inconvénients qu'offrait le costume des élégantes à l'époque où elle eut lieu. Ceux qui accompagnèrent le général Bonaparte dans cette entreprise célèbre furent frappés de la souplesse, de la légèreté et de la riche coloration des

1. Aristophane, poète comique de la Grèce, né à Athènes vers 450 avant Jésus-Christ.

châles que les chefs ennemis portaient sous forme de ceinture, d'écharpe, de turban. Un grand nombre de ces tissus, ramassés sur les champs de bataille, furent envoyés en France, où ils excitèrent l'admiration générale. Le costume des dames françaises, imitation de celui des anciennes Grecques, avait le défaut de laisser à découvert les épaules, ce qui, sous notre climat, exposait à de graves maladies. Il était donc nécessaire d'abriter cette partie du corps, et, comme les châles, en raison de leur extrême souplesse, drapent admirablement les formes humaines, il n'en fallut pas davantage pour que les élégantes s'empressassent de les adopter.

2. En raison de leur rareté et de leur valeur élevée, les châles indiens ne pouvaient être qu'à l'usage d'un petit nombre de privilégiées. Cette circonstance engagea les industriels à chercher des moyens d'imitation, en remplaçant la matière première, dont on ignorait encore la nature, par la laine mérinos, et à créer, en outre, des articles similaires plus communs dont le prix fût abordable pour une clientèle nombreuse. Le tissu de Cachemire étant une véritable tapisserie, exécutée lentement et point par point à la main, on essaya d'abord, du moins pour les genres riches, de travailler à la manière orientale ; mais le haut prix des salaires fit bientôt reconnaître la nécessité de renoncer à un procédé si coûteux, et l'on se rejeta sur celui infiniment plus économique du tissage.

3. Les premiers châles d'origine française furent exécutés par la maison Bellangé, et figurèrent à l'exposition de 1801. Ils n'étaient, il est vrai, qu'une pâle copie de ceux de l'Inde. Néanmoins, l'élan était donné, et les progrès furent tels que, dès 1806, la fabrication du cachemire français avait acquis une certaine importance. En 1818, l'adoption de la mécanique Jacquard introduisit dans le tissage des perfectionnements inconnus auparavant. L'année suivante, le célèbre manufacturier Ternaux fit venir à grands frais des chèvres de la Tartarie, qu'il croyait être celles qui fournissaient le duvet des vrais cachemires, et essaya de les acclimater en France. Il ne réussit pas ; mais la reconnaissance publique lui tint compte de ses efforts, en donnant son nom aux cachemires français. A partir de cette époque, l'industrie châlière subit un nombre immense de transformations suc-

cessives, et le châle prit une importance si considérable dans la toilette des femmes, qu'on dut recourir à toutes les combinaisons possibles du tissage et des matières premières pour faire de cette étoffe un produit accessible à toutes les conditions sociales. Les duvets indiens furent remplacés par les laines indigènes, la soie et le coton. Enfin, aux dessins toujours coûteux obtenus avec la navette du tisseur, on substitua, pour les articles communs, destinés aux petites bourses, les dessins fournis par le procédé si commode et si économique de l'impression.

Les châles à l'époque contemporaine. — Depuis quelques années, un grand changement s'est opéré dans l'usage du châle. Ce tissu n'est plus, comme dans un passé encore peu éloigné, l'objet dominant de la toilette des riches élégantes. Il est entré, d'une manière beaucoup plus générale, dans les habitudes des classes peu aisées, et ce qui le prouve, c'est qu'on fabrique aujourd'hui infiniment plus de châles qu'on n'en a jamais fabriqué. Le même fait s'est du reste produit en Angleterre, en Autriche et dans les autres contrées de l'Europe, où, à l'imitation de la France, l'industrie châlière a réussi à s'établir.

IV. — LA DRAPERIE.

Notions préliminaires. — Personne n'ignore que la fabrication des **draps** constitue la branche la plus importante de l'industrie des laines. Quand elle sort du métier du tisserand, toute étoffe de ce genre est molle, et si peu serrée que le jour passe à travers; mais on parvient à lui donner la force et l'opacité voulues en rapprochant les fils et en forçant les brins de la laine à s'entrelacer, pour ainsi dire, les uns les autres, par une sorte de feutrage. On sait qu'on obtient ce résultat à l'aide d'une opération spéciale appelée *foulage* et qui consiste à imprégner le tissu d'une dissolution alcaline ou savonneuse et à la soumettre ensuite à un frottement ou à un choc prolongé. A cette opération en succèdent un grand nombre d'autres, dont deux surtout ont une grande importance. La première, dite *lainage* ou *garnissage*, a pour objet de relever le duvet de la laine, qui a été fortement froissé par le foulage, et de former à la surface du

drap une espèce de fourrure assez épaisse pour cacher le croisement des fils produit par le tissage. La seconde, qu'on nomme *tondage*, consiste à égaliser les filaments de cette fourrure, lesquels sont toujours de longueur inégale.

Origine de la draperie. — Les peuples pasteurs durent remarquer de bonne heure la propriété que possède la laine, de se feutrer sur le dos même des moutons, quand ces animaux ne sont pas tenus en état de propreté. L'idée leur vint alors d'imiter artificiellement la nature, et ils réussirent bientôt à produire, sans le secours du tissage, des étoffes d'une admirable solidité qu'ils appliquèrent à leurs divers besoins. Tous les historiens sont unanimes à reconnaître l'habileté avec laquelle les anciens fabriquaient le feutre. Ils savaient donner à ce tissu des dimensions inconnues de nos jours, et le rendre propre à résister au fer et au feu, ce qui permettait d'en confectionner des pièces d'armure. Plus tard, quand on eut découvert l'art du tisseur, on combina les procédés de cet art avec celui du feutrage, et alors naquit l'industrie drapière.

La draperie dans l'antiquité. — Il n'existe aucun renseignement sur la fabrication du drap dans l'antiquité. Toutefois, si l'on en juge par ce qu'en disent les écrivains latins, elle devait être très-avancée, tellement même que, si ce qu'ils rapportent des draps de Rome, au point de vue de la durée, n'est pas exagéré, l'art moderne ne pourrait rien produire de pareil, malgré les perfectionnements sans nombre qu'il a reçus¹. Du temps des empereurs, les draps de la Gaule étaient en grande réputation. Ceux d'Arras, entre autres, passaient pour excellents pour le service des troupes.

La draperie au moyen âge. — Comme toutes les autres industries, celle de la draperie dépérit beaucoup à partir des invasions des barbares, et il en fut ainsi jusqu'au XIII^e siècle. Les fabriques des Flandres et des Pays-Bas atteignirent les premières un haut degré de prospérité. Pendant longtemps, elles eurent le privilège d'alimenter de draperie fine le commerce de toute l'Europe. Ne trouvant pas sur place les belles laines dont

1. Bezon, *Dictionnaire des Tissus*.

elles avaient besoin, elles les tiraient de la France, de l'Angleterre, de l'Espagne, de l'Allemagne, qui les leur envoyaient, ne sachant pas en tirer parti. On se bornait, dans les autres pays, à produire des étoffes communes à l'usage des classes peu aisées.

La draperie dans les temps modernes. — Au xv^e siècle, les Flandres et les Pays-Bas étaient encore les centres de la fabrication des draps de luxe. Les Anglais comprirent alors l'avantage qu'ils auraient à ouvrir eux-mêmes leurs laines. En conséquence, ils en interdirent la sortie, et, secondés par d'habiles ouvriers flamands qu'ils surent attirer ou qui vinrent volontairement s'établir au milieu d'eux, ils se trouvèrent bientôt en possession de manufactures nombreuses qui ne tardèrent pas à faire une concurrence désastreuse à celles du continent. L'élan une fois donné, les autres nations se hâtèrent de le suivre. En ce qui concerne la France, les premiers efforts eurent lieu sous Henri IV ; mais les résultats sérieux datent de l'époque de Louis XIV. A l'instigation du ministre Colbert, on vit, sur tous les points du territoire, s'élever des fabriques de produits nouveaux, créés par des industriels hollandais, italiens, anglais, que des offres séduisantes avaient décidés à venir se fixer chez nous. En 1646, Nicolas Cadeau fonda, dans la ville de Sedan, cette célèbre manufacture de draps fins, façon de Hollande, dont la réputation a toujours grandi depuis. En 1665, Josse Van-Robais vint s'établir à Abbeville pour y fabriquer, comme disent les documents contemporains, « des draps fins façon de Hollande et d'Espagne. » En 1684, Ricard et Langlois, de Louviers, transformant les procédés en usage dans le pays, firent sortir de l'obscurité les produits de cette ville jusqu'alors sans importance ; et furent imités presque aussitôt, si même ils n'avaient pas été devancés, par les manufacturiers des localités voisines, Elbeuf entre autres. Malheureusement, la Révocation de l'édit de Nantes, en 1685, amena l'émigration d'un grand nombre de patrons et d'ouvriers, auxquels la Saxe, la Prusse, la Suisse, s'empressèrent de donner asile. Néanmoins, elle n'eut pas des conséquences aussi graves pour la fabrication des draps fins que pour celle des tissus de laine ordinaire, parce que la première n'était pas, comme la seconde, ex-

plôtée par les protestants. Au siècle dernier, l'industrie drapière avait pris, en France, une extension très-considérable. « On peut dire sans prévention, disait un écrivain en 1750, que les manufactures françaises ont atteint une si grande perfection pour les draperies, principalement pour les draps façon d'Espagne et d'Angleterre, que le royaume se trouve présentement en état de pouvoir se passer absolument de ceux des Anglais et des Hollandais. »

La draperie contemporaine. — L'usage qui, depuis soixante ans, s'est de plus en plus généralisé, soit en France, soit à l'étranger, de substituer les étoffes drapées aux tissus employés anciennement pour le costume des femmes et des hommes, a fait prendre à l'industrie drapière un essor inouï. Ce progrès a été favorisé par diverses circonstances, notamment par l'emploi de machines ingénieuses qui, en simplifiant et en augmentant la production, ont permis par cela même de réduire considérablement les prix, au grand avantage de toutes les conditions sociales, plus particulièrement des classes peu aisées. « Née en Angleterre, avant la fin du siècle dernier, cette innovation capitale n'a guère commencé qu'en 1818 à se populariser en France. Quelques années plus tard, nos fabricants trouvèrent une source non moins importante de prospérité. On n'avait encore guère produit que des étoffes unies et teintes d'une couleur uniforme, lorsqu'ils eurent l'idée de réunir diverses nuances au moyen de combinaisons de tissage. Ce nouveau genre de fabrication prit naissance vers 1834, dans la manufacture de M. Bonjean, à Sedan ; et, comme il permet de créer chaque année, à chaque saison même, des effets nouveaux et sans limite possible, on a donné à ses produits le nom de *nouveautés* ou *fantaisie*. Il existe actuellement partout ; mais jusqu'à présent, le goût français, fort de sa supériorité, a imposé sa loi aux pays étrangers, sans jamais subir la leur. On a essayé, il est vrai, de suivre nos fabricants dans cette nouvelle voie qu'ils avaient ouverte ; mais les résultats obtenus jusqu'ici ont prouvé l'infériorité de nos rivaux, et les nouveautés produites par les manufactures françaises ont conservé une suprématie que prouvent d'ailleurs les imitations dont elles sont constamment l'objet. » (BEZON.)

TROISIÈME PARTIE.

L'ART DU POTIER ET LA VERRERIE.

CHAPITRE I.

L'Art du potier.

Haute antiquité des poteries. — Classification des poteries modernes. — *Poteries vernissées* : leur caractère essentiel ; elles sont d'origine orientale ; comment introduites en Europe. — *Poteries émaillées* : circonstance qui leur a donné naissance ; elles sont aussi d'origine asiatique ; par qui introduites en Europe ; Luca della Robbia ; les potiers des Romagnes et la majolica ; Bernard Palissy ; Conrade et la faïencerie nivernaise. — *Porcelaine* : caractère distinctif de cette poterie ; elle est d'origine chinoise ; sa rareté en Europe pendant le moyen âge ; premières tentatives pour l'imiter ; invention de la porcelaine française ; recherches de Bottger, fabrication de la vraie porcelaine ; propagation de la nouvelle industrie. — *Faïence fine* : son origine anglaise : Josiah Wedgwood. — *Grès* : leur caractère distinctif ; ils ont été connus dans l'ancienne Egypte.

I. — ORIGINE DES POTERIES.

1. L'origine de la fabrication des **poteries**¹ n'a pas eu, comme celle du verre, les honneurs de la fable. Cependant elle se perd dans la nuit des temps, elle remonte à l'antiquité la plus reculée.

1. Ce mot de **poteries** désigne tous les objets de terre, quelle qu'en soit la destination, depuis les briques les plus grossières jusqu'aux plus délicates porcelaines. Il vient du latin, *potorium*, nom du vase à boire chez les Romains. Le mot *kéramos*, d'où nous avons fait *cérame* et *céramique*, et qui avait en Grèce le même sens que celui de *potorium* à Rome, avait une origine analogue, car il dérivait de *kéras*, corne, parce que, dans les temps primitifs, la corne des grands animaux avait été le vase à boire ordinaire. Les mythographes grecs prétendaient bien que c'était le nom de Kéramos, fils d'Ariadne et de Bacchus, à qui ils attribuaient l'invention des poteries ; mais cette opinion, imaginée après coup, ne reposait sur aucune base sérieuse.

Comme l'a dit M. Alexandre Brongniart¹, il est probable qu'après l'art de fabriquer des armes pour leur défense et quelques tissus grossiers pour se vêtir, c'est celui que les hommes ont cultivé le premier, celui qui a été comme la première ébauche de la civilisation. « En effet, ajoute ce savant, les armes étaient indispensables pour soutenir et défendre la vie, les tissus végétaux ou de peaux d'animaux pour éloigner les douleurs physiques, les deux seules choses essentiellement utiles, tandis que la fabrication de la poterie la plus grossière est déjà un art de luxe. On peut vivre et vivre sans souffrance et ne point faire cuire ses aliments ; mais il faut peut-être, pour faire avec le limon le moins rebelle au maniement du potier un vase qui se durera à l'air ou au feu, et ne servira qu'après le résultat éloigné de cette opération, il faut, dis-je, plus de soins, d'observations et de réflexions que pour façonner des bois, des os, des peaux et des filaments, des armes et des vêtements ; car ces matériaux offrent immédiatement à l'ouvrier le résultat de son travail. »

2. Aussi haut qu'on remonte le cours des âges, on trouve l'art du potier pratiqué par tous les peuples. Cependant ses progrès les plus importants appartiennent aux temps modernes. Ils datent des découvertes de la minéralogie et de la chimie, qui, en augmentant le nombre des matières premières, ont également appris à les employer avec plus d'intelligence. Ainsi, aux *argiles*, aux *marnes*, aux *ocres*, bases des poteries des anciens, les modernes ont ajouté : parmi les substances terreuses, la *craye*, la *magnésie*, le *talc*, le *quartz*, le *silex*, le *kaolin* ; parmi les substances salines, le *gypse*, le *phosphate de chaux*, le *borax*, etc. Ainsi encore, aux métaux déjà connus sont venus se joindre l'*antimoine*, le *zinc*, le *cobalt*, le *platine* et tant d'autres. Enfin, la chimie, modifiant tous ces corps et leurs propriétés fondantes, durcissantes et colorantes, a mis à la disposition des potiers modernes une multitude d'éléments et de composés ignorés de leurs devanciers.

II. — LES POTERIES DANS L'ANTIQUITÉ.

Une fois inventé, l'art du potier a suivi, dans la marche de ses perfectionnements, un ordre qui a été le même partout.

1. **Brongniart** (Alexandre), minéralogiste français, né à Paris, en 1770, mort en 1847.

1. Fixées sur les bords des grands fleuves, les premières sociétés rencontrèrent dans le limon déposé par les eaux une matière ductile, facile à travailler, prenant et conservant sans peine une forme convenable pour contenir les grains, et acquérant par la dessiccation au soleil une assez grande solidité pour être transportée sans se rompre. A cette période primitive, qui dura probablement plusieurs siècles, appartiennent les plus anciennes poteries que l'on connaisse ¹. Elles ont été trouvées dans presque toutes les parties du globe, et nous en devons la conservation à l'usage où l'on était autrefois d'enterrer les personnes avec une partie des objets qu'elles avaient possédés.

2. Un premier progrès fut réalisé lorsqu'on découvrit qu'en soumettant les vases de terre à l'action de la chaleur, c'est-à-dire en les faisant cuire, on les rendait plus solides, en même temps qu'on les empêchait de se délayer dans l'eau. On rapporte à cette période toutes les poteries qui nous viennent des peuples civilisés de l'antiquité, particulièrement celles qu'on a recueillies dans les tombeaux de l'Italie, de la Grèce et de la Sicile, et qu'on désigne généralement sous le nom de **vases peints**, à cause des peintures dont elles sont enrichies ². Parmi ces poteries italo-grecques,

1. Beaucoup de ces poteries ont été simplement façonnées à la main ; elles sont alors grossières et incorrectes. Quelques-unes ont été faites sur le **tour à potier**. Cet instrument, à la fois si simple et d'un usage si commode, a été connu de très-bonne heure. Les Egyptiens s'en servaient déjà plus de 2,000 ans avant notre ère. Il paraît être arrivé en Europe par la Grèce. On sait que les Grecs en attribuaient l'importation ou, comme ils disaient, l'invention, à Talos, sculpteur athénien, neveu de Dédale, et que, pour perpétuer le souvenir de cet événement, ils avaient fait représenter un vase de terre sur certaines monnaies. Homère parle du tour, quand, dans la description d'une danse figurée sur le bouclier d'Achille, il dit : « Tantôt le chœur entier, non moins léger qu'expert, tourne aussi rapide que la roue du potier, lorsqu'il éprouve si elle peut seconder l'adresse de ses mains. » Remarquons, en passant, que, suivant quelques écrivains, le tour aurait été apporté aux Grecs bien avant l'an 1200 où l'on suppose que Talos vivait. Dans tous les cas, ce qu'il y a de certain, c'est que les plus anciennes poteries grecques que nous possédons ont été tournées avec une grande perfection. Suivant le géographe Strabon, le Scythe Anacharsis, qui visita la Grèce vers l'an 589 avant Jésus-Christ, aurait fait connaître un tour perfectionné aux potiers de ce pays, mais il n'entre dans aucun détail à ce sujet.

2. Ces vases ont été désignés, pendant longtemps, sous le nom impropre de **vases ou poteries étrusques**. On en trouve bien dans l'ancienne Etrurie, mais en très-petit nombre ; encore même, ceux qui appartenaient réellement à ce pays sont, pour la plupart, des imitations de vases grecs ou ont

quelques-unes ont pu servir aux usages domestiques ; mais la plupart sont des objets d'apparat, destinés à être donnés en prix ou en cadeau, ou à orner l'intérieur des habitations. Aussi présentent-elles, sous le rapport de la forme, du dessin et de la fabrication, une beauté incomparable qui témoigne d'une industrie très-avancée. La figure 30 montre comment, malgré leur fragilité, elles ont pu nous arriver intactes.

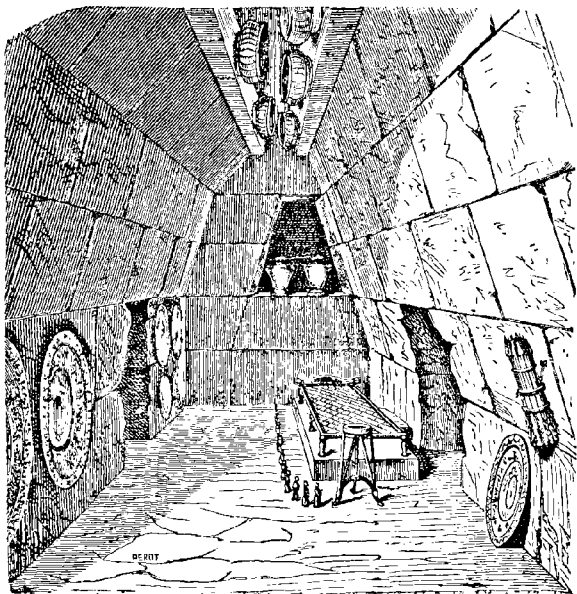


Fig. 30.
Tombeau souterrain (Italie.)

3. Mais les poteries qui n'ont pas été cuites à une température

été faits par des artistes grecs. A quelques exceptions près, les poteries appelées *vases peints* sont réellement des produits de l'art grec. On les rencontre dans tout le midi de l'Italie, plus particulièrement aux environs de Capoue, de Nola, de Cumes, et jusqu'aux portes de Naples. Ces vases sont aussi assez abondants en Sicile et dans les autres pays habités ou colonisés par la race hellénique.

très-élevée, ou qui ne doivent pas à une terre d'une nature spéciale la propriété d'être imperméables, restent poreuses et absorbantes, ce qui les rend impropres à contenir les liquides. Il y avait donc un autre perfectionnement à réaliser, et il exista le jour où l'on eut l'idée de recouvrir les argiles poreuses d'un enduit vitreux capable de leur donner l'imperméabilité qu'elles ne possédaient pas naturellement. Les produits de l'art du potier offrirent alors les deux éléments caractéristiques des poteries modernes, c'est-à-dire le corps du vase, ou la *pâte*, et l'enduit vitreux, ou la *glacure*¹; et ils purent devenir des objets d'une utilité plus variée dans l'économie domestique. Toutefois, les anciens eurent rarement recours à ce perfectionnement capital. Les modernes, au contraire, en ont fait les applications les plus étendues, et c'est en modifiant de mille manières la composition des pâtes et des glacures qu'ils ont élevé la fabrication des vases de terre au rang d'une industrie de premier ordre.

III. — LES POTERIES DANS LES TEMPS MODERNES.

Malgré leurs nombreuses variétés, les poteries modernes peuvent être divisées en cinq classes, savoir : les *poteries vernissées*, les *faïences communes* ou *poteries émaillées*, la *porcelaine*, la *faïence fine* et les *poteries de grès*. Nous allons passer sommairement en revue l'histoire des unes et des autres.

Poteries vernissées. — 1. Ce qui caractérise essentiellement les poteries de cette classe, c'est que la glacure ou vernis qui les recouvre renferme toujours du plomb².

1. **Glacure.** On nomme ainsi tout enduit vitreux destiné à rendre une poterie imperméable et, parfois aussi, servant à l'enjoliver. Quand on veut désigner la nature caractéristique de cet enduit, on emploie des expressions particulières. Ainsi, on l'appelle *verniss*, quand il contient du plomb; *émail*, quand il renferme de l'oxyde d'étain; *couverte*, quand il est exclusivement composé de matières terreuses. Le vernis est la glacure des poteries communes, l'émail celle de la faïence ordinaire ou faïence italienne, la couverte celle de la porcelaine de Chine. Une foule d'opinions singulières émises sur plusieurs points de l'histoire de la poterie, sont uniquement dues à l'oubli de la vraie signification de ces divers mots.

2. La substance qui sert à produire cette glacure est le sulfure de plomb appelé vulgairement **galène** par les mineurs, et **alquifoux** par les potiers. Elle fournit un enduit très-brillant, mais qui a le défaut d'être facilement attaqué par les graisses et les acides.

2. Malgré les recherches auxquelles on s'est livré, on n'a pu encore déterminer l'époque et le lieu où l'on a commencé à faire des poteries vernissées. On croit cependant pouvoir assurer qu'elles sont une invention orientale, qui a été introduite en Europe, on ne sait à quelle époque, d'une part, par les Grecs de Byzance, de l'autre, par les Maures d'Espagne. Dans tous les cas, le plus ancien document authentique qui en fasse mention est un texte du ^{xiii}^e siècle : on y voit que, vers 1283, un potier de Scheles-tadt, dont il ne donne pas le nom, avait trouvé le moyen de revêtir d'un enduit plombé les produits de son travail. Au siècle suivant, les potiers de la Toscane, des Romagnes et de plusieurs parties de l'Allemagne qui, on ne sait comment, avaient été initiés de bonne heure aux procédés industriels des Grecs et des Arabes, imprimèrent à la fabrication des poteries vernissées une extension inconnue jusqu'alors. Dès ce moment, l'usage de la glaçure au plomb se généralisa dans toute l'Europe pour la fabrication des poteries communes. Comme le métal qu'elle renferme peut, en se combinant avec les substances alimentaires, donner lieu à des composés vénéneux, on a essayé, de nos jours, de remédier à ce danger, et l'on y est parvenu en la remplaçant par des enduits entièrement terreux ; mais, les nouvelles poteries n'ayant pas l'éclat des anciennes, les consommateurs ont mieux aimé s'en tenir à celles-ci, au risque de s'empoisonner. C'est dans un but semblable qu'au ^{xvii}^e siècle les frères Ellers, potiers anglais, ont eu l'idée de vernisser les poteries en se servant uniquement de sel marin. Ce procédé, qui date de 1690, est employé aujourd'hui pour certains produits. Il consiste à jeter du sel dans le four, lorsque la cuisson des pièces est à peu près terminée. Sous l'influence de la chaleur, cette matière se volatilise et va s'attacher en poudre impalpable sur la surface des objets, où elle ne tarde pas à former une couche vitreuse, très-mince et très-adhérente.

Poteries émaillées. — 1. Dans les premiers temps de la fabrication des poteries vernissées, on ne connaissait que des terres donnant au feu des pâtes plus ou moins rougeâtres dont la nuance perçait désagréablement à travers la transparence de l'enduit vitreux. Après divers tâtonnements, on réussit à dissi-

muler cette coloration en substituant à la glaçure au plomb une autre glaçure rendue blanche et opaque par l'oxyde d'étain. Quand ce résultat fut obtenu, les poteries émaillées, qui sont nos **faïences communes**, se trouvèrent inventées.

2. Comme la glaçure plumbeuse, la glaçure stannifère est originaire d'Orient. L'ancienne Egypte l'a connue, du moins accidentellement; car, parmi les milliers de statuettes provenant de ce pays, quelques-unes sont émaillées. Quant à son introduction en Europe, elle a eu probablement lieu de la même manière que celle de la glaçure au plomb, c'est-à-dire par l'empire grec et l'Espagne musulmane. De ces deux pays, elle se répandit en Allemagne et en Italie, qui la transmirent peu à peu aux autres contrées; mais, contrairement à l'opinion générale, la première la posséda bien avant la seconde. Il existe, en effet, des poteries émaillées d'origine allemande qui ont été exécutées au commencement du *xiii^e* siècle, tandis que les plus anciennes qu'on puisse attribuer aux Italiens ne sont pas antérieures au *xv^e*.

3. On suppose que les potiers allemands furent initiés par les Grecs byzantins à la fabrication des poteries émaillées. Quant aux Italiens, on admet assez généralement qu'ils durent la connaissance de cette industrie au sculpteur florentin Luca della Robbia ¹, qui probablement en était lui-même redevable à des ouvriers espagnols ou arabes venus des îles Baléares ². Ce Luca était un artiste d'un très-grand mérite. Impatient d'arriver à la fortune, et trouvant que ses travaux lui procuraient peu de profit en comparaison du temps qu'il y employait et des fatigues qu'ils lui occasionnaient, il se mit à la recherche d'une occupation plus lucrative. Il pensa que, la terre se travaillant avec beaucoup plus de facilité que le bronze et le marbre, il suffisait de découvrir un moyen capable de conserver longtemps les objets faits de cette matière pour en obtenir un débit considérable. Après de non-

1. Luca della Robbia, né à Florence vers 1355, mort en 1430.

2. Dès le commencement du *xvi^e* siècle, il était déjà établi par tradition en Italie que des ouvriers arabes ou espagnols, venus des îles Baléares, y avaient apporté leurs procédés pour la fabrication de la faïence (J. Labartie). On sait que ces îles, dont Majorque est la principale, furent conquises par les Arabes au *viii^e* siècle, et qu'elles restèrent en leur possession jusqu'en 1230. Ils y avaient sans doute établi des fabriques de poteries émaillées, dont ils avaient apporté les procédés d'Orient.

breux essais, il réussit à donner à ses sculptures en terre la dureté et l'éclat du marbre en les recouvrant de glaçure stannifère. Cette innovation, qui parut vers 1420, fut accueillie avec enthousiasme et eut un grand succès commercial. Elle devint pour Luca et sa famille une source intarissable de bénéfices ¹.

4. Les poteries des della Robbia étaient désignées sous le nom de *terra invetriata* (terre vitrifiée). Elles consistaient en des pièces de plastique ², généralement de vastes dimensions, qui servaient à la décoration des édifices : on les appliquait sur les murs des églises et des palais, ou bien on les exposait sur des meubles somptueux, dans les appartements des grands seigneurs. L'industrie des poteries émaillées pour les usages domestiques fut créée un peu plus tard, vers 1450, quand les potiers des Romagnes, abandonnant l'enduit plombé qu'ils employaient depuis près de trois siècles, adoptèrent celui à base d'étain. Alors prit naissance la fabrication de ces belles faïences italiennes, dites *majolicas*, du nom de Majorque, une des îles espagnoles d'où, suivant la tradition, la nouvelle glaçure avait été introduite en Toscane ³.

1. Girolamo della Robbia, dernier membre de cette famille d'artistes, fut appelé en France, en 1540. Il fit des plaques de terre cuite émaillée pour la façade du palais, dit *château de Madrid*, que François 1^{er} faisait construire dans le bois de Boulogne, près de Paris.

2. **Plastique.** Du grec *plastikos*, dérivé lui-même de *plastô*, former. On a donné ce nom à une branche des arts céramiques qui s'occupe spécialement de produire des pièces sculptées ou moulées pour la décoration des édifices et des lieux publics. Les Grecs, qui la cultivèrent avec ardeur, en attribuèrent l'invention à un potier de Sicyle ou de Corinthe, nommé Dibutade. A peu près délaissée pendant le moyen âge, elle fut remise en honneur en Italie, vers la fin du xiv^e siècle, époque à laquelle Nicolo d'Arezzo exécuta, pour sa ville natale, des statues en terre cuite qui excitèrent l'admiration générale. Au siècle suivant, Luca della Robbia, Simon et Delsa, ses compatriotes, et Guido Paganini, de Modène, produisirent une multitude d'œuvres d'une grande valeur. Le xv^e siècle vit briller notre compatriote Germain Pilon et un artiste espagnol vulgairement désigné sous le nom de maître Miguel. Le xvii^e siècle ne produisit que des œuvres de mauvais goût. Les choses s'améliorèrent un peu au xviii^e. Enfin, de nos jours, la plastique appliquée à la décoration des monuments religieux a pris une extension assez considérable, surtout en France, en Bavière et en Angleterre.

3. Voyez, sur cette tradition, la note 2 de la page 171. Jules-César Scaliger, né à Padoue en 1484, mort en France en 1558, rapporte qu'une faïence d'un très-grand prix se fabriquait de son temps à Majorque, et il ajoute que le nom de *majolica*, donné à la faïence italienne, vient de cette île, qu'on appelait *Majolica* en italien. Cette opinion a continué de subsister en Italie après Scaliger. Ainsi, Fabio Ferrari, dans ses *Origines de la langue italienne*,

Les premières sortirent des ateliers de Faënza, de Gubbio, d'Urbino, de Castel-Durante, qui, grâce aux encouragements de tout genre qu'ils obtinrent de leurs souverains, atteignirent en peu de temps le plus haut degré de prospérité.

3. Au commencement du xvi^e siècle, on ne connaissait encore en France que les faïences étrangères. Vers 1539, un homme d'un prodigieux génie, Bernard Palissy ¹, entreprit de naturaliser dans notre pays la fabrication de ces poteries. Au retour d'un voyage en Allemagne, où, à ce qu'on croit, il avait fréquenté l'atelier d'Auguste Hirschvogel ², potier célèbre de Nuremberg, il se mit courageusement à l'œuvre. Ses travaux durèrent plus de vingt ans; mais, malgré la croyance contraire, ils n'eurent réellement aucune influence industrielle : ils aboutirent uniquement à la production de pièces artistiques, destinées à la décoration des habitations princières ³.

6. L'industrie des poteries domestiques émaillées ne date en France que du commencement du xvii^e siècle. Elle a eu pour point de départ une fabrique fondée à Nevers en 1602 par un gentilhomme de Savone, nommé Conrade, qui faisait partie de la

dit que le mot de *majorica* a été changé en *majolica* « par une certaine coquetterie de langage »; et le dictionnaire de la *Crusca*, en donnant la définition de la *majolica*, ajoute qu'elle a été ainsi nommée de l'île de Majorque, où l'on commença à la fabriquer. Ajoutons que la faïence italienne a été quelquefois appelée *porcelaine*, à cause d'une certaine ressemblance qu'on lui trouvait avec la célèbre poterie chinoise.

1. Palissy (Bernard), né vers 1510, à Lacapelle-Biron, village du département de Lot-et-Garonne, arrondissement de Villeneuve, mort à Paris en 1589. Pauvre et presque sans instruction, il consacra les premières années de sa jeunesse à l'étude du dessin, de la géométrie pratique et de la vitrerie. Il parcourut ensuite le nord de la France, les Pays-Bas et une partie de l'Allemagne, et, sans avoir d'autre livre que « le ciel et la terre, » devint, à force de génie et de persévérance, un des premiers savants de son temps. On le considère avec raison comme le représentant de la chimie expérimentale au xvi^e siècle et le créateur de la géologie.

2. Les Hirschvogel formaient, à Nuremberg, une famille d'artistes du premier mérite, tous à la fois potiers et peintres sur verre. Les membres de cette famille étaient au nombre de cinq, dont quatre ont laissé des œuvres très-remarquables, savoir : Veit Hirschvogel le Vieux (1441-1525), Veit Hirschvogel le Jeune (1471-1553), Auguste Hirschvogel (1488-1560) et Sebald Hirschvogel (1517-1589).

3. En 1555, au moment même où Palissy faisait ses recherches, Julien Gambyn et Dominique Tardessier obtinrent du roi Henri II un privilège pour établir une faïencerie à Lyon; mais l'entreprise ne dut pas réussir, car il n'en a plus été question depuis.

cour des ducs de Nivernais. On raconte à ce sujet qu'en se promenant aux environs de Nevers, ce gentilhomme trouva une terre qui lui parut semblable à celle dont se servaient en Italie les fabricants de majolica. Comme il était au courant des procédés céramiques, il essaya cette terre et en obtint des poteries aussi belles que celles de son pays. Attirés par ces premiers succès, des ouvriers italiens vinrent bientôt se joindre à Conrade, et plusieurs d'entre eux, à son exemple, montèrent d'autres établissements qui, grâce à la magnificence de leurs produits, devinrent en peu de temps très-florissants. Comme ces nouvelles poteries étaient faites d'après les procédés des fabriques de Faenza, et que le nom de cette ville s'écrivait alors en français *Fayance*, on les appela *poteries de Fayance* ou *à la mode de Fayance*, par abréviation *fayances*, et ce mot a été conservé depuis, pour les désigner, sauf une légère modification d'orthographe¹.

7. Dans le principe, en Allemagne, en Italie, en France et dans tout le reste de l'Europe, les poteries émaillées furent des objets de luxe à l'usage des familles aisées. Depuis une soixantaine d'années, elles ont perdu cette clientèle, qui leur a été enlevée par la porcelaine. Aujourd'hui, elles luttent contre les faïences fines, qui s'emparent peu à peu de la consommation populaire, et elles le font avec tant de peine qu'elles ne survivront probablement pas à la fin du siècle.

Porcelaine. — 1. Le caractère distinctif de cette poterie résulte, comme on sait : d'une part, de la nature de sa pâte, qui est translucide ; d'autre part, de la composition de sa glaçure, qui est blanche et transparente. La pâte est faite avec une argile blanche appelée *kaolin*, qu'on ne trouve que dans un petit nombre de localités. Par le mélange de cette terre avec certaines roches qu'on rencontre généralement dans les mêmes endroits, on obtient

1. Quelques personnes croient que le nom de *faïence* vient, non pas de Faenza, en Italie, mais du bourg de Faïence, aujourd'hui chef-lieu de canton du département des Alpes-Maritimes, où, suivant l'historien Mezerai, plusieurs faïenceries fonctionnaient déjà en 1592. Cette opinion a probablement pour cause une simple similitude de nom. Ce qui est certain, c'est que, si des fabriques avaient réellement existé dans le bourg en question, il nous serait parvenu quelques spécimens des nombreuses pièces qu'elles n'auraient pas manqué de produire ; or, aucune trouvaille de ce genre n'a été faite.

une pâte qui possède cette propriété rémarquable de donner des produits translucides par la cuisson, tout en conservant leur blancheur. Quant à la glaçure, elle est formée de matières terreuses et alcalines.

2. La porcelaine est d'origine chinoise, mais on ne sait pas positivement à quelle époque elle a été inventée. Il paraît néanmoins qu'elle ne remonte pas à une date aussi ancienne qu'on le croit généralement. Il résulte, en effet, de l'examen qu'on a fait des historiens de la Chine, que la fabrication de cette incomparable poterie n'est pas antérieure à la dynastie des Han, dont la domination commença l'an 202 avant notre ère. On est même parvenu à découvrir qu'elle a dû être créée entre l'an 185 avant Jésus-Christ et l'an 87 après ¹.

3. Il est assez généralement admis que, pendant leurs guerres au centre de l'Asie, les Romains connurent la porcelaine, et les historiens les plus compétents pensent que les célèbres vases *murrhins* ², dont il est si souvent question dans les auteurs latins,

1. On sait que, depuis la plus haute antiquité, le gouvernement chinois fait consigner, dans des annales officielles, les événements de tout genre dont le souvenir lui paraît devoir être conservé. Or, dit M. Stanislas Julien, il résulte de l'examen de ses annales que, depuis l'an 2255, jusqu'à la dynastie des Han, c'est-à-dire jusqu'en 202 avant Jésus-Christ, les Chinois ne connurent que les vases de terre. Ce fut seulement sous les Han, ajoute cet orientaliste, que la porcelaine prit naissance dans le pays de Sinping, qui correspond au district actuel de Hoaï-ning-Hien, département de Tchîn-tcheou-Fou, dans le Honan, et l'on peut en placer l'invention entre les années 185 avant Jésus-Christ et 87 après.

Les recherches de M. Stanislas Julien sur l'histoire de la porcelaine ont eu pour origine la publication, faite en 1834 et années suivantes, de divers écrits dans lesquels les archéologues Rosellini, Wilkinson et autres parlaient de vases de porcelaine chinoise qu'ils affirmaient avoir été trouvés dans des tombeaux égyptiens remontant au xviii^e siècle avant notre ère. Il prouva que la fabrication de ces vases ne pouvait pas être antérieure à l'année 48 avant Jésus-Christ, qu'elle était même, tout portait à le croire, beaucoup moins ancienne. Dans un voyage en Chine, un autre de nos compatriotes découvrit qu'on faisait journellement dans ce pays des vases absolument semblables à ceux dont on s'occupait tant en Europe, ce qui jetait une vive lumière sur l'antiquité prétendue de ces derniers. Enfin, en pressant de questions les paysans égyptiens, M. Prisse d'Avesnes leur fit avouer qu'ils n'avaient jamais rencontré dans les fouilles les vases rapportés par Rosellini et Wilkinson, mais que ces objets venaient de Qous, de Queft et de Quossér, entrepôts successifs du commerce de l'Égypte avec l'Inde. La conclusion à tirer de ces diverses circonstances, c'est que les savants européens avaient été victimes d'une mystification.

2. Il est souvent question, dans les auteurs latins, de vases appelés *murrhins* (*vasa myrrhina*) qui étaient regardés comme des objets d'un très-grand luxe,

étaient des coupes de cette poterie. Les marchands de Rome la recevaient, sans en connaître l'origine, par les caravanes de la Tartarie, qui se la transmettaient de mains en mains.

4. Lorsque les troubles qui amenèrent la destruction de l'empire romain eurent anéanti momentanément le commerce oriental, les produits de la céramique chinoise cessèrent d'arriver en Occident ; mais, aussitôt que le calme se fut rétabli, les peuples s'empressèrent de renouer leurs anciennes relations. Au ix^e siècle, la porcelaine était déjà commune chez les Arabes : elle leur arrivait d'un côté par la voie de terre, au moyen des caravanes, de l'autre par la voie de mer, à l'aide des marchands de l'Inde. Ils l'introduisirent en Égypte, et c'est probablement de ce pays qu'elle pénétra dans le midi de l'Europe, au xiii^e siècle ou au xiv^e, par les navigateurs de Marseille, de Barcelone et des ports de l'Italie. Toutefois, les arrivages furent d'abord très-rares et très-peu importants. Ils ne commencèrent même à devenir un peu fréquents que lorsque la découverte du cap de Bonne-Espérance¹, à la fin du siècle suivant, eut permis aux Portugais et aux Hollandais d'établir des rapports directs et suivis avec le sud et l'est de l'Asie. Jusqu'alors on avait donné le nom de *porcelains*² à la

et que l'on tirait de l'intérieur de l'Asie. Les premiers avaient été apportés à Rome par Pompée, qui les avait trouvés dans les trésors de Mithridate, roi de Pont (83 ans avant Jésus-Christ). Aucun de ces vases n'étant parvenu jusqu'à nous, on n'a pu faire que des conjectures sur leur origine. Plusieurs antiquaires prétendent qu'ils étaient faits avec du verre coloré ou quelque pierre précieuse ; mais d'autres pensent qu'ils n'étaient autre chose que de la porcelaine de Chine. Ce qui semble venir à l'appui de cette dernière opinion, c'est que, suivant l'archéologue anglais William Gell, cette belle poterie était fréquemment désignée en Europe, avant 1553, sous le nom de *Myrrha de Smyrna*.

1. Le cap de Bonne-Espérance fut découvert en 1486 et doublé en 1497. (Voyez la note 1 de la page 130.) En 1516, deux navigateurs portugais, Ferdinand d'Andrade et Thomas Perez, ouvrirent avec la Chine les premières relations directes que les Européens aient eues avec ce pays. On peut fixer, entre cette année 1516 et l'année 1524, la date approximative des premiers arrivages directs de la porcelaine chinoise en Europe. Le voyageur Belon, qui visita l'Égypte en 1553, vit d'énormes quantités de cette poterie chez les marchands du Caire, qui la tiraient de l'Inde. Il nous apprend aussi qu'en Italie les fabricants de majolica faisaient quelquefois passer leurs faïences pour des pièces de porcelaine.

2. L'étymologie de ce nom de *porcelaine*, donné à la poterie chinoise, a été le sujet d'opinions très-différentes. C'est l'étude des inventaires du moyen âge qui a permis de résoudre cette question. On a reconnu alors que, bien avant le xvi^e siècle, les expressions de *porcelaine*, *porceline*, *porcelaine*, formes

nacre de perle ; on le donna aussi à la poterie chinoise, parce qu'on lui trouva un éclat et une blancheur analogues à l'éclat et à la blancheur de cette substance.

5. Vers le milieu du xvi^e siècle, c'est-à-dire aussitôt qu'elle put arriver sans trop de peine, la porcelaine fut recherchée avec passion par les princes et les grands seigneurs. Toutefois, on ignora sa nature pendant longtemps, et l'on fit courir sur ce point les contes les plus absurdes. Pancirole, un des savants les plus renommés de l'époque, assurait qu'elle était faite avec un mélange de plâtre, de blanc d'œuf et de coquilles marines, et le travail de cette pâte ne durait pas moins de quatre-vingts ans ; en sorte, disait-il, que l'ouvrier chargé de la préparer ne travaillait que pour sa postérité. On finit cependant par s'apercevoir qu'elle n'était qu'une poterie d'une espèce particulière. Ce fait constaté, partout où se trouvaient des potiers instruits et des chimistes habiles, on chercha à l'imiter ; mais, comme on ne connaissait ni la composition de la pâte, ni celle de la glaçure, on dut procéder par tâtonnements.

6. On obtint d'abord, par des moyens très-complicés, une poterie tout artificielle, qui n'avait aucun des éléments de la porcelaine chinoise, mais qui, par sa blancheur, sa translucidité et l'éclat de sa glaçure, en offrait l'aspect et la plupart des qualités. Cette poterie remarquable, qui a reçu depuis les noms de **porcelaine tendre artificielle**, **porcelaine française**, **porcelaine vitreuse**, **vieux Sèvres**, fut fabriquée pour la première fois à Saint-Cloud, près Paris, dans une manufacture créée peu de temps auparavant par le chimiste Morin, et qui était alors sous la direction de Chicanneau, père et fils ¹.

françaises du latin *porcelana*, qui dérivait lui-même de *porcella*, autre mot latin, désignaient toute la famille des coquilles de mer nacrées et, par extension, la nacre qu'on retire de ces coquilles. Plus tard, quand on connut la célèbre poterie chinoise, on trouva tout naturel de se servir des mêmes expressions pour désigner des vases d'origine étrangère qui offraient une blancheur analogue à celle de la nacre. Le mot *porcelaine* avait déjà ce nouveau sens à la fin du xiii^e siècle, car Marco Polo, dans la relation de son voyage en Chine et en Tartarie, parle de la ville de Timigui, dans le royaume de Fuchin, où, dit-il, se fabriquaient des « escuelles de porcelaine » que l'on exportait dans toutes les parties du monde.

1. M. André Pottier, historien normand, assure que Louis Poterat, faïencier à Rouen, avait, dès 1673, trouvé le secret de la porcelaine tendre artificielle ; mais ce fait ne paraît pas suffisamment établi. L'opinion qui rapporte la même

Dans l'espoir d'un meilleur succès, on demanda des renseignements aux missionnaires établis en Chine, on fit même venir des matières premières de ce pays ; mais on ne fut guère plus avancé. Les renseignements étaient obscurs ou incomplets. Quant aux matières, comme elles arrivaient en poudre fine, on dut d'abord déterminer leur nature, ce qui présenta de sérieuses difficultés ; puis, quand cette question fut résolue, il fallut découvrir dans quelles proportions elles devaient être mélangées, et par-dessus tout rechercher les gisements qui pouvaient exister en Europe. Les efforts d'un grand nombre de savants se tournèrent vers ce double but, surtout en France et en Allemagne.

7. Au commencement du xviii^e siècle, les recherches n'avaient encore produit aucun résultat. A la Saxe était réservé l'honneur de fabriquer la première porcelaine d'origine européenne, et elle en fut redevable au génie de Jean-Frédéric Bottger.

Bottger¹ était élève dans une pharmacie de Berlin, lorsqu'un de ses amis, nommé Koepke, l'entraîna vers les études alchimiques ; il n'avait alors que quinze ans. Bientôt le bruit se répandit qu'il avait trouvé le moyen de faire de l'or. Ce conte ridicule lui valut la protection du roi Frédéric-Guillaume I^{er}, mais s'apercevant que les bonnes grâces de ce prince allaient dégénérer en persécution, il s'enfuit secrètement et se réfugia en Saxe. Le souverain de ce pays, l'électeur Frédéric-Guillaume I^{er}, le fit arrêter, moins pour le livrer au roi de Prusse que dans l'espoir d'utiliser pour son propre compte le secret qu'on attribuait à son prisonnier. Il ne tarda pas cependant à lui rendre la liberté, mais avec ordre de résider à Dresde, où il devait continuer ses travaux sous la surveillance de Walther de Tschirnhausen², un des plus savants hommes de l'époque.

invention à un verrier de Chaillot, en 1694, est encore moins fondée. Il est, du reste, à remarquer qu'au dix-septième siècle, comme dans les temps antérieurs, on confondait souvent la plus belle faïence avec la porcelaine.

1. Bottger ou Boettger (Jean-Frédéric), né à Schleiz en Voightland, le 4 février 1682, mort le 13 mars 1719. Chercheur infatigable, il fit une foule de découvertes, dont il emporta le secret dans la tombe, à l'exception d'une seule, la plus importante peut-être, celle de la porcelaine chinoise.

2. Tschirnhausen (Ehrenfried Walther de), né en 1651 dans la Haute-Lusace, mort en 1701. Chimiste et physicien, il s'occupa beaucoup d'applications de la science à l'industrie et dut à ses travaux d'être nommé, par Louis XIV, membre de notre Académie des sciences.

Bottger arriva dans la capitale de la Saxe en 1701. Il était fort inquiet de sa position, car il commençait à s'apercevoir que ses études alchimiques ne pouvaient aboutir à rien. Mais auprès d'un homme comme son surveillant, qui ne tarda pas à devenir son ami, ses recherches ne pouvaient manquer de prendre une direction plus sérieuse.

Comme beaucoup d'autres, Tschirnhausen avait essayé de faire de la porcelaine. Prenant cette poterie pour une vitrification, il avait opéré en conséquence et n'avait produit qu'un verre d'apparence laiteuse. Le souvenir de cette tentative disposa Bottger à faire des essais dans la même voie; mais, au lieu d'employer les procédés de l'art du verrier, il recourut à ceux des céramistes, les seuls qui pussent le conduire au succès.

En 1704, en se servant d'une terre rougeâtre qu'on trouve à Okrilla, près de Meissen, Bottger obtint une poterie rouge qui avait quelques-unes des qualités de la porcelaine, mais qui ne possédait pas la plus essentielle, la translucidité. Ce n'était donc pas de la porcelaine. Néanmoins on lui donna le nom de *porcelaine rouge*. Bottger se remit aussitôt à l'œuvre, mais toujours sans plus de succès, et il ne pouvait en être autrement; car ce qui lui manquait, c'était la matière première, le kaolin. Le hasard vint heureusement à son secours. En 1707 ou 1708, un maître de forges, appelé Jean Schorr, découvrit la précieuse terre dans la vallée d'Aue, près de Schneeberg¹. Enfin, après quelques essais, Bottger réussit, vers la fin de 1709, à fabriquer une porcelaine blanche et translucide, absolument analogue à

1. Voici à quelle circonstance fut due cette découverte : « Jean Schorr, passant sur le territoire d'Aue, près de Schneeberg, remarqua que les pieds de son cheval entraient dans une terre blanche et molle. Cette particularité frappa Schorr, qui, en industriel habile, imagina de réduire cette terre en poudre impalpable et de la vendre à Dresde pour remplacer la poudre à poudrer les cheveux, qu'on fabriquait avec de la farine de froment, et dont on faisait alors un grand usage. Il en eut un débit considérable. Le valet de chambre de Bottger s'en servit un jour pour poudrer la perruque de son maître. Celui-ci remarqua qu'elle avait un poids inaccoutumé. Ayant interrogé son valet de chambre sur l'origine de cette poudre, il apprit qu'elle était terreuse, l'essaya, et, à sa grande joie, reconnut la matière si longtemps cherchée, le kaolin. » Ce fait a été quelquefois donné avec la date de 1711; mais, comme la première porcelaine a été fabriquée en 1709 et, suivant les témoignages les plus irrécusables, avec le kaolin d'Aue, il faut que cette date de 1711 soit erronée. On ne connaît d'ailleurs aucun autre kaolin avec lequel Bottger eût pu travailler.

celle de Chine. L'électeur de Saxe le chargea aussitôt d'organiser une grande manufacture, qui fut installée (6 juin 1710) dans le château-fort d'Albert, à Meissen. En même temps, il prit de minutieuses précautions pour que les procédés de fabrication ne pussent être communiqués au dehors, et il défendit, sous des peines sévères, l'exportation du kaolin.

8. Aussitôt que la nouvelle se répandit qu'on était parvenu en Saxe à faire de la porcelaine de Chine, « les princes et les villes d'Allemagne voulurent à l'envi établir des fabriques de cette poterie si recherchée. Deux voies pouvaient conduire à la connaissance des procédés : l'une, longue et difficile à parcourir, celle que présentaient la science et un travail opiniâtre; l'autre, beaucoup plus facile, mais peu honorable, la corruption des ouvriers de Meissen. Ce fut la dernière qu'on employa de préférence. » Dès 1720, un chef d'atelier, nommé Joseph Stelzel, réussit à se rendre à Vienne et y fonda, sous la direction du Belge Claude du Pasquier, une manufacture qui fut plus tard achetée par l'impératrice Marie-Thérèse. Peu après, d'autres transfuges se dispersèrent dans toutes les parties de l'Allemagne et y créèrent des fabriques, dont la plupart n'eurent qu'une existence éphémère. A mesure qu'un nouvel atelier s'élevait, on cherchait par tous les moyens à en détacher les ouvriers les plus habiles, et c'est par de tels moyens que furent établies la plupart des porcelaineries allemandes, de 1720 à 1775.

9. La fabrication de la porcelaine fut introduite en Russie en 1744; en Suisse, en 1763; en Hollande, en 1764; en Angleterre, en 1765; en Danemark, en 1772, etc. La première tentative pour en doter la France eut lieu en 1764. Au mois de juillet de cette année, le gouvernement de Louis XV en acheta les procédés à Pierre-Antoine Hannong, fils d'un porcelainier du Palatinat; mais on ne put en tirer immédiatement parti, par défaut des matières premières, dont aucun gîte n'était encore connu dans notre pays. En 1765, le naturaliste Guettard¹ ayant trouvé un dépôt de ces matières près d'Alençon, on s'empressa d'en faire usage; mais, comme elles étaient impures, elles

¹ Guettard (Jean-Etienne), né à Etampes (Seine-et-Oise), en 1715, mort en 1786. Habile médecin et savant naturaliste, il contribua beaucoup à répandre en France le goût de la minéralogie.

ne fournirent qu'une poterie grisâtre. En 1768, une découverte fortuite, comparable à celle du maître de forges Schorr, vint lever tous les obstacles. Une dame Darnet, femme d'un chirurgien de Saint-Yrieix, en Limousin, ayant remarqué dans un ravin, aux environs de ce bourg, une terre de couleur blanche, pensa que cette terre pourrait remplacer le savon dans le blanchissage du linge. Son mari, qui probablement avait entendu parler des recherches que l'on faisait pour trouver de l'argile à porcelaine, se rendit à Bordeaux afin de montrer au pharmacien Villaris cette terre blanche dont sa femme voulait se servir pour blanchir le linge. Celui-ci en envoya des échantillons au chimiste Macquer, à Paris, qui reconnut aussitôt le kaolin. Grâce à cette découverte, la fabrication de la porcelaine de Chine commença, dès l'année suivante, à la manufacture de Sèvres, et elle y fut bientôt en pleine activité. Quatre ans après, c'est-à-dire en 1773, elle fut établie à Limoges, où elle s'est depuis tellement développée, que cette ville est devenue un des centres les plus importants de cette industrie.

10. Nous avons parlé plus haut de l'origine de la *porcelaine tendre artificielle* ou *porcelaine française*. Cette poterie ne renferme aucun des éléments de la porcelaine véritable. On l'obtient avec des pâtes et des glaçures dont la composition peut varier à l'infini. C'est elle qui a fondé la réputation de la manufacture de Sèvres. On n'en fait plus aujourd'hui que dans trois ou quatre localités de la France et de la Belgique.

11. Au siècle dernier, on a créé en Angleterre une autre poterie translucide qu'on appelle **porcelaine tendre naturelle** ou **porcelaine anglaise**. Cette poterie se fabrique par des moyens beaucoup plus simples et plus économiques que la précédente. En outre, sa pâte contient toujours du kaolin. Elle a été inventée à Chelsea, un peu avant 1730. C'est la seule porcelaine que l'on ait faite en Angleterre d'une manière industrielle. Elle a été introduite en France, peu après 1830, par MM. Vicillard et Johnston, de Bordeaux.

Faïence fine. — 1. Cette poterie, qu'on appelle aussi **faïence anglaise, cailloutage** et **terre de pipe**, est caractérisée par une pâte blanche et opaque, composée essentiel-

lement d'argile et de silex broyé, et par une glaçure cristalline, c'est-à-dire préalablement fondue en verre, qui renferme toujours du plomb. Elle a été inventée en Angleterre¹, au siècle dernier, au moment où toutes les nations du continent cherchaient à faire de la porcelaine de Chine; mais on ignore à quelle époque précise elle a paru pour la première fois, parce qu'elle ne s'est point montrée tout à coup avec les qualités qui lui sont propres.

2. Depuis au moins 1686, les potiers de Burslem, de Hanley et autres localités du comté de Stafford livraient au commerce des poteries d'une grande beauté. Elles étaient faites avec la bonne argile du pays et vernissées avec du plomb sulfuré. Vers 1690, les frères Ellers firent entrer dans la pratique le vernissage au moyen du sel marin jeté dans le four. En 1697, on commença à introduire dans la pâte du silex broyé. Enfin, un homme de génie, Josiah Wedgwood², résumant et complétant les travaux de ses devanciers, arriva, vers 1763, à fonder la fabrication de la faïence fine telle à peu près qu'elle est aujourd'hui. Cette nouvelle branche d'industrie fut importée en France un peu avant 1780; mais ce n'est guère que depuis 1820 qu'elle s'est développée chez nous.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, la faïence anglaise a remplacé presque partout la faïence commune, qu'elle tend même à faire disparaître complètement.

Grès. — 1. On donne le nom de **grès** à une variété de poterie dont la pâte est dense, opaque, sonore et très-dure, et qui peut se passer de glaçure ou en recevoir une. Dans l'antiquité, les Egyptiens paraissent l'avoir connue. Dans les temps

1. La fabrication industrielle de la faïence fine est incontestablement due à l'Angleterre, mais une poterie semblable a été faite en France, vers le milieu du xvii^e siècle, dans un atelier d'amateur, dont l'emplacement a donné lieu à beaucoup de discussions. Cette poterie est connue, dans le monde de la curiosité, sous le nom de *faïence de Henri II et de Diane de Poitiers*. Il n'en existe pas 60 pièces, mais toutes sont d'une grande valeur artistique. Cette faïence a été fabriquée, entre 1540 et 1560, à Oiron, près de Thouars (Deux-Sèvres), par le potier François Charpentier et Jean Bernard, secrétaire d'Hélène de Hangest-Genlis, une des femmes les plus instruites de l'époque.

2. Wedgwood (Josiah), né à Burslem en 1730, mort en 1795. Pauvre et infirme, il sut « par son intelligence, sa probité et son énergie, parvenir à la position d'un premier manufacturier de l'Angleterre. » (Denmin.)

modernes, c'est l'Allemagne qui l'a fabriquée pour la première fois. Les plus anciens spécimens qu'on en connaisse ont été vraisemblablement exécutés à Ratisbonne, vers le VIII^e siècle.

2. Les poteries de grès se recommandent par leur solidité et leur imperméabilité, même quand elles n'ont point de glaçure ; mais elles sont fragiles par le choc et ne vont presque jamais au feu. Les pots à bière et à tabac, les bonbonnes, les cornues, sont des poteries de cette sorte.

Les pièces dites *grès fins*, sont des objets fabriqués avec soin et le plus souvent destinés à la décoration des appartements.

CHAPITRE II.

La Verrerie.

Invention fabuleuse du verre : circonstances probables qui l'ont amenée. —

La verrerie dans l'antiquité : renommée des fabriques égyptiennes et phéniciennes ; l'art du verrier négligé chez les Grecs ; première importation du verre à Rome ; engouement des Romains pour ce produit ; introduction de l'art du verrier en Italie ; habileté des verriers de l'antiquité, leurs procédés ; usages du verre chez les anciens. — *La verrerie chez les modernes* : décadence de la verrerie de luxe au moyen âge ; verriers maures et byzantins ; fabriques vénitiennes ; verreries de la Bohême ; progrès généraux de la verrerie dans toute l'Europe ; invention du coulage des glaces : Abraham Thévard ; origine anglaise du cristal ; fabrication des verres pour l'optique : Guinand.

I. — INVENTION DU VERRE.

Anciennes traditions. — 1. On s'est demandé de bonne heure où et par qui a été inventé le verre. Pline¹ nous a conservé à ce sujet une tradition qui avait cours de son temps. Des navigateurs phéniciens, marchands de soude², étant descendus à

1. Voyez, sur Pline, la note 3 de la page 5.

2. La substance dont il est ici question est une espèce de carbonate de soude naturel, qui diffère du carbonate proprement dit en ce qu'il contient 1 fois 1/2 autant d'acide carbonique que ce dernier. Les Grecs et les Romains la désignaient sous le nom de *natron*. Cette substance existe en dissolution dans les eaux de plusieurs lacs, principalement en Egypte, près de Tripoli de Syrie, en Perse, en Arabie, etc. Pendant la saison des chaleurs, quand les

l'embouchure du fleuve Bélus, en Syrie, voulurent préparer leurs aliments. Comme ils ne trouvèrent pas sur le rivage de pierres pour servir de trépied à leur chaudière, ils y suppléèrent avec des blocs de soude qu'ils tirèrent de leur navire. Pendant la cuisson, la soude entra en fusion, et s'étant mêlée au sable de la plage, on vit couler un liquide nouveau et transparent. Telle est, dit l'auteur latin, l'origine du verre; mais il ajoute aussitôt qu'il ne rapporte qu'un on-dit. La température très-élevée qu'exige la production du verre le plus fusible ôte, en effet, à ce récit tout caractère sérieux, et l'on ne doit y voir qu'une de ces fictions ingénieuses à l'aide desquelles les Grecs et, à leur exemple, les Romains se plaisaient à expliquer tout ce qui les embarrassait.

2. Une autre tradition, rapportée par Josèphe¹, n'a pas plus de valeur. On assure, dit cet historien, que les enfants d'Israël ayant mis le feu à une forêt, la chaleur fut si grande, qu'elle fondit les cendres et le sable, en sorte que la matière en fusion coula le long des montagnes, et l'observation de ce fait purement accidentel donna l'idée de le reproduire artificiellement, ce qui conduisit à l'invention du verre..

3. Que le hasard ait fourni la première donnée de la fabrication du verre, il n'y a là rien d'absolument impossible; mais il est plus certain encore que l'art du verrier, comme tous les autres, a commencé par des rudiments grossiers qui ne pouvaient guère faire présager son avenir, et dont l'origine doit se perdre dans les premiers âges de la civilisation.

Origine probable. — La verrerie a dû probablement sa naissance à l'art du potier ou à celui de fondeur de métaux, peut-être même à tous les deux à la fois. D'une part, en effet, pendant la cuisson des vases d'argile, certaines terres durent, sous l'ac-

laes se dessèchent, elle se montre, au fond de leur lit, sous forme de petits grains agglomérés en masses ou en plaques plus ou moins volumineuses. On peut alors la récolter facilement. Les anciens, qui ne connaissaient pas d'autre carbonate de soude, appliquaient le natron à la fabrication du verre et des lessives. Les embaumeurs égyptiens s'en servaient également pour saler les cadavres et aider ainsi à leur conservation.

1. Josèphe (Flavius), historien juif, né à Jérusalem l'an 37 de Jésus-Christ, mort vers 93.

tion d'un feu violent, se convertir en une substance pâteuse, qui fut le premier verre produit. D'autre part, la fonte des minerais métalliques fut certainement accompagnée de la formation de masses vitreuses diversement colorées, qui ne manquèrent pas d'attirer l'attention, et qui conduisirent probablement à la fabrication du verre. Il est à présumer que le verre fut d'abord façonné à la manière des métaux, c'est-à-dire par le *moulage*. Quant au procédé du *soufflage*, l'idée dut en être suggérée par le premier

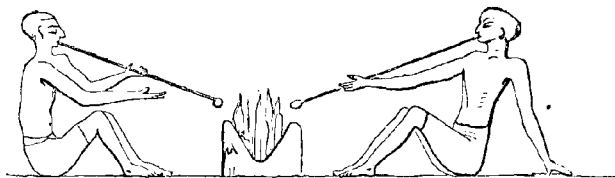


Fig. 31.
Souffleurs égyptiens.

hasard qui produisit une insufflation de la matière par suite de l'emprisonnement d'une portion d'air dans le creux du moule. Dans tous les cas, il était déjà connu en Egypte 3,800 ans avant notre ère ; car il est représenté sur des monuments qui remontent à cette époque (*fig. 31*). Ces procédés une fois trouvés, l'art vint nécessairement à leur aide, soit pour donner au verre des formes élégantes, soit pour l'embellir d'ornements de toute espèce.

II. — LA VERRERIE DANS L'ANTIQUITÉ.

Verreries égyptiennes et phéniciennes. — Ce fut en Phénicie et en Egypte que s'établirent les premières verreries¹. Pline² vante l'habileté des verriers de Sidon. Hérodote³ et

1. On s'est plusieurs fois demandé si les Egyptiens avaient su faire le verre avant ou après les Phéniciens. « Nous regardons comme de peu d'intérêt de rechercher si les verres égyptiens précèdent ou suivent ceux de Tyr et de Sidon. Nous ferons remarquer seulement que les peuples de ces dernières villes avaient essentiellement le génie commerçant, et que les nations commerçantes commencent d'abord par être les intermédiaires entre les peuples producteurs et les consommateurs, avant de produire elles-mêmes. » (Bontemps).

2. Voyez, sur Pline, la note 3 de la page 5.

3. Voyez, sur Hérodote, la note 1 de la page 23.

Théophraste¹ font aussi le plus grand éloge de ceux de Tyr. Malheureusement, il ne nous est rien parvenu que l'on puisse attribuer aux artistes de ces deux villes. Au contraire, nous possédons des milliers d'objets de verre d'origine égyptienne, tous trouvés dans des tombeaux. Beaucoup, parmi eux, qui portent la date de leur fabrication, ont été enfouis plus de 2,000 ans avant Jésus-Christ, et dénotent une industrie très-avancée. A cette époque si reculée, les Égyptiens avaient déjà porté à une perfection très-remarquable toutes les branches de l'art de la vitrification. Pendant un grand nombre de siècles, les fabriques de l'Égypte et de la Phénicie alimentèrent seules le commerce du verre, et plus tard elles servirent de modèles aux établissements du même genre qui s'élevèrent dans les autres pays.

Verrerie juive. — Ce fut probablement pendant leur séjour en Égypte que les Hébreux connurent le verre; il est souvent question de cette matière dans les livres de Moïse.

Verrerie grecque. — On ignore à quelle époque les peuples de la Grèce furent initiés à l'art du verrier; mais il ne paraît pas avoir eu jamais chez eux une grande importance².

Verrerie romaine. — Suivant la plupart des auteurs, le verre ne fut apporté à Rome que du temps de Sylla³, à la suite des conquêtes de la république en Asie, c'est-à-dire entre les années 91 et 78 avant Jésus-Christ. Il y obtint aussitôt une si grande faveur que Cicéron⁴, dans un de ses ouvrages, le dési-

1. Théophraste, célèbre philosophe et naturaliste grec, né dans l'île de Lesbos, en 381 avant Jésus-Christ, mort en 286.

2. « Serait-ce que les éléments constitutifs ou le combustible auraient manqué? ou plutôt ne doit-on pas penser que la nature particulière du génie artistique des peuples de la Grèce dut principalement se concentrer dans la pratique de la céramique, qui obéissait d'une manière plus docile, plus précise à la production de ces formes d'un profil si élégant qui sont restées d'admirables types, et dont la pureté ne pouvait être atteinte aussi bien par l'intermédiaire des outils du verrier? » (Bontemps).

3. Sylla (Lucius-Cornélius), né à Rome l'an 136 avant Jésus-Christ, mort l'an 78, à l'âge de 58 ans, dut à un concours de circonstances extraordinaires de devenir, pendant quelque temps, maître absolu de la république.

4. Cicéron (Marcus-Tullius), le plus grand des orateurs romains, né en 107 avant Jésus-Christ, mort en 43 également avant notre ère.

gne, avec le lin et le papyrus¹, comme étant un article ordinaire du commerce de l'Italie avec l'Égypte. Quelques années après, quand Auguste eut soumis l'Égypte², il exigea que le verre fit partie du tribut imposé aux vaincus. Cet impôt, loin d'être une charge pour les Égyptiens, contribua, au contraire, à la prospérité de leur industrie en développant l'usage du verre. Les choses arrivèrent même à ce point que l'Italie finit par devenir le débouché principal des verreries égyptiennes. Cette circonstance engagea des verriers d'Alexandrie à transporter leurs fourneaux dans ce pays, afin de pouvoir obéir plus facilement aux fantaisies de ce grand marché.

Les premières verreries italiennes furent établies aux portes de Rome, sous le règne de l'empereur Tibère (14-34 de J.-C.). Des établissements semblables s'élevèrent ensuite dans d'autres parties de l'Italie, ainsi que dans les autres provinces de l'empire; mais les verreries de la capitale furent toujours les plus importantes, et il en sortit couramment des pièces d'une beauté incomparable.

Procédés de fabrication. — Après avoir esquissé l'histoire de la verrerie chez les anciens, disons quelques mots des procédés que cet art mettait en pratique. Nous avons parlé des objets de verre trouvés en Égypte. Nous en possédons aussi qui ont été découverts en Grèce et en Italie, surtout à Pompéï et à Herculanium³. Or, ce que beaucoup de personnes ignorent, c'est l'habileté merveilleuse des artistes qui les ont produits. Les verriers égyptiens, grecs, romains, travaillaient le verre absolument comme ceux de nos jours. Ils le moulaient, le soufflaient, le tournaient, le taillaient; l'art de la gravure seul leur était inconnu⁴. Ils savaient aussi lui donner, au moyen des oxydes

1. **Papyrus.** Matière qui, chez les anciens, jouait le rôle de notre papier à écrire. (Voyez la quatrième partie.)

2. L'annexion de l'Égypte au territoire romain eut lieu l'an 30 avant Jésus-Christ.

3. Villes des environs de Naples qui furent ensevelies, l'an 79 de notre ère, sous des masses de matières vomies par le Vésuve. (Voyez nos **LECTURES VARIÉES**, p. 10-13, Eug. Belin, éditeur). On en a retiré des milliers d'objets de tout genre qui nous en ont plus appris sur les mœurs et l'industrie des anciens que n'auraient pu le faire les ouvrages les plus volumineux.

4. La gravure du verre n'a même été connue des modernes que fort tard,

métalliques¹, les couleurs les plus variées, ce qui leur permettait de produire les **pierres précieuses artificielles**²; mais ils étaient moins heureux dans leurs tentatives pour l'obtenir à l'état incolore. La fabrication des **verres doubles, triples**, c'est-à-dire à deux ou trois couleurs superposées, leur était également familière. Il en était de même de celle des **verres filigranés**³, des **verres mosaïques**⁴, et des **perles fausses**⁵. Enfin, ils n'étaient pas moins habiles à décorer le

car l'**acide fluorique** ou **fluorhydrique**, avec lequel on l'effectue, est une des conquêtes de la chimie du siècle dernier. Entrevu par Schevnhard, à Nuremberg, en 1670, cet acide a été découvert par le chimiste suédois Schéele, en 1771. C'est le plus énergique de tous les corrosifs. Il dissout presque tous les métaux, il attaque et troue toutes les espèces de verres et de poteries. C'est en raison de cette action qu'on en fait usage pour graver et décorer le verre. On l'emploie gazeux, ou liquide, suivant le résultat qu'on veut obtenir. A l'état gazeux, il produit des dessins opaques; à l'état liquide, il en fournit de transparents.

1. **Oxydes métalliques.** Corps composés d'oxygène et de substances métalliques.

2. Les **pierres précieuses** ou **pierres fines** étant très-rares, par conséquent très-chères, on a eu de bonne heure l'idée d'en faire des imitations. De là l'**industrie des pierres précieuses artificielles** ou **pierres fausses**, dont l'origine a suivi l'invention du verre coloré, et qui de tout temps a formé une branche distincte de l'art du verrier. Dans l'antiquité, on recherchait surtout celles que produisaient les verreries de l'Égypte. Pendant le moyen âge, les Grecs de Byzance et les Vénitiens les fabriquaient avec une grande habileté. Néanmoins, malgré le talent incontestable des artistes d'autrefois, l'imitation des pierres fines n'est devenue véritablement parfaite que depuis la découverte, vers le commencement du siècle dernier, de la variété de cristal qu'on appelle **strass**, du nom de son inventeur, et dont la fabrication, d'abord concentrée en Allemagne, n'a été régulièrement établie en France qu'après 1815.

De nos jours, une voie nouvelle a été ouverte à l'industrie des pierres fines artificielles. Au lieu de les produire par les procédés de l'art du verrier, plusieurs savants ont imaginé de les obtenir de toutes pièces en soumettant les substances que l'analyse chimique a fait découvrir dans les pierres naturelles au même traitement qu'elles ont dû subir dans le sein de la terre. D'importants résultats ont déjà été obtenus.

3. **Verres filigranés.** On désigne sous ce nom des objets de verre dans l'épaisseur de la pâte desquels des filets, tantôt d'un blanc mat, tantôt colorés et opaques, s'entrecroisent de manière à former des dessins plus ou moins symétriques.

4. **Verres mosaïques.** On appelle ainsi des objets de verre dans l'épaisseur de la pâte desquels des étoiles, des enroulements, des fleurs ou d'autres dessins symétriques et de plusieurs couleurs sont disposés de manière à former des espèces de mosaïques. On leur donne aussi le nom de *millefiori*, mot italien qui signifie « mille fleurs. » C'est à cette classe de produits qu'appartiennent ces presse-papiers semi-sphériques que l'on voit à l'étalage de tous les magasins de papeterie.

5. **Perles fausses.** L'invention de ces menus objets de toilette n'est donc

verre de figures, de dessins de tout genre enfermés dans la pâte. Plusieurs des pièces qu'ils nous ont transmises sont de vrais chefs-d'œuvre; que les verriers modernes auraient de la peine à imiter.

Usages. — Ce qui précède peut déjà faire supposer les divers usages auxquels les anciens appliquaient le verre. Ils en faisaient des flacons à parfums ou à liquides précieux, des urnes cinéraires¹, des coupes à boire, des articles de bijouterie, des vases destinés à être donnés en prix ou en cadeau. Les imitations de pierres précieuses étaient si parfaites, qu'au dire des auteurs contemporains, elles étaient très-difficiles à reconnaître, et que les marchands peu scrupuleux en retiraient des bénéfices énormes. On fabriquait encore avec le verre, surtout avec le verre coloré, des plaques ou carreaux qui servaient à former des pavés et à revêtir les murs et les plafonds dans les habitations somptueuses². Il paraît aussi que les verriers de Sidon avaient remarqué que le verre réfléchit les images quand il est noirci d'un côté, ce qui les avait conduits à faire des **miroirs de verre;**

pas aussi nouvelle qu'on le croit généralement. Ce qui est moderne, c'est le procédé à l'aide duquel on les fait aujourd'hui. Les perles des anciens étaient tout simplement des boulettes de verre blanc nacré, le plus souvent massives, rarement creuses. A la fin du XIII^e siècle ou au commencement du XIV^e, les verriers vénitiens améliorèrent beaucoup la fabrication des perles creuses et l'exploitèrent sur une très-grande échelle; mais ils ne purent jamais réussir à donner à leurs produits l'aspect des perles naturelles. Le moyen d'obtenir ce dernier résultat fut trouvé, en 1685 ou 1686, par un de nos compatriotes, Jacquin, fabricant de chapelots à Paris. Pour cela, il imagina d'enduire l'intérieur des petites boules de verre avec une substance, dite *essence d'Orient*, qu'il préparait en faisant macérer, dans l'ammoniaque, les écailles du petit poisson de rivière nommé *Ahlette*. Ce procédé a toujours été employé depuis et, grâce aux perfectionnements de détail qu'on y a introduits, il permet de faire des perles d'une beauté si merveilleuse qu'elles sont recherchées, pour les plus riches parures, même dans les pays où abondent les perles naturelles. Pour l'origine, la nature et la pêche de ces dernières, voyez nos *LETTRES VARIÉES*, pag. 186-191, Eug. Belin, éditeur.

1. **Urnas cinéraires.** A l'époque où les anciens brûlaient les morts, on appelait ainsi des vases de poterie, de marbre, de verre ou de métal, dans lesquels on renfermait les cendres (en latin *cineres*) provenant de la combustion des cadavres, et que les familles conservaient ensuite avec soin.

2. Ce fut avec des carreaux semblables et non avec des colonnes de verre, comme l'ont cru plusieurs auteurs, que, l'an 78 avant notre ère, Marcus-Emilius Scaurus décora le théâtre qu'il fit construire à Rome pendant son édilité. Les murs de la scène étaient couverts d'un placage de marbre à la partie inférieure, de bois doré à la partie supérieure, et de verre à la partie médiane.

mais cette innovation n'eut qu'un très-médiocre succès, car l'on continua à se servir de miroirs de métal¹ : c'est à peu près la seule application scientifique du verre que les anciens aient faite².

1. Miroirs. L'usage de ces ustensiles remonte aux premiers âges de la civilisation. Aussi, le trouve-t-on établi chez tous les peuples policés de l'antiquité. Il en est souvent question dans la Bible, et, en Egypte, on voit fréquemment des miroirs représentés sur des monuments dont la construction a eu lieu bien avant l'époque de Moïse. Les miroirs des anciens étaient de métal poli, le plus souvent formé d'un alliage de cuivre et d'étain, c'est-à-dire de bronze, quelquefois de fer, d'argent ou d'or. On en faisait aussi, mais exceptionnellement, avec des pierres brillantes, telles que l'obsidienne et les jaspes, même avec des pierres précieuses. Dans tous les cas, ils étaient généralement ronds ou ovales et de petites dimensions, et on les munissait d'un manche ou d'une anse pour les tenir à la main. Ce n'était que dans des circonstances très-rarés qu'on leur donnait un grand diamètre, ce qui obligeait à les appliquer contre la muraille, comme c'est aujourd'hui l'usage. Les miroirs de verre inventés par les Sidoniens furent plutôt des objets de curiosité que des objets usuels; beaucoup d'auteurs doutent même qu'ils aient réellement existé. Les miroirs employés pendant le moyen âge furent semblables à ceux des anciens jusque vers la première moitié du XIII^e siècle, époque à laquelle, suivant l'opinion générale, les verriers vénitiens mirent à la mode ceux de verre.

2. Les anciens connaissaient aussi les propriétés amplifiantes que possèdent les lentilles bi-convexes de verre, c'est-à-dire ce que nous appelons des **loupes** ou des **microscopes simples**, et ils se servaient de ces instruments de la même manière que nous le faisons aujourd'hui, principalement pour lire les écritures très-fines et pour graver les pierres dures. Ce qu'ils ignoraient, c'était la construction des **microscopes composés**, dont l'usage par les modernes a tant contribué aux progrès des sciences naturelles. Le premier instrument de ce genre a été imaginé vers 1590 par Zacharie Jansen, lunetier à Middelbourg (Hollande). Quelques écrivains en attribuent bien l'invention à Cornélius Drebbel, professeur de physique à Alkmaer (Hollande); mais il est constant que ce dernier l'avait empruntée à Jansen.

Une autre application scientifique du verre qui n'était pas ignorée des anciens, c'est celle qui a produit les instruments à l'usage des vues mauvaises. Toutefois ils ne connaissaient que les lorgnons à un seul verre, ou **monocles**, et rien ne prouve qu'ils aient songé à fixer deux verres dans une même monture pour faire ce que nous appelons des **besicles**, des **lunettes à nez**, ou plus simplement des **lunettes**. Les Chinois, au contraire, paraissent avoir possédé ces instruments dès les temps les plus reculés. Quant à leur apparition en Europe, on ne possède absolument aucun renseignement à ce sujet. On sait seulement, ainsi que l'historien Ducange l'a prouvé, qu'ils existaient déjà en France, et probablement ailleurs, en 1150. C'est donc à tort qu'on en a attribué l'invention au moine anglais Roger Bacon (1214-1294), ou à l'artiste florentin Salvino degli Amati, mort en 1317; encore moins au moine italien Alexandre Spina, contemporain de ce dernier.

Une invention qui appartient exclusivement aux modernes est celle des **lunettes d'approche** ou **longues-vues**. Elle a été faite en Hollande, au commencement du XVII^e siècle : suivant les uns, par Jean Lippershey, lunetier à Middelbourg (1606); suivant les autres, par Zacharie Jansen, autre lunetier de la même ville (1608); enfin, suivant d'autres, par Jacques Metius, d'Alkmaer (1608). A peine connus, ces instruments furent successivement perfec-

Une autre invention qui réussit beaucoup mieux fut celle des **vitres d'appartement**, que les verriers romains imaginèrent presque au début de leur industrie¹. Quant au **verre malléable**² qu'aurait découvert un de ces artistes, sous l'empereur Tibère, on peut regarder ce qu'en ont dit les anciens comme la reproduction d'un de ces contes populaires si communs dans les ateliers.

tonnés par l'illustre Galilée (1609), le père Scheiner (1615), le père Rheita (1620) et plusieurs autres.

1. **Verre à vitres.** La fabrication de ce verre a commencé au premier siècle de notre ère. On a contesté ce fait pendant longtemps, mais la question a été définitivement résolue par la découverte, faite à Pompéi, non-seulement de morceaux de verre à vitres, mais encore de fenêtres encore garnies de leurs châssis et de leurs carreaux. Or, on sait que cette ville fut détruite par le Vésuve l'an 79 de Jésus-Christ. Dans tous les cas, l'emploi des vitres s'est répandu avec une telle lenteur qu'à la fin du xvii^e siècle, il n'était pas encore général en France et en Angleterre, c'est-à-dire dans les deux pays qui passaient pour les plus avancés de l'Europe.

L'usage du verre à vitres conduisit à celui des **verrières de couleurs** ou **vitreaux peints**. D'abord réservée aux édifices religieux, cette invention s'étendit peu à peu aux monuments civils. Elle existait déjà au iv^e siècle. Toutefois, les premiers vitreaux furent de simples mosaïques transparentes, composées de morceaux teints uniformément dans la masse et assemblés de manière à former des dessins. Ce ne fut qu'assez tard, probablement dans le xi^e siècle, qu'on imagina d'exécuter sur verre des ornements ou des sujets par les procédés ordinaires de la peinture, c'est-à-dire au pinceau, mais avec des couleurs spéciales, que l'action du feu faisait fondre et fixait sur le verre. Alors naquit la **peinture sur verre** proprement dite, art magnifique qui, après avoir brillé d'un éclat incomparable jusqu'à la fin du xvi^e siècle, fut délaissé au commencement du xvii^e et qui a été remis en honneur dans le nôtre, à partir surtout de 1830, en France, en Angleterre et en Allemagne.

2. **Verre malléable.** Voici ce que l'on raconte à ce sujet : Un jour, un ouvrier se présenta à l'empereur Tibère avec une coupe de verre. Il jeta violemment cette coupe à terre. Quand il la ramassa, elle n'était ni cassée, ni fendue, mais simplement bossuée comme si elle eût été de métal. Prenant alors un marteau, il la remit dans sa première forme. L'empereur s'étant assuré que l'ouvrier n'avait communiqué son secret à personne, le fit mettre aussitôt à mort, de peur qu'une pareille invention ne détruisit la valeur de l'or et de l'argent. « Quelque ridicule que soit ce conte, un auteur moderne, *Haudiquet de Blancourt*, a essayé de l'accréditer en le rajouissant. Ce n'est plus à Tibère, c'est au cardinal de Richelieu qu'il fait présenter le vase merveilleux dont les bosses se relèvent au marteau ; et Richelieu, tout aussi politique, mais moins cruel que Tibère, ne condamne l'inventeur qu'à une prison perpétuelle. » (Bontemps). Enfin, de nos jours, on a poussé la fantaisie jusqu'à prétendre que la coupe de l'ouvrier romain n'était pas de verre, mais d'aluminium.

III. — LA VERRERIE CHEZ LES MODERNES.

1. L'invasion des barbares et les bouleversements qui en furent la conséquence portèrent naturellement une rude atteinte aux arts industriels. Pendant plusieurs siècles, les verreries qui se maintinrent en Italie et dans les autres contrées de l'Occident de l'Europe ne produisirent que du verre commun, uniquement destiné aux usages domestiques, et du verre à vitres presque exclusivement réservé aux édifices religieux. Il paraît même que cette dernière branche de l'industrie verrière n'exista d'abord qu'en Gaule et en Italie, et qu'elle pénétra assez tard en Angleterre et en Allemagne. On assure, en effet, que saint Wilfrid et saint Benoît, qui vivaient au ^{vii}^e siècle, l'introduisirent de la Gaule en Angleterre ; et de là, trois autres évêques, saints Willebrod, Winfrid et Willechade, l'auraient un peu plus tard importé en Allemagne. Quant au verre de luxe, il fut exclusivement fabriqué, d'un côté, par les Maures d'Espagne, de l'autre, par les Orientaux, surtout par les Grecs de Byzance, qui non-seulement continuèrent à mettre en pratique les procédés des anciens, que le calme dont ils jouissaient leur avait permis de conserver, mais encore les enrichirent de nombreuses améliorations. Jusqu'au ^{xiii}^e siècle ces peuples alimentèrent l'Europe de leurs produits.

2. Ce furent les verriers vénitiens qui relevèrent la verrerie de luxe chez les chrétiens occidentaux. Pendant le ^{xi}^e siècle et le ^{xii}^e, Venise était devenue la ville du monde civilisé la plus commerçante. Elle avait surtout établi sa puissance par la navigation et le commerce avec l'Orient. Au ^{xiii}^e siècle, les profits qu'elle retirait du transport des marchandises des autres nations ne suffisant plus à son ambition, au commerce elle voulut joindre l'industrie. Entre autres fabriques dont Venise encouragea l'établissement, celles du verre se trouvèrent en première ligne. Elle fit visiter les plus célèbres verreries de l'empire d'Orient, afin d'en connaître les procédés, et ne recula devant aucun sacrifice pour en attirer les ouvriers. Tant d'efforts furent couronnés d'un plein succès. En effet, les artistes vénitiens firent revivre tous les anciens genres de fabrication, et, à partir de la fin du ^{xiii}^e siècle,

inondèrent de leurs produits toutes les parties de l'Europe. Initiés par le voyageur Marco Polo¹ aux usages des peuples asiatiques, deux d'entre eux, Christophe Briani et Dominique Miotto, créèrent la *bijouterie de verre*, perles de couleur et imitations de pierres fines, dont la production devint une branche distincte, et qu'ils répandirent par masses énormes en Egypte, en Abyssinie, dans les pays barbaresques, dans l'Asie centrale, jusqu'en Chine et dans l'Inde. Presque en même temps, d'autres artistes, dont le nom n'a pas été conservé, imaginèrent les **miroirs en verre étamé** ou **glaces**, et l'on sait la vogue qu'avaient autrefois ceux de Venise.

Au xiv^e siècle, les verreries vénitiennes étaient dans toute leur prospérité. A la fin de ce même siècle, ou plutôt au commencement du xvi^e, la production, jusqu'alors peu connue, des verres filigranés² vint leur procurer une nouvelle source de profits. Cette innovation, qui permettait d'enrichir les vases de verre d'une ornementation indestructible, acheva de porter au comble la réputation des verriers vénitiens. Aussi, le gouvernement de la république prit-il les mesures les plus sévères pour que le secret n'en pût être divulgué.

3. Cependant les succès des verriers vénitiens finirent par exciter l'émulation des autres peuples. On essaya d'abord, à peu près partout, d'imiter les œuvres de ces artistes³; n'ayant pu y réussir, faute des connaissances ou de l'habileté nécessaires, on fit des recherches dans une autre direction. Les verriers bohémiens arrivèrent les premiers. En faisant un emploi judicieux des matières premières d'une pureté incomparable dont leur pays abonde, ils obtinrent un verre beaucoup plus blanc que celui des autres pays, et qu'ils enrichirent d'ornements,

1. Marco Polo, né à Venise vers 1252, ayant accompagné son père dans un voyage de commerce chez les Mongols, en 1271, passa dix-sept ans au milieu de ce peuple, et revint en Europe en 1295, après avoir parcouru toute l'Asie jusqu'au Japon et visité les îles de la Sonde et une grande partie de celles de l'océan Indien.

2. **Verres filigranés.** Voyez, sur la nature de ces verres, la note 3 de la page 188.

3. C'est ainsi qu'en 1551, Henri II fit venir d'Italie un verrier nommé Theso Mutio et le chargea d'établir à Saint-Germain en Laye une fabrique sur le modèle des verreries de Venise; mais cet essai ne réussit pas. Des tentatives semblables furent faites à Paris et à Nevers par ordre de Henri IV, et n'eurent pas plus de succès.

de sujets et de portraits gravés en creux. Alors commença, vers la fin du xvii^e siècle, la réputation des **verres de Bohême**, que la mode s'empessa d'adopter à la place de ceux de Venise. En même temps, les moyens d'exécution furent partout améliorés, et il se forma peu à peu en France, en Angleterre et en Allemagne, de nouveaux centres d'approvisionnement qui achevèrent d'enlever leur clientèle aux fabriques vénitiennes.

4. La fin du xvii^e siècle vit aussi une grande révolution s'accomplir dans la fabrication des glaces. Au suivant, fut créée celle du **crystal**. Enfin, au commencement du nôtre fut réalisée celle des **verres pour l'optique**. Nous allons résumer l'histoire de ces trois grandes innovations.

Glaces. — 1. Ainsi que nous venons de le voir, c'est à Venise qu'ont été faits les premiers miroirs de verre d'origine européenne. Ils étaient déjà connus en France au milieu du xiii^e siècle, et en Angleterre quelques années plus tard. Quand nos anciens auteurs en parlent, ils les appellent *verres à mirer* ou *mirouers de verre*. Dans le principe, ils consistaient en une lame de verre doublée d'une feuille de plomb ou d'étain. On ignore à quelle époque on les étama comme on le fait aujourd'hui, c'est-à-dire avec un amalgame de mercure et d'étain.

2. Pendant longtemps, Venise conserva le monopole de la fabrication des glaces. L'Allemagne s'en affranchit au xvi^e siècle. La France en fit autant à la fin du siècle suivant; mais, de plus, elle transforma complètement cette branche d'industrie.

3. Sous le ministère de Colbert, des ouvriers français établis à Venise avaient pu prendre connaissance des procédés employés pour faire les glaces. L'amour de leur pays et la réputation du grand ministre les firent rentrer en France, avec la pensée d'y établir cette fabrication. Colbert les accueillit favorablement et les autorisa à choisir l'emplacement qu'ils croiraient le plus convenable à leur entreprise. Ces hommes prudents, mais peu éclairés, craignant que les moindres changements dans les positions relatives des ateliers et des courants d'air n'amenassent des modifications dans les résultats, explorèrent quelques côtes de France et choisirent Tournaville, près de Cherbourg, où ils crurent reconnaître des conditions topographiques analogues à celles qu'ils avaient

remarquées à Venise. Ils y fondèrent donc, en 1665, une fabrique de glaces qui fut placée sous la direction du sieur Poquelin, marchand mercier à Paris, et qui réussit parfaitement.

4. A Tourlaville, comme à Venise et partout ailleurs, on faisait les glaces par le soufflage, c'est-à-dire de la même manière que le verre à vitres. Or, en opérant ainsi, on ne pouvait produire que des feuilles de petites dimensions; encore même, réussissait-on rarement à les obtenir parfaitement planes. Il n'y avait qu'un moyen de remédier à ces deux inconvénients : il fallait recourir au *coulage*, c'est-à-dire verser sur une table de fer une couche de verre fondu, dont on polirait ensuite les deux faces; mais ce procédé présentait dans la pratique de très-grands obstacles. Un homme de génie, Abraham Thévart, parvint cependant à résoudre la question. Il sut même si bien combiner les divers détails du nouveau système, qu'aujourd'hui encore, dans toutes les glaceries, on opère absolument, sauf de légères différences, comme il l'a indiqué¹.

5. La fabrication des **glaces coulées** commença en 1688 dans une manufacture créée spécialement pour cela au faubourg Saint-Antoine, à Paris. La fabrique de Tourlaville ne vit pas sans jalousie s'élever cette industrie rivale; elle lui suscita même toute espèce d'obstacles pour l'empêcher de s'étendre; mais, après plusieurs années de discussions, les deux établissements réunirent leurs intérêts, et dès ce moment, ils exploitèrent tranquillement, chacun de son côté, les procédés qui leur étaient propres. En 1694, la manufacture parisienne subit une réorganisation à la suite de laquelle les ateliers de coulage furent transportés au bourg de Saint-Gobain, dans le département de l'Aisne, et on ne laissa au faubourg Saint-Antoine que ceux du travail mécanique des glaces, c'est-à-dire du polissage et de l'étamage. Alors naquit la glacerie de Saint-Gobain. En peu d'années, surtout à partir de 1756, cette manufacture devint très-florissante, et non-seulement servit de modèle à tous les établissements du même genre que son état prospère fit élever, tant en France qu'à l'étranger;

1. On a prétendu de nos jours que le procédé du coulage des glaces était dû à Lucas de Nehou, verrier à Tourlaville. Ce verrier participa bien aux travaux de Thévart, mais son concours se borna à donner à ce dernier, qui était simplement mécanicien, des conseils pour la préparation et la manipulation du verre.

mais de plus aucun de ces établissements ne fut fondé sans le concours d'ouvriers ou de directeurs sortis de ses ateliers. C'est donc à elle que l'industrie des glaces coulées est redevable de tous ses progrès.

La première fabrique qu'il y ait eu en Angleterre fut fondée en 1773, à Ravenhead, près de Prescott, dans le comté de Lancastre. C'est dans cette usine que le polissage des glaces, qui jusqu'alors s'était fait partout à la main, a commencé à être effectué par des machines. Cette innovation remonte à l'année 1789.

6. La fabrication des glaces soufflées a presque entièrement disparu; les pays où elle existe encore n'y ont même généralement recours que pour la confection des miroirs de pacotille. Au contraire, celle des glaces coulées a pris partout une extension énorme. En outre, au lieu de se borner comme autrefois à en faire des miroirs, on les emploie en quantité considérable, sans être étamées, pour le vitrage des magasins et des édifices élégants. On s'en sert aussi à l'état brut, c'est-à-dire telles que le coulage les produit, pour éclairer des toitures et garnir les portes des établissements publics.

7. A notre époque, l'étamage des glaces a été l'objet d'une amélioration importante. Au lieu de l'amalgame d'étain, on fait usage d'une couche d'argent déposée par un procédé chimique. Cette innovation a été imaginée théoriquement, vers 1835, par le chimiste allemand Liébig, et réalisée pratiquement, en 1844, par l'ingénieur anglais Drayton. Les glaces ainsi étamées sont dites *argentées*. Enfin, tout récemment, on a imaginé de *platiniser* les glaces, c'est-à-dire de les étamer au moyen du platine.

Cristal. — 1. Le verre à base de plomb, ou **cristal**¹, est

1. Les anciens verriers donnaient le nom de *cristal* au verre blanc (silicate de potasse et de chaux) préparé avec le plus grand soin pour la fabrication des objets de luxe, parce qu'ils regardaient comme le beau idéal de ce produit le « quartz hyalin incolore, » c'est-à-dire la substance minérale qu'on appelle vulgairement *cristal de roche*. Aujourd'hui, ce verre se nomme simplement *verre blanc*, quelle que soit sa beauté, et l'on emploie exclusivement le mot *cristal* pour désigner le verre à base de plomb (silicate de potasse et de plomb), c'est-à-dire celui à l'histoire duquel les paragraphes qui suivent sont consacrés. Toutefois, en Bohême et même en France, dans le langage vulgaire, on continue à donner abusivement le nom de *cristal* au verre le plus blanc.

Le verre plombé, le **cristal** proprement dit, n'a pas été tout à fait in-

d'origine anglaise ; mais l'époque précise de son invention n'est pas bien connue. On sait seulement qu'il n'existait pas encore au commencement du règne de Charles II, vers 1665. Nous allons dire sommairement par suite de quelles circonstances on fut amené à le découvrir.

2. En 1557, on fonda dans un quartier de Londres une fabrique de gobeletterie en verre blanc, la première qu'il y ait eu en Angleterre. Le verre qu'on y employait était appelé **flint-glass**, parce que le sable dont on se servait pour le préparer provenait du silex (*flint*) broyé. On le fondait dans des creusets ouverts et chauffés avec du bois. En 1635, Robert Mansell imagina de substituer la houille au bois. Les effets de cette innovation ne tardèrent pas à se faire sentir. En effet, on s'aperçut que le verre produit avec le nouveau combustible était beaucoup plus coloré que l'ancien. On attribua naturellement cette coloration à la houille, et, afin de la combattre, on surmonta les creusets d'une espèce de dôme. Cette disposition préserva bien la matière en fusion du contact de la fumée ; mais on remarqua que cette matière n'éprouvait plus une assez haute température : il fallait prolonger la fonte, augmenter la dose du fondant, la potasse, et il en résultait une autre cause de coloration et un verre de moindre qualité. On fut ainsi amené, de tâtonnements en tâtonnements, à ajouter pour fondant de l'oxyde de plomb au lieu d'alcali, et l'on apprit bientôt que la quantité de cet oxyde n'était limitée que par le point où elle aurait donné lieu à un commencement de coloration jaune. En procédant de cette manière, on parvint non-seulement à éviter les inconvénients de la houille, mais encore à produire le verre le plus blanc, le plus brillant et le plus parfait qui eût été fabriqué.

Ce grand résultat fut sans doute obtenu à la fin du xvii^e siècle ; car les auteurs du temps nous apprennent qu'en 1750 le flint-glass à base de plomb, c'est-à-dire le *crystal*, était déjà d'un usage courant pour les riches services de table. Néanmoins, ce magnifique verre n'avait pas encore atteint tout l'éclat et toute la

comu des anciens, mais il ne paraît pas qu'ils en aient jamais fait l'objet d'une fabrication courante. Dans tous les cas, la préparation de ce verre disparut avec l'empire romain, et n'a été retrouvée que dans les dernières années du xvii^e siècle.

blancheur qu'il possède aujourd'hui ; car, jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, les fabricants anglais ne cessèrent de demander des droits sur les produits de la Bohême et de Venise, que l'on regardait comme supérieurs, sous certains rapports, aux cristaux anglais.

3. La fabrication du cristal fut introduite en France dans le courant de 1784, par un verrier nommé Lambert, dont l'établissement, d'abord situé à Saint-Cloud, fut, quelques années après, transporté à Montcenis, près d'Autun, où il a existé jusqu'en 1827. Vers 1790, la verrerie de Munsthal, ou Saint-Louis, dans la Moselle, commença aussi à faire du cristal. Enfin, en 1816, M. d'Artigues, s'étant rendu propriétaire de la verrerie Sainte-Anne, à Baccarat, dans la Meurthe, y fonda la cristallerie qui est devenue depuis la première de l'Europe.

Verres pour l'optique. — 4. On appelle ainsi les disques ou lentilles des lunettes d'approche, des microscopes et des autres instruments analogues. La fabrication rationnelle de ces verres a été une conséquence de la découverte de l'achromatisme¹. Au milieu du siècle dernier, en faisant des recherches pour faire passer cette découverte dans le domaine de l'industrie, John Dollond, célèbre opticien de Londres, reconnut que, pour résoudre cette question, il fallait donner des courbures convenables à des objectifs composés de deux espèces de verres de densités différentes, tels que le **flint-glass**, ou verre à base de plomb, et le

1. **Achromatisme.** Du grec *a* privatif, et *chrôma*, couleur. Les premières lunettes avaient le défaut de former ce qu'on appelle des *iris*, c'est-à-dire de donner aux bords des objets les couleurs de l'arc-en-ciel : de là résultait que cette partie des images n'était jamais bien nette. Les physiciens découvrirent bientôt la cause de ce défaut et se mirent à l'œuvre pour y remédier. Les premières recherches ayant échoué, on en vint à désespérer du succès. Newton lui-même partagea cette erreur, et ne contribua pas peu à la propager. En 1647, Léonard Euler, géomètre suisse, étudia de nouveau la question et indiqua la voie qu'il fallait suivre pour la résoudre. L'opticien anglais Dollond, prenant pour guide les calculs de ce savant et les modifiant à l'aide de précieuses indications fournies par le mathématicien Klengenstierna, professeur à Upsal, entreprit presque aussitôt une série d'expériences qui, après de nombreux tâtonnements, le conduisirent à la découverte de l'achromatisme, c'est-à-dire du moyen de faire disparaître la coloration produite jusqu'alors par les verres de lunettes. Cette découverte eut lieu à la fin de 1757 ou au commencement de 1758. Elle révolutionna à tel point la construction des instruments d'optique, que les simples lunettes de spectacle devinrent supérieures aux appareils avec lesquels les astronomes des temps antérieurs avaient fait leurs plus importantes observations.

crown-glass ¹, ou verre à vitres ordinaire. On se mit donc à construire des lunettes sur ce principe. Mais il fallait du flint-glass exempt de stries, et l'on s'aperçut que celui qu'on trouvait dans le commerce ne présentait presque jamais cette qualité. On fut ainsi forcé d'appeler l'attention des fabricants sur cet objet. Beaucoup d'industriels et de savants se mirent à l'œuvre ; aucun ne put obtenir de résultats satisfaisants. Ce fut un homme obscur, un simple ouvrier suisse, qui eut ce bonheur.

2. Guinand, des Brenets, près de Neuchâtel, d'abord apprenti menuisier, puis fabricant de boîtes pour les horloges, était absolument dépourvu de connaissances scientifiques ; mais il possédait, avec l'esprit de persévérance et de recherche qui fait les inventeurs, cette routine de mécanique et cette précision d'exécution qui constituent le caractère distinctif des ouvriers de son pays. Ayant eu occasion de voir un télescope construit en Angleterre, il parvint à en faire un dont la qualité n'était pas inférieure à celle du modèle. Quand les tentatives relatives au flint-glass lui furent connues, il entreprit d'améliorer la fabrication de cette espèce de verre. Ses efforts n'eurent longtemps aucun succès, tout devenant obstacle pour lui. Enfin, à force de tâtonnements, il arriva au but qu'il poursuivait, la production du flint-glass sans stries. On était alors au commencement de notre siècle. Guinand ne communiqua son procédé qu'à Utzschneider et à Fraunhofer, fabricants d'instruments de physique à Munich, avec lesquels il l'exploita pendant plusieurs années ; mais, après sa mort, arrivée en 1816, sa femme et ses enfants le vendirent à plusieurs personnes, et ce fut ainsi qu'il entra dans l'industrie.

3. C'est M. Bontemps, ancien directeur de la verrerie de Choisy-le-Roi, près de Paris, qui a introduit en France la fabrication des verres pour l'optique. Initié en 1827 au procédé de Guinand par un des fils de l'inventeur, il y apporta aussitôt des améliorations indispensables, et, dès l'année suivante, il produisit couramment du flint-glass ayant toutes les qualités désirables.

1. *Crown-Glass* est une expression anglaise qui signifie « verre en couronne. » Le verre à vitres a été ainsi appelé par nos voisins, parce que, pour l'obtenir, ils donnent à la matière pâteuse la forme d'un plateau circulaire, qu'ils découpent ensuite en morceaux de différentes grandeurs.

QUATRIÈME PARTIE.

INDUSTRIE DU PAPIER.

Matières employées pour recevoir l'écriture. — Le *papyrus* : son origine; ses différents usages dans l'antiquité et au moyen âge; à quelle époque il a disparu. — Le *parchemin* : où inventé; origine de son nom; universellement employé chez les anciens et au commencement de l'époque moderne : les palimpsestes. — Le *papier* : sa matière première; origine du papier de coton et du papier de chiffé; premières papeteries européennes; procédés généraux de fabrication; invention du papier mécanique : Louis Robert, Didot Saint-Léger, Dickenson; nouvelles matières à papier.

Le choix des matières propres à recevoir l'écriture a varié suivant les temps et les lieux, et, ce qu'il y a de plus singulier, c'est que les plus commodes et les plus parfaites ont été trouvées les dernières. On sait par le témoignage des historiens que, dans le principe, on écrivit soit sur des briques ou des plaques de pierre, soit sur des lames de métal ou d'ivoire, soit sur des tablettes de bois enduites de cire, soit enfin sur des os, des peaux ou des intestins d'animaux, des feuilles ou des écorces d'arbres, ou des bandes de toile; mais deux substances, le *papyrus* et le *parchemin*, furent surtout employées, avant l'invention du *papier*, par tous les peuples civilisés.

I. — LE PAPIRUS.

1. Le **papyrus** était un produit de l'industrie égyptienne. Il se préparait avec les lames minces ou feuilletés qui composent la tige d'un arbuste du genre Souchet¹. Après avoir séparé ces

1. **Souchet**. Cet arbuste appartient à la famille des Cypéracées. Il a une tige nue, triangulaire au sommet, grosse comme le bras et haute d'environ trois mètres. C'est le *gomé* des Juifs; le *berdi* des Arabes, le *haber* des Syriens, l'*erbnî* des Coptes, le *biblos*, le *deltos* et le *papyros* des Grecs. Ce dernier mot, dont

lames, on les étendait avec précaution, puis on en plaçait deux l'une sur l'autre, de manière que leurs fibres se croisassent à angles droits. On obtenait ainsi une espèce de tissu assez ferme, que l'on battait au maillet, faisait sécher au soleil, mettait en presse et polissait avec une dent de cheval ou une écaille. En collant par les bords plusieurs de ces couples de lames, on formait des feuillets de différentes dimensions, que l'on préservait de l'attaque des insectes en les humectant d'huile de cèdre. Ce moyen de conservation était si efficace qu'il nous est parvenu des contrats égyptiens datés de l'an 1730 avant Jésus-Christ. Du reste, les feuillets de papyrus, ou *papier d'Égypte*, car on lui donna aussi ce nom, variaient non-seulement de grandeur, mais encore de qualité. Les plus beaux et les plus recherchés étaient faits avec les lames voisines de la partie centrale de la tige ¹.

2. D'Égypte l'usage du papyrus se répandit peu à peu dans les contrées voisines. Il pénétra en Europe par la Grèce, où il existait déjà au v^e siècle avant notre ère. Les Romains le conquirent bien plus tard, on ignore à quelle époque, et ils l'intro-

les Romains firent *papyrus*, aurait, suivant certains auteurs, une origine égyptienne et serait formé des deux radicaux *pa*, plante, et *bir*, enrouler. Après avoir primitivement désigné la plante, il a servi aussi à désigner le produit qu'on en retirait. De même, le mot *biblos*, qui chez les Grecs avait également cette double signification, a pris, par extension, celle de *livre*. Remarquons, en outre, que c'est du latin *papyrus* que vient le français *papier*. Le papyrus était cultivé sur une grande échelle dans les parties marécageuses du nord de l'Égypte, et on le mettait en œuvre dans des fabriques situées, pour la plupart, dans la ville d'Alexandrie et aux environs. On ne le rencontre plus guère aujourd'hui que dans quelques parties de l'Arabie, de la Sicile et de la Calabre.

1. Le papyrus de première qualité fut d'abord appelé *hiératique*, du grec *hieros*, sacré, parce qu'il était employé, à l'exclusion de tous les autres, pour la transcription des textes sacrés. Plus tard, sous l'empire romain, soit par suite de la concurrence des marchands, soit par suite de la concurrence des courtisans, cette espèce reçut le nom d'*augustal*. A la même époque, une raison semblable fit appeler *livien*, en l'honneur de l'impératrice Livie, le papier de seconde qualité, et l'on réserva la dénomination d'*hiératique* à celui de troisième qualité. Au-dessous de ce dernier venait le papier *amphithéatrique*, ainsi appelé d'un des quartiers d'Alexandrie où on le fabriquait : c'était encore une sorte de bonne qualité, dont la préparation fut beaucoup améliorée par le grammairien Fannius, ce qui lui fit donner aussi le nom de *fannien*. Le papier *ténéotique* et le papier *saitique* étaient des sortes communes qui se fabriquaient, la première dans un quartier d'Alexandrie, la seconde à Sais, ou avec des matières récoltées aux environs de cette ville. Enfin, on appelait *emporétique* ou *papier des marchands*, le papier spécialement destiné à faire des emballages.

duisirent d'abord en Italie, puis en France, en Angleterre, en Espagne, en Allemagne, à mesure que leur domination s'étendit¹. Il fut aussi d'un emploi général dans toute l'Asie occidentale.

3. Pendant longtemps, le papyrus servit aussi bien pour la transcription des livres que pour celle des actes de l'autorité publique et des contrats particuliers. Quand on connut le parchemin, on ne lui donna guère que cette dernière destination, parce que son extrême fragilité rendait peu commode le maniement des livres à la confection desquels il avait été employé.

4. A partir du v^e siècle, l'industrie toujours croissante du parchemin diminua graduellement la consommation du papyrus. Deux cents ans plus tard, la conquête de l'Égypte par les Arabes acheva de ruiner les papeteries de ce pays, en rendant à peu près impossibles leurs relations avec les peuples chrétiens de l'Occident. Dès ce moment, le papyrus n'arriva en Europe qu'avec une extrême difficulté. Au x^e siècle, il était déjà excessivement rare ; au siècle suivant, il n'en venait presque plus.

5. On admet généralement qu'en France et dans les autres parties de l'Europe, l'usage du papyrus cessa au commencement du xii^e siècle, et qu'à la même époque, les derniers papetiers égyptiens fermèrent leurs établissements.

II. — LE PARCHEMIN.

1. Personne n'ignore que le **parchemin** est une peau de mouton, d'agneau, de brebis ou de chèvre, débouurrée, écharnée, ratissée et enfin polie à la pierre ponce². La variété appelée *vélin*, qui est la plus belle et la plus chère, a été ainsi nommée parce qu'autrefois on la faisait avec de la peau de veau, en vieux français *véel*. Aujourd'hui on la fabrique indistinctement avec des peaux de veau, d'agneau ou de chevreau, pourvu qu'elles proviennent d'animaux mort-nés.

2. Ainsi que nous le savons, l'usage d'écrire sur des peaux d'animaux remonte à une époque immémoriale ; mais elles n'avaient

1. Les Romains appelaient le papyrus *charta papyracea*, papier de papyrus, ou simplement *charta*. C'est de ce dernier mot que viennent les noms français *carte*, *charte* et leurs dérivés *cartier*, *chartrier*, etc.

2. **Pierre ponce.** Pierre d'origine volcanique que l'on emploie, à cause de la dureté et de la finesse de son grain, pour polir le bois, le marbre, les peaux, etc.

encore été préparées qu'avec une extrême grossièreté ¹, lorsqu'une circonstance fortuite vint en révolutionner entièrement la fabrication. On raconte à ce sujet que, dans le 1^{er} siècle avant notre ère, Eumène, roi de Pergame ², voulant doter la capitale de ses États d'une bibliothèque aussi considérable que celle d'Alexandrie ³, Ptolémée Epiphane, alors assis sur le trône d'Égypte, imagina d'empêcher l'exécution de ce projet en interdisant l'exportation du papyrus. Les copistes d'Eumène se trouvèrent ainsi dans l'impossibilité d'exécuter leurs travaux. Toutefois, leur embarras ne dura pas longtemps. En effet, Eumène fit un appel à l'esprit inventif de ses sujets, et ceux-ci, excités par les encouragements de leur souverain, réussirent à introduire dans la préparation des peaux destinées à l'écriture, des perfectionnements de premier ordre qui permirent de les obtenir plus belles, d'un meilleur usage et à moins de frais. Alors naquit l'industrie du parcheminier.

3. Dès son apparition le parchemin se répandit avec une grande rapidité. Les copistes grecs, romains ⁴, orientaux, l'employèrent concurremment avec le papyrus ; mais, à mesure qu'ils en connurent mieux les propriétés, ils le préférèrent généralement pour

1. Ces peaux étaient le plus souvent tannées. Au xiv^e siècle, l'illustre poète italien Pétrarque (né à Arezzo en 1304, mort en 1374) avait une veste de cuir sur laquelle il écrivait, pendant ses promenades, quand il manquait de papier ou de parchemin. Ce vêtement, tout couvert de ratures, existait encore en 1527 : il était conservé comme une précieuse relique par le cardinal Sadolet.

2. **Pergame.** Royaume fondé, dans l'Asie Mineure, 283 ans avant Jésus-Christ, par Philétère, général de Lysimaque, un des successeurs d'Alexandre le Grand. Il exista jusqu'en 132, où son dernier roi, Attale III, le légua aux Romains. Pergame, sa capitale, est aujourd'hui une petite ville de la Turquie d'Asie, qui porte le nom de Bergamah.

3. **Bibliothèque d'Alexandrie.** Célèbre bibliothèque, la plus considérable de l'antiquité, qui fut fondée à Alexandrie d'Égypte, par le roi Ptolémée Soter (301-283 avant Jésus-Christ). Les successeurs de ce prince l'augmentèrent au point qu'elle posséda, dit-on, jusqu'à 700,000 volumes. Une grande partie des richesses qu'elle contenait fut détruite à l'époque de la conquête romaine. Une autre disparut lors des discussions sanglantes des chrétiens et des païens. Enfin, le reste fut, à ce qu'on suppose, brûlé par les Arabes, en 640.

4. Les Romains appelaient le parchemin, du nom de la ville où l'on avait commencé à le fabriquer, *charta pergami*, papier de Pergame, *membrana pergamena*, peau de Pergame, ou simplement *pergamenum*, Pergame. C'est de ce dernier mot que viennent, avec le français *parchemin*, tous les termes qui, dans les différentes langues de l'Europe moderne, servent à désigner le parchemin.

la transcription des livres. Pendant plusieurs siècles, les fabricants de Pergame conservèrent le privilège de produire le plus beau. Ils savaient donner aux peaux le poli le plus parfait, l'épaisseur la plus régulière ; pour les ouvrages de luxe, ils les teignaient différemment sur chacune de leurs faces.

4. Pendant le moyen âge, le parchemin ne fut pas moins employé que dans l'antiquité, et il en fut ainsi jusqu'à l'invention du papier. Toutefois, la connaissance de ce dernier ne fit pas immédiatement abandonner l'usage du parchemin. On continua encore à s'en servir pendant plusieurs siècles pour la transcription des titres de propriété et, en général, de tous les écrits d'une grande importance, dont on voulait assurer la durée ¹.

5. Dans l'antiquité, aussi bien qu'au moyen âge, la fabrication du parchemin éprouva, à diverses époques, des ralentissements par suite desquels cette matière se trouva momentanément plus ou moins rare, par conséquent plus ou moins chère. Il y eut même des temps où elle manqua presque complètement dans plusieurs pays. On doit à ces deux circonstances la destruction d'un nombre immense d'ouvrages. Pour se procurer le parchemin dont ils avaient besoin, les copistes prenaient d'anciens livres et en faisaient disparaître l'écriture, soit en les raclant avec la pierre ponce, soit en les passant dans un lait de chaux ². Le parchemin étant ainsi nettoyé, ils s'en servaient pour transcrire un autre texte. Les manuscrits qui ont subi cette opération sont appelés *palimpsestes* ³, de deux mots grecs qui signifient « gratté de nouveau. » Toutefois, il est rare que cette œuvre de vandale ait été faite avec assez de soin pour qu'on ne puisse apercevoir l'ancienne écriture sous la nouvelle : on est même parvenu à retrouver plusieurs ouvrages que l'on croyait perdus pour toujours.

1. Dans certains pays, en Allemagne notamment, on fit, pendant longtemps, aux notaires, une obligation d'écrire les actes sur des feuilles de parchemin (*in membranis*).

2. **Lait de chaux.** Eau blanche et trouble que l'on prépare en délayant dans l'eau une assez grande quantité de chaux.

3. **Palimpsestes.** On croit communément et à tort que ce sont les copistes du moyen âge qui ont exclusivement fait les palimpsestes. Si ces copistes ont gratté ou lavé d'anciennes écritures, ils n'ont fait en cela que continuer leurs devanciers. Les Romains recouraient au même moyen pour se procurer du parchemin; ils avaient même une expression pour distinguer le parchemin gratté (*charta delibitita*) du parchemin neuf (*charta nova*). Mal-

III. — LE PAPIER.

Matière du papier. — La matière première du **papier** est ce que les chimistes appellent *cellulose*, c'est-à-dire la substance qui constitue la trame des différents organes des végétaux. On l'obtient généralement en soumettant les chiffons de *chanvre*, de *lin* et de *coton* à des manipulations particulières, qui ont pour objet, les unes de les réduire en pâte, les autres de transformer cette pâte en papier.

Papier de coton. — 1. Le *papier de coton* est le plus ancien. Inventé en Chine environ 180 ans avant notre ère, il fut de bonne heure connu des peuples tartares, qui en établirent des fabriques à Samarkande, capitale de la Boukharie. Au VIII^e siècle, les Arabes, s'étant emparés de cette ville, s'empressèrent de se faire initier aux procédés d'une industrie dont ils avaient eu très-souvent l'occasion d'apprécier les produits, et ils les introduisirent dans l'Asie occidentale, ainsi que dans leurs possessions de l'Afrique du Nord.

2. C'est au IX^e siècle que le papier de coton semble être arrivé en Europe. On admet assez généralement qu'il y pénétra par trois points à la fois : d'une part, par l'empire grec, qui en avait appris l'usage des Arabes, et d'où les Vénitiens l'apportèrent en Italie ; d'autre part, par la Sicile et l'Espagne, qui en durent la connaissance aux Arabes eux-mêmes, sous la domination desquels elles étaient alors placées. Il se répandit ensuite dans les autres parties de l'Europe ; mais il n'eut jamais autant de cours dans le Nord que dans le Midi ; il ne fut même d'un usage général que dans les contrées qui entretenaient des relations suivies avec les peuples musulmans. En France, on s'en servait déjà pour les livres au commencement du XI^e siècle, et l'on ne commença que cent ans plus tard à l'employer pour les actes¹.

gré sa fragilité, le papyrus était également soumis au grattage, ainsi que le prouvent plusieurs diplômes de nos rois de la première race, que l'on conserve aux Archives nationales, à Paris.

4. Pendant le moyen âge, le papier de coton, en bas latin *charta cottonia*, *cutunea*, *bombasina*, *bombycina*, etc., était quelquefois appelé *papier de la Sériche* (*charta serica*), parce qu'il était originaire de l'ancienne Sériche, c'est-à-dire de l'Asie orientale ; *papier de Damas* (*charta damascena*), parce que le

Papier de chiffé. — 1. L'industrie cotonnière n'existant pas encore en Europe, la fabrication du papier n'aurait pu s'y développer si l'on n'avait eu l'idée de remplacer le coton par des matières filamenteuses indigènes, c'est-à-dire par le chanvre et le lin. Alors parut le *papier de linge* ou *papier de chiffé*. On ignore absolument à quelle époque précise et dans quel pays ce grand progrès fut réalisé ¹. On sait seulement qu'il était accompli au ^{xii}^e siècle ; car il est question du nouveau papier dans les œuvres de Pierre le Vénéral, abbé de Cluny, mort en 1156.

2. Le plus ancien texte sur papier de chiffé que l'on connaisse paraît être un acte de l'an 1320, qui fait partie des archives de la ville d'Augsbourg, en Bavière. Aux deux derniers siècles, il existait des pièces plus anciennes, notamment une lettre écrite par le sire de Joinville ² au roi de France Louis X, dit le Hutin (1314-1316) ; mais elles ont disparu depuis longtemps.

3. Le papier de linge, ayant une solidité beaucoup plus grande que celui de coton, fut employé de préférence dans toute l'Europe, en sorte qu'on n'en fit bientôt plus d'autre, et il en fut ainsi pendant plusieurs siècles. Depuis une quarantaine d'années, la rareté de plus en plus croissante des chiffons de chanvre et de lin a fait revenir au coton. Aujourd'hui, les choses sont même venues au point que, sauf quelques exceptions, le coton est la matière qui alimente principalement les papeteries de tous les pays.

Premières papeteries européennes. — Les premières fabriques de papier qu'il y ait eu en Europe sont probablement celles que les Arabes établirent en Espagne au ^{ix}^e siècle et

commerce le tirait ou était censé le tirer de la ville de ce nom, en Syrie ; *papier de bois* (*charta xylona*) ou *papier de gossypin* (*charta gossypina*), pour indiquer sa nature végétale. Les Allemands lui donnaient aussi le nom de *papier grec*, parce que c'étaient les Grecs de Byzance qui le leur avaient fait connaître. Enfin, en Italie, on l'appelait quelquefois *parchemin d'étoffe* (*pergamino di panno*), pour le distinguer du parchemin véritable.

1. Les uns prétendent que ce fut en Allemagne, les autres en Italie, d'autres en Chine. Il en est aussi qui attribuent l'invention à des Grecs réfugiés à Bâle. Enfin, suivant une autre opinion, cette invention serait due aux Arabes d'Espagne qui, ne trouvant pas, dans ce pays, la matière première employée en Orient, auraient eu l'idée de la remplacer par celle qu'il produisait.

2. **Joinville** (Jean, sire ou seigneur de), historien français, né au château de Joinville (Haute-Marne), en 1224, mort en 1319.

aux^e. On citait surtout celles de San-Phelipe, près de Valence, qui, suivant le géographe Edrisi, exportaient leurs produits jusqu'en Orient. Au commencement du xiv^e siècle, il y avait à Colle-di-Val-d'Elsa, en Toscane, et à Fabriano, dans les Etats de l'Eglise, des établissements semblables qui étaient très-prospères : ce sont les plus anciens que l'Italie ait possédés. En ce qui concerne la France, des textes contemporains apprennent que, dans les dernières années du xii^e siècle, on faisait du papier en Languedoc¹. Au siècle suivant, les environs de Troyes comptaient de nombreuses papeteries. Au xiv^e siècle, la fabrique d'Essonne (Seine-et-Oise) était déjà renommée. A la même époque, les historiens commencent à parler de l'industrie du papier en Allemagne, et l'on sait qu'en 1390 elle était florissante à Nuremberg. Les papeteries hollandaises, dont les produits ont toujours eu une grande réputation, vinrent longtemps après. L'Angleterre ne s'occupa également que très-tard de la fabrication du papier. On dit bien que, vers la fin du xv^e siècle, un nommé John Tate y monta une fabrique près de Stevenage, dans le comté d'Hertford ; mais il paraît que l'entreprise ne réussit pas, car les Anglais regardent la papeterie créée à Dartford, en 1588, par John Spilman, joaillier de la reine Elisabeth, comme le premier établissement de ce genre qui ait sérieusement marché dans leur pays.

Procédés généraux de fabrication. — Maintenant que nous avons une idée des commencements de la papeterie, nous allons exposer sommairement les procédés généraux

1. Il existe, en effet, une charte de l'année 1189, par laquelle Raimond Guillaume, évêque de Lodève, accorde à divers industriels, moyennant un cens annuel, le droit de construire des moulins à papier sur l'Hérault. D'après une tradition, à l'appui de laquelle on n'apporte aucune preuve, des soldats français qui faisaient partie de la première croisade seraient les créateurs de notre industrie papetière. Ces soldats, raconte-t-on, ayant été faits prisonniers par les Sarrasins, furent employés par un habitant des environs d'Antioche qui fabriquait du papier. De retour en France, ils établirent, d'après leurs souvenirs, les premières papeteries que notre pays ait possédées. On croit qu'ils étaient dix ou douze, mais on n'en cite particulièrement que trois, Montgolfier, Malmenaide et Falguerolles, nous que l'on retrouve encore dans la papeterie. Enfin, pendant que les uns s'établissaient en Auvergne et dans le Vivarais, les autres, assure-t-on, se répandirent en Flandre et en Normandie.

de cette industrie, et en même temps nous passerons en revue les perfectionnements principaux qu'on y a introduits.

Ainsi que nous l'avons dit, la fabrication du papier comprend deux séries d'opérations bien distinctes, dans l'une desquelles on réduit les chiffons en pâte, tandis que, dans l'autre, on transforme cette pâte en papier.

1. Les chiffons, d'abord triés et assortis suivant leur degré de finesse, de blancheur et d'usure, puis séparés des coutures et des boutons, et enfin coupés en menus morceaux, sont soumis à une agitation violente, dans une espèce de blutoir, afin d'expulser la poussière qui les salit. On leur fait alors subir un lessivage afin de les débarrasser des matières grasses qu'ils peuvent contenir et de les rendre plus faciles à blanchir.

2. Le lessivage effectué, il s'agit de détruire la tissure et d'isoler les fibres textiles, pour les mélanger de manière à former une pâte parfaitement homogène. Cette opération se nomme *défilage* ou *efflochage*. Dans le principe, on l'exécutait au moyen de lourds pilons ou maillets de bois qui, soulevés alternativement par une roue à cames, battaient les chiffons, convenablement humectés, dans des auges ou piles placées au-dessous. Ce procédé était lent, occupait beaucoup de place et exigeait une force motrice considérable, qu'on ne pouvait se procurer qu'en plaçant les fabriques sur le bord des rivières. Malgré tant d'inconvénients, il fut adopté partout. A une époque inconnue, les Hollandais, manquant de cours d'eau et n'ayant pour moteurs que des moulins à vent, dont l'action, comme on sait, est excessivement irrégulière, cherchèrent les premiers à rendre le travail plus expéditif. Ils y parvinrent en inventant la machine à défilé qu'on appelle **moulin** ou **pile à cylindre**. Cette machine fut introduite en France, par Pierre Montgolfier, d'Annonay, et, depuis cette époque, l'usage en est devenu général¹. Elle consiste en une caisse ou cuve dans laquelle tourne avec une extrême rapidité un cylindre armé de lames tranchantes qui, pendant la rotation, se croisent avec d'autres lames semblables fixées au fond de la caisse. Pendant

1. Depuis quelques années, le moulin à cylindre est remplacé, dans certaines fabriques, par une machine à broyer qui opère la trituration au moyen de meules verticales tournant avec une rapidité de 200 tours par minute. Cette machine, appelée *pulp-engine*, a été inventée aux Etats-Unis d'Amérique. M. Montgolfier, d'Annonay, l'a introduite en France, en 1849.

qu'elle fonctionne, un filet d'eau tombe sur les chiffons, d'une manière continue, et ceux-ci sont entraînés entre les lames qui, après les avoir déchirés, les déposent, sous forme de pâte grossière, sur un plan incliné où la matière s'égoutte. Pour rendre cette pâte plus fine et plus homogène, on la fait passer une ou plusieurs fois de suite dans des machines dites **pires raffineuses**, qui ne diffèrent de la précédente qu'en ce que les cylindres sont munis de lames plus nombreuses, et qu'en outre ils sont eux-mêmes plus rapprochés du fond de la caisse ¹.

3. Au sortir des raffineuses, la pâte conserve encore une coloration plus ou moins intense, qui dépend de celle qu'avaient les chiffons. On la blanchit en la soumettant à l'action du chlore ². Quelquefois cependant on opère le blanchiment en même temps que l'effilochage. Dans tous les cas, quand la pâte est terminée, on la transforme en papier. On y parvient de deux manières tout à fait différentes, suivant qu'on veut produire du *papier à la main* ou du *papier mécanique*.

4. Le **papier à la main** est le plus ancien; on n'en a pas connu d'autre jusqu'à la fin du siècle dernier. On le fait feuille à feuille, en plongeant dans la pâte un cadre de bois sur lequel est fortement tendue une toile en fils de laiton soutenue par des tringles de sapin ³. La pâte s'étale sur la toile du cadre et, quand elle est suffisamment égouttée pour acquérir un peu de consistance, on la couche sur une pièce d'étoffe de laine, où elle achève de se raffermir ⁴. Ce système de fabrication offre, on le

1. Anciennement, avant l'effilochage, les chiffons étaient disposés en tas dans une espèce de cave, appelée *pourrissoir*, où on les faisait fermenter en les arrosant avec de l'eau. Cette opération, qui se nommait *pourrissage*, avait pour objet de les désagréger afin de rendre plus facile le travail des pires. Elle a été abandonnée à notre époque, parce que, avec quelque soin qu'on la conduisit, elle altérerait toujours plus ou moins la fibre des chiffons.

2. Voyez, sur le chlore, la note 2 de la page 63.

3. Ce cadre est ce qu'on appelle une *forme*. Les fils de laiton se nomment *vergeures* et les tringles de sapin *pontuseaux*.

4. On distingue le **papier vergé** et le **papier vélin**. — 1° Le papier dit *vergé* est le papier ordinaire. Ce qui le caractérise, c'est qu'aux parties qui correspondent aux vergeures et aux pontuseaux des formes, il présente des lignes transparentes dues à la saillie des fils de laiton et des tringles de bois, saillie qui n'a point permis à la pâte d'y prendre la même épaisseur que sur les autres points. — 2° Le papier dit *vélin* est ainsi appelé parce que, placé entre l'œil et le jour, il offre le même aspect que le parchemin de ce nom. Il n'a donc pas les lignes transparentes du vergé. Cette particularité vient de ce

conçoit, une grande lenteur. En outre, les dimensions du papier sont limitées par celles du cadre, et l'on est obligé de faire les cadres assez petits pour que l'ouvrier puisse les manier. Au contraire, dans le papier mécanique, la largeur seule est déterminée, tandis que la longueur peut être aussi grande qu'on veut : de là le nom de *sans fin* qu'on donne quelquefois à ce papier.

5. La fabrication du **papier mécanique** est née en France, mais à l'Angleterre appartient la gloire de l'avoir rendue pratique. La première machine destinée à la réaliser remonte à la fin du siècle dernier; elle est due à Louis Robert, employé à la papeterie de François Didot, à Essonne, qui s'en assura la propriété par un brevet de quinze ans (18 janvier 1799), et auquel le gouvernement accorda une somme de 8,000 francs, à titre d'encouragement. On se servit de cette machine à Essonne même pour faire quelques essais; mais on ne put en tirer aucun parti utile, parce qu'elle était trop imparfaite, et l'état de trouble dans lequel se trouvait alors notre pays ne permit pas d'y apporter les améliorations dont elle avait absolument besoin.

Quand la paix d'Amiens eut renoué tout à fait nos relations avec l'Angleterre, Didot-Saint-Léger, fils de François Didot, convaincu de l'avenir réservé à l'invention de Louis Robert, si l'on pouvait surmonter les obstacles sans nombre qui semblaient s'opposer à sa réussite, se rendit acquéreur du brevet de ce dernier (27 juin 1800) et le porta à Londres, dans l'espoir d'y trouver ce que nous n'avions pas encore, des mécaniciens habiles et des capitalistes disposés à le seconder. Arrivé dans cette ville, il s'associa avec M. John Gamble, son beau-frère, et se mit courageusement à l'œuvre. Ses espérances ne furent pas trompées.

que les formes qui servent à le fabriquer sont garnies d'une toile métallique dont les fils sont assez fins et assez serrés pour ne laisser aucune trace sensible dans l'épaisseur de la feuille. Ce papier a été inventé, vers 1750, par John Baskerville, imprimeur à Londres. En 1779, trois papetiers d'Annonay, les frères Montgolfier et Johannot, essayèrent d'en introduire la fabrication en France. Après quelques expériences, les Montgolfier renoncèrent à l'entreprise. Johannot, au contraire, ayant eu la persévérance de la continuer, réussit à surmonter tous les obstacles et, dès 1781, il fournit à l'imprimerie François Didot, à Paris, du papier vélin aussi beau que celui des Anglais. Remarquons, en passant, que le papier mécanique a toujours l'aspect du papier vélin; mais on peut, à volonté, lui donner celui du papier vergé en se servant de toiles métalliques appropriées.

En effet, à la suite de longs et dispendieux tâtonnements, qui eurent lieu à Dartford, dans la papeterie des frères Henry et Sealy Foudriner, il eut le bonheur, grâce à l'habileté de l'ingénieur Bryan Donkin, de triompher de toutes les difficultés, et la fin de 1803 vit monter à Frogmore, dans le comté de Hartford, la première machine à papier qui ait pu faire un service régulier. L'année suivante, une seconde machine beaucoup mieux disposée fut établie à Two-Waters.

Dès ce moment, la fabrication mécanique du papier fut un fait accompli. La France ne la posséda qu'en 1814 et 1815, lorsque MM. Berte et Grevenich, propriétaires des papeteries de Sorel et de la Saussaie, près de Dreux, installèrent dans ces usines deux machines qu'ils avaient fait construire par l'ingénieur parisien Calla, sur des plans et d'après les instructions envoyées de Londres par M. Didot-Saint-Léger. Ces deux machines furent les seules qui existèrent chez nous jusqu'en 1822. A partir de cette année, le nombre en augmenta peu à peu. Néanmoins, en 1834, nous en comptions à peine quatorze, et elles sortaient toutes ou presque toutes des ateliers de Donkin. Aujourd'hui, elles ont remplacé le travail de la cuve dans toutes les papeteries de quelque importance, et il en est de même dans celles des autres pays.

La machine dont nous venons de raconter sommairement l'histoire est improprement désignée sous le nom de *machine Didot*. Elle est beaucoup trop compliquée pour que nous puissions la décrire en détail. Il suffira de savoir « que la pâte tombe sans cesse en bouillie laiteuse sur une toile métallique sans fin qui l'entraîne avec elle, et qui est animée d'un mouvement transversal de va-et-vient pour l'étendre uniformément et la faire égoutter. La feuille, ayant déjà une certaine consistance, passe entre deux cylindres garnis de feutre qui lui enlèvent une grande partie de son eau, et, après avoir subi la pression de deux autres cylindres, elle s'enroule successivement sur deux nouveaux cylindres chauds et polis qui la dessèchent et font disparaître les inégalités de sa surface. Deux minutes suffisent pour rendre le papier parfait, à partir du moment où la pâte s'écoule sur la toile métallique, et celle-ci marche avec une vitesse qui fournit environ 25 mètres carrés de papier par minute, ou une longueur

de 1,200 mètres en 12 heures, sur une largeur de 1 mètre et demi, dimension ordinaire de la machine. » L'immense rouleau de papier ainsi obtenu est ensuite découpé au moyen de machines spéciales.

A l'époque où la machine de Louis Robert commençait à fonctionner utilement, un industriel anglais, M. John Dickenson, essayait, à sa papeterie de Nash-Mill, près de Two-Waters, de fabriquer un papier continu par un autre procédé. En 1809, il établit une machine dont la partie la plus intéressante consistait en un appareil d'aspiration qui opérait le vide dans un cylindre recouvert d'une toile métallique soutenue par des traverses de cuivre. Ce cylindre tournait dans un réservoir rempli de pâte, et où il s'enfonçait à moitié. Par l'aspiration exercée dans son intérieur, la pâte s'appliquait aux parois de la toile et formait la feuille de papier qui, détachée de cette toile à mesure qu'elle se produisait, s'enroulait sur un autre cylindre recouvert de feutre et devenait continue.

La machine Dickenson produisait un papier plus nébuleux que celui de la machine Didot; mais, d'un autre côté, ce papier avait les pores mieux ouverts, ce qui le rendait plus favorable à l'impression. Sous ce rapport, elle offrait une certaine supériorité sur sa rivale. Elle la perdit en 1826, quand un de nos compatriotes, M. Canson, d'Annonay, eut imaginé d'appliquer à la machine Didot des pompes aspirantes, dont elle a toujours été munie depuis, et qui, en soutirant une partie de l'eau dont la pâte est imbibée lors de la formation de la feuille, ont singulièrement contribué à l'amélioration du papier¹.

Nouvelles matières à papier. — Nous avons vu que le coton, le chanvre et le lin sont les substances qu'on a adoptées dès l'origine pour la fabrication du papier. Si on les a préférées

1. En 1839, M.-T.-B. Crompton, de Farnworth, obtint le même résultat que M. Canson en plaçant un ventilateur sous la toile métallique. Une multitude d'autres perfectionnements ont été apportés à la machine Didot en Angleterre, en France, aux Etats-Unis et en Allemagne. Les plus importants sont dus aux Anglais John Wilks, Healt, Thomas Barrett, Ibotson, etc., et aux Français Breton, Blanchet, Kléber, etc. C'est un de nos compatriotes, M. Ohry père, papetier à Prouzel (Oise), qui, avec l'aide de M. Grenard, son associé, a créé (1827) le procédé d'encollage généralement employé dans nos fabriques.

aux autres produits végétaux, c'est parce qu'avant d'arriver à l'état de chiffons aux papeteries, elles ont subi une multitude de manipulations qui les ont admirablement préparées à leur nouvelle destination. Toutefois, à diverses époques, on a cherché à les remplacer par d'autres matières, les unes moins chères, les autres plus faciles à se procurer. C'est ainsi qu'en 1772 un savant allemand, Jean-Charles Schæffer, fit imprimer à Ratisbonne un volume contenant quatre-vingt-un échantillons de papier, chacun obtenu avec une substance différente¹. En 1786, un libraire de Paris publia les œuvres du marquis de Villette sur papier de guimauve, et l'on mit à la fin de l'ouvrage vingt feuillets de papier fait avec un égal nombre de substances². Les essais ont été continués jusqu'à notre époque, où la rareté et le haut prix des chiffons provenant de la consommation de plus en plus croissante du papier, leur ont donné une importance inconnue auparavant. Aux substances précédemment expérimentées on en a ajouté une foule d'autres; mais, jusqu'à présent, c'est avec les fibres de la *paille des céréales*, de l'*alfa* ou *sparte*³, du *palmier nain*⁴ d'Algérie, des *bois blancs* et des *bois résineux*⁵ qu'on a obtenu les résultats les plus avantageux, bien que le problème soit encore loin d'être complètement résolu.

1. On trouve dans ce volume du papier fait avec l'écorce du tilleul, du tremble, du hêtre, de l'aubépine, du saule, du mûrier; avec les vrilles de la vigne, les chatons du peuplier franc, le duvet des asclépiades; avec les tiges de l'ortie, de la bardane, de la bryone, de la ciématite, du chardon, de l'armoise commune, du genêt, du lis, du chou, de l'osier fleuri; avec les pelures de la pomme de terre, la sciure de bois, la mousse, les copeaux de menuisier, etc.

2. Il y a du papier fait avec le chiendent, l'ortie, la mousse, le houblon, le fusain, les feuilles de maïs, les roseaux, l'écorce de chêne, de saule, de peuplier, d'osier, etc.

3. *Alfa* est le nom arabe, passé dans la langue commune, de diverses plantes de la famille des Graminées, qui croissent à profusion dans toute l'Algérie. En Espagne, où ces plantes existent également, on les appelle *sparte*. De temps immémorial, on les emploie à la confection de toute espèce d'ouvrages dits de *sparterie*: corbeilles, nattes, paniers, chaussures, chapeaux, tapis, etc.

4. Le *palmier nain* est un autre végétal du nord de l'Afrique, qui appartient à la famille des Palmiers, et dont la taille est très-petite. On retire de ses feuilles des fibres fermes et fines qui servent aux mêmes usages que l'alfa, et qui, mêlées au poil de chameau, entrent dans le tissu des tentes pour les pauvres.

5. Les bois les plus convenables sont par ordre de valeur: le Tremble, le Sapin, le Peuplier commun, le Charme, le Tilleul, le Bouleau et le Hêtre.

CINQUIÈME PARTIE

L'IMPRIMERIE.

Comment on fabriquait les livres chez les anciens; comment on les fabrique dans les temps modernes. — En quoi a consisté l'invention de l'imprimerie. — Circonstances qui ont conduit à cette invention : les cartes à jouer et la gravure sur bois. — Impression xylographique. — Gutenberg, Faust et Schœffer. — Premier livre imprimé typographiquement. — Propagation de l'imprimerie. — Comment elle pénétra en France : Jenson, Jean de la Pierre, Guillaume Fichet. — *Perfectionnements modernes* : presses mécaniques; clichage; machines à composer. — *Impressions diverses*; chromotypie; livres pour les aveugles.

I. — FABRICATION DES LIVRES.

Antiquité. — Autrefois, c'est-à-dire avant le xv^e siècle, il n'existait qu'une manière de fabriquer les livres¹ : c'était l'écriture à la main. En conséquence, quand un auteur avait achevé son ouvrage, il le donnait à des copistes qui le transcrivaient, feuille à feuille, autant de fois qu'on voulait avoir d'exemplaires. Ce travail était rarement confié à un seul homme. En général, plusieurs personnes y prenaient part, l'une dictant et les autres

1. Chez les Romains, le mot *liber*, origine du français *livre*, désignait l'écorce d'un arbre quelconque. Par extension, on donna plus tard le même nom au papyrus ou papier d'Égypte, ainsi qu'au manuscrit exécuté sur ce papier. Remarquons, en passant, que les livres des Romains, les seuls sur lesquels nous possédions des renseignements précis, avaient deux formes distinctes. Les uns, appelés *volumes*, consistaient en une longue bande de papyrus qu'on roulait sur elle-même quand on avait terminé ou qu'on suspendait la lecture, en sorte qu'ils présentaient alors l'aspect d'un rouleau (fig. 32, d'après une sculpture romaine). Les autres, nommés *tomes* ou *codices*, étaient carrés comme les nôtres et généralement de parchemin. Les livres reçurent très-tard cette dernière forme, qui n'existait pas encore au premier siècle avant notre ère, et qui était même considérée comme une nouveauté à la fin du second siècle après Jésus-Christ.

écrivain¹. Les ornements étaient habituellement exécutés par des artistes spéciaux. Avec un pareil système, on comprendra combien la fabrication des livres était lente et coûteuse. Aussi étaient-ils très-rares, et celui qui en possédait deux ou trois cents était-il plus riche que le possesseur actuel d'une bibliothèque princière². Au xv^e siècle, l'invention de l'imprimerie changea complètement cet état de choses, car, en donnant le moyen de faire des milliers de livres dans



Fig. 32.

Les livres chez les anciens.

le même temps que les copistes employaient à en produire un seul, elle permit d'en diminuer considérablement le prix, et, par suite, en rendit l'acquisition possible à toutes les classes de la société. Toutefois, l'art nouveau n'eut pas immédiatement un résultat si favorable à l'humanité. En effet, les premiers livres imprimés ressemblaient tellement à des manuscrits, qu'on les crut d'abord sortis de la main des copistes; il y eut même des imprimeurs qui les vendirent pour tels. Mais bientôt la divulgation des procédés typographiques et la substitu-

1. A quelle époque remontent les plus anciens manuscrits connus? A l'exception des papyrus trouvés dans les tombeaux égyptiens, et dont plusieurs ont été faits plus de 3,000 ans avant Jésus-Christ, les plus anciens manuscrits connus sont des rouleaux, également sur papyrus, qu'on a découverts dans les ruines d'Herculanum. Or, on sait que cette ville fut enfouie sous les cendres du Vésuve, l'an 79 de notre ère. Tous les autres ne sont pas antérieurs au III^e siècle; encore même, n'a-t-on pas de preuves absolument certaines de cette haute antiquité, à cause de l'extrême rareté des termes de comparaison.

2. Pendant le moyen âge, cette cherté des livres donna naissance à une louable coutume, qui existait déjà au V^e siècle. Dans les églises, on tenait à la disposition des fidèles un ou plusieurs recueils de prières; mais, afin qu'on ne pût les déchirer ou les voler, on les plaçait derrière une grille; quelquefois même, on les attachait avec une chaîne scellée dans le mur.

tion du caractère romain au caractère gothique ne permit plus de confondre leurs produits avec ceux de la calligraphie¹.

Temps modernes. — 1. Quelques mots suffiront pour faire clairement comprendre comment s'effectue aujourd'hui l'exécution matérielle des livres. On commence par se procurer plusieurs collections de petites tiges de métal, dont chacune porte en relief, à l'une de ses extrémités, un des signes de l'écriture, un chiffre ou un signe de ponctuation (fig. 33). On donne le nom de *lettre* à chacune de ces tiges prises isolément, et celui de *caractère* à la réunion de toutes celles qui ont été faites pour être employées ensemble.

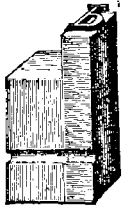


Fig. 33.

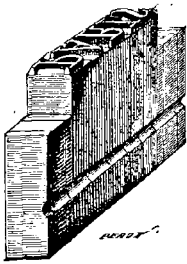


Fig. 34.

2. Arrivées à l'imprimerie, les lettres sont distribuées dans une boîte à compartiments, qu'on appelle *casse*, après quoi un ouvrier, nommé *compositeur*, les prend une à une et les assemble, en suivant un certain ordre (fig. 34) et en s'aidant d'un instrument appelé *composteur* (fig. 35), de manière à en former successivement des mots, des lignes et des paquets de lignes. A mesure que son composteur est plein, cet ouvrier en prend le

Fig. 35.
Composteur.

contenu et le place sur une planche à rebords qu'on nomme

¹ Dans les premiers temps de l'imprimerie, les lettres étaient semblables à l'écriture du temps, c'est-à-dire à l'écriture gothique. Aujourd'hui, elles présentent, sous le rapport de la forme, une très-grande diversité. Néanmoins, deux formes surtout sont d'un usage général, celles du *romain* et de l'*italique*, ainsi appelées du lieu de leur origine. Le caractère romain est celui qu'on emploie pour le texte courant. Il a été inventé à Rome, en 1466, par Sweynheim et Pannartz, les deux premiers imprimeurs qu'il y ait eu dans

galée (fig. 36). Un second ouvrier, nommé *metteur en pages*, s'empare alors des paquets de lignes et en fait des pages régulières, qu'il place dans un cadre de fer, ou *châssis*, en suivant un ordre déterminé

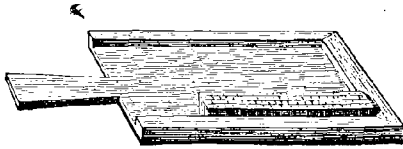


Fig. 36.
Galée.

par la pagination et en ayant soin de les assujettir parfaitement pour qu'elles ne puissent ni tomber ni se déranger.

3. Tout châssis muni de ses pages constitue une *forme* (fig. 37). Quand une forme est terminée il ne reste plus qu'à

procéder à l'*impression* proprement dite, ou *tirage*, c'est-à-dire à transporter sur le papier, au moyen de la pression et d'une encre spéciale, l'empreinte des lettres que présente la forme.

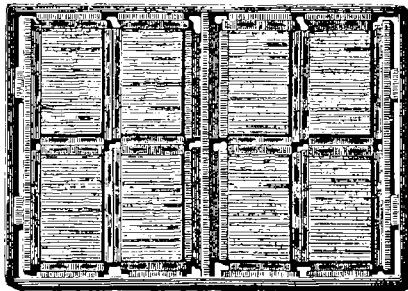


Fig. 37.
Forme typographique.

4. Le tirage se fait à l'aide de presses particulières qu'on appelle, pour ce motif, *presses typographiques*. Quand il est achevé, on démonte les formes et on en distribue les lettres dans la casse, pour les employer à la production d'un nouvel ouvrage.

cette ville. Le caractère italique, qui est couché comme l'écriture, sert à faire ressortir les mots et les phrases sur lesquels on veut attirer l'attention du lecteur. Créé à Venise, en 1499, par l'imprimeur Alde Manuce, il fut d'abord nommé *venitien* ou *aldin*. C'est Simon de Colines, graveur parisien du xvi^e siècle, qui, en l'introduisant en France, lui a, dit-on, donné sa dénomination actuelle.

II. — HISTOIRE DE L'IMPRIMERIE.

Maintenant que nous avons une idée de la fabrication actuelle des livres, nous pouvons passer en revue l'histoire de l'imprimerie.

Ce qui a constitué l'invention de l'imprimerie.

— « En quoi a consisté l'invention de l'imprimerie? Ce n'est pas, comme une foule d'auteurs le répètent, dans l'art de *graver les lettres en relief*, car les Romains, les Grecs, les Egyptiens, les Assyriens eux-mêmes ont pratiqué cette gravure sur métal et n'ont point fait de livres imprimés; ce n'est pas non plus, comme l'a dit un écrivain moderne, dans la découverte de l'*impression*, car l'impression a été connue de tout temps. C'est dans la combinaison de divers procédés plus ou moins anciens, dans le but spécial de multiplier les livres pour les mettre à la portée des masses ¹. »

Origines de l'imprimerie. — 1. A quelle époque, à quel pays, à quel homme de génie, est-on redevable de l'invention de l'imprimerie? Ce sont autant de questions auxquelles il est impossible de répondre. Tout ce qu'on peut affirmer, c'est que l'imprimerie a été inventée en Europe, vers le milieu du xv^e siècle, et qu'elle est née de la gravure sur bois, après des tâtonnements multipliés, sur la nature et la succession desquels il n'existe pas de renseignements certains. Nous allons exposer sommairement comment on admet en général que les choses ont dû se passer.

2. Au xiv^e siècle, quand les *cartes à jouer* ² commencèrent à

1. Aug. Bernard : *De l'origine et des débuts de l'imprimerie en Europe.*

2. Malgré les recherches auxquelles elle a donné lieu, la question de savoir où, par qui et à quelle époque les *cartes à jouer* ont été inventées est encore loin d'être résolue. « Les uns croient qu'elles ont été imaginées en Chine, vers 1120, sous le règne de l'empereur Hoëi-Song, et qu'apportées dans le Levant par les Mongols, elles ont été introduites en Europe par les Croisés. Les autres pensent qu'elles sont nées dans l'Inde, d'où les Gitanos ou les Arabes les ont importées en Espagne et en Italie. Ce qu'il y a de certain, c'est que les plus anciennes que l'on connaisse ont été faites au xvi^e siècle dans les pays soumis à la république de Venise et qu'elles paraissent être arrivées en France entre les années 1369 et 1397. Quant à Jacquemin Grin-

prendre faveur, au lieu de les dessiner une à une, à la main, comme on l'avait fait jusqu'alors, on imagina d'abord de les exécuter au moyen de patrons découpés, que l'on ponçait avec des couleurs appropriées. Ce procédé était beaucoup plus expéditif que l'ancien. Néanmoins, la consommation augmentant toujours, il arriva bientôt un moment où il se trouva insuffisant. On eut alors l'idée de tailler en relief les figures des cartes dans d'épaisses planches de bois dur, qui, recouvertes d'une encre grasse, puis appliquées sur des feuilles de papier, reproduisaient ces figures à l'infini. Ce mode d'impression était d'une extrême grossièreté. Malgré cela, il parut tellement avantageux que les fabricants d'images de piété s'empressèrent de l'adopter. Ces industriels n'accompagnèrent leurs premiers produits d'aucune espèce de texte; mais, peu à peu, ils contractèrent l'habitude de graver, à côté ou au-dessous des sujets, soit des mots isolés, soit des lignes entières, qui servaient à les expliquer. Cette innovation était déjà connue en 1423. Elle conduisit à l'**impression tabellaire** ou **impression xylographique**¹, c'est-à-dire à la reproduction des livres à l'aide de planches de bois gravées en relief².

gonneur, à qui on en a longtemps attribué l'invention, ce n'était en réalité qu'un dessinateur miniaturiste qui gagnait sa vie à les fabriquer, car, dans ces temps reculés, on ne savait que les dessiner et les enluminer à la main. On possède encore une partie du jeu que cet artiste exécuta en 1392 pour « l'esbatement » du roi Charles VI : ce sont les plus anciennes cartes d'origine française qui soient parvenues jusqu'à nous. Les cartes primitives, ou *Naïbis*, étaient de simples recueils d'images destinés à l'amusement des enfants et dont les tarots encore en usage dans plusieurs parties de l'Europe peuvent donner une idée. Les cartes actuelles, ou *cartes numériques*, sont nées au xv^e siècle. Une tradition que rien ne justifie attribue cette innovation à Etienne Vignole, dit Lahire, un des plus braves compagnons de Charles VII. Tout ce qu'il est permis d'affirmer, c'est que les cartes aux couleurs françaises, cœur, carreau, pique et trèfle, étaient inconnues sous Charles VI, mort en 1422, mais qu'elles existaient au plus tard en 1450.

1. **Impression tabellaire** : du latin *tabella*, planche de bois; **xylographique** : du grec *xylon*, bois, et *graphô*, écrire, graver.

2. Quand l'impression tabellaire fut inventée en Europe, elle était déjà connue en Chine depuis longtemps. Parmi les historiens de ce pays, les uns en font dater l'invention de l'an 923 de notre ère, sous le règne de l'empereur Ming-Tsong, tandis que les autres lui assignent une origine plus ancienne d'environ quatre siècles. Quoi qu'il en soit, la xylographie a toujours été employée par les Chinois, parce que c'est le procédé d'impression qui se prête le mieux à leur système d'écriture. Pour le même motif, ils n'ont encore tiré qu'un très-médiocre parti de l'impression typographique, dont les missionnaires jésuites du dix-septième siècle leur ont appris les procédés.

3. Les procédés xylographiques étaient fort simples. Après avoir copié, sur une planche bien unie, le texte qu'on voulait reproduire, on enlevait toutes les parties de cette planche qui ne portaient point d'écriture. La gravure achevée, on encreait la planche, puis on étendait par-dessus une feuille de papier. Il n'y avait plus alors qu'à produire l'impression; mais, comme on ne connaissait pas encore la presse à imprimer, on était obligé, pour obtenir le transport des caractères sur le papier, de frotter fortement celui-ci avec un rouleau de bois recouvert d'étoffe¹.

4. Comparée au travail si lent des copistes, l'impression tabellaire était un grand progrès. Toutefois, elle se trouva elle-même insuffisante lorsque la renaissance des lettres et des arts vint développer, dans toute l'Europe, l'amour de l'instruction. Elle présentait d'ailleurs plusieurs inconvénients qui en limitaient beaucoup l'utilité. En premier lieu, il fallait graver autant de planches que le livre avait de pages, et, l'impression terminée, on ne pouvait se servir de ces planches pour la reproduction d'un autre livre. En second lieu, ces planches elles-mêmes se détérioraient promptement, en sorte qu'au bout de peu de temps tout était à recommencer. On eut alors l'idée de graver chaque lettre isolément. De cette façon, il suffisait d'assembler les différentes lettres pour former successivement les mots, les lignes et les pages, et, après le tirage d'un livre, on pouvait se servir des mêmes lettres pour en reproduire un autre. Cette innovation une fois réalisée, **l'imprimerie typographique**, c'est-à-dire

1. Il nous est parvenu un assez grand nombre de livres imprimés par la xylographie. Ils paraissent tous avoir été fabriqués simultanément, en Belgique, en Hollande et en Allemagne (du moins chacun de ces pays fait valoir des prétentions); mais, comme ils ne portent ni date ni nom de lieu, la question de leur origine est impossible à résoudre. Les uns n'ont que du texte, les autres se composent de texte et d'images. Ces derniers, au nombre d'une vingtaine, sont, pour la plupart, des ouvrages de piété. Un des plus célèbres est un abrégé de la Bible, en latin, que l'on suppose avoir été imprimé, pour la première fois, vers 1420, à Bamberg, en Bavière, et que l'on appelait *Bible des pauvres* (*Biblia pauperum*), parce qu'il était spécialement destiné à l'usage de ceux qui n'étaient pas assez riches pour acheter une Bible complète. Un autre ouvrage à images, non moins célèbre, est le *Miroir du salut* (*Speculum salutis* ou *Speculum humanæ salvationis*), dont il existe plusieurs éditions. Les livres qui n'ont que du texte sont des livres scolaires, surtout des *Donats*, c'est-à-dire des exemplaires d'une grammaire latine que l'on croyait abrégée d'un traité d'Élius Donatus, maître de saint Jérôme, qui vivait au IV^e siècle. On suppose que le plus ancien de ces donats a été publié vers 1440, mais on n'en a aucune preuve.

l'imprimerie actuelle, se trouva inventée ; mais, ainsi que nous l'avons déjà dit, on ne possède pas de renseignements précis sur le lieu et le moment où elle fut réalisée¹.

5. L'obscurité qui enveloppe les commencements de la typographie provient du mystère dont s'entourèrent les auteurs des premiers essais. Ce qui augmente encore la difficulté, c'est que, presque à l'origine, un amour-propre national mal entendu et des intérêts de famille furent la cause de prétentions qu'on ne craignit pas de soutenir au moyen de pièces falsifiées ou même fabriquées à dessein. Toutefois, au milieu de la multitude d'opinions contradictoires qui ont été mises au jour, il est généralement admis que deux villes seulement, Mayence et Strasbourg, ont des droits incontestables à l'invention. Un autre fait également admis, c'est que la tradition et les témoignages les plus anciens se sont toujours accordés pour en faire honneur à Jean Gensfleisch de Sulgeloeh, dit Gudinberg, vulgairement connu sous le nom de Gutenberg.

6. Gutenberg était né à Mayence, mais il habitait depuis quelque temps Strasbourg, lorsque, vers 1436, il commença ses essais, d'abord seul, puis en société avec plusieurs capitalistes². On croit qu'il se servit de caractères gravés, soit sur des morceaux de bois, soit sur des tiges de cuivre ou de plomb, et que, de plus, il créa la presse telle à peu près qu'elle a existé jusqu'à la fin du siècle dernier ; mais il paraît qu'il ne put obtenir aucun résultat pratique : il finit même par se brouiller avec ses associés et revenir dans sa ville natale³.

7. C'est à Mayence, où probablement il était de retour vers 1447 ou 1448, que Gutenberg jugea ses procédés suffisamment perfectionnés pour les employer sérieusement à la multiplication

1. L'invention de la typographie ne fit pas abandonner immédiatement l'impression tabellaire. Celle-ci continua à être employée dans plusieurs pays, surtout en Allemagne. Il paraît même qu'on n'y renonça tout à fait qu'aux environs de 1490.

2. Jean Riffe, André Dritzehen, André Heilman.

3. Plusieurs auteurs prétendent que, pendant son séjour à Strasbourg, Gutenberg se fit fabricant de miroirs. Cette opinion repose sur une méprise singulière. On a pris pour un objet de toilette quelqu'un de ces ouvrages de piété, appelés *miroirs du salut*, qui étaient d'un usage général au xv^e siècle, et dont Gutenberg, à l'exemple des imprimeurs xylographes de son temps, fit probablement quelque édition, lors de ses essais.

des livres. Avec des fonds fournis par le banquier Jean Faust ou Fust, il fonda un atelier qui fonctionna dès 1450, mais qui cependant ne marcha bien régulièrement qu'environ deux ans plus tard, quand le calligraphe Pierre Schœffer, admis à partager les travaux du nouvel établissement, eut imaginé de fabriquer les caractères à peu près comme on le fait encore aujourd'hui¹. Après ce perfectionnement capital, Gutenberg, Faust et Schœffer restèrent unis jusqu'en 1455, où, pour des raisons qui nous sont inconnues, ils mirent fin à leur association. Gutenberg fonda une imprimerie particulière qui produisit peu et disparut probablement en 1462, lors du pillage de Mayence par les troupes d'Adolphe de Nassau. Quant à l'ancien atelier, il continua d'être exploité par Faust et Schœffer, édita un grand nombre d'ouvrages et se maintint longtemps florissant.

8. Quel livre a-t-on imprimé le premier ? Les produits de l'origine de la typographie ne portant aucune indication chronologique, il n'est pas possible de répondre à cette question. On croit cependant que le plus ancien ouvrage exécuté en caractères mobiles qui soit parvenu jusqu'à nous est une *Bible latine*, dite de 42 lignes, dont l'impression terminée en 1456, avait probablement été commencée en 1452, peut-être même en 1450². Dans tous les cas, le premier livre imprimé où l'on trouve la date précise et le nom de l'imprimeur, est le célèbre *Psautier* de 1457, qui fut publié par Faust et Schœffer, après le départ de Gutenberg, et dont on ne connaît que six exemplaires, tous différents, soit par le nombre des pages et la distribution des lignes, soit sous plusieurs autres rapports³. Ce volume, qui a toujours passé pour un chef-d'œuvre typographique, fut terminé le 14 août 1457.

1. C'est-à-dire au moyen de la frappe des matrices avec un poinçon et du moule mobile à la main.

2. Cette Bible forme un volume in-folio de 1,282 pages. Chaque page est divisée en deux colonnes et chaque colonne porte 42 lignes. C'est du nombre de ces lignes qu'elle tire son nom. On l'appelle aussi quelquefois *Bible mazarine*, parce que, vers le milieu du siècle dernier, on en trouva un exemplaire dans la bibliothèque du cardinal Mazarin.

3. L'exemplaire le plus complet se trouve à la Bibliothèque impériale de Vienne, en Autriche : il se compose de 175 feuillets. Celui de la Bibliothèque nationale de Paris n'a que 169 feuillets ; il provient d'un don de Louis XVIII, qui l'avait acquis, en 1817, moyennant 12,000 francs, à la vente des livres du comte Mac-Carthy.

III. — PROPAGATION DE L'IMPRIMERIE.

Europe. — 1. Après Mayence, Bamberg fut la première ville qui posséda l'imprimerie. Elle en fut redevable à Albert Pfister, imprimeur xylographe, à qui Gutenberg avait vendu un assortiment de caractères. Mais l'imprimerie ne commença à se répandre sérieusement qu'après le sac de Mayence, en 1462, événement qui amena la dispersion d'une grande partie des ouvriers de Gutenberg, Faust et Schæffer.

2. En 1465, deux de ces ouvriers, Conrad Sweynheim et Arnould Pannartz, s'étant rendus en Italie, s'établirent d'abord à Subiaco, dans les Etats de l'Eglise, d'où, sur la prière du pape Paul II, ils transportèrent ensuite leurs presses à Rome. Ils débütèrent dans leur nouvelle résidence par l'impression des *Épîtres* de Cicéron, qui sont datées de 1467. Ils étaient encore à Subiaco, quand Ulric Zell, que l'on regarde comme le plus ancien typographe de Cologne, fit paraître, dans cette ville, un commentaire de saint Jean Chrysostome sur le 50^e psaume. En 1469, Jean de Spire fonda la première imprimerie qu'il y ait eu à Venise. A partir de ce moment, l'art nouveau, comme on appelait l'invention de Gutenberg, se répandit avec une rapidité inouïe. La France et la Suisse le possédèrent en 1470, la Belgique et la Hollande en 1472 ou 1473¹, l'Angleterre et l'Espagne en 1474. Il fut introduit en Danemark en 1482, en Suède en 1483, en Portugal en 1489, en Turquie en 1490, etc. ². A la fin du xv^e siècle, il existait dans presque toutes les grandes villes, et suivant les calculs les plus modérés, il avait été déjà fabriqué plus d'un million de volumes ³.

3. Revenons à la France et racontons sommairement de quelle

1. Les historiens hollandais prétendent que l'imprimerie a été inventée par un de leurs compatriotes, le xylographe Laurent Coster, de Harlem; mais cette opinion a été réfutée complètement, et n'est aujourd'hui admise par aucun bibliographe éclairé.

2. La Russie n'a possédé la typographie qu'en 1563, et la Grèce qu'en 1820.

3. D'après un travail de M. Dannou, ce nombre s'élèverait même à près de quatre millions, dont les six septièmes au moins pour les ouvrages de philosophie et de religion, et le reste pour les ouvrages de sciences et de littérature.

manière la typographie y pénétra. En 1462, Louis XI, ayant eu connaissance de la merveilleuse invention de Gutenberg, chargea un graveur habile, appelé Nicolas Jenson, de se rendre à Mayence pour y *surprendre les secrets de l'art*. D'après le récit d'un historien, à son retour, Jenson trouva la France en proie aux troubles suscités par la ligue des mécontents appelée « ligue du bien public, » en sorte que le roi dut renoncer à utiliser les nouveaux talents que son envoyé avait acquis. Un autre écrivain rapporte le même fait au règne de Charles VII et à l'année 1458. Il qualifie Jenson de « maître de la monnaie de Tours ¹, » et il ajoute que cet artiste ayant accompli sa mission, et voyant que le roi venait de mourir, alla s'établir à l'étranger. Quoi qu'il en soit, il est certain qu'en 1470, Jenson dirigeait à Venise une imprimerie, qui, presque en même temps que celle de Jean de Spire, se fit remarquer par la beauté de ses produits.

Dans le courant de cette même année 1470, Jean de la Pierre, prieur de la Sorbonne ², et l'un des plus savants hommes de l'époque, s'entendit avec le docteur en théologie Guillaume Fichet, pour doter Paris de la typographie. A cet effet, ils engagèrent trois imprimeurs allemands, Ulrich Gering, de Constance, Michel Friburger, de Colmar, et Martin Crantz, à se rendre auprès d'eux. Ils les installèrent dans les bâtiments de la Sorbonne même. Le nouvel atelier fonctionna immédiatement, et le premier livre qui en sortit fut une édition des *Épîtres* de Gasparin de Bergame. Ce livre est sans date, mais il est certain qu'il parut en 1470. Il fut suivi presque aussitôt d'une édition de *Salluste*, qui ne fut point également datée, mais qui était terminée au commencement de décembre 1470, comme l'indiquent des vers placés à la fin.

Toutefois, si Paris ne posséda la typographie que plusieurs années après d'autres villes moins importantes de l'étranger, les produits de cet art y circulaient depuis longtemps déjà à l'époque de l'arrivée de Michel Friburger et de ses compagnons; car Faust et Schœffer s'y étaient rendus en 1463 ou 1464 pour y vendre leurs livres, et, après la mort du premier, qui paraît

1. C'est-à-dire directeur de l'hôtel des monnaies de Tours.

2. Célèbre maison d'enseignement supérieur fondée vers 1250, par Robert Sorbon ou de Sorbonne, confesseur du roi saint Louis, et dont le but principal était de porter au plus haut degré l'étude de la théologie.

avoir eu lieu en 1466, le second y avait entretenu un dépôt, qui existait encore en 1475.

Après Paris, Lyon fut la première ville française qui eut un atelier typographique (1473). Vint ensuite le tour d'Angers (1476 ou 1477), de Chablis (1478), de Poitiers (1479), de Caen (1480), de Metz (1482), de Besançon (1487), de Grenoble (1490), etc.

Asie. — 1. Le plus ancien atelier typographique que l'Asie ait possédé est celui que les Portugais fondèrent à Goa, sur la côte de Malabar, peu de temps avant 1563. Dans le courant de 1712, un établissement semblable fut créé à Tranquebar, sur la côte de Coromandel, par les missionnaires. Dans les années suivantes, l'art typographique fut introduit dans les autres villes principales que les Européens possédaient dans l'Hindoustan. Toutefois, Calcutta n'en fut dotée qu'en 1780.

2. Les premières presses qu'on ait vues en Perse ont été montées à Téhéran, en 1851, par un ingénieur anglais. Quant à la Chine, ses historiens nous apprennent que, vers 1041, un forgeron nommé Pi-Ching proposa de substituer l'impression en caractères mobiles à l'impression tabellaire, mais que cette innovation n'eut pas de succès parce qu'elle présentait, dans la pratique, de trop grandes complications. Au xvi^e siècle, à leur arrivée en Chine, les missionnaires chrétiens se servirent de l'impression tabellaire pour plusieurs de leurs publications; mais, dès 1590, ils eurent un atelier typographique à Macao. En 1622, le gouvernement chinois, voulant faire imprimer la célèbre encyclopédie Kou-hin-tou-chou, fut effrayé par le nombre énorme de planches de bois que nécessitait une telle entreprise. Il se tira d'embarras en employant le procédé européen. En conséquence, d'après les conseils des missionnaires, on grava plus de 250,000 caractères mobiles qui, après avoir servi à fabriquer 6,000 volumes, finirent par être convertis en menue monnaie. Plus tard, en 1773, quand l'empereur Khien-Long donna ordre de publier aux frais de l'Etat les 10,142 meilleurs ouvrages de la littérature nationale, la même cause fit donner la préférence à la typographie. C'est de cette époque que date véritablement l'introduction de cet art en Chine. Toutefois, les Chinois n'y ont recours que dans des circonstances exceptionnelles: pour les usages ordinaires, ils con-

tinuent à se servir de l'impression tabellaire, qui, ainsi que nous l'avons dit, se prête admirablement à leur système d'écriture, et qu'ils sont parvenus à rendre très-rapide et très-peu coûteuse.

Afrique. — L'imprimerie paraît avoir pénétré en Afrique par l'Égypte. En 1798, lors de l'occupation française, trois ateliers furent établis à Alexandrie, au Caire et à Gizeh, sous la direction de l'orientaliste Marcel. On y publia des proclamations, des documents administratifs, des journaux, des travaux scientifiques et des ouvrages d'éducation. Ces ateliers ayant disparu au départ de nos troupes, l'Égypte fut dépourvue de presses jusqu'en 1822, époque à laquelle le vice-roi Méhémet-Ali fonda à Boulak, un des faubourgs du Caire, une imprimerie importante qui a toujours fonctionné depuis.

En dehors de l'Égypte, l'Afrique ne possède d'établissements typographiques que dans les colonies européennes.

Amérique. — L'imprimerie a pénétré en Amérique par les colonies espagnoles. Elle fut introduite à Mexico un peu avant 1540, et à Lima en 1585. Les autres possessions européennes en furent dotées beaucoup plus tard. Ainsi, le plus ancien établissement typographique qu'il y ait eu dans toute l'Amérique anglaise est celui qu'en 1639 Stephen Gage fonda à Cambridge, dans le Massachusetts. Rio-Janeiro, capitale du Brésil, n'eut même un établissement semblable qu'en 1747.

Océanie. — Parmi les îles sans nombre qui constituent l'Océanie, toutes celles où l'influence européenne a pu devenir prépondérante ont reçu de bonne heure les bienfaits de l'imprimerie. Aujourd'hui, Batavia, dans les possessions hollandaises, Sydney et Hobart-town, en Australie, possèdent des établissements qui rivalisent avec ceux d'Europe, ce qui montre, dit un illustre écrivain, que « partout, pour manifester sa pensée, l'homme a besoin de compléter par la typographie le don de la parole qu'il tient de Dieu. »

IV. — PERFECTIONNEMENTS MODERNES.

A l'inverse des autres arts, celui de l'imprimerie s'est trouvé, dès son origine, porté à une telle perfection, que les modernes n'ont eu aucun changement essentiel à y introduire. Ils se sont bornés à simplifier quelques opérations accessoires, autrefois compliquées et dispendieuses, et à créer des procédés de tirage rapide afin de satisfaire à des besoins que leurs devanciers n'avaient pu connaître.

Tirage. — Il existe un très-grand nombre de presses typographiques ; mais, malgré la différence que présente leur construction, elles se divisent en deux catégories bien distinctes : les *presses manuelles* et les *presses mécaniques*.

1. Les **presses manuelles** sont nécessairement les plus anciennes : on n'en a pas connu d'autres jusqu'au commencement de notre siècle. On en attribue généralement l'invention à Gutenberg. Ce fut, dit-on, la vue d'un vulgaire pressoir qui en suggéra l'idée à ce grand homme, quand il habitait Strasbourg. Il fit construire la première par un ouvrier nommé Saspach et l'établit dans la maison d'André Dritzehen, un de ses associés. C'était une lourde machine de bois, disposée avec si peu d'art que les mots ne s'imprimaient souvent qu'à moitié, ce qui obligeait à les terminer à la main. Elle reçut par la suite diverses améliorations de détail, qui rendirent sa marche plus régulière ; mais elle conserva toujours une apparence grossière.

2. A la fin du siècle dernier, les presses manuelles, même celles qu'on trouvait dans les établissements les plus renommés, étaient encombrantes, disgracieuses, et d'une dimension tellement petite que chaque face de la feuille de papier exigeait presque toujours deux tirages successifs. En outre, à l'exception des ferrures indispensables et d'une plaque de fonte qu'on avait substituée, on ne sait à quelle époque, à la table de marbre ou de pierre destinée à recevoir la forme, elles étaient universellement en bois travaillé avec peu de soin.

3. Le premier progrès sérieux fut réalisé en Angleterre, dans le courant de 1795. A cette époque, lord Charles Stanhope

fit connaître la presse à laquelle il a donné son nom. C'était une machine toute en fer et fonte, d'une forme élégante et d'un excellent service. Dès son apparition, elle fut reconnue tellement supérieure à celle de Gutenberg, que les plus renommés imprimeurs de l'Angleterre s'empressèrent de l'adopter. Les frères Didot l'introduisirent en France en 1818; ils importèrent en même temps dans notre pays une autre presse métallique que l'ingénieur américain Georges Clymer venait d'inventer à Philadelphie, et qui était établie sur un autre principe que celle de Stanhope. Ces deux machines doivent être considérées comme l'origine de toutes les presses manuelles qu'emploient aujourd'hui les ateliers typographiques de l'ancien monde et du nouveau.

4. La *fig. 38* représente la **presse Stanhope**. On y dis-

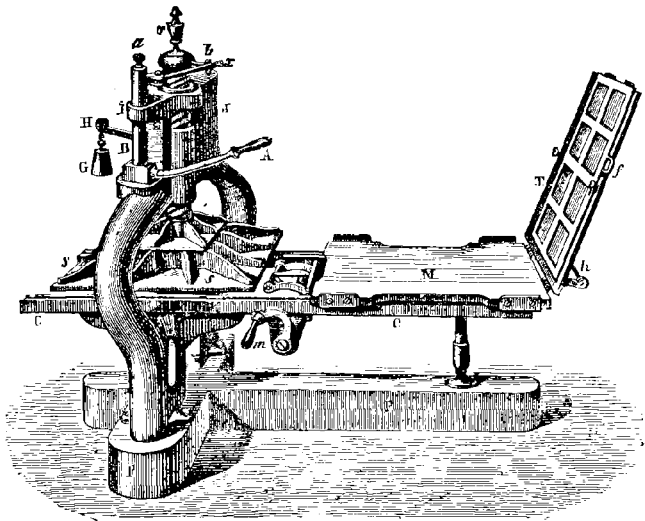


Fig. 38.
Presse Stanhope.

tingue trois parties principales : 1° le corps de la presse ; 2° le train ; 3° la platine et le barreau.

Le *corps de la presse* consiste en un bâti vertical en fonte, qui est fixé sur un pied de bois PP, appelé *patin*. Les montants IJ, qu'on nomme *jumelles*, maintiennent la vis V, qui agit sur la *platine* SS en pressant sur elle de haut en bas. En outre, celui de gauche présente une pièce verticale B, nommée *colonne*, qui tourne verticalement sur son axe et sert à communiquer à la vis le mouvement qu'elle reçoit elle-même du levier, ou *barreau*, A.

Le *train* est la partie horizontale de la presse. Il se compose d'une plaque de fonte M, nommée *marbre*, qui est destinée à recevoir la forme, et de deux bandes de fer horizontales CC, une de chaque côté, qui portent deux coulisses de fer dans lesquelles le marbre glisse, à l'aide de galets. Le mouvement est communiqué à ce dernier par l'action d'une manivelle *m*, qui fait tourner un rouleau autour duquel s'enroulent deux fortes lanières disposées de manière à imprimer alternativement au marbre un mouvement horizontal d'avant en arrière et d'arrière en avant.

La *platine* SS est une plaque de métal unie qui descend perpendiculairement sur le marbre quand l'ouvrier amène à lui le barreau A. Au contraire, quand ce même ouvrier cesse d'agir sur le barreau, cette plaque remonte, grâce au contre-poids G, qui, à cet effet, est suspendu à un levier H, appelé *fourchette*.

Parmi les pièces accessoires de la presse, une des plus importantes est le *grand tympan* T : c'est un châssis de fer qui est joint au marbre par des charnières. Quand il est ouvert, il forme un angle d'environ 145°, et il est soutenu dans cette position par une pièce *h* nommée *chevalet*. Il reçoit un châssis semblable, mais un peu moins grand, qu'on appelle *petit tympan* et qui est garni d'une feuille de parchemin ou d'un carré de soie. On étend entre ces deux châssis des morceaux de drap dits *blanchets*, qui servent à rendre l'action de la platine plus moelleuse. Enfin, à la partie supérieure du grand tympan est articulé un troisième châssis *f* nommé *frisquette*, et sur lequel on étend deux ou trois feuilles de fort papier, que l'on colle sur les bords et que l'on découpe ensuite aux endroits où les pages doivent se rencontrer.

Après la description sommaire qui précède, il est facile de comprendre le jeu de la presse Stanhopè et, en général, de toutes

les presses manuelles. On place la forme sur le marbre et on l'encre. On étend la feuille de papier blanc sur le grand tympan, puis on abat la frisquette sur ce dernier et le tout sur la forme. Agissant alors sur la manivelle *m*, on amène le train sous la platine et l'on tire à soi le barreau. La platine se trouvant poussée de haut en bas par la vis, agit à son tour sur le grand tympan, et la pression qu'elle y exerce force les lettres de la forme à produire leur empreinte sur le papier. Ce résultat obtenu, on laisse aller le barreau, et la platine remonte, après quoi on fait reculer le train, on relève le tympan et la frisquette, et l'on enlève la feuille imprimée.

5. Les presses en bois ne pouvaient donner, par journée de travail, qu'environ 400 exemplaires d'une même feuille imprimée d'un seul côté. Avec les presses en fer, on obtient un rendement beaucoup plus considérable. Ces presses ont donc été un grand progrès. Toutefois, comme on est obligé de les manœuvrer à bras, elles se sont trouvées en défaut, lorsque l'extension des journaux a fait sentir la nécessité de grands et rapides tirages. C'est pour répondre à ce besoin qu'ont été inventées les **presses mécaniques**.

6. La plus ancienne presse du nouveau système paraît être celle que William Nicholson, éditeur du *Journal philosophique* de Londres, fit établir, en 1790; mais elle était si mal disposée qu'il fut impossible de s'en servir. Des essais du même genre eurent lieu quelques années après en France, en Angleterre et aux Etats-Unis; ils ne furent pas plus heureux. Enfin, parut Frédéric Kœnig, d'Eisleben, dans la Saxe prussienne. Profondément versé dans la manœuvre des anciennes presses en bois, dont il avait étudié la construction et les inconvénients à l'imprimerie Breitkopf, à Leipzig, où il avait été employé pendant plusieurs années, il se mit, dès 1793, suivant les uns, seulement en 1804, suivant les autres, à étudier la mécanique afin d'acquérir les connaissances nécessaires pour perfectionner son art. N'ayant pu intéresser les typographes allemands à ses vues, il se rendit à Londres, en 1806, et parvint à les faire partager à l'imprimeur Th. Bensley, qui lui avança des fonds. Deux autres imprimeurs de la même ville, Richard Taylor et George Woodfall, entrèrent peu après dans l'association. En même temps, Kœnig appela

après de lui, pour l'aider dans ses travaux, un habile mécanicien de son pays, nommé Bauer.

Une première machine, qui parut en 1810, n'ayant pas répondu aux espérances qu'elle avait fait concevoir, Kœnig et Bauer se remirent courageusement à l'œuvre. Enfin, après une multitude de tâtonnements qui durèrent environ trois ans, ils eurent le bonheur d'en établir une seconde dont la marche fut jugée satisfaisante. Cette machine fut achetée par le propriétaire du journal le *Times* et, le 28 décembre 1814, un avis placé en tête du numéro annonça aux abonnés qu'ils lisaient, pour la première fois, un journal imprimé avec une presse mue par la vapeur. Il est à remarquer qu'elle n'imprimait qu'un seul côté de la feuille. Un mois plus tard, Kœnig en construisit une nouvelle qui imprimait les deux côtés à la fois.

7. C'est donc de l'année 1814 que date la réalisation pratique des presses mécaniques. Toutefois, ces machines ne fonctionnèrent d'une manière véritablement convenable que vers 1816, après que les mécaniciens Edward Cowper et Applegath les eurent notablement perfectionnées. Une presse sortie des ateliers

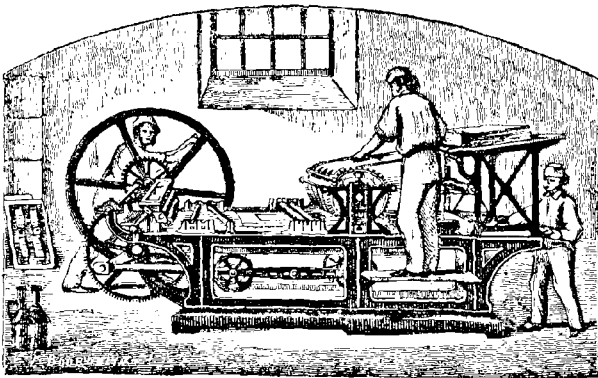


Fig. 39.
Presse mécanique ordinaire.

de ces constructeurs fut introduite à Paris en 1823 : c'est la première machine de ce genre qu'on ait vue en France.

8. Les presses mécaniques sont répandues aujourd'hui partout. Elles admettent toute espèce de moteurs ; mais, en général, c'est par la vapeur qu'elles marchent dans les établissements de quelque importance. Pour donner une idée de la rapidité avec laquelle elles fonctionnent, il nous suffira de dire que la première machine de Kœnig ne tirait pas 800 feuilles à l'heure, tandis qu'il en existe actuellement qui en produisent jusqu'à 20,000, dans le même temps. Les *fig. 39* et *40* représentent deux presses de ce genre, l'une et l'autre construites par M. Marinoni, à Paris. La première donne 4,000 feuilles au moins par heure. Quant à la seconde, qui est spécialement destinée aux journaux, elle en imprime 15 à 18,000.

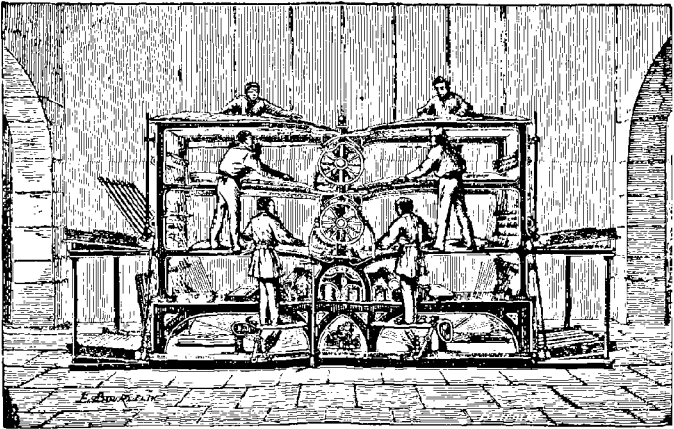


Fig. 40.

Presse mécanique à journaux.

Clichage ou Stéréotypie. — 1. Sous le nom de **stéréotypie**¹, on désigne une opération qui consiste à rendre solides, à convertir en un seul bloc de fonte, les formes composées en caractères mobiles. On l'appelle aussi **clichage** : c'est

1. Du grec *stéréos*, solide, et *typos*, type, caractère.

même le nom qu'on lui donne le plus souvent aujourd'hui. On y a journellement recours pour tous les ouvrages dont la réimpression est ou peut être fréquente, parce qu'elle présente l'inappréciable avantage d'éviter, pour les éditions à venir, les dépenses, toujours très-considérables, de la composition.

2. On pourrait trouver le germe de la stéréotypie dans les premiers essais des inventeurs de la typographie. Néanmoins, on admet généralement qu'elle a pris naissance au commencement du siècle dernier. Dans le principe, c'est-à-dire avant 1720, on se borna à conserver les pages provenant de la composition, en ayant soin, pour qu'elles ne pussent se disloquer, soit de les entourer de bandes de plomb soudées aux quatre angles, soit d'appliquer sur la base des lettres une couche d'un mastic très-solide. Ce dernier moyen fut employé à Leyde, entre 1700 et 1711, par le peintre Van der Mey et le pasteur Jean Muller, pour la publication d'une bible hollandaise. Mais aucun de ces procédés n'était industriellement applicable, à cause de la valeur du caractère qu'il fallait immobiliser. La question était donc entièrement à résoudre.

3. Vers 1720, William Ged, orfèvre à Edimbourg, imagina d'enfoncer les formes en caractères mobiles dans des plaques d'argile et de couler du métal fondu dans cette espèce de moule. De 1725 à 1730, il publia des bibles et des livres de prières avec des planches ainsi obtenues, qui lui servirent aussi, en 1736, à faire paraître une édition des œuvres de Salluste. Un procédé à peu près semblable fut employé, en 1735, par l'imprimeur parisien Gabriel Vallévre pour la publication d'un calendrier. Les années qui suivirent virent paraître une foule d'autres essais; mais l'expérience montra l'imperfection des uns et des autres, et ils furent aussitôt abandonnés que connus.

4. En 1798, Firmin Didot, alors chef de l'illustre famille d'imprimeurs parisiens de ce nom, qui depuis plusieurs années s'occupait de stéréotypie, créa un nouveau procédé qui donna immédiatement d'excellents résultats. Chaque page se composait avec des caractères un peu plus bas que les caractères ordinaires, et fondus avec un métal très-dur. La page étant terminée, on la renfermait dans une boîte de fer, puis, à l'aide d'un balancier, on l'enfonçait dans une plaque de plomb pur. On obtenait ainsi

une matrice où les lettres étaient en creux. Prenant alors cette matrice, on la fixait au sommet d'un mouton, puis on la faisait tomber sur de l'alliage en fusion. Cette seconde opération donnait une page en relief dont la netteté ne laissait rien à désirer.

5. En même temps que Firmin Didot, Herhan, son ancien associé, inventait un autre procédé qui n'avait pas moins de succès. On composait les pages avec des caractères qui, au lieu d'être en relief, étaient en creux, puis on enfonçait les pages dans des plaques d'un métal mou, et ces plaques étaient celles qui servaient au tirage.

6. Les procédés Didot et Herhan introduisirent définitivement la stéréotypie dans la pratique ordinaire de l'imprimerie, et ils furent appliqués d'une manière suivie et sur une grande échelle jusqu'à l'apparition du procédé, beaucoup plus simple et plus économique, du **clichage au plâtre**.

Ce nouveau mode de stéréotypie est d'origine anglaise. Imaginé à Londres, vers 1804, par lord Charles Stanhope, il se répandit peu d'années après sur le continent. La France n'en fut dotée qu'en 1818. Voici en quelques mots en quoi il consiste. Chaque page étant composée en caractères ordinaires, on enduit les lettres d'un peu d'huile, puis on applique par-dessus, avec un pinceau, une bouillie claire de plâtre très-finement pulvérisé. On a ainsi un moule en plâtre, que l'on détache, quand il est sec, et dans lequel on coule ensuite du métal en fusion.

7. Au lieu de plâtre, on se sert souvent de papier pour former le moule. Cette modification du procédé constitue le **clichage au papier** : elle date de 1846. La page étant composée comme à l'ordinaire, on étend dessus plusieurs feuilles de papier superposées, entre chacune desquelles on étale avec un pinceau un mélange de blanc d'Espagne et de colle de pâte. On obtient ainsi une espèce de carton souple et légèrement humide, qu'on fait pénétrer dans les moindres creux des caractères, en le frappant avec une brosse particulière. Il n'y a plus alors qu'à faire sécher le carton, après quoi on peut y couler le métal ¹.

Machines à composer. — Le travail qui consiste à prendre les lettres dans les compartiments de la casse pour former

1. Pour le **clichage galvanique**, voyez la Seizième partie.

successivement les mots, les lignes et les pages, est toujours très-lent, et par conséquent, très-coûteux. Depuis une cinquantaine d'années, on a essayé plusieurs fois de le rendre plus rapide en remplaçant la main de l'homme par des moyens mécaniques. Ce sont les machines destinées à produire ce résultat qu'on appelle **composeuses mécaniques** ou **machines à composer**. La première paraît avoir été proposée, vers 1816, par Balanche, imprimeur à Lyon. On a vu ensuite paraître celles d'Young et Delcambre, à Paris (1844), de Sorensen, à Copenhague (1850), de Mitchell, à New-York (1860), etc.; mais, jusqu'à présent, aucune d'elles n'a pu être employée avec avantage. Le problème de la composition mécanique est donc encore à résoudre. Il est probable qu'il le sera un jour; mais les hommes les plus compétents ne pensent pas que les machines, même les plus perfectionnées, puissent jamais être économiquement appliquées à toute espèce d'ouvrages; elles pourront seulement être de quelque utilité dans certains cas particuliers que l'expérience ne manquera pas de faire connaître ¹.

V. — IMPRESSIONS DIVERSES.

Chromotypie. — On appelle ainsi ² l'art d'imprimer typographiquement en plusieurs couleurs. Il remonte à l'origine même de l'imprimerie. On trouve, en effet, dans le célèbre *Psautier* publié, en 1457, par Faust et Schœffer, un B majuscule, rouge

1. A diverses époques, on a aussi essayé de fondre d'un seul jet des groupes de lettres formant un son, afin d'éviter aux compositeurs la perte de temps qui résulte de l'obligation où ils se trouvent de prendre, dans la casse, les lettres une à une. Barletti de Saint-Paul, secrétaire du protectorat de France à Rome, passe pour être l'auteur de ce système. En 1774 ou 1775, des caractères fondus d'après ses indications servirent à imprimer plusieurs ouvrages, mais on ne tarda pas à reconnaître qu'il y avait plus d'inconvénients que d'avantages à les employer, parce que l'addition à la casse des petits compartiments destinés à les contenir introduisait dans cette dernière une complication très-considérable. On les mit donc de côté. Des essais semblables ont été faits plusieurs fois depuis, tant en Europe qu'aux Etats-Unis, mais sans plus de succès. En effet, la pratique a toujours montré que les **logotypes**, car c'est le nom qu'on a donné aux nouveaux caractères, « sont d'un usage incommode et qui surpasse l'avantage qu'on pourrait attendre d'une idée séduisante au premier coup d'œil. » (H. Fournier).

2. Du grec *chroma*, couleur, et *typo*, abréviation du mot typographie.

et bleu, qui a été produit d'un seul coup de presse, au moyen de bois gravés à part et s'emboîtant exactement après avoir été encrés isolément. Oublié pendant des siècles, ce procédé a été remis en lumière, vers 1822, par un Anglais appelé Congrève, qui lui a donné son nom : *impression à la Congrève*. Au lieu de transporter à la fois toutes les couleurs sur le papier, on préfère souvent exécuter plusieurs tirages successifs, un pour chaque teinte. Ce mode d'opérer date aussi d'une époque très-ancienne. Comme le précédent, il n'est devenu pratique qu'à partir de 1822, et c'est un autre Anglais, William Salvage, qui a doté la typographie de ce nouveau progrès, à la vulgarisation duquel les imprimeurs Henri Plon, de Paris, et Silbermann, de Strasbourg, ont, de nos jours, puissamment contribué.

Impression pour les aveugles. — 1. Cette branche de la typographie a pour objet de produire des livres à l'usage des personnes privées de la vue. A cet effet, les lettres, au lieu d'être imprimées avec de l'encre, sont disposées de manière à ressortir en relief sur le papier ou le carton. On peut ainsi, en promenant les doigts sur ce dernier, lire ce qui s'y trouve imprimé.

2. L'impression pour les aveugles a été inventée, en 1784, par un de nos compatriotes, Valentin Haüy¹, directeur d'une maison d'enseignement pour les enfants aveugles, fondée à Paris, quelques années auparavant, par une société d'hommes de bien. L'idée lui en fut suggérée en voyant, à Vienne (Autriche), une jeune pianiste, Marie-Thérèse Paradies, reconnaître au toucher, sur un livre de musique, les clefs et même les notes par la faible saillie que laissait l'impression ordinaire sur le papier, et distinguer de la même manière les détails de cartes géographiques en relief dont l'usage était alors presque général en Allemagne. Cette invention est aujourd'hui répandue partout, mais elle a été beaucoup simplifiée.

1. Haüy (Valentin), né à Paris en 1745, mort en 1822.

SIXIÈME PARTIE.

LA GRAVURE ET LES ESTAMPES.

Notions préliminaires : Objet de la gravure ; son origine ; différentes sortes de gravures. — *Gravure en creux* : gravure au burin ; gravure à l'eau-forte ; gravure mécanique. — *Gravure en relief* : gravure sur bois ; gravure par les acides.

I. — NOTIONS PRÉLIMINAIRES.

Objet de la gravure. — Par **gravure**¹ on entend l'art de tracer sur une matière dure, généralement sur bois, sur cuivre, sur pierre ou sur acier, des figures ou dessins qui, multipliés par l'impression, reçoivent le nom d'*estampes*², et quel quefois aussi celui de *gravures*. Elle est aux œuvres des artistes ce que l'imprimerie est aux œuvres des savants et des poètes ; elle les vulgarise, et si les anciens avaient pu l'employer, une foule d'ouvrages admirables, disparus depuis des siècles, seraient probablement venus à notre connaissance. Enfin, auxiliaire utile, indispensable même de l'imprimerie, elle contribue puissamment à la clarté et au développement des sciences.

Origine de la gravure. — La gravure est incontestablement une des plus admirables conquêtes des nations modernes. Toutefois, elle ne fut pas absolument ignorée des peuples civilisés de l'antiquité ; mais elle ne put recevoir chez eux aucun emploi suivi parce que les matières dont ils se servaient pour écrire ou dessiner n'étaient pas favorables à l'impression³. L'in-

1. Le mot *gravure* a deux significations bien distinctes : tantôt il signifie l'art de produire par incision des figures ou des ornements sur une matière dure quelconque ; tantôt il sert à désigner l'art de multiplier par impression, sur le papier, toute espèce de dessins gravés. Prise dans le premier sens, la gravure remonte aux premiers temps de la civilisation et a été cultivée par tous les peuples civilisés. Prise dans le second sens, elle a, au contraire, une origine toute moderne. C'est de cette dernière gravure qu'il est question ici.

2. **Estampe**, de l'italien *estampa*, impression.

3. « La gravure en relief était connue des anciens, et les toiles peintes de l'Orient, qui remontent à une haute antiquité en Asie, prouvent que l'im-

vention du papier a pu seule en rendre l'application possible, et nous savons que cette invention ne date pas de bien loin¹.

Sauf quelques exceptions, les graveurs se bornent, en général, à reproduire des compositions qui tantôt sont exécutées par les dessinateurs eux-mêmes, sur la surface où elles doivent être tracées, et tantôt sont des imitations faites d'après un dessin qui est déjà une traduction de l'œuvre originale.

Différentes sortes de gravures. — Il existe plusieurs espèces de gravures, mais elles appartiennent toutes à l'une des catégories suivantes : la *gravure en relief* et la *gravure en creux*. Dans la gravure en relief, les dessins sont formés par des traits en saillie, et l'encre ou la couleur qui doit les reproduire s'applique sur ces mêmes traits, qui la cèdent au papier par l'impression. Au contraire, dans la gravure en creux les dessins sont formés par des espèces de sillons que l'on remplit d'encre ou de

pression au moyen des reliefs n'y était pas inconnue. On doit même supposer que c'est à l'application de ce procédé aux œuvres de Varron que Pline fait allusion lorsqu'il vante l'invention *merveilleuse* et presque *divine* qui permit à Varron, à l'exemple du célèbre bibliophile Atticus, de reproduire dans son livre des *Imagines* les portraits des personnages illustres, et de les multiplier à l'infini. Pline ajoute que *sept cents* portraits ainsi reproduits dans l'ouvrage de Varron pouvaient être expédiés en tout pays et ne *faisaient qu'un* avec le livre. On conçoit, en effet, l'admiration de Pline pour ce procédé; mais il est regrettable qu'il n'ait point remplacé par une simple description les pompeux éloges qu'il prodigue à cette découverte.

« Quoi qu'il en soit, pour reproduire à des nombres infinis et pouvoir insérer dans les livres ces portraits de sept cents personnages, Varron dut recourir à une impression, soit en relief (*la gravure sur bois*), soit en creux (*la taille-douce* ou les *nielles*).

« Mais l'impression de la gravure en creux devait offrir encore plus de difficultés que celle de la gravure en relief. En effet, l'impression de la gravure en creux exige un très-fort foulage, qui aurait écrasé le tissu du papyrus; il fallait donc l'invention du papier pour que les nielles, dont les premiers essais furent faits sur du soufre, pussent donner naissance à l'impression en taille-douce. Les peaux d'animaux ou le tissu de la toile auraient offert aussi plus de difficultés à cette impression qu'à celle du relief.

« Malgré toute l'admiration de Pline pour ce procédé, il paraît que les difficultés d'exécution le firent bientôt abandonner, puisqu'il n'en est plus fait mention après lui. Si les substances destinées à recevoir ces impressions avaient eu les avantages qu'offrent nos papiers, ce procédé *merveilleux* se serait perpétué dans les livres, puisqu'on sait le goût passionné des Romains pour tout ce qui se rattachait aux beaux-arts et aux lettres, ainsi qu'à la reproduction des images des personnages illustres ou qui leur étaient chers. » (Amb.-Firmin Didot.)

1. Voyez page 205.

couleur, après quoi on transporte cette dernière sur le papier au moyen d'une forte pression.

II. — GRAVURE EN CREUX.

Il existe plusieurs méthodes pour graver en creux, mais les plus importantes sont celles que l'on nomme *gravure au burin* et *gravure à l'eau-forte*¹. Elles se font toutes sur des planches de cuivre rouge ou d'acier, le plus souvent de cuivre rouge².

Gravure au burin. — 1. La **gravure au burin** est le genre le plus parfait et le plus difficile de la gravure en creux. C'est aussi le plus ancien. Son nom vient de celui de l'outil dont se sert l'artiste, et qui consiste en un petit barreau d'acier dont une des extrémités est coupée obliquement, tandis que l'extrémité opposée est enfoncée dans un manche en forme de champignon. On l'appelle aussi **gravure en taille-douce**, par opposition à la gravure en relief sur bois, parce qu'elle produit des effets plus doux que celle-ci.

1. Nous ne comprenons pas dans cette énumération la **gravure en couleur**, parce que ce qu'on appelle ainsi n'est pas, à proprement parler, une manière particulière de graver. C'est un simple procédé d'impression au moyen duquel on obtient des estampes coloriées. Ce procédé, qui est surtout employé pour la reproduction des planches d'histoire naturelle, a été inventé, au siècle dernier, par un artiste de Francfort-sur-Mein, nommé Jacques-Christophe Leblond, qui vint s'établir à Paris vers 1720. — La **gravure à la pointe sèche** n'est pas aussi un genre particulier. C'est un procédé qu'emploient habituellement les graveurs au burin et les graveurs à l'eau-forte pour terminer leur travail, afin d'harmoniser les tons et de faire de très-petites figures. Elle consiste à attaquer le métal avec des pointes tranchantes et de différentes finesses, que l'on manie comme un crayon.

2. Les plus anciennes estampes paraissent avoir été gravées sur des planches d'étain, mais cet usage fut de courte durée, et l'on ne tarda pas à employer le *cuivre rouge*. Comme ce métal ne se prête pas à un tirage considérable, on a imaginé, au commencement de notre siècle, de le remplacer par l'acier, pour les estampes dont on veut obtenir un très-grand nombre d'épreuves. Cette innovation a été introduite dans la pratique ordinaire, en 1816 ou 1817, par les artistes américains Perkins, Heath et Fairman, de Philadelphie, mais elle avait déjà été l'objet de plusieurs essais en France, en Angleterre et en Allemagne. Une planche d'acier donne aisément 15 à 20,000 épreuves, tandis qu'une de cuivre en fournit 3 à 4,000 au plus, très-souvent même beaucoup moins. On désigne quelquefois la gravure sur cuivre sous le nom de **Chalographie** (du grec *chalcos*, cuivre, et *graphô*, graver), et la gravure sur acier sous celui de **Sidérographie** (du grec *sidéros*, fer, acier, et *graphô*, graver).

2. Après avoir fait un dessin très-arrêté du sujet qu'il veut reproduire, l'artiste le transporte sur le métal à l'aide d'un calque, puis il en trace légèrement tous les contours avec une espèce d'aiguille, nommée *pointe*, qui laisse sur le cuivre ou l'acier un trait excessivement délié. Ce travail accompli, il creuse au burin (fig. 41) des *tailles* ou hachures plus ou moins profondes, suivant

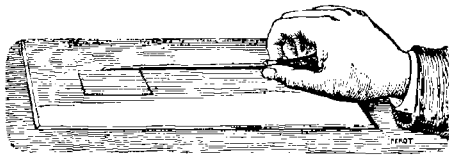


Fig. 41.
Gravure au burin.

qu'elles se rapprochent ou s'éloignent de la lumière, et il a soin de les diriger conformément aux exigences du dessin. Ces premières tailles sont le

plus souvent nourries et serrées. Afin de mieux rendre les divers effets du crayon du dessinateur, il les croise par un rang d'autres tailles ordinairement plus écartées et plus déliées. Quelquefois, au lieu de croiser ainsi les hachures, il se contente de mettre entre elles des hachures plus fines ou même des files de points allongés. Enfin, tantôt pour compléter l'effet, tantôt pour éteindre ou sacrifier certaines parties, il fait usage de troisièmes tailles et même de quatrièmes tailles. Du reste, ce travail des hachures n'est soumis à aucune règle générale. Il dépend absolument de la volonté de l'artiste, qui est libre de l'effectuer de la manière qu'il juge la plus propre à produire l'effet voulu.

3. Nous avons dit que la gravure en taille-douce est le genre le plus ancien. Elle est née au xv^e siècle ; mais ses commencements sont entourés d'une obscurité jusqu'à présent impénétrable. Toutefois, on semble généralement admettre qu'elle fut trouvée simultanément en Allemagne et en Italie.

Suivant les Italiens, on en aurait dû la découverte à une circonstance toute fortuite.

Un orfèvre de Florence, Maso Finiguerra¹, venait de mettre la

1. **Finiguerra** (Tomaso ou Maso), né à Florence au commencement du xv^e siècle.

dernière main à une *paix*¹ d'argent que lui avaient commandée les confrères de l'église Saint-Jean. Pour mieux juger de l'effet de son travail, il remplit les tailles tracées par son burin d'un liquide composé d'huile et de noir de fumée, puis il laissa sur une table la plaque ainsi préparée, en ayant soin de la recouvrir d'une feuille de papier afin de la garantir de la poussière. Le hasard voulut qu'une blanchisseuse survint, apportant un paquet de linge encore mouillé qu'elle posa sur la plaque. L'humidité du linge se communiqua au papier et le rendit propre à l'impression. De plus, le poids du paquet produisit l'effet d'une presse, et il n'en fallut pas davantage pour que les traits gravés en creux et pleins de la composition noire se transportassent sur le papier; en sorte que, lorsque le lendemain Finiguerra chercha sa gravure, il la trouva imprimée sur le papier aussi nettement que si elle eût été exécutée à la plume.

4. Telle est, assure-t-on, l'origine de la gravure au burin. Cette légende est-elle vraie ou fausse ? Il est impossible de citer en sa faveur ou de lui opposer un document certain; mais il n'est douteux pour personne que l'impression des estampes sur des planches de métal gravées en creux a dû prendre naissance de la manière qu'elle le raconte, ou d'une autre toute semblable. Dans tous les cas, la *paix* exécutée par Finiguerra existe encore : elle représente le *Couronnement de la Vierge*, et porte la date de 1452. Cette pièce fait partie d'un des musées de Florence, et la Bibliothèque nationale de Paris conserve précieusement l'unique épreuve qu'on en connaisse. Toutefois, il est à remarquer qu'elle ne fut pas exécutée en vue de l'impression.

5. On ignore à quelle époque et comment l'Allemagne connut la gravure au burin. Néanmoins, les plus anciennes estampes proprement dites appartiennent à ce pays, et, bien qu'elles ne présentent aucune indication chronologique, on croit pouvoir

1. *Paix*. Dès les premiers siècles de l'Eglise, on se donnait le *baiser de paix* (*osculum pacis*) par l'accolade fraternelle. Au XIII^e siècle, on remplaça cette accolade par le baiser de divers objets, que l'on appela *instruments de paix* ou simplement *paix*. Suivant les localités, on faisait baiser un anneau, un reliquaire, une image, une patène, ou bien une petite plaque d'or, d'argent, de cuivre doré ou d'ivoire, sur laquelle était gravé un sujet pieux. C'est un instrument de ce dernier genre que Maso Finiguerra avait été chargé d'exécuter.

supposer qu'elles ont été exécutées vers la même époque que la *paix* de Finiguerra, peut-être même avant.

Gravure à l'eau-forte. — 1. Ce genre de gravure est plus simple, plus facile et plus expéditif que le précédent. On l'emploie surtout pour les sujets familiers, pour les croquis et les improvisations.

2. Pour graver à l'eau-forte, on chauffe légèrement la planche de cuivre ou d'acier, puis on la recouvre d'une couche, aussi unie et aussi mince que possible, d'un vernis coloré avec du noir de fumée. Sur ce vernis, on trace, avec des pointes d'acier, le trait et les ombres des objets que l'on veut représenter. Le vernis se trouve ainsi enlevé par la pointe partout où l'artiste veut que l'épreuve donne des traits apparents, tandis qu'il est laissé intact dans les parties qui doivent venir blanches à l'impression. Ce travail terminé, on entoure la planche d'un rebord de cire, puis on verse dessus une certaine quantité d'eau-forte (*fig. 42*), dont on

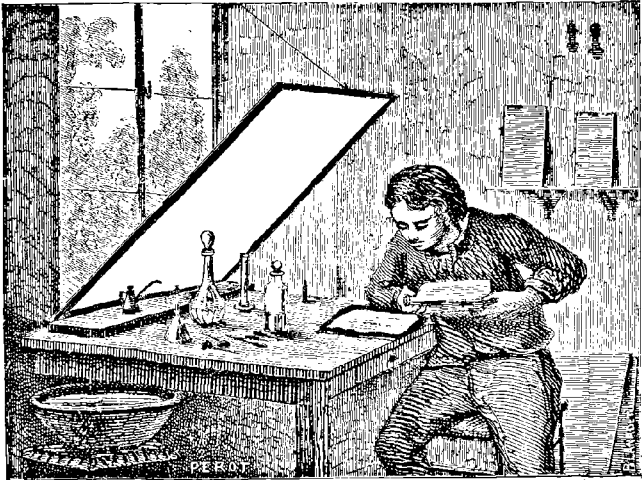


Fig. 42.
Gravure à l'eau-forte.

varie la force suivant l'effet particulier qu'on veut obtenir. Cet

acide pénètre dans les sillons tracés par les pointes et va mordre le métal que celles-ci ont mis à nu. Il respecte, au contraire, toutes les parties que protège le vernis. Quand on juge que la morsure est au point convenable, on retire l'eau-forte, on enlève la bordure de cire, on débarrasse la planche de son vernis, et le dessin, qui n'était précédemment que sur le vernis, se montre gravé en creux sur le métal¹.

3. La gravure à l'eau-forte date également du xv^e siècle. Les Italiens en attribuent l'invention à François Mazzuoli, vulgairement appelé « le Parmesan » parce qu'il était né à Parme², tandis que les Allemands la réclament pour un de leurs compatriotes, l'illustre Albert Durer³. On a prouvé de nos jours qu'elle n'appartient à aucun de ces deux artistes, mais bien à Wenceslas d'Olmutz, dont il existe une estampe avec la date de 1496⁴.

Gravure mécanique. — La gravure au burin et la gravure à l'eau-forte étant très-lentes, on a imaginé de les rendre plus expéditives en remplaçant la main de l'artiste par des moyens mécaniques. Il existe un assez grand nombre de machines à graver, mais les plus importantes sont celles de nos compatriotes Jacques Conté⁵ et Achille Collas.

1. On distingue deux sortes de gravures à l'eau-forte : la **gravure à l'eau-forte des peintres** et la **gravure à l'eau-forte des graveurs**. Elles se font, l'une et l'autre, par les mêmes procédés. Seulement, dans la première, le dessin est exécuté par l'artiste lui-même sur le vernis, à l'aide d'une pointe qu'il manie comme il l'entend ; tandis que, dans la seconde, le dessin est tracé par le graveur. La gravure à l'eau-forte des peintres est donc une œuvre toute de caprice et d'inspiration. Au contraire, la gravure à l'eau-forte des graveurs est une simple imitation ; le plus souvent même, elle ne constitue qu'une ébauche destinée à être ensuite terminée au burin.

2. **Mazzuoli** (François), né à Parme en 1503, mort en 1540, un des peintres les plus célèbres de son temps.

3. **Durer** (Albert), né à Nuremberg en 1471, mort en 1528, peintre et graveur du premier mérite.

4. La gravure à la manière noire ou en mezzotinte, la gravure à l'aqua-tinte ou au lavis, la gravure au pointillé et la gravure imitant le crayon, sont d'autres genres de gravure en creux ; mais on en fait très-rarement usage. Voyez, sur chacun d'eux, notre ouvrage intitulé : **ARTS ET MANUFACTURES**.

5. **Conté** (Nicolas-Jacques), né à Saint-Cénéry, près de Sées (Orne), en 1755, mort en 1805. A la fois peintre, chimiste et mécanicien, il employa les admirables facultés dont la Providence l'avait doué à créer ou perfectionner une foule d'industries. On a dit de lui qu'il avait « toutes les sciences dans la tête et tous les arts dans la main. »

1. La **machine Conté** repose sur le principe de l'instrument appelé *règle à parallèles*, qui a été employé depuis des siècles par les dessinateurs de tous les pays. Inventée en 1803 pour la gravure des planches du grand ouvrage de la Commission d'Égypte¹, elle donne le moyen d'obtenir très-vite et d'une manière parfaite, tous les effets qui peuvent résulter des lignes parallèles. On l'emploie surtout pour faire les ciels et les dessins d'architecture ou autres du même genre. Elle est également très-précieuse pour produire les tons plats et les teintes générales et unies. Cette machine a été diversement modifiée et perfectionnée par plusieurs artistes, principalement par les Français Turret, Petitpierre, Gallet, etc.

2. La **machine Collas** a été imaginée en 1816 ; mais elle n'a été sérieusement employée qu'en 1834, et c'est un brevet, pris par l'inventeur en 1837, qui en a, pour la première fois, fait connaître la description. Cette machine est principalement destinée à reproduire les objets en bas-relief, tels que les monnaies, les médailles, les sceaux. A cet effet, elle est munie d'une pointe fine et émoussée qui glisse sur l'original et en suit toutes les sinuosités, en lignes droites et parallèles. En même temps, une autre pointe, qui est tranchante, répète rigoureusement tous les mouvements de la première, et trace sur une planche de cuivre vernie les mêmes lignes, mais plus ou moins ondulées et non droites, serrées ou espacées et non parallèles suivant les creux et les saillies de l'objet sur lequel on opère. Quand le travail de la machine est terminé, la planche de cuivre présente une copie exacte de l'original en produisant l'effet du relief. Il ne reste plus alors, pour obtenir une gravure en creux, qu'à faire mordre la planche par les procédés ordinaires de l'eau-forte.

A une époque plus rapprochée de nous, M. Achille Collas a doté la gravure mécanique de plusieurs autres remarquables inventions. L'une de ses nouvelles machines, fondée sur le prin-

1. Cet ouvrage célèbre est l'œuvre d'une société scientifique établie au Caire, lors de l'expédition d'Égypte, par un arrêté du général en chef Bonaparte, en date du 20 août 1798 (3 fructidor an vi). Il porte le titre de *Description de l'Égypte*, mais on lui donne vulgairement le nom d'*Ouvrage de l'expédition d'Égypte*. Il a été publié en 1809-1818 par l'Imprimerie royale, et forme 10 volumes in-folio de texte, et 12 immenses atlas renfermant 894 planches.

cipe du *pantographe*¹, permet à la main qui calque un dessin de le graver instantanément et dans les dimensions les plus variées. Une autre, également construite d'après les principes du pantographe, produit à la fois cinq copies gravées du même dessin. Enfin, une troisième dispense l'artiste de graver à rebours et lui donne le moyen de faire son travail dans le sens même de l'original.

3. Une des principales applications qu'on fait aujourd'hui de la gravure mécanique est la confection des billets de banque, des papiers-monnaie, des lettres de change, des titres d'actions et, en général, de tous les papiers dont il importe de rendre la contrefaçon sinon impossible, au moins facile à reconnaître, difficile à exécuter. (Ch. Laboulaye.)

III. — GRAVURE EN RELIEF.

La **gravure en relief** s'appelle aussi **gravure d'épargne** ou **en taille d'épargne**, parce que l'artiste enlève les parties de la planche qui doivent être blanches à l'impression, en *épargnant*, c'est-à-dire en réservant celles qui doivent être encrées et transportées sur le papier. On l'exécute sur bois avec des outils tranchants, ou bien sur pierre ou sur métal à l'aide des acides.

Gravure sur bois². — 1. C'est la gravure en relief la plus importante et la plus ancienne. Elle ne peut se faire que sur les bois dont le grain est fin et serré, tels que le buis et le poirier. La surface de la planche étant préalablement blanchie, on y dessine à la plume ou au crayon le sujet que l'on veut re-

1. **Pantographe**. Du grec *panta*, tout, et *graphô*, écrire, dessiner. L'instrument ainsi appelé sert à copier un dessin quelconque déjà tracé sur le papier, soit en conservant les dimensions de l'original, soit en les réduisant ou les amplifiant. Le pantographe paraît avoir été imaginé par un mathématicien français du commencement du xvii^e siècle, nommé de Marolais, qui le décrit en 1615 dans un traité de perspective. Toutefois on en attribue généralement l'invention au jésuite allemand Christophe Scheiner, qui l'aurait faite dès 1603; mais ce savant ne le fit connaître qu'en 1631, c'est-à-dire seize ans après notre compatriote.

2. La gravure sur bois est quelquefois appelée **xylographie** (du grec *xylon*, bois, et *graphô*, graver). Toutefois, on préfère généralement réserver ce mot pour désigner le genre d'impression dont nous avons parlé à la notice relative à l'imprimerie, et que l'on nomme aussi *impression tabellaire*.

produire. Cela fait, on enlève avec des outils très-tranchants toutes les parties que l'encre ou le crayon ne recouvre pas, en ayant soin de creuser les blancs et de bien ménager les noirs. Le travail du graveur est purement mécanique. Il ne prend un caractère véritablement artistique que lorsque le dessinateur s'est contenté de tracer les traits principaux, en laissant à la sagacité du tailleur de bois le soin de disposer les hachures qui doivent produire le meilleur effet.

2. La gravure sur bois s'imprime par les procédés ordinaires de la typographie, ce qui permet d'obtenir des épreuves avec beaucoup moins de frais et de peine que par la taille-douce¹. Un autre avantage encore plus considérable, c'est qu'elle peut fournir un nombre infini d'exemplaires, parce qu'elle se prête avec la plus grande facilité à l'opération du clichage.

3. Les premiers temps de la gravure sur bois sont entourés d'une obscurité profonde. Plusieurs auteurs croient qu'elle a été connue et pratiquée en Chine dès le xi^e siècle, et dans l'Inde dès le xiii^e. En Europe, la France et l'Allemagne s'en disputent l'invention. Ce qu'on sait de plus positif, c'est que les Européens l'employaient déjà au commencement du xv^e siècle, peut-être même à la fin du xiv^e, et que, ainsi que nous l'avons dit (pag. 218), elle a donné naissance à l'imprimerie en caractères mobiles.

4. Pendant longtemps, on a considéré comme la plus ancienne estampe sur bois une image de *saint Christophe portant l'enfant Jésus*, qu'accompagne une légende latine terminée par le millésime 1423. On a découvert à Malines, en 1841, une gravure, également xylographique, qui est datée de 1418. Elle représente la *Vierge et l'enfant Jésus* dans un jardin, au milieu de quatre saintes : sainte Catherine, sainte Barbe, sainte Dorothee, et sainte Marguerite. Cette Vierge est donc aujourd'hui le plus ancien spécimen connu de la gravure sur bois ; mais il est probable que de nouvelles recherches permettront un jour d'assigner à l'invention de cet art une date encore plus ancienne.

1. La gravure sur bois est habituellement à une seule couleur, c'est-à-dire s'imprime en noir. Quelquefois cependant, on l'emploie pour produire des estampes de plusieurs teintes. Ce genre, dont les premiers spécimens datent du commencement du xv^e siècle, est connu sous le nom de **gravure en camafeu**. On l'appelle aussi **gravure à plusieurs tailles**, parce qu'elle nécessite l'usage de plusieurs planches gravées, ou *tailles*, comme disaient les graveurs d'autrefois, une pour chaque couleur.

5. Après avoir brillé d'un éclat incomparable pendant une centaine d'années, la gravure sur bois tomba, vers la fin du xvi^e siècle, dans un complet discrédit, parce que les artistes qui l'avaient cultivée jusqu'alors eurent des successeurs sans talent. Elle fut donc abandonnée. Il y avait près d'un siècle et demi qu'elle était délaissée, quand, dans le courant de 1775, on entreprit en Angleterre de lui restituer son ancienne importance. Un artiste d'un grand mérite, nommé Thomas Bewick, contribua beaucoup à ce résultat en introduisant dans les procédés des améliorations capitales, qui furent adoptées peu à peu dans tout le reste de l'Europe. En ce qui concerne spécialement la France, les premiers efforts pour remettre en honneur la gravure sur bois eurent lieu en 1805; mais nos artistes n'obtinrent de succès vraiment remarquables qu'à dater de l'exposition de 1827, où l'un d'eux, M. Godard, d'Alençon, présenta au jury des œuvres d'une très-grande beauté.

Gravure par les acides. — 1. Les premiers essais de gravure en relief par les acides remontent au xv^e siècle. Après avoir tracé le dessin avec une encre spéciale, on fait mordre le métal ou la pierre¹ par l'eau-forte, qui creuse les parties blanches et respecte celles qui doivent être transportées sur le papier. De prime-abord, l'opération paraît très-facile; mais, dans la pratique, elle présente de très-grandes difficultés, provenant surtout de la presque impossibilité où l'on est de régler l'action de l'acide de manière à produire des traits dont les contours aient une pureté convenable. Toutefois, de nos jours, plusieurs artistes ont réussi à obtenir des résultats assez remarquables. Tel est, entre autres, M. Gillot, graveur à Paris, dont le procédé, dit **panéiconographie**², est très-souvent employé, depuis 1850, à la reproduction des cartes de géographie³.

1. La gravure en relief sur métal paraît être née en Allemagne vers le milieu du xv^e siècle, mais on l'exécutait alors avec le burin. L'emploi des acides est une innovation toute moderne. — La gravure en relief sur pierre est aussi d'origine allemande. Elle est également née au xv^e siècle; mais, à la différence de la précédente, elle a toujours été faite au moyen des acides.

2. Du grec *pan*, tout, *éicón*, image, dessin, et *graphó*, graver. On trouvera la description du procédé dans nos ARTS ET MANUFACTURES.

3. Depuis l'invention de l'Electro-chimie et de la Photographie, on applique journellement ces deux arts à l'exécution de la gravure. Nous dirons ailleurs quelques mots de ces applications.

SEPTIÈME PARTIE.

LA LITHOGRAPHIE.

Idee générale de la *lithographie*. — Son invention : Senefelder. — Premiers efforts pour en répandre l'usage. — Son introduction en France. — Ses progrès depuis 1830 : lithographie en couleur ou chromo-lithographie; autographie; litho-typographie; litho-chalcographie; zincographie; améliorations apportées au tirage.

En quoi consiste la lithographie. — 1. « Si, a dit un auteur, l'imprimerie et la gravure venaient à disparaître, la **lithographie** pourrait les remplacer toutes les deux avec avantage. » Qu'est-ce donc que la lithographie ?

D'après son étymologie, le mot *lithographie*¹ signifie « l'art d'écrire, de dessiner et de graver sur une pierre quelconque; » mais on l'emploie d'une manière toute spéciale pour désigner « un genre d'impression au moyen duquel on multiplie toute espèce de dessins et d'écritures en les traçant avec une encre grasse sur une pierre d'une nature particulière. »

2. Toute la lithographie consiste en ceci : on exécute sur la pierre choisie, et avec un corps gras, le dessin ou l'écriture qu'on veut multiplier; on applique sur cette pierre, au moyen d'un pinceau, un mélange de gomme et d'acide azotique; puis, on l'humecte légèrement avec une éponge imbibée d'eau pure, et, pendant qu'elle est humide, on passe sur le tout un rouleau enduit d'une encre spéciale. Les portions mouillées de la pierre refusent cette encre, qui, au contraire, se dépose sur le corps gras du dessin ou de l'écriture. Une feuille de papier est alors étendue sur la pierre, après quoi celle-ci est placée sur une presse de forme convenable et soumise à une forte pression. Cette pression détermine sur le papier le transport de l'encre laissée par le rouleau sur la pierre, et y reproduit, en sens inverse, l'écriture ou le dessin exécuté par l'écrivain ou l'artiste.

1. Du grec *lithos*, pierre, et *graphô*, écrire, graver.

Invention de la lithographie. — 1. La lithographie a été inventée à la fin du siècle dernier par un pauvre acteur, appelé Aloïs Senefelder¹, qui occupait un petit emploi au théâtre de Munich. Ne retirant de sa profession que des ressources insignifiantes, Senefelder se fit auteur dramatique et publia en 1793 une petite pièce de sa composition. Ce premier ouvrage fut suivi de quelques autres; mais, voyant que ses bénéfices étaient absorbés par les frais d'impression, il se mit à la recherche d'un moyen qui pût lui permettre d'éditer ses œuvres à meilleur marché. Il eut d'abord l'idée de se servir de la gravure à l'eau-forte (voy. pag. 242). Toutefois, comme il ne connaissait pas suffisamment les procédés des graveurs, il n'obtint que de mauvais résultats, ce qui l'engagea à tourner ses vues d'un autre côté. Il eut alors l'idée qu'il pourrait rencontrer plus de chances de réussite, si, tout en gravant à l'eau-forte, il remplaçait les planches de cuivre, dont il avait fait usage pour ses précédents essais, par des plaques d'une espèce de pierre calcaire, à grain très-fin, qu'on tirait du village de Solenhofen, non loin de Munich, et qu'on employait très-souvent pour le carrelage des appartements. Il fit d'abord, sur cette pierre, de la gravure en creux; mais, en 1796, il fut amené, par une circonstance fortuite dont il a lui-même raconté les détails, à remplacer cette méthode par celle de la gravure en relief.

Un jour de cette année 1796, Senefelder venait de polir une pierre pour ses expériences, quand sa mère le pria de lui écrire la note du linge qu'elle donnait à laver. Il n'y avait pas de temps à perdre, car la blanchisseuse attendait avec impatience. Le hasard voulut qu'il eût entièrement épuisé sa provision de papier blanc, et que son écritoire fût à sec. Prenant aussitôt son parti, il écrivit le mémoire sur la pierre, dans l'intention de le copier lorsqu'il se serait procuré du papier, et, au lieu de l'encre dont il manquait, il se servit du vernis avec lequel il exécutait ses travaux de gravure. Au moment d'effacer son écriture, l'idée lui vint de voir ce qu'elle deviendrait s'il soumettait la pierre à l'action de l'eau-forte. Au bout de cinq minutes de contact, il reconnut que les lettres avaient un relief à peu près égal à l'épais-

1. Senefelder (Aloïs), né à Prague (Bohême) en 1774, mort en 1834.

seur d'une carte à jouer. Alors il se demanda s'il ne serait pas possible de traiter cette pierre comme une forme typographique, c'est-à-dire de l'encre et de l'imprimer. Pour s'en assurer, il prit une planchette de bois, l'entoura de plusieurs doubles de drap fin, puis, l'ayant recouverte d'une encre épaisse faite de noir de fumée et d'huile de lin cuite, la passa légèrement sur la pierre. L'opération eut le succès le plus complet, car les caractères en relief se chargèrent seuls d'encre, et Senefelder ayant posé dessus une feuille de papier, la pression de la main suffit pour en transporter l'empreinte sur ce papier. Dès ce moment, la partie mécanique de la lithographie se trouva inventée, et Aloïs s'empessa de faire société avec Gleissner, musicien de la cour de Munich, pour employer son procédé à l'impression de la musique.

2. Cependant, la lithographie n'existait pas encore ; mais, en appliquant son procédé, Senefelder eut occasion de remarquer que l'eau ne restait étalée que sur les parties de la pierre non recouvertes de corps gras et fuyait toutes les autres. Cette observation le conduisit à créer l'impression chimique sur pierre, ou la lithographie proprement dite. Ce nouveau progrès existait déjà au commencement de 1798. Senefelder associa presque aussitôt ses deux frères Thiébaud et Georges à l'établissement qu'il avait fondé avec Gleissner, et, l'année suivante, le roi Maximilien-Joseph, voulant le récompenser de ses infatigables travaux, lui accorda un privilège exclusif de quinze ans. Notons, en passant, que l'art nouveau fut d'abord appelé **impression chimique** ou **impression sur pierre**. Le nom qu'il porte aujourd'hui lui fut donné, en 1804, par Mitterer, directeur d'un atelier lithographique qui venait d'être annexé à l'école gratuite de dessin de Munich.

Propagation de la lithographie. — 1. A peine inventée, la lithographie se répandit en dehors de la Bavière avec une extrême rapidité. Senefelder contribua énormément à la vulgariser, soit en vendant ou communiquant gratuitement ses procédés, soit en fondant à Paris, à Londres, à Vienne, des établissements auxquels son inconstance et son ignorance des affaires commerciales ne permirent pas de se maintenir ; mais qui, malgré leur existence éphémère, n'en produisirent pas moins un

utile résultat en excitant la curiosité publique. Ses frères, à qui, pour être plus libre dans ses voyages, il avait abandonné son imprimerie de Munich, firent aussi beaucoup pour la propagation de leur art. Toutefois, ce ne fut pas en essayant, comme lui, de créer de nouveaux ateliers, mais en vendant ou donnant leurs procédés.

2. En 1820, la lithographie existait déjà dans la plupart des grandes villes d'Europe. Les premières tentatives pour l'introduire à Paris furent faites en 1800 par Niedermayer, de Strasbourg, et l'éditeur de musique Pleyel; mais elles n'eurent aucun succès. Deux ans après, André, d'Offenbach, ayant pour associé Senefelder lui-même, monta, dans cette ville, une imprimerie, qu'il dirigea jusqu'en 1806, et qui, quoiqu'elle ne réussit que médiocrement, ne doit pas moins être regardée comme le plus ancien établissement de ce genre que notre pays ait possédé. Dans les temps qui suivirent, beaucoup de nos compatriotes¹ s'occupèrent de lithographie. Néanmoins, malgré tant d'efforts, il n'y avait encore à Paris, en 1814, aucune imprimerie lithographique digne de ce nom, et, dans un ouvrage publié vers le milieu de cette même année, M. Marcel de Serres déclarait que toutes les épreuves obtenues jusqu'alors par les lithographes parisiens « ne pouvaient être considérées que comme des essais plus ou moins imparfaits. » Paris ne fut véritablement en possession de la lithographie qu'à partir du mois de juin 1816, époque à laquelle M. Godefroy Engelmann, de Mulhouse, vint y fonder, conjointement avec son beau-frère M. Pierre Thierry, un atelier d'une grande importance, où il mit en pratique les méthodes employées par les meilleurs lithographes de Munich, et d'où sortirent aussitôt des œuvres dont la beauté fit une profonde sensation. Quelques mois plus tard, le comte de Lasteyrie, qui, depuis 1812, faisait les efforts les plus assidus pour populariser chez nous l'art de Senefelder, créa une imprimerie semblable, dont les produits ne furent pas moins remarquables. C'est à ces deux hommes que la France est véritablement redevable de la lithographie, et leurs ateliers formèrent une multitude d'élèves habiles qui, pour la plupart, se répandirent dans nos principales villes.

3. En 1828, la lithographie avait fait tant de progrès chez

1. Les compositeurs Choron et Baltard, le peintre Guyot Desmarais, le général Lejeune, le graveur Duplat, le baron Dehon, etc.

nous que le seul département de la Seine comptait vingt-quatre ateliers, occupant près de 500 personnes, et livrant au commerce pour plus de 200 millions d'écritures, de dessins de toute sorte. A la même époque, elle était aussi très-florissante en Belgique, où M. Jobard l'avait introduite en 1817, et en Angleterre où, après un essai malheureux fait par Senefelder et André d'Offenbach, en 1800, elle avait été définitivement acclimatée par Volwieler, en 1801, mais où elle n'avait commencé à prospérer qu'en 1821, quand Hullmandel, un des meilleurs élèves d'Engelmann, était venu s'établir à Londres.

4. Depuis 1830, la lithographie a reçu un nombre prodigieux de perfectionnements qui, complétant les découvertes de Senefelder, ont permis de multiplier les applications de cet art d'une manière presque sans limites. Non-seulement elle imite tous les genres de la gravure ordinaire ; mais, en outre, elle donne des produits qui rivalisent par le moelleux, la finesse et la pureté des traits, avec ceux du burin le plus exercé. En même temps, elle est devenue, pour une foule d'usages, le complément indispensable de la typographie.

Parmi les innombrables améliorations de la lithographie, il en est plusieurs dont nous devons dire quelques mots.

Chromolithographie. — Les impressions lithographiques se font ordinairement en noir. Comme son nom l'indique, la **lithographie en couleur** a pour objet de produire des dessins coloriés. Les premiers essais pour la réaliser ont été faits par Senefelder, avant 1819, mais elle n'est devenue industriellement pratique qu'après 1830. Vers 1831, M. Hildebrand, de Berlin, s'en servit avec succès pour la publication de planches d'ornements et de recueils d'armoiries. Un peu plus tard, M. Owen Jones, de Londres, et le lieutenant-colonel Wittert, de Liège, en obtinrent aussi de beaux résultats. En France, elle est redevable de ses premiers progrès à MM. Godefroy Engelmann et Graft, qui, en faisant breveter, en 1837, des améliorations qu'ils y avaient apportées, créèrent en même temps le mot **chromolithographie**¹, par lequel on la désigne le plus souvent aujourd'hui.

1. Du grec *chroma*, couleur, et *graphé*, écrire, empreindre.

La lithographie en couleur est employée journellement pour imiter toute sorte de peintures, même la peinture à l'huile. Son mode d'opérer consiste, en principe, à imprimer les diverses nuances l'une après l'autre, ce qui nécessite, outre un égal nombre de pierres et de tirages, un repérage de la plus rigoureuse exactitude.

Autographie. — Dans l'**autographie**¹, on se propose de multiplier par l'impression une écriture ou un dessin original, préalablement tracé sur un papier spécial et avec une encre spéciale. Elle a précédé la lithographie, car c'est en faisant des expériences pour en faciliter l'exécution que Senefelder fut amené à inventer cette dernière. Les services qu'elle a rendus ont, de très-bonne heure, suggéré l'idée d'en appliquer les principes à l'impression lithographique au moyen de *reports* ou *contre-épreuves*, et l'on a réalisé cette idée d'une manière fort simple. Après avoir tiré sur une première pierre une épreuve de l'ouvrage à reproduire, on transporte cette épreuve sur une seconde pierre, qui doit seule servir au tirage définitif, tandis que la précédente est conservée avec soin pour faire au besoin d'autres contre-épreuves. On conçoit que cette méthode offre des avantages immenses sous le rapport de la rapidité et de la diminution des frais. Il suffit, en effet, d'exécuter sur pierre un seul dessin, de le reporter ensuite sur une grande pierre, autant de fois que la place le permet, afin de pouvoir obtenir, par un seul coup de presse, dix, vingt, trente épreuves et davantage; et, quand cette pierre est usée, on en fait immédiatement une nouvelle à l'aide de la pierre matrice.

Litho-typographie. — En modifiant légèrement la manière d'opérer, on transporte sur pierre les impressions typographiques fraîchement tirées. On réussit aussi à transporter les vieux livres et les vieilles estampes. Ces deux applications remontent aux premiers temps de la lithographie, mais c'est la seconde qui a surtout préoccupé les hommes du métier: on l'appelle **litho-typographie** ou **litho-chalcographie**², suivant

1. Du grec *autos*, soi-même, et *graphô*, écrire, empreindre.

2. Du grec *lithos*, pierre, et du français *typographie*. — Du grec *lithos*, pierre, *chalcos*, cuivre, et *graphô*, écrire, graver.

qu'il s'agit de reproduire des livres ou des gravures. En 1809, Senefelder avait déjà transporté sur pierre avec beaucoup de succès des épreuves typographiques et des estampes, tant anciennes que fraîches. Dans les années qui suivirent, principalement à partir de 1830, les bons lithographes de tous les pays exécutèrent des travaux semblables, mais simplement à titre d'essais. Enfin, vers 1841, MM. Auguste et Paul Dupont, imprimeurs, l'un à Périgueux et l'autre à Paris, commencèrent à se servir sur une grande échelle d'un procédé de leur invention qui permit enfin à la litho-typographie de recevoir des applications véritablement industrielles¹.

Zincographie. — Conformément à sa dénomination, la lithographie s'exécute sur pierre. Comme les pierres convenables sont très-rares, par suite très-chères, on a essayé un grand nombre de fois, mais sans pouvoir y réussir, de les remplacer par des dalles artificielles, formées, à l'aide du moulage, de pâtes calcaires diversement préparées. Les plaques de zinc, auxquelles on a eu ensuite recours, ont donné des résultats plus satisfaisants. Néanmoins, elles ne sont de quelque avantage que dans certains cas particuliers, et c'est cette modification de la lithographie que l'on désigne sous le nom de **zincographie**².

Tirage. — En parlant de la typographie, nous avons dit les progrès énormes qu'elle a faits, quant à la rapidité du tirage, par suite de l'invention des presses mécaniques. La même cause a produit le même effet dans la lithographie, quoique sur une bien moindre échelle. Les plus anciennes tentatives pour imprimer mécaniquement les épreuves lithographiques paraissent avoir eu lieu en 1814 et appartenir à M. Marcel de Serres; mais la première machine dont on ait pu tirer un parti utile, du moins en France, est celle que M. Lachevardière fit breveter en 1832. Dans notre pays, c'est M. Paul Dupont qui a employé, pour la première fois, la machine à vapeur à la mise en mouvement des presses lithographiques, innovation capitale qui date de 1850.

1. L'ouvrage le plus important reproduit par ce procédé est un volume in-folio, de 966 pages, exécuté en 1847, dans les ateliers de M. Paul Dupont.

2. Du français *zinc*, et du grec *graphô*, écrire, graver, empreindre.

HUITIÈME PARTIE.

LES MÉTAUX.

CHAPITRE I.

Notions préliminaires.

Découverte des métaux. — Métaux connus des anciens. — Métaux découverts par les modernes. — Métaux actuels.

Découverte des métaux. — Les **métaux** ont attiré de bonne heure l'attention des hommes ; mais, on le conçoit sans peine, il est absolument impossible d'assigner une date quelconque à leur découverte. Tout ce qu'il est permis d'affirmer, c'est qu'on n'a d'abord connu que ceux qui se présentent à l'état natif ; tels sont l'*or* et l'*argent*. On a ensuite découvert ceux que l'on peut facilement dégager des substances avec lesquelles ils sont associés ; tels sont le *cuivre*, l'*étain* et le *plomb*. Plus tard est venu le tour de ceux dont les minerais réclament un traitement très-complicqué ; tel est le *fer*. Enfin, plus tard encore, on a isolé ceux dont l'extraction exige des connaissances chimiques très-étendues ; tels sont le *manganèse*, le *chrome*, l'*aluminium* et tant d'autres.

Métaux connus des anciens. — 1. Du temps de Moïse, les Egyptiens, qui alors marchaient à la tête de la civilisation, ne possédaient que six métaux : l'*or*, l'*argent*, le *cuivre*, le *fer*, le *plomb* et l'*étain*. Le *mercure* fut découvert par la suite, ce qui porta à sept le nombre des métaux connus des peuples de l'antiquité.

2. « Quand on songe, dit le docteur Hoefcr, qu'à notre époque, où la science fait tant de progrès, on n'a pas encore trouvé le moyen d'obtenir les métaux à l'état de pureté parfaite, on a toute

raison de croire que les métaux des anciens étaient très-impurs et très-imparfaits. Comme les minerais ne renferment jamais un seul et même métal, les métaux qui en provenaient devaient être des espèces d'alliages, plus ou moins faciles à travailler.

« Les anciens, continue le même auteur, ignoraient l'usage des acides minéraux, des eaux corrosives, pour attaquer les métaux et les minerais. Ils ne connaissaient que le vinaigre et les sucres acides des végétaux ; ils savaient cependant que ces derniers, conservés dans des vases d'airain, acquièrent des propriétés malfaisantes. Il faut arriver au ix^e siècle de notre ère pour trouver les premières traces de la dissolution des métaux au moyen d'un acide minéral, l'eau-forte. »

A ces considérations un autre savant de nos jours en ajoute une non moins importante : « Nous devons, dit-il, admirer la perspicacité et la finesse d'observation des anciens, en même temps que les connaissances pratiques auxquelles ils étaient arrivés. Ce n'est pas seulement l'or qu'ils savaient reconnaître, même en particules à peine visibles, ni même le minerai de fer, mais des minerais, tels que l'oxyde d'étain, dépourvus de l'éclat métallique, et ordinairement noyés dans une gangue¹ qui les rend presque méconnaissables. » (DAUBRÉE.)

Métaux découverts par les modernes. — 1. C'est à la fin du quinzième siècle que le nombre des métaux a commencé à s'accroître. L'*antimoine* et le *bismuth* furent alors nettement indiqués par Basile Valentin². Au siècle suivant, Paracelse³ signala le *zinc* et le *cobalt*. Le *platine*, découvert depuis deux cents ans par les mineurs espagnols du Pérou, fut introduit en Europe, en 1740, par un essayeur de la Jamaïque. En 1751, Cronstedt⁴ isola et décrivit le *nickel*, que les Chinois paraissent

1. On appelle **gangue** toute substance qui en renferme ou en enveloppe une autre plus précieuse, qu'on exploite et qui constitue le *minerai*.

2. Valentin (Basile), alchimiste allemand que l'on fait naître à Erfurt, à la fin du xiv^e siècle, mais sur l'existence duquel on ne possède aucun renseignement précis.

3. Paracelse (Philippe-Auréole-Théophraste Bombast de Hohenheim, dit), alchimiste et médecin suisse, né en 1493, à Einsiedeln, près de Zurich, mort en 1541.

4. Cronstedt (Alexandre-Frédéric), minéralogiste suédois, né en 1722, mort en 1765.

avoir connu dès une haute antiquité. En 1774, Scheele¹ et Gahn² découvrirent le *manganèse*. Le *tungstène* et le *molybdène*, soupçonnés par Bergman³, en 1778, furent définitivement reconnus, le premier par d'Elluyar⁴, en 1781, le second par Hjelm⁵, en 1782. Klaproth⁶ et Gregor⁷ trouvèrent le *titane*, en 1791-1794. Enfin, le *chrome* fut isolé par Vauquelin⁸, en 1797.

2. Notre siècle n'a pas été moins fertile en acquisitions nouvelles. Le *tantale* ou *colombium* a été découvert par Hatchett⁹ et Ekeberg¹⁰, en 1801-1802. L'année 1803 a vu isoler le *palladium* et le *rhodium* par Wollaston¹¹; l'*iridium*, par Collet-Descotils¹² et Smithson-T Tennant¹³; le *cérium*, par Hisinger¹⁴ et Berzélius¹⁵; l'*osmium*, par Smithson-Tennant. Pendant la même année, le *potassium* et le *sodium* ont été découverts par sir Humphry Davy¹⁶, qui a également signalé l'existence du *calcium*, du *baryum* et du *strontium*, isolés un peu plus tard par Seebeck¹⁷. Le *cadmium* a été découvert par Hermann¹⁸ et Stromeyer¹⁹, en 1817-1818; le *lithium*, par sir Humphry-Davy, en 1817; le *zirconium*, par Berzélius, en 1824; l'*aluminium*, par Woehler²⁰, en 1827; l'*yttrium* ainsi que le *glucinium*, par le même savant, en 1828; le *magnésium*, par Bussy²¹, en 1829; le *thorium*, par Berzélius, en 1829;

1. Scheele (Charles-Guillaume), chimiste suédois, né en 1742, mort en 1786.
2. Gahn (Joseph-Gottlieb), minéralogiste suédois, né en 1745, mort en 1818.
3. Bergman (Torbern), chimiste suédois, né en 1735, mort en 1784.
4. Elluyar (Fausto d'), chimiste espagnol, né en 1755, mort en 1832.
5. Hjelm (Pierre-Jacob), chimiste suédois, né en 1746, mort en 1813.
6. Klaproth (Martin-Henri), chimiste prussien, né en 1743, mort en 1817.
7. Grégor (William), chimiste anglais, né en 1762, mort en 1817.
8. Vauquelin (Nicolas), chimiste français, né à Saint-André-d'Hébertot (Calvados), en 1763, mort en 1829.
9. Hatchett (Charles), chimiste anglais, né en 1765, mort en 1845.
10. Ekeberg, minéralogiste suédois, né en 1767, mort en 1813.
11. Wollaston (William), physicien anglais, né en 1766, mort en 1828.
12. Descotils (Collet), chimiste français, né à Caen, en 1773, mort en 1815.
13. Tennant (Smithson), chimiste anglais, né en 1761, mort en 1815.
14. Hisinger (Wilhem), minéralogiste suédois, né en 1766, mort en 1852.
15. Berzélius (Jacques), chimiste suédois, né en 1779, mort en 1848.
16. Davy (Humphry), chimiste anglais, né en 1778, mort en 1829.
17. Seebeck (Jean-Thomas), physicien allemand, né en 1770, mort en 1831.
18. Hermann (Charles-Samuel), pharmacien allemand, né en 1765, mort en 1846.
19. Stromeyer (Frédéric), chimiste allemand, né en 1776, mort en 1835.
20. Woehler (Frédéric), chimiste allemand, né en 1800.
21. Bussy (Antoine-Alexandre), pharmacien français, né à Marseille, en 1794.

le *vanadium*, par Sefstroem ¹, en 1830 ; le *lanthane*, par Mosander ², en 1829 ; l'*uranium*, par Peligot ³, en 1841. Depuis cette époque, dix nouveaux métaux sont venus s'ajouter aux autres. Mosander a découvert le *didymium*, en 1842, le *terbium* et l'*erbiium*, en 1843 ; Henri Rose ⁴, le *niobium* et le *pelopium*, en 1844 ; Clauss ⁵, le *ruthénium*, en 1845 ; Hermann, l'*ilménium*, en 1846 ; Bunsen ⁶, de concert avec Kirchoff ⁷, le *cæsium* et le *rubidium*, en 1859 ; William Crookes ⁸, le *thallium*, en 1861.

Métaux actuels. — Le nombre des métaux connus est donc aujourd'hui de 50, mais 15 seulement reçoivent des applications industrielles. Ce sont : l'*or*, l'*argent*, le *platine*, le *fer*, le *plomb*, l'*étain*, le *zinc*, le *mercure*, le *palladium*, l'*aluminium*, le *magnésium*, l'*antimoine*, le *nickel*, le *bismuth* et l'*iridium*. Encore même les quatre derniers ne peuvent être employés qu'à l'état d'alliages.

« A notre époque, c'est par le travail des métaux que s'affirme la puissance d'un pays, et la supériorité de notre civilisation se témoigne surtout par l'importance qu'elle assigne à ceux qui précédemment étaient classés à un rang inférieur.

« L'*or*, l'*argent*, si convoités des anciens, ont perdu de leur prestige ; ils sont restés le signe de la richesse, ils ont gardé le nom de *métaux nobles* ou *précieux* ; mais la préséance leur est disputée par les *métaux utiles*.

« Le *fer*, soit par sa résistance et sa dureté, soit par son intervention dans la fabrication des autres métaux, est sans contredit l'agent le plus puissant que la nature ait mis à notre service. Le *fer* est partout, depuis l'outil le plus rudimentaire jusqu'au mécanisme le plus perfectionné ; grâce à lui, les distances se franchissent avec rapidité, le sol s'entr'ouvre pour livrer ses trésors ; sans lui, pas de charrue, pas d'agriculture ; il fait jaillir les eaux

1. Sefstroem (Nils-Gabriel), chimiste suédois, né en 1787, mort en 1845.

2. Mosander (Charles-Gustave), chimiste suédois, né en 1797, mort en 1858.

3. Péligot (Eugène-Melchior), chimiste français, né à Paris, en 1811.

4. Rose (Henri), chimiste allemand, né en 1795, mort en 1864.

5. Clauss (Charles-Ernest), chimiste russe, né en 1796.

6. Bunsen (Robert-Guillaume), chimiste allemand, né en 1811.

7. Kirchoff (Gustave-Robert), physicien allemand, né en 1824.

8. Crookes (William), chimiste anglais.

souterraines, perce les montagnes, creuse les isthmes ; s'il donne la prospérité dans la paix, il garantit la force dans la guerre. Avec le bronze, il fournit les terribles engins des batailles. Réunis sous la forme de locomotives, de machines à vapeur, de navires, ces deux métaux rapprochent les peuples en contribuant à leur bien-être. Aussi le fer et le cuivre, sans parler des autres métaux communs, intéressent-ils au plus haut degré le sort des nations, et plus un pays parvient, par ses ressources naturelles ou par son génie, à les produire avec abondance et facilité, plus vite il s'enrichit. » (PENNY.)

CHAPITRE II.

Métaux précieux.

L'Or. — L'Argent. — Le Platine.

I. — L'OR.

1. L'or est le métal qui, à toutes les époques de la civilisation, a occupé le premier rang dans l'estime des hommes et a représenté à leurs yeux la puissance et la richesse.

La connaissance de l'or était déjà très-ancienne à l'époque d'Abraham ; car les livres saints rapportent que ce patriarche en possédait beaucoup. Il avait même alors une valeur réelle et servait aux opérations commerciales.

2. Les historiens sont remplis de détails sur l'emploi de l'or dans les temps postérieurs ; mais ce qui précède suffit et au delà pour montrer la haute antiquité de la découverte de l'or. Il est même généralement admis qu'il a été connu avant tous les autres métaux¹. Ce fait, du reste, n'a rien d'étonnant, parce que

1. « La découverte de l'or doit être aussi ancienne que celle du silex. En ce sens, la fable touche aux faits réels quand elle cite l'âge d'or comme le premier âge de l'humanité. Le précieux métal est presque partout répandu à la surface de la terre, dans les sables des cours d'eau. L'éclat, la couleur de l'or attirent immédiatement l'œil ; mais l'homme n'avait que faire de ces paillettes brillantes disséminées dans le sable, il ne pouvait encore les travailler, ni même les joindre ou les souder ensemble ; et, quand la femme, sa

l'or se montre presque partout avec l'éclat, la couleur et les autres propriétés physiques qui le caractérisent, et qui le font remarquer des sauvages et même de certains animaux¹. En outre, il ne faut jamais que des moyens purement mécaniques pour le débarrasser des matières qui l'accompagnent.

3. Les anciens tiraient l'or de l'Inde, de la Thrace, de la Macédoine, de l'Espagne, de l'Arabie, de l'Éthiopie, où des mineurs, recrutés presque toujours parmi les condamnés, les prisonniers de guerre et les esclaves, étaient occupés à l'extraire du sein de la terre. Les anciens connaissaient aussi l'industrie des *orpailleurs*, c'est-à-dire le moyen de recueillir les paillettes d'or que charrient les fleuves et les rivières : elle était immémoriale sur les bords du Rhône, du Rhin, du Tage, du Pô, du Pactole, de l'Èbre, de l'Ariège, de la Garonne et de plusieurs autres cours d'eau.

4. Mais l'or se rencontre rarement dans la nature à l'état de pureté parfaite. Celui qu'on appelle *natif* contient lui-même presque toujours un peu d'argent. Cette remarque conduisit à l'invention de procédés de purification à peu près semblables à ceux qu'on emploie aujourd'hui.

5. Dans le principe, on ne sut travailler l'or qu'à l'aide du marteau sur l'enclume ou au moyen de la fonte et du coulage. La première dorure fut un simple placage fait avec des lames d'or d'une assez grande épaisseur. A mesure que les arts se perfectionnèrent, les anciens procédés reçurent naturellement des améliorations ; en même temps, on en créa de nouveaux, et les usages de l'or devinrent plus nombreux. Dans la seconde moitié du premier siècle de notre ère, on convertissait l'or en fils assez fins pour être propres au tissage. « J'ai vu, dit Pline, l'impéra-

compagne, voulait ajouter aux charmes qu'elle avait reçus de la nature, c'était au moyen de coquillages réunis par un fil qu'elle se fabriquait des bracelets, des colliers ou des pendants d'oreilles. Si la découverte de l'or resta, du moins au début, sans influence sur la civilisation de l'espèce humaine, il n'en fut pas de même de la découverte des métaux usuels. En possession de ces derniers, d'abord le cuivre et l'étain, puis le fer, l'humanité fit tout à coup les plus rapides progrès, et dès lors commença l'histoire. » (SIMONIN). « Une chose digne de remarque, c'est que le nom qui, en hébreu, en phénicien, et probablement dans la langue démotique des Égyptiens, signifie or (*zuhad*), dérive précisément du verbe *tsahab*, qui veut dire *briller, resplendir*. » (HOEFER).

1. Notamment des pies, des corbeaux et autres oiseaux réputés d'un instinct voleur.

trice Agrippine, femme de Claude, assister au spectacle d'un combat naval, vêtue d'un manteau tissu de purs fils d'or. » A la même époque, on tirait d'une once¹ d'or plus de 750 feuilles ayant quatre doigts de long et autant de large, et qui servaient, avec le blanc d'œuf pour mordant, à dorer le bois et le marbre, Quant à la dorure des métaux, elle se faisait presque exclusivement sur le cuivre et le bronze, et la meilleure était celle qu'on exécutait au moyen du mercure.

6. Les applications de l'or métallique alimentent aujourd'hui un grand nombre d'industries, telles que la bijouterie, l'orfèvrerie, l'art du doreur, etc. Ce métal est même employé quelquefois en médecine; mais, relativement à cet usage, il a joui autrefois d'une réputation colossale à cause des vertus imaginaires qu'on lui attribuait. En effet, « pour les médecins arabes et les adeptes du moyen âge, l'or, qu'ils appelaient *soleil*, possédait des propriétés surnaturelles. Ils le faisaient porter en amulettes pour égayer les mélancoliques, et comme préservatif de la lèpre. L'immersion du métal rouge de feu dans les tisanes suffisait pour leur communiquer une vertu cordiale. Pour restaurer les malades épuisés, ils leur administraient le fameux *bouillon d'or*, qui consistait en un ducat² d'or cuit, pendant vingt-quatre heures, avec une vieille poule ou un vieux coq, ou bien ils saupoudraient leurs mets de poudre d'or. On ne saurait croire le nombre de préparations dites *solaires*, dont, malgré leur nom, l'or ne faisait pas toujours réellement partie. L'une des plus célèbres était la *liqueur d'or* du général Lamotte, si renommée sous Louis XV, qu'on la vendait un louis la goutte. » (GIRARDIN.)

7. Quelques composés d'or reçoivent aussi des applications dans les arts. C'est avec l'un d'eux, le **pourpre de Cassius**³, que les peintres sur porcelaine et les peintres sur verre produisent ces belles couleurs pourpres, roses et violettes qui décorent les poteries et les vitraux de nos églises.

1. L'once romaine valait, suivant Bouillet, 27 grammes 266.

2. Anciennement, on appelait *ducat* une monnaie d'or qui avait cours dans plusieurs parties de l'Europe. Des monnaies de ce nom existent encore aujourd'hui en Autriche, en Bavière, en Hollande, en Suède et dans quelques autres États.

3. Cette substance a été ainsi appelée du nom de Cassius (André), chimiste et médecin de Zurich, qui la découvrit vers 1680.

II. — L'ARGENT.

1. **L'argent** doit avoir été connu presque en même temps que l'or ; car il est aussi répandu dans la nature, et il se rencontre également à l'état natif ¹.

2. Dans l'antiquité, c'étaient les mines d'Espagne qui passaient pour les plus riches. On racontait qu'à leur premier voyage dans ce pays, les Phéniciens, s'étant procuré une plus grande quantité d'argent que leurs navires n'en pouvaient contenir, avaient été obligés, afin d'emporter le reste, de remplacer leurs ancres de bois lestées de plomb par des ancres semblables chargées de blocs d'argent massif. « On trouve des minerais d'argent dans presque toutes les provinces de l'empire romain, écrivait Pline vers le milieu du premier siècle de notre ère ; ils abondent surtout en Espagne. On les rencontre dans un sol stérile et dans les montagnes. Un filon met sur la voie d'un autre, qui d'ordinaire n'en est pas éloigné. Du reste, cette loi s'observe également pour les autres métaux, et c'est probablement pour cela que les Grecs les ont appelés *metalla* ². »

3. Les usages de l'argent métallique sont à peu près les mêmes que ceux de l'or. Quant aux composés de ce métal, un seul, le **nitrate**, a des applications dans les arts. Ce sel a été signalé pour la première fois par l'Arabe Geber, au ix^e siècle ³. Il est employé depuis très-longtemps, sous le nom de *Pierre infernale*, pour ronger les chairs baveuses ⁴. Dissous dans l'eau, il colore forte-

1. « Quoique l'argent n'attire pas les regards autant que l'or, le nom qu'il porte dans toutes les langues anciennes est fondé sur la couleur et l'aspect que présente ce métal. Ainsi, *Jehesef*, qui signifie *argent* en hébreu, dérive du verbe *khasaf*, être pâle ; de même qu'en grec *argyros*, argent, vient de *argos*, blanc. » (HOFMANN). C'est de ce dernier mot que viennent le latin *argentum* et les mots équivalents des langues néolatines.

2. *Metalla*, du grec *met'alla*, signifie, en effet, les uns à la suite des autres.

3. Sur Geber, voyez la note 2 de la page 34.

4. Le nitrate d'argent destiné à cet usage est fondu et coulé dans un moule, d'où il sort, après le refroidissement, sous la forme de petits cylindres. Cette préparation n'est connue que depuis 1663 ; elle a été indiquée, pour la première fois, par Christophe Glaser, de Bâle, alors professeur de chimie à Paris.

ment en noir les matières organiques, ainsi qu'Albert le Grand¹ l'a remarqué le premier au XIII^e siècle. C'est pour cela que les coiffeurs l'emploient, depuis une quarantaine d'années, pour noircir les cheveux blancs ou rouges². C'est pour la même raison qu'on en fait aussi usage pour préparer une encre à marquer le linge. Le nitrate d'argent est encore utilisé comme réactif dans les laboratoires de chimie. Enfin, uni à l'ammoniaque, il forme une poudre fulminante excessivement dangereuse à manier, qui a été découverte en 1787 par le chimiste Berthollet. N'oublions pas que tous les sels d'argent, surtout le nitrate, se modifient rapidement au contact de la lumière, et que nous devons à cette propriété l'invention de la photographie.

III. — LE PLATINE.

1. En 1790, un auteur italien, Cortenovis, a essayé de prouver que le **platine** n'était autre chose que l'*electrum* des anciens ; mais on sait d'une manière certaine que l'*electrum* était un alliage d'or et d'argent³. En 1824, Rever, antiquaire français, a émis l'opinion, adoptée depuis par plusieurs savants, que ce métal était bien connu des Grecs et des Romains, qui le rencontraient dans les mines d'or⁴.

2. Dans les temps modernes, c'est dans les œuvres de Jules-César Scaliger⁵, en 1557, que le platine se trouve nommé pour la première fois ; mais cet écrivain ne le connaissait que par ouï-dire. Il savait seulement que c'était un métal infusible qu'on

1. Albert le Grand, moine dominicain, un des hommes les plus savants du XIII^e siècle, né en Souabe, en 1193 ou 1203, mort en 1280.

2. Le chimiste anglais Pierre Shaw est l'inventeur de cette dangereuse application du nitrate d'argent, qui date de 1758. La dissolution que vendent les coiffeurs porte une foule de noms plus ou moins ridicules, tels que ceux d'*eau de Chine*, *eau de Perse*, *eau d'Egypte*, *eau africaine*, etc.

3. Chez les anciens, le mot **electrum**, en grec *electron*, servait à désigner deux choses fort différentes : d'abord, l'ambre jaune, ou succin, qui était l'*electrum* proprement dit ; puis un alliage d'or et d'argent, dont on faisait des vases et d'autres objets. D'après Pline, pour que cet alliage reçut le nom d'*electrum*, il fallait qu'il contint un cinquième d'argent.

4. En décrivant l'exploitation des mines d'or, Pline parle d'une matière qui, après le lavage du minerai, se présentait sous forme de calculs noirs, variés de taches blanches, à peu près du même poids que l'or, et se trouvant pêle-mêle, avec les sables aurifères, dans les corbeilles destinées à recueillir ces derniers. Cette matière, dit le docteur Hoefler, « ne pouvait être que le platine. »

5. Scaliger (Jules-César), érudit italien, né à Padoue en 1484, mort en 1558.

trouvait en Amérique. Les Espagnols l'avaient, en effet, découvert dans les mines du Pérou ; mais, le prenant pour une espèce d'argent altéré, ils lui avaient donné le nom sous lequel il a toujours été désigné depuis, et qui, dans leur langage, signifie *petit argent*¹. Il paraît même que le gouvernement faisait jeter le minerai de platine dans les rivières ou dans la mer, afin qu'on ne l'employât pas frauduleusement pour l'allier avec l'or.

3. Le platine ne fut signalé avec précision qu'en 1748 par don Antonio de Ulloa, mathématicien espagnol, qui, en 1735, avait accompagné les savants français envoyés au Pérou par l'Académie des sciences, pour prendre la mesure d'un degré du méridien terrestre². L'essayeur anglais Charles Wood l'avait bien connu, dès 1740, à la Jamaïque, où il avait eu occasion d'examiner des échantillons de minerai apportés de Carthagène, mais cette circonstance ne fut rendue publique qu'en 1749.

4. Le chimiste Watson, membre de la Société royale de Londres, fut le premier qui décrivit le platine comme un métal particulier ; pour ses études il se servit de minerais que lui avait remis Charles Wood, et il en fit connaître le résultat en 1749. Presque aussitôt, Lewis, en Angleterre, Théophile Scheffer³, en Suède, et Margraf⁴, en Prusse, constatèrent les propriétés du nouveau métal. Toutefois, Buffon⁵ et, à son exemple, plusieurs autres

1. En espagnol, *plata*, argent, dont le diminutif est *platina*, petit argent.

2. Dès la plus haute antiquité, les astronomes ont voulu déterminer les dimensions de la terre, mais ce problème n'a pu être résolu que dans les temps modernes, quand on a eu découvert la figure exacte de notre planète, parce qu'alors seulement il a été possible d'obtenir la longueur véritable du méridien terrestre, élément fondamental du calcul. Or, c'est précisément pour connaître cette longueur que fut exécutée l'opération dont il est question ici. L'Académie fit mesurer en même temps deux arcs de méridien : l'un à l'équateur par Bouguer, Godin et La Condamine ; l'autre au pôle, par Maupertuis, Clairaut et Lemonnier. La première commission partit pour le Pérou en 1735 ; la seconde se rendit, l'année suivante, en Laponie. Leur travail fut terminé en 1745. Depuis cette époque, des opérations analogues ont été faites dans plusieurs pays, et ont toutes donné des résultats fort peu différents. On est ainsi parvenu à trouver que le diamètre équatorial de la terre est plus grand que son diamètre polaire, et que son diamètre moyen est de 12,733 kilomètres, ce qui donne environ 510 millions de kilomètres carrés pour la totalité de la surface.

3. Scheffer (Henri-Théophile), chimiste suédois, né en 1710, mort en 1759.

4. Margraf (André-Sigismond), chimiste prussien, né en 1709, mort en 1790. Voyez la note 1 de la page 18.

5. Buffon (Georges-Louis Leclerc, comte de), illustre naturaliste et grand écrivain français, né à Montbard (Côte-d'Or), en 1707, mort en 1788.

savants soutinrent que le platine n'était pas un corps simple, mais un composé d'or et d'argent. Enfin, en 1777, Bergman¹ fit cesser tout doute sur ce point en prouvant, ainsi que Watson l'avait annoncé, que le platine était bien un élément doué de propriétés caractéristiques et spéciales.

5. Le platine une fois bien connu, on entreprit des recherches pour lui trouver des applications industrielles. A partir de 1752, une foule de procédés furent inventés ou perfectionnés en Allemagne, en Suède, en Angleterre, en France, soit pour l'isoler des nombreuses substances avec lesquelles il est associé dans la nature, soit pour le travailler quand il a été isolé. Jeannety, orfèvre à Paris, fut le premier qui obtint des résultats d'une certaine importance. Dès 1790, il sut extraire du minerai de platine un métal susceptible d'être forgé, et l'approprier aux usages de la chimie, en le réduisant en fils, en lames, en creusets, en toute sorte d'ustensiles de laboratoire². Aussi, à l'exposition de 1802, le jury accorda à cet artiste une récompense d'un ordre élevé en le déclarant l'inventeur d'une métallurgie nouvelle. Enfin, en 1859, deux chimistes français, MM. Debray et Sainte-Claire Deville, ont imaginé un procédé d'extraction au moyen duquel on peut obtenir en peu de temps des masses considérables de platine, ce qui permet d'appliquer ce métal à une foule d'usages auxquels il était autrefois impropre, à cause des faibles quantités que fournissaient les méthodes connues.

6. Le platine étant inaltérable au feu et insoluble dans presque tous les acides, on l'emploie de préférence à la fabrication des vases et ustensiles de chimie. De plus, comme il est le moins dilatable de tous les métaux, on l'applique à la confection des étalons de poids et mesures, des pièces délicates d'horlogerie et de la plupart des instruments de précision. On en fait aussi des médailles et même des bijoux.

7. Le minerai de platine n'a d'abord été trouvé qu'au Pérou, dans les provinces de Choco, de Novita et de Santa-Rita. On l'a

1. Bergman (Torbern), chimiste suédois. Voyez la note 3 de la page 257.

2. Avant cette époque, le platine n'avait été employé que pour faire quelques objets de pure curiosité. On cite, entre autres, une médaille frappée à Madrid, en 1780, par le chimiste Chabaneau, et une montre exécutée à Paris, en 1788, pour être offerte à Louis XVI, et dont les axes et les palettes de la roue de rencontre étaient en platine.

ensuite rencontré dans plusieurs autres parties du Nouveau Monde. En 1823, on l'a découvert dans les sables aurifères des monts Ourals, en Russie. Enfin, de nos jours, on l'a signalé en Australie. La production annuelle de toutes les mines ne paraît pas dépasser 2,300 kilogrammes.

CHAPITRE III.

Métaux communs.

Le Cuivre. — L'Étain. — Le Plomb. — Le Fer. — Le Mercure. —
Le Zinc.

I. — LE CUIVRE.

1. De tous les métaux communs, le **cuivre** est incontestablement celui qui a été connu le premier, et tout porte à croire que sa découverte a coïncidé avec celle de l'or et de l'argent. Comme ces derniers, il existe à l'état natif. En outre, il se trouve presque à la surface du sol, en combinaison avec des substances non métalliques, pour lesquelles il a peu d'affinité, et dont le feu et le charbon suffisent à le dégager. Enfin, en creusant la terre à une profondeur peu considérable, on le rencontre allié à plusieurs métaux et formant ainsi de véritables alliages naturels.

2. Le cuivre est le seul métal commun que les peuples primitifs aient su travailler, et, pendant un grand nombre de siècles, ils l'ont employé, soit pur, soit allié, pour les mêmes usages auxquels nous faisons aujourd'hui servir le fer ou l'acier. Tous les auteurs de l'antiquité s'accordent à dire que, dans l'origine des sociétés, les armes, les instruments d'agriculture, les outils de toute espèce, étaient fabriqués en **airain**¹, c'est-à-dire en

1. Chez les anciens, le mot grec *chalcos* et le mot latin *æs*, que l'on traduit par **airain**, avaient trois significations bien différentes. Ils désignaient, tantôt le *cuivre proprement dit*, ou *cuivre rouge*; tantôt le *laiton*, ou *cuivre jaune*, alliage de cuivre et de zinc; tantôt enfin le *bronze*, alliage de cuivre et d'étain. Le mot *æs*, employé pour désigner le cuivre pur, ne fut abandonné que vers la fin du III^e siècle; il fut alors remplacé par celui de *cuprum*, dérivé du grec *cupros*, nom de l'île de Chypre, d'où l'on tirait d'excellent cuivre, et c'est de ce mot *cuprum* que vient le français *cuivre*.

cuivre ou en quelqu'un de ses alliages, et leur témoignage est confirmé par les milliers d'objets que l'on conserve dans les musées et les arsenaux des divers Etats de l'Europe.

3. A l'exemple des Assyriens, des Egyptiens et de tous les autres peuples policés, les Grecs et les Romains forgeaient le cuivre et ses alliages : ils savaient les durcir au moyen de recuits successifs, et par la **trempe** ¹ ils les rendaient propres aux mêmes usages que le fer. « Il fut un temps, disent d'anciens auteurs, où, pour la culture des terres et la fabrication des armes, on se servait de l'airain ; mais, comme l'airain est mou de sa nature, on le durcissait par une sorte de trempe. » Dans son immortel poëme, Virgile représente les Cyclopes lançant dans l'eau le cuivre sifflant qu'ils « viennent de retirer de la forge. »

4. Les Grecs et les Romains portèrent la fabrication des alliages de cuivre à un degré de supériorité que les modernes n'ont jamais pu dépasser, surtout en ce qui concerne les bronzes statuaires. L'un de ces composés, l'**airain de Corinthe**, était célèbre entre tous ². Un autre alliage également très-estimé des anciens était l'**aurichalque** ³. On l'obtenait en unissant le

1. La question de la **trempe du cuivre** et de ses alliages, surtout du bronze, a été l'objet de longues discussions, mais elle est aujourd'hui parfaitement résolue. Il résulte, en effet, d'expériences faites par un officier de notre artillerie, le capitaine Caron, que, lorsqu'on procède avec les soins convenables, le cuivre et le bronze se laissent fort bien tremper. Des sabres de bronze fabriqués par cet officier ont pu couper le bois le plus dur et entailler des lingots de zinc, sans s'ébrécher. Des résultats à peu près semblables avaient déjà été obtenus, en 1751, par le chimiste Geoffroy.

2. **Airain de Corinthe**. C'était un alliage artistique formé de cuivre, d'or et d'argent, en diverses proportions, et que l'on estimait au poids de l'or. Suivant Pline, on en distinguait trois variétés : une variété de couleur blanche, où le cuivre dominait ; une variété de couleur fauve, où l'or était en plus grande quantité ; une variété, dont la couleur n'est pas indiquée, où les trois métaux étaient en proportions égales. On racontait à Rome que, lors de la prise et de l'incendie de Corinthe par le consul Mummius, 146 ans avant Jésus-Christ, des statues de bronze et des objets d'or et d'argent, ayant été fondus par la violence du feu, s'étaient mêlés au hasard et que ce mélange fortuit avait produit le fameux airain ; mais les gens sérieux ne voyaient dans ce récit qu'une fable ridicule, uniquement imaginée pour expliquer l'origine du nom du précieux alliage.

3. En latin, **aurichalcum**, du latin *aurum*, or, et du grec *chalcos*, cuivre ; ou **orichalcum**, du grec *oros*, montagne, et *chalcos*, cuivre. Au moyen âge, ce mot désigna tout simplement le cuivre jaune ou laiton, et se transforma par contraction en *archalcum*, qui, en passant dans notre langue, devint *archal*, *arechal* et *arkal*. L'expression de *fil d'archal* désigna d'abord le fil de laiton ; mais, plus tard, on l'appliqua aussi, par extension, au fil de fer. Telle

cuivre au minerai de zinc que nous appelons *calamîne*. C'était donc une espèce de **laiton** ou de **cuivre jaune**, probablement notre **chrysocale**.

5. A l'époque de la chute de l'empire romain, l'exploitation des mines de cuivre subit un temps d'arrêt. Les premières dont on songea à tirer parti paraissent avoir été celles de Rammelsberg, près de Goslar, dans le Hanovre, qui furent ouvertes en 968. Au siècle suivant, vint le tour des mines de Fahlun, en Suède, et cent ans plus tard celui des mines de la Thuringe. Ces mines approvisionnèrent à peu près entièrement le commerce de cuivre jusque vers le fin du xvi^e siècle, où les Anglais commencèrent à tirer sérieusement parti des immenses dépôts de minerais cuprifères dont la nature a doté leur pays. Toutefois, les mines anglaises ne donnèrent des produits très-abondants que dans la seconde moitié du siècle dernier. Depuis cette époque, elles ont presque constamment fourni les deux tiers environ du cuivre que l'industrie européenne met en œuvre.

6. Les applications du cuivre métallique sont très-variées, soit qu'on l'emploie seul, soit que, profitant de l'extrême facilité avec laquelle il s'unit aux autres métaux, on le fasse entrer dans la composition de quelque alliage.

On sait que, lorsqu'on laisse refroidir des préparations alimentaires dans des vases de cuivre, elles acquièrent des propriétés vénéneuses, mais qu'il suffit, pour prévenir tout accident, d'*étamer* le cuivre, c'est-à-dire de le recouvrir d'une mince couche d'étain. Suivant Pline, ce sont les Gaulois, nos ancêtres, qui ont inventé l'**étamage**; mais il ne dit pas s'ils le firent pour se garantir de l'action du vert-de-gris ou simplement pour se procurer un moyen nouveau de décorer certains meubles. Néanmoins, ce qui tendrait à faire croire qu'ils se proposèrent d'abord le premier objet, c'est que, par la suite, ils substituèrent l'argent à l'étain pour blanchir les mors de leurs chevaux, les harnais de leurs attelages, jusqu'à leurs chars d'apparat. Quoi qu'il en soit, l'étamage du cuivre n'a jamais cessé d'être employé; mais, comme il s'use très-vite, on a essayé, à diverses époques, de le rendre

est l'origine du nom donné à ce dernier, lequel ne le doit nullement à un ouvrier, appelé Richard Archal, à qui une opinion très-réputée en attribue à tort l'invention.

plus durable. Le procédé qui a eu le plus de succès a été indiqué en 1779 par Bibereil père : il consiste à remplacer l'étain pur par un alliage de six parties d'étain et d'une partie de fer. Cet alliage étant à la fois plus dur et moins fusible que l'étain, peut s'appliquer en couches plus épaisses que ce dernier, et, ainsi que l'expérience l'a prouvé, les objets auxquels il a été appliqué résistent plusieurs années sans exiger d'autres soins que ceux de la propreté ordinaire. De là le nom d'*étamage polychrome*, c'est-à-dire qui dure longtemps, sous lequel on le désigne quelquefois.

7. Parmi les composés cuivreux, un surtout est intéressant par les services qu'il rend à l'industrie : c'est le **sulfate de cuivre**, si connu sous les noms de **couperose bleue**, **vitriol bleu**, **vitriol de Chypre**, **vitriol de Vénus**. On l'emploie pour la fabrication de l'encre, la préparation d'un grand nombre de couleurs, la conservation du bois et le chaulage du blé. Les teinturiers et les indienneurs en font aussi un grand usage.

Un minéral de cuivre, le carbonate vert, vulgairement appelé **malachite**, est très-recherché par la bijouterie et la petite sculpture artistique, à cause de la beauté de sa couleur et du poli admirable qu'il peut recevoir. On en fait des statuettes, des socles, des vases, des tabatières, des manches de cachet, etc.

II. — L'ÉTAIN.

1. Non-seulement l'**étain** a été un des premiers métaux connus ; c'est encore un de ceux dont l'usage a dû se répandre avec le plus de rapidité, et tout porte à croire que sa découverte a suivi de très-près celle du cuivre, si elle n'a pas eu lieu en même temps.

2. L'étain qu'employaient les anciens provenait presque exclusivement de l'Espagne et de la Grande-Bretagne, et, pendant plusieurs siècles, il fut pour les Phéniciens une branche de commerce d'une importance considérable, qu'ils conservèrent intacte tant que leur marine fut florissante.

Après la déchéance des Phéniciens, ce fut Carthage, une de leurs colonies, qui s'empara du commerce de l'étain. Elle le monopolisa jusqu'à sa destruction, où il passa aux navigateurs de

Marseille. Sous les empereurs romains, les mines de la Grande-Bretagne étaient si productives, qu'on les regardait, au dire de Tacite ¹, comme un dédommagement suffisant des sacrifices énormes qu'on avait dû s'imposer pour faire la conquête de ce pays.

3. Au commencement du ^{xiii}^e siècle, l'industrie européenne ne connaissait que l'étain d'Angleterre, car les Arabes avaient dévasté et comblé les mines d'Espagne; mais bientôt, vers 1240, les Allemands se mirent à exploiter les minerais de la Bohême et de la Saxe. Enfin, au ^{xvi}^e siècle, les mines du Mexique, de la presqu'île de Malacca et des îles de la Sonde, connues de tout temps par les indigènes, commencèrent à expédier leurs produits en Europe.

4. La facilité avec laquelle l'étain se prête au moulage et au martelage, et son peu d'altérabilité par l'air et les différents liquides, l'ont fait appliquer, dès l'origine de sa découverte, à la fabrication des ustensiles de ménage. C'est aussi à cause de cette dernière propriété qu'on l'emploie pour mettre le cuivre et le fer à l'abri de l'oxydation, en d'autres termes, pour faire l'opération de **l'étamage**.

5. Nous avons vu précédemment que l'art d'étamer le cuivre est d'origine gauloise. Quant à l'étamage du fer, il paraît avoir pris naissance en Bohême, mais on ignore à quelle époque. Tout ce qu'on sait, c'est qu'il fut introduit en Saxe, vers 1620, par un prêtre bohémien que sa conversion au protestantisme avait contraint de s'expatrier.

6. L'étamage du fer constitue la fabrication du **fer-blanc**, lequel, tout le monde le sait, est une tôle mince recouverte d'une pellicule d'étain. Pendant très-longtemps, cette industrie n'exista qu'en Allemagne. En 1670, un nommé André Yaranton essaya de l'introduire en Angleterre; mais l'entreprise ne dut pas réussir, car les Anglais assurent que la première fabrique de fer-blanc qu'il y ait eu dans leur pays fut fondée à Pontipool, dans le comté de Montmouth, en 1730. En ce qui concerne la France, c'est à Colbert que l'on est redevable des plus anciennes tentatives faites dans le même but. Des ouvriers allemands, attirés

1. Tacite (Cains-Cornélius), historien romain, né en 54 ou 55 de Jésus-Christ, mort en 120 ou 134.

par les promesses de ce grand ministre, vinrent s'établir, les uns à Chenesey, en Franche-Comté, les autres à Beaumont-la-Ferrière, en Nivernais; mais, bientôt divisés et ne se trouvant pas assez encouragés, ils se séparèrent et revinrent dans leur pays. De nouveaux essais eurent lieu au siècle suivant, et cette fois avec succès. Une première fabrique fut établie à Strasbourg, en 1715; une seconde à Wegscheid, près de Musevaux, en 1718; une troisième à Bains, en Lorraine, en 1733; une quatrième à Morambert, en Franche-Comté, en 1760; enfin, une cinquième près de Nevers, vers 1775. Dès ce moment, l'industrie du fer-blanc fut acquise à la France. Toutefois, il fallut longtemps pour que ses produits fussent aussi beaux que ceux de l'étranger.

7. Plusieurs composés d'étain ont des applications dans l'industrie. Tels sont entre autres les chlorures, qu'on emploie journellement pour la teinture et l'impression des tissus. Tel encore le bisulfure, appelé vulgairement *or mussif* ou *or de Judée*, qui, depuis des siècles, est usité par les peintres décorateurs pour imiter les tons et les reflets du bronze.

III. — LE PLOMB.

1. Comme le cuivre et l'étain, le **plomb** est un des premiers métaux que l'homme ait connus. Il paraît aussi qu'on a remarqué de bonne heure que le minerai d'où on l'extrait est généralement argentifère. Aussi avait-on soin, dans l'antiquité, de soumettre la *galène*¹ à un traitement préalable, afin d'en retirer l'argent qu'elle renfermait. Le plomb employé par les Romains était presque exclusivement fourni par l'Espagne et la Gaule².

2. Les anciens se servaient surtout du plomb pour purifier l'or et l'argent, et pour faire des tuyaux de conduite, qu'ils soudaient

1. **Galène.** Composé naturel de soufre et de plomb. C'est le minerai qu'on exploite le plus; il fournit à lui seul plus des 999 millièmes du plomb livré au commerce.

2. Les Romains donnaient au plomb le nom de *plomb noir* (*plumbum nigrum*), afin de le distinguer de l'étain, qu'ils appelaient *plomb blanc* (*plumbum album*). Les alchimistes du moyen âge l'affublèrent du nom de *saturne*, soit parce qu'ils le regardaient comme le plus ancien des métaux, soit parce qu'ils lui attribuaient la propriété d'absorber, de détruire en apparence les autres métaux, comme les écrivains mythographes racontaient que Saturne, le père des dieux, avait dévoré ses enfants.

comme on le fait encore aujourd'hui. Ils savaient aussi le réduire en feuilles très-minces, pour former la couverture des édifices et recevoir l'écriture. Ce dernier usage remontait à une époque très-reculée. Il existait en Egypte plusieurs milliers d'années avant l'ère chrétienne. On voit dans les Livres saints Job faire des vœux pour que ses discours soient écrits sur le plomb. Enfin, chez les Grecs et les Romains, ainsi que chez la plupart des peuples du moyen âge, on transcrivait quelquefois sur des plaques de ce métal les textes dont on voulait assurer la durée.

3. Aujourd'hui, comme dans l'antiquité, on fait avec le plomb des tuyaux de conduite et des lames ou plaques pour la couverture des monuments ; mais, en outre, on le convertit en grains et en balles pour l'usage de la chasse et de la guerre. On est encore parvenu à l'étirer en fils de tout diamètre qui reçoivent d'utiles applications dans plusieurs circonstances. On a également réussi à le transformer en tubes sans aucune soudure. Enfin, on a imaginé de souder le plomb avec le plomb par la fusion seule, de sorte que les parties soudées ne font qu'une masse parfaitement homogène. Cette innovation remarquable, qui constitue la **soudure autogène**, a rendu et rend toujours d'inappréciables services dans les arts chimiques, où, pour une multitude d'opérations, on est obligé d'employer des vases et des appareils faits ou doublés de plomb pur.

4. Outre le plomb métallique, plusieurs composés plombeux ont, dès les temps les plus anciens, été utilisés par les arts.

Le **minium**, ou oxyde rouge de plomb, sert à la fabrication du strass, du flint-glass et du cristal, ainsi qu'à la coloration des papiers de tenture et des cires à cacheter, et à la préparation du vernis des poteries communes et de la glaçure des faïences fines ou faïences anglaises. Suivant Vitruve, les anciens l'employaient surtout pour la peinture.

La **litharge** est employée en pharmacie et pour préparer les sels de plomb. On en tire également parti pour rendre l'huile de lin plus siccativ, préparer plusieurs couleurs jaunes (*jaune minéral, jaune Turner, jaune de Cassel, etc.*), etc. On l'obtient en soumettant à un traitement convenable le plomb extrait des minerais argentifères : c'est même de là que vient son nom ¹.

1. Du grec *lithos*, pierre, et *arguros*, argent.

5. Parmi les sels de plomb, le plus important est le carbonate, plus connu sous les noms de **céruse**, **blanc de plomb** et **blanc d'argent**. Il sert à peindre en blanc les bois et les meubles, à étendre les autres couleurs, etc.; mais il a le grave inconvénient de produire des émanations dangereuses, qui peuvent occasionner des maladies très-graves, souvent même mortelles. C'est pour ce motif qu'on le remplace depuis plusieurs années par le *blanc de zinc*.

La céruse, que les Grecs appelaient *psimmytion* et les Romains *cerusa*, paraît avoir été connue de très-bonne heure. Pline et Vitruve en décrivent avec détail la préparation. Du temps de l'empire romain, les fabriques qui fournissaient la meilleure étaient celles de Rhodes, de Corinthe, de Lacédémone et de Pouzzoles.

Chez les anciens, la céruse recevait les mêmes applications artistiques que chez les modernes. Les dames romaines s'en servaient aussi en guise de fard.

Pendant le moyen âge, la fabrication de la céruse fut d'abord monopolisée par les Arabes. Les premières manufactures européennes furent créées à Venise pendant le xiii^e siècle. D'autres s'élevèrent plus tard, d'abord à Krems, dans la Basse-Autriche, puis en Hollande, en Angleterre et dans plusieurs parties de l'Allemagne. La France n'a possédé cette industrie qu'en 1820, époque à laquelle plusieurs fabricants de produits chimiques des environs de Lille en dotèrent notre pays.

IV. — LE FER.

Généralités. — 1. Si le **fer** n'est pas le métal le plus brillant, c'est incontestablement celui qui rend les services les plus grands et les plus nombreux; car il joue le principal rôle dans toutes les branches de l'industrie, et, comme on l'a dit avec raison, l'étendue de sa consommation et la perfection de son travail dans un pays donnent la mesure exacte du développement qu'y ont reçu les arts utiles. Enfin, son utilité considérable est comprise, pour ainsi dire d'instinct, par tous les peuples, même par les plus sauvages. Lorsque, dans un voyage de découvertes, un navire aborde une île nouvelle, c'est une hachette, une cognée, un vieux clou de fer, qui d'abord fixent l'attention

des naturels, et, pour posséder ces objets, ils cèdent avec empressement tout ce qu'ils ont de précieux.

2. Comme le fer n'existe jamais à l'état natif, que rien ne l'annonce dans la nature, que ses minerais ont rarement l'éclat métallique, et qu'enfin l'art de l'extraire de ces derniers est des plus difficiles, il a dû être employé longtemps après les métaux usuels. C'est pour cela que, chez toutes les nations de l'antiquité, les armes et les instruments de cuivre précédèrent ceux de fer. C'est pour cela aussi que, lors de la découverte de l'Amérique, les Espagnols trouvèrent le travail de l'or, de l'argent, du cuivre, en pleine prospérité au Mexique et au Pérou, tandis que celui du fer y était inconnu, bien que les minerais de ce dernier métal soient assez abondants dans ces pays.

3. Les livres de Moïse attribuent la découverte du fer et l'art de le travailler à Tubal-Caïn, fils de Lameth. Les Grecs en faisaient honneur à Cybèle, à Prométhée, aux Cyclopes de Crète, aux Dactyles du mont Ida, en Phrygie. Du reste, chaque nation avait sur ce point des traditions différentes, dont l'amour-propre national faisait soutenir opiniâtrément l'authenticité. Dans tous les cas, il est certain que la connaissance du fer date des premiers âges de la métallurgie ; mais ce métal ne devint susceptible d'applications bien nombreuses que lorsqu'on eut trouvé le moyen de le durcir par la **trempe** et de le convertir en **acier**. Alors seulement on put l'employer à la fabrication des instruments tranchants. Ces deux inventions remontent au moins à 1000 ans avant l'ère chrétienne. Il est, en effet, question de la trempe, en termes formels, dans l'*Odyssée* d'Homère, à propos du cyclope Polyphème, auquel Ulysse creva l'œil avec un pieu ardent : « Et il se fit entendre, dit le poète, 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. »

4. A l'époque où Homère écrivait¹, le fer était encore rare chez les Grecs. Du reste, l'usage de ce métal fut relativement très-borné chez les anciens, parce que leurs connaissances métallurgiques étaient trop arriérées pour qu'ils pussent l'extraire aisément des minerais pauvres, c'est-à-dire de ceux que la nature offre en plus grande abondance. Si les modernes sont plus heu-

1. Voyez, sur l'époque d'Homère, la note 2 de la page 5.

reux sous ce rapport, ils le doivent aux progrès de la chimie, qui, en leur indiquant de nouvelles méthodes de travail, leur ont fourni le moyen de surmonter les difficultés qui avaient arrêté leurs devanciers.

5. On sait que le fer s'emploie sous trois états : à l'état de *fer doux*, ou fer proprement dit, à l'état de *fonte*, ou à l'état d'*acier*.

Fer. — 1. C'est sous forme de **fer doux**, ou **fer ductile**, que le fer a été d'abord employé. Dans l'origine, son extraction fut des plus simples. Un trou creusé dans le sol, ou un vide existant sur un rocher, était rempli de bois et de fragments de minerai ; et, le vent aidant seul la combustion, le feu réduisait le minerai au contact du charbon. Le faible degré de chaleur dégagée par un appareil si rudimentaire exigeait des minerais doués d'une très-grande fusibilité ; encore même, ne donnait-il pas toujours des résultats bien satisfaisants. Plus tard, à l'incertitude ou à l'irrégularité du vent on substitua une outre gonflée d'air et on plaça le combustible et le minerai dans un fourneau à bas foyer. Plus tard encore, on agrandit le fourneau, et l'on y augmenta la chaleur au moyen d'une insufflation puissante de l'air. Ces derniers perfectionnements conduisirent peu à peu aux méthodes d'extraction qu'on appelle *catalane*, *corse*, *biscayenne*, etc., du nom des pays où elles sont encore employées, et qui toutes consistent à traiter le minerai, mélangé avec du charbon de bois, dans une espèce de creuset rectangulaire où l'on injecte un courant d'air forcé. On obtient pour résultat une masse spongieuse, qui, soumise à l'action de lourds marteaux, donne un fer d'excellente qualité.

Mais, ces méthodes ne peuvent être appliquées qu'aux minerais très-riches et d'une nature toute spéciale, c'est-à-dire à ceux que l'on rencontre le plus rarement. Dans les pays où les minerais de cette sorte n'existent point, on fut obligé de chercher un procédé plus convenable, et l'on y arriva en augmentant la hauteur des fourneaux. C'est à cette innovation que nous devons la méthode dite des **hauts-fourneaux**, la seule que l'on suive aujourd'hui dans les grandes usines de tous les pays. A la différence de la précédente, qui fournit immédiatement le fer, elle produit d'abord de la fonte, et l'on n'obtient du fer qu'en soumettant cette dernière à une série d'opérations dont l'ensem-

ble constitue ce qu'on appelle l'*affinage de la fonte*. Relativement à son origine, on ne possède que des renseignements très-incertains. On croit cependant qu'elle prit naissance en France ou en Allemagne, à la fin du xiv^e siècle ou au commencement du xv^e. Dans tous les cas, des textes authentiques indiquent qu'en 1409 un haut-fourneau fut construit à Riembach, dans la vallée de Massevaux (Haut-Rhin). Un autre appareil de ce genre fonctionnait à Audincourt, dans le Doubs, en 1440. Un troisième était en pleine marche à Froidevent, dans la Côte-d'Or, en 1508. Le premier haut-fourneau qu'il y ait eu en Angleterre fut, dit-on, élevé vers 1535 ; mais si ce pays vint après les autres, il ne tarda pas à les dépasser tous dans l'art de produire le fer par la nouvelle méthode.

2. Depuis l'invention des hauts-fourneaux, outre les améliorations apportées à l'outillage, les progrès les plus importants réalisés dans la fabrication du fer ont eu pour objet de substituer la houille au charbon de bois et d'utiliser les gaz qui s'échappent du gueulard des fourneaux.

3. C'est la destruction rapide des forêts qui a fait naître l'idée de remplacer, dans les usines à fer, le charbon végétal, jusqu'alors seul employé, par les combustibles minéraux. Cette innovation a pris naissance en Angleterre. Les historiens de ce pays racontent que, déjà sous le règne d'Elisabeth (1558-1603), le gouvernement avait été obligé de prendre des mesures pour restreindre la consommation du bois au profit des maîtres de forges. Dès 1612, un de ces industriels, nommé Simon Sturtevant, voulant remédier à la rareté du charbon végétal, proposa de fabriquer la fonte à la houille ; mais les expériences auxquelles son procédé fut soumis échouèrent complètement. Rowenson, Gumbleton, Jordan, firent, quelque temps après, de nouveaux essais dans la même voie, et ne furent pas plus heureux. Dud Dudley, en 1619, obtint de meilleurs résultats à l'usine de Persent, dans le comté de Worcester ; mais les maîtres de forges du voisinage, effrayés des conséquences de sa méthode, ameutèrent des ouvriers qui détruisirent ses ateliers. Il y eut alors un temps d'arrêt qui dura plus de cent vingt ans. Enfin, en 1745, Cookson, propriétaire de l'usine Wittehill, dans le comté d'York, y fit construire un haut-fourneau à coke, que l'on regarde comme le premier qui ait fonctionné d'une manière continue. C'est donc de cette époque que date vé-

ritablement la fabrication de la fonte par les combustibles minéraux. Elle fut reconnue tellement supérieure à l'ancien système, surtout sous le rapport économique, qu'elle se répandit promptement dans toute l'Angleterre. En 1796, les usines de ce pays n'employaient presque plus le travail au bois.

4. Les améliorations apportées dans la production de la fonte ne tardèrent pas à rejaillir sur celle du fer proprement dit. Comme l'affinage de la fonte à l'aide du charbon végétal était coûteux, on imagina de diminuer la dépense en se servant d'un mélange de coke et de bois ; mais le fer obtenu par ce procédé était généralement dur, et, en outre, l'opération marchait avec une extrême lenteur. Après beaucoup d'essais infructueux, Henri Cort arriva, vers 1783, à des résultats satisfaisants en traitant la fonte dans un fourneau à réverbère, à l'aide du coke seul et sans l'action du vent : innovation qui, après divers perfectionnements de détail, a constitué la méthode d'affinage que l'on suit aujourd'hui à peu près partout.

5. C'est également pour diminuer la dépense du combustible qu'on a eu l'idée d'utiliser les gaz perdus des hauts-fourneaux. Cette invention a été faite en France, vers 1809, par M. Aubertot, maître de forges à Vierzon ; mais on n'en comprit pas alors l'importance ; elle finit même par tomber dans l'oubli. Plus tard, elle attira l'attention d'un des plus habiles ingénieurs de l'Ecosse, M. Beaumont Neilson, qui, de concert avec les métallurgistes Wilson et Mackintosh, l'introduisit, en 1828, dans les fonderies des bords de la Clyde, pour chauffer l'air de la soufflerie. Elle fut adoptée à partir de 1837 par les industriels du continent. Quoiqu'elle n'ait pas encore produit tous les résultats qu'on en attendait, il n'est cependant plus douteux que les gaz qu'on laissait autrefois se perdre dans l'air ne puissent largement suffire, quand on les emploie convenablement, à produire la vapeur nécessaire à l'alimentation des machines soufflantes, et à rendre, en outre, plusieurs services secondaires, tels que le chauffage d'étuves, le séchage ou la cuisson de briques, etc. ; en sorte que le travail du fer peut être effectué sans aucune dépense spéciale de combustible.

Fonte. — 1. La **fonte** ne diffère du fer qu'en ce qu'elle renferme une forte proportion de carbone. Comme nous l'avons vu, sa

production n'a commencé qu'à l'époque de l'invention des hauts-fourneaux¹. Intermédiaire entre le minerai et le fer, elle possède des propriétés particulières qui la rendent propre à des applications auxquelles ce dernier ne saurait convenir. C'est de sa découverte que datent la fabrication économique, et, par suite, la vulgarisation du fer. Enfin, sans elle, les arts mécaniques, qui font la gloire de l'industrie moderne, n'auraient pu se développer, parce qu'ils auraient manqué de la matière première que réclame la construction de leur puissant outillage.

2. Il existe plusieurs espèces de fonte, mais une surtout, la *fonte grise*, se prête admirablement aux opérations du moulage. Aussi, est-ce avec elle que se produisent tous les objets qui peuvent s'obtenir par ce procédé, tels que tuyaux, piliers, colonnes, pièces et bâtis de machines, etc. Depuis une quinzaine d'années, elle est devenue aussi propre que le bronze à prendre les impressions les plus délicates : les beaux-arts se sont emparés de ce progrès pour la reproduction économique de statues, de vases et d'ornements de toute espèce destinés à rester exposés en plein air, et, afin de les mettre à l'abri de l'action destructive des intempéries, on a imaginé de les recouvrir, par les procédés galvanoplastiques, d'un métal moins oxydable, qui est le cuivre².

3. Aux usages ordinaires de la fonte l'industrie contemporaine en a ajouté un nouveau d'une importance capitale : nous voulons parler de l'application de ce métal aux constructions civiles. Cette innovation, qui est d'origine anglaise, remonte à la seconde moitié du siècle dernier. Elle fut créée en 1779 par les ingénieurs John Wilkinson et Abraham Derby, qui, chargés d'établir un pont à Coalbrookdale, le firent tout en fonte. En 1793, un autre ingénieur anglais, Telford, eut recours au même système pour la construction d'un aqueduc. Depuis le commencement de ce siècle, cet emploi de la fonte est devenu général ; il a seul rendu possible l'érection de la plupart des ouvrages d'art nécessités par l'établissement des chemins de fer³.

1. La fonte était cependant connue des anciens, mais ils ne savaient pas en tirer parti, parce que, si elle est liquide comme de l'eau et propre à prendre les formes les plus délicates, elle se durcit promptement et devient sèche et cassante. (Landrin.)

2. Voyez la Seizième partie.

3. En France, la première application un peu importante de la fonte à

Acier. — 1. On admet généralement que, de même que la fonte, l'**acier** est un composé de fer et de carbone, mais que cette dernière substance s'y trouve en plus petite quantité¹. L'art de le préparer a existé dans l'Inde de temps immémorial. Déjà, chez les anciens, les armes et les instruments d'acier qui venaient de ce pays étaient très-recherchés. Aujourd'hui encore, les Indiens font une variété d'acier que l'industrie européenne a eu beaucoup de peine à imiter. La fabrication de l'acier a dû être aussi très-avancée chez les Egyptiens, ainsi que le prouvent leurs monuments, dont les sculptures innombrables, exécutées sur le granit, ont dû nécessiter l'emploi d'outils d'acier d'excellente qualité. Enfin, on a recueilli dans les ruines de Ninive des instruments d'acier qui, malgré un séjour de plus de trois mille ans dans la terre, se sont trouvés en parfait état de conservation.

2. En ce qui concerne l'Europe, Aristote regarde la découverte de l'acier comme originaire de la Grèce; mais il est probable que ce pays en dut la connaissance à l'Égypte ou à l'Asie. Du reste, ce métal était déjà très-familier aux Grecs à l'époque d'Homère, puisqu'il est question de la trempe dans l'*Odyssee*. Il paraît que les procédés de fabrication employés dans les usines helléniques ne pénétrèrent pas en Italie; car, suivant Pline, les Romains attribuaient l'invention de l'acier aux Espagnols, qui, du temps de cet écrivain, passaient pour faire un des meilleurs. A l'époque de leur première guerre avec les Romains, les Gaulois, nos ancêtres, ne connaissaient probablement pas l'acier, puisqu'ils se servaient de larges épées frappant de taille et qui se pliaient aux premiers coups: aussi les Romains les égorgèrent-ils facilement au moment où ils se baissaient pour redresser ces mauvaises armes avec le pied.

3. Pendant le moyen âge, à l'exception de l'Espagne, qui possédait des aciéries très-florissantes, c'est de l'Orient que les chrétiens d'Europe tirèrent d'abord l'acier. Après le xi^e siècle, quelques fabriques s'élevèrent en Allemagne, en Italie et en Angleterre; mais il y eut des pays qui n'en possédèrent qu'à une époque tout

l'art de bâtir a été faite en 1803 par l'ingénieur Dillon pour la construction du pont d'Austerlitz, à Paris.

1. Plusieurs métallurgistes contemporains considèrent l'acier, les uns comme un azocarbure de fer, les autres comme un alliage de fer et de carbone de fer, etc. Voir sur ce point les ouvrages spéciaux.

à fait moderne. On assure même, bien que la chose paraisse peu probable, que l'on ne produisit de l'acier en France que dans le commencement du xvii^e siècle, et que la première aciérie fut fondée à Paris en 1601 par un nommé Camus¹.

4. On peut dire que, jusqu'au dernier siècle, les emplois de l'acier ont été bornés à la fabrication des armes et des outils tranchants, et à celle de quelques objets de faible volume. A partir de cette époque, la dureté de ce métal, sa résistance plus considérable que celle du fer, et les autres propriétés qui le caractérisent, ont fait tellement étendre le nombre de ses applications qu'il figure seul aujourd'hui dans une foule de circonstances où l'on se servait autrefois du fer, de la fonte, du bronze, du bois, même de la pierre, ce qui a obligé l'industrie à perfectionner les anciens procédés de préparation et à en créer de nouveaux, afin de pouvoir répondre aux besoins des consommateurs, en produisant l'acier, non-seulement par grandes masses, mais encore au plus bas prix possible.

5. On connaît aujourd'hui cinq sortes d'acier bien distinctes : l'*acier naturel*, l'*acier cémenté*, l'*acier fondu*, l'*acier puddlé* et l'*acier Bessemer*.

L'**acier naturel**, ou **acier de forge**, est le plus facile à obtenir. C'est aussi le plus anciennement connu et, à l'exception des Indiens², tous les peuples de l'antiquité et du moyen âge n'en ont pas employé d'autre. Pendant longtemps, on l'a exclu-

1. Cette opinion paraît avoir pris naissance lors de la fondation de la fabrique du sieur Camus. Quelque auteur parisien peu au courant des choses de l'industrie, s'imagina que ce qui était nouveau pour sa ville natale l'était aussi pour le reste de la France, et d'un fait particulier tira une conclusion générale qui fut adoptée sans examen par les autres écrivains.

2. Outre l'acier commun, les Indiens ont employé, de temps immémorial, une espèce d'acier de cémentation, d'une qualité exceptionnelle, qu'on appelle vulgairement **acier indien** ou **acier Woutz**. Un des caractères principaux de ce métal, c'est que les acides faibles font paraître à sa surface des veines alternativement blanches et noires, qui, en s'entretenant de mille manières, forment des dessins d'une infinie variété. C'est avec lui que les Orientaux ont de tout temps fait les armes célèbres si connues sous le nom de *damas*. L'art de le produire a été ignoré en Europe pendant des siècles; mais il n'en est plus de même aujourd'hui. En effet, à la suite d'essais infructueux, qui ont eu lieu simultanément, surtout depuis 1816, en France, en Angleterre, en Allemagne et en Russie, on est parvenu, dans tous ces pays, à obtenir des produits qui offrent si bien les caractères de l'acier indien, que les fabriques européennes en exportent actuellement des quantités considérables jusque dans les lieux d'où l'on tirait autrefois ce métal.

sivement préparé en traitant des minerais d'une nature particulière par la méthode à la catalane. Depuis la découverte de la fonte, on se le procure généralement par l'affinage de diverses fontes.

L'**acier cimenté** s'obtient en carburant des fers spéciaux en barres dans des fours construits pour cet usage. On prétend qu'il a été inventé en France ou dans les Pays-Bas, pendant le xvii^e siècle; mais cette opinion ne repose sur aucune base. Dans tous les cas, sa fabrication industrielle a été fondée vers 1550, à Newcastle-sur-Tyne, en Angleterre.

L'**acier fondu**, ou **acier fin**, provient de la fusion de l'acier naturel ou de l'acier cimenté. Il a été produit, pour la première fois, dans une usine établie, en 1740, par un ouvrier anglais nommé Benjamin Huntsman, à Handsworth, près de Sheffield, dans le comté d'York. C'est à ce métal que l'Angleterre doit la réputation séculaire de sa coutellerie, de ses instruments de chirurgie et de ses outils; car il n'y a guère plus de quarante ans que sa fabrication s'est répandue sur le continent.

L'**acier puddlé** se prépare en traitant les aciers ordinaires ou certains minerais de fer suivant une méthode analogue à celle de la fabrication du fer à la houille. Ce métal a été obtenu pour la première fois, en 1838, par M. Stengel, maître de forges à Lohe, près de Siegen, en Prusse, et, en 1840, par M. Soly, maître de forges en Angleterre. Néanmoins, sa production n'est devenue manufacturière qu'à partir de 1850.

L'**acier Bessemer** est le résultat d'une modification apportée en 1856 dans la fabrication de l'acier fondu par l'ingénieur anglais Henri Bessemer. Toutefois, malgré son nom, ce n'est pas de l'acier proprement dit, mais un mélange de fer fondu avec un peu de fonte aciéreuse. On l'emploie avantageusement, à la place du fer, dans le cas où l'on a besoin d'une qualité supérieure, d'une résistance plus grande et d'un poids plus considérable.

V. — LE MERCURE.

1. Le **mercure** est le seul métal qui soit liquide dans les circonstances ordinaires. A cause de cette propriété, de sa couleur blanche et de son extrême mobilité, il a de tout temps frappé

l'imagination de l'homme, ce qui lui a valu le nom d'*argent viv.*

2. Dès la plus haute antiquité, le mercure a été extrait, comme il l'est encore aujourd'hui, de son principal minerai, le *cinabre*. Au VIII^e siècle avant notre ère, les mines d'Almaden, en Espagne, étaient déjà réputées parmi les plus productives. A l'époque de Pline, leur rendement annuel s'élevait à 100,000 livres.

3. Les anciens employaient surtout le mercure pour l'affinage de l'or. Ils s'en servaient aussi pour dorer le cuivre et l'argent. Ils y avaient encore recours pour retirer l'or des étoffes et des broderies tissées d'or. Quand une de ces étoffes était usée, on la brûlait dans un creuset. La cendre étant ensuite jetée dans l'eau, on y ajoutait du mercure, qui s'emparait de toutes les parcelles d'or. Il n'y avait plus alors qu'à décanter l'eau et à presser l'amalgame dans un linge, qui laissait passer le mercure et retenait l'or pur.

4. Pendant le moyen âge, le mercure fut tourmenté de mille manières par les alchimistes, qui l'appelaient *eau d'or*, parce qu'ils le croyaient capable de convertir en or les autres métaux. Cette conversion chimérique ne put jamais être obtenue; mais les expériences sans nombre auxquelles elle donna lieu firent découvrir les propriétés principales du mercure, ainsi que ses composés les plus importants.

5. Les usages du mercure sont aujourd'hui beaucoup plus multipliés que dans l'antiquité. On l'emploie sur une très-grande échelle pour extraire l'or et l'argent de leurs minerais. Jusqu'à la découverte de l'électro-chimie, il a joué un rôle capital pour la dorure et l'argenture des métaux. Uni au bismuth, il sert à donner aux globes de verre l'apparence de l'argent. Allié à l'étain, il forme le tain des glaces. Enfin amalgamé à l'argent, au cuivre ou au palladium, il constitue une composition avec laquelle on plumbe les dents cariées¹.

6. Parmi les composés non métalliques du mercure, deux,

1. Cette application du mercure a été imaginée en 1819. « C'est une détestable invention, car, outre que ces amalgames perdent bientôt toute solidité, ils offrent encore le grave inconvénient, par la vaporisation du mercure qu'ils contiennent, de communiquer aux dents saines une teinte grisâtre, plombée, extrêmement désagréable, en déterminant de plus la salivation, l'inflammation des gencives, et même des accidents nerveux assez intenses. » (Girardin.)

le **calomélas** ou **calomel**¹ et le **sublimé corrosif**², ont une certaine célébrité dans l'histoire de la science. On ignore l'époque de leur découverte; mais ils étaient l'un et l'autre connus des alchimistes arabes, au moins dès le VIII^e siècle. Depuis quatre cents ans, le calomel est employé en médecine pour le traitement de différentes maladies. Quant au sublimé corrosif, c'est, avec l'acide arsénieux, ou arsenic blanc, le poison métallique le plus violent qu'il existe. D'un autre côté, il constitue un antiseptique des plus puissants, et il rend, sous ce rapport, de grands services pour la conservation des pièces d'anatomie et des objets d'histoire naturelle. Les fabricants d'indiennes l'emploient aussi pour la préparation de plusieurs mordants.

7. Plusieurs autres composés mercuriels, également non métalliques, reçoivent des applications industrielles. Tels sont les azotates, qui servent au secrétage des poils destinés à la fabrication des chapeaux de feutre. Tel est encore le sulfure mercurique, ou cinabre artificiel, avec lequel on obtient la couleur rouge appelée *vermillon*, dont les peintres font un si grand usage.

VI. — LE ZINC.

1. De tous les métaux communs, le **zinc** est le plus récent. Des minerais qui le fournissent, les anciens ne connaissaient que la *calamine*, et ils l'employaient, sous le nom de *cadmie*, pour fabriquer le laiton. Pline distingue même cette cadmie, qui était fournie par la nature, d'une cadmie artificielle qu'on recueillait

1. Le **calomel** est le protochlorure de mercure des chimistes. On l'appelle aussi *mercure doux*, *mercure blanc*, *chlorure mercurieux*, etc. Le nom sous lequel on le désigne dans le langage vulgaire, vient du grec *kalos*, beau, bon, et *melas*, noir, et signifie, par conséquent, *bon noir* ou *joli noir*. Il lui a été donné, au XVII^e siècle, par le médecin Turquet de Mayerne, en l'honneur d'un jeune nègre qui lui servait d'aide dans ses manipulations. C'est par ignorance de cette particularité que plusieurs lexicographes, entre autres Boiste et Napoléon Landais, ont avancé que le calomel est une substance noirâtre, tandis qu'il est, au contraire, d'une grande blancheur.

2. Le **sublimé corrosif** est le perchlorure des chimistes. On l'a ainsi nommé à cause de la rapidité avec laquelle il corrode les matières animales. Au XVII^e siècle, on l'appelait aussi *poudre de succession*, parce que plusieurs empoisonneurs en firent alors un très-fréquent usage. Ce n'est que depuis 1793 qu'on le fabrique en France; auparavant, on le tirait de Hollande. Notons, en terminant, que, suivant plusieurs auteurs, les Chinois l'auraient connu de temps immémorial.

sur les parois des fourneaux où l'on calcinaient certains minerais de cuivre. On ne se servait guère de cette seconde cadmie qu'en médecine. Contrairement à l'opinion commune, les peuples de l'antiquité savaient aussi extraire le zinc métallique de la calamine en la chauffant avec du charbon ; mais ils regardaient ce métal comme une espèce d'étain ¹.

2. C'est dans les ouvrages de Paracelse ², au xvr^e siècle, que le zinc est désigné pour la première fois sous le nom qu'il porte encore aujourd'hui. « On trouve, dit-il, en Carinthie le zinc (*zincken*), qui est un singulier métal plus étrange que les autres métaux. » Un autre passage du même auteur donne à entendre que, quoiqu'il sût que le laiton se fait avec « du cuivre et de la cadmie, » il ignorait que le zinc se retire de la cadmie ou calamine, et qu'il s'allie directement avec le cuivre pour former le laiton.

3. Le zinc n'a d'abord servi qu'à faire le laiton. Pour obtenir ce dernier, on employait la calamine, et l'on sait que, jusqu'en 1805, cette fabrication a été principalement concentrée à Stolberg, près d'Aix-la-Chapelle. Les industriels de cette ville absorbaient, pour la production de leur alliage, la presque totalité de la calamine extraite des mines voisines de la Vieille-Montagne, dont l'exploitation était déjà florissante au commencement du xv^e siècle.

4. En 1741, Henkel ³, minéralogiste allemand, fut, dit-on, le premier qui essaya de traiter en grand la calamine pour en retirer le zinc ; mais cette tentative n'eut aucun résultat appréciable. D'autres entreprises du même genre faites par divers savants, surtout en Angleterre, ne furent pas plus heureuses. Le zinc fut très-rare, par conséquent, sans emploi de quelque importance, jusqu'en 1805, époque à laquelle un chimiste liégeois, l'abbé Dony, réussit, après vingt-cinq ans de recherches patientes, à trouver une méthode d'extraction qui permit d'obtenir le métal économiquement et sur la plus vaste échelle, et pour l'exploitation de laquelle il fonda bientôt une usine importante dans un des faubourgs de sa ville natale. A la même époque, et presque

1. La preuve la plus convaincante de cette assertion, c'est la trouvaille récente, dans les ruines de Pompéï, d'un fronton de fontaine dont la partie supérieure est couverte de zinc métallique.

2. Voyez, sur ce savant, la note 3 de la page 256.

3. **Henkel** (Jean-Frédéric), né à Freyberg (Saxe), en 1679, mort en 1744.

simultanément, une découverte analogue eut lieu en Silésie, et l'ingénieur anglais Silvester trouva le moyen de laminer et d'étirer le zinc. Dès ce moment, les métallurgistes s'appliquèrent à trouver des emplois industriels au zinc, qui, à mesure qu'on apprit à mieux connaître ses propriétés, prit place parmi les métaux usuels les plus utiles, à côté du fer, du cuivre, du plomb et de l'étain. Toutefois, en France, sa consommation ne commença à devenir un peu considérable qu'à partir de 1825.

5. Le zinc est éminemment propre à la couverture des édifices ; aussi a-t-il presque entièrement remplacé pour cet usage le plomb, si souvent employé autrefois. On en fait également des vases, des statues, des ornements de toute sorte et en général tous les objets qu'on peut produire par le moulage et l'estampage. On a voulu encore l'utiliser pour la fabrication des ustensiles de cuisine ; mais on a été obligé d'y renoncer parce qu'il est attaqué par les acides, et que, sous leur action, il donne naissance à des composés nuisibles à la santé. Il serait cependant facile de le rendre inoffensif, si l'on avait soin, ainsi que l'a recommandé le général d'Arlincourt, d'y associer un peu de plomb et d'étain fin.

6. En 1742, Malouin, médecin de Caen, reconnut que le zinc pouvait, tout aussi bien et même mieux que l'étain, préserver le fer de l'oxydation, en d'autres termes, de la rouille. Personne alors ne tint compte de cette observation. De nos jours, elle a servi à créer l'industrie du **fer galvanisé**, lequel, malgré son nom prétentieux, est tout simplement du fer étamé avec du zinc au lieu d'étain. C'est M. Sorel, ingénieur à Paris, qui a fondé cette industrie en France, en 1836.

7. Une autre innovation, peut-être encore plus importante, a eu pour objet d'introduire l'oxyde de zinc, ou **blanc de zinc**, dans la pratique de la peinture pour remplacer la céruse, ou blanc de plomb, parce que, tout en couvrant aussi bien que cette dernière, il n'en présente pas les inconvénients, c'est-à-dire ne noircit pas par les émanations sulfureuses et n'exerce aucun effet nuisible sur la santé des ouvriers.

La première idée de cette innovation remonte à l'année 1779, époque à laquelle Courtois, chimiste attaché au laboratoire de l'académie de Dijon, remarqua que le blanc de zinc reste inaltérable dans les conditions où le blanc de plomb devient noir. En

1783, Guyton de Morveau montra par des essais nombreux l'avantage qu'il y aurait, sous le rapport de l'hygiène et sous celui de la conservation des travaux, à faire usage de cette substance. En même temps, Courtois entreprit la fabrication en grand du blanc de zinc ; mais diverses causes firent échouer sa spéculation. Une tentative analogue, exécutée en Angleterre, vers 1796, par Atkinson, de Harrington, n'eut pas un meilleur succès. Il en fut de même d'une autre que les frères Mollerat firent en France en 1808. M. Rouquette, en 1842, M. Mathieu, en 1844 et 1845, attirèrent de nouveau l'attention sur le blanc de zinc et ne furent pas plus heureux que leurs devanciers. Les choses en étaient là, quand M. Leclaire, entrepreneur de peinture à Paris, aborda la question et, après quatre ans de travaux, dans lesquels il fut aidé par le chimiste Barruel, eut le bonheur de la résoudre complètement. Lorsque, en 1849, il annonça le résultat de ses recherches, la peinture au blanc de zinc était déjà dans le domaine de l'industrie ; car il n'avait pas attendu ce moment pour l'appliquer sur une grande échelle. C'est donc à M. Leclaire que les arts sont redevables de l'industrie du blanc de zinc et, par suite, des couleurs qui ont cet oxyde pour base, une des plus précieuses innovations de l'époque actuelle.

CHAPITRE IV.

Métaux rares.

L'Aluminium. — L'Antimoine. — Le Nickel. — Le Bismuth. — Le Palladium. — L'Iridium. — Le Magnésium.

I. — L'ALUMINIUM.

1. L'**aluminium** est certainement le métal le plus abondamment répandu dans la nature, puisqu'il existe dans toutes les terres argileuses. Il n'a pu être cependant isolé qu'à notre époque. C'est que son extraction exige des connaissances très-compliquées que les progrès de la science ont pu seuls nous permettre d'acquérir.

2. Les savants qui, au siècle dernier, ont jeté les bases de la chimie moderne découvrirent que l'*alumine*, c'est-à-dire la substance qui forme la base de l'argile et de l'alun, est une simple combinaison d'oxygène et d'un autre corps simple auquel ils donnèrent le nom d'*aluminium*; mais ils ne purent jamais isoler ce dernier.

De 1807 à 1820, sir Humphry Davy, Berzélius et OErsted entreprirent de décomposer l'alumine au moyen de courants électriques et ne purent y réussir. En 1825, OErsted renouvela l'expérience et ne fut pas plus heureux, quoiqu'il eût employé une méthode supérieure à l'ancienne. Enfin, en 1827, M. Woebler, chimiste de Gottingue, ayant ingénieusement modifié le dernier procédé d'OErsted, eut le bonheur de réduire l'alumine, par conséquent de découvrir l'aluminium. Néanmoins, malgré tout leur mérite, les travaux de ce savant ne purent donner qu'une idée très-imparfaite du nouveau métal; car, en opérant comme il l'avait fait, il n'était possible d'obtenir l'aluminium qu'en minime quantité, sous forme de très-petits globules grisâtres, et dans un grand état d'impureté. Les choses ne changèrent qu'en 1854. En effet, le 14 août de cette année, M. Henri Sainte-Claire Deville, alors professeur au collège de France, apprit à l'Académie des sciences qu'à l'aide d'une heureuse modification apportée à la méthode du chimiste de Gottingue, il était parvenu à extraire l'aluminium parfaitement pur et en masses assez grandes pour qu'il pût être l'objet d'applications utiles. Toutefois, la mise en pratique du nouveau procédé offrit d'abord des difficultés très-sérieuses; car il fallut créer plusieurs industries annexes qui n'existaient qu'en germe dans les laboratoires. Mais d'habiles chimistes, entre autres MM. Debray et Morin, unissant leurs efforts à ceux de M. Deville, réussirent à triompher de tous les obstacles, et au mois d'octobre 1856, M. Dumas, président de l'Académie des sciences, put annoncer à cette assemblée que la fabrication de l'aluminium était définitivement sortie du domaine de la science pour entrer dans celui de l'industrie.

3. L'aluminium s'extrait de l'argile. C'est le plus léger de tous les métaux. Il est sonore comme le cristal, malléable comme l'argent, ductile comme l'or. Il se moule, se tourne et se polit admirablement. Enfin, il est inaltérable à l'air, et s'il ne résiste

pas à tous les agents chimiques, il est du moins insensible à l'action de l'eau, de l'acide nitrique, de l'acide sulfurique, de l'hydrogène sulfuré, ce que ne sont ni le fer, ni le cuivre, ni même l'argent.

4. En raison de ses propriétés spéciales, l'aluminium est propre à une multitude d'applications. La petite bijouterie en fait un fréquent usage à cause de son apparence, qui rappelle celle de l'argent dit *oxydé*. On l'emploie aussi pour le moulage des statuettes et des objets d'art. On en fait encore des vases culinaires et des fonds de chaudières. Enfin, on y a généralement recours pour la fabrication d'une foule d'appareils ou de parties d'appareils qui exigent une grande légèreté. Toutefois, la plus importante application qu'ait encore trouvée l'aluminium est peut-être celle de servir à préparer l'alliage si connu sous le nom de **bronze d'aluminium**. Cet alliage, espèce de laiton dans lequel le zinc est remplacé par l'aluminium, a été produit, pour la première fois, en 1859, par M. Debray. Sa couleur, qui approche beaucoup de celle de l'or, et son inaltérabilité en ont promptement répandu l'emploi pour la plupart des objets de luxe ou d'utilité que l'on faisait autrefois en vermeil ou en cuivre doré.

II. — L'ANTIMOINE.

1. **L'antimoine** métallique se rencontre très-rarement à l'état natif; mais on le trouve sous forme de sulfure dans plusieurs contrées de l'Europe et de l'Asie, où il constitue des filons d'une grande puissance. On admet généralement qu'il n'a pas été connu des anciens, ce qui paraît peu vraisemblable, quand on songe à l'usage immodéré qu'ils firent de son sulfure comme cosmétique.

2. En effet, aussi loin qu'on descende le cours des âges, on voit le sulfure d'antimoine employé par les femmes asiatiques pour se peindre les paupières. D'après les Livres saints, cette mode était générale chez les Juifs. Les dames de la Grèce et de Rome l'adoptèrent par la suite. Enfin, aujourd'hui encore, elle règne dans tout l'Orient, où elle n'a du reste jamais cessé d'être en honneur.

3. C'est un moine bénédictin d'Erfurt, appelé Basile Valentin,

et que l'on croit avoir vécu à la fin du xv^e siècle, qui réussit, dit-on, le premier à extraire l'antimoine métallique de son sulfure¹. Quant à l'origine de ce mot *antimoine*, elle est assez obscure. Suivant les uns, le nouveau métal aurait été ainsi nommé du grec *anti monos*, « qui n'est pas seul, » parce qu'il n'existe dans la Nature qu'associé à d'autres substances. Suivant les autres, Basile Valentin, ayant vu des porcs acquérir un embonpoint extraordinaire après avoir mangé le résidu d'une de ses opérations sur l'antimoine, aurait administré une préparation de ce métal à des moines de son couvent, dans l'espoir de rétablir leur santé ; mais le remède aurait été fatal à plusieurs des bons pères, et de là serait venu le nom d'*antimoine*, qui signifierait alors « contraire aux moines. » Quoi qu'il en soit du plus ou moins de valeur de ces étymologies, les propriétés purgatives de l'antimoine attirèrent de bonne heure l'attention, et l'art médical ne manqua pas d'en tirer parti². Toutefois, les préparations antimoniales ne s'introduisirent pas sans opposition dans la pratique. Elles devinrent même l'objet d'une polémique très-ardente, qui dura plus d'un siècle et demi et ne se termina qu'en 1666, époque à laquelle le parlement de Paris en autorisa définitivement l'usage. Deux de ces préparations sont encore employées : l'**émétique**³ et le **kermès**.

4. L'antimoine métallique n'est guère utilisé que pour durcir le plomb dont on veut faire des caractères d'imprimerie, et l'étain qu'on veut convertir en couverts. Il entre aussi dans la

1. Les anciens chimistes appelaient l'antimoine métallique **régule d'antimoine**, et son sulfure naturel **antimoine cru**. Aujourd'hui encore, dans le langage vulgaire, on désigne le premier sous le nom de **régule**.

2. Pendant longtemps, on fit avec ce métal des boulettes que les malades avalaient pour se purger, et, comme elles se conservaient et pouvaient ainsi durer indéfiniment, on les appelait *pillules perpétuelles*. Souvent aussi, on l'alliait à l'étain et, avec cet alliage, on faisait des gobelets qui, au bout de quelques jours, communiquaient au vin une vertu purgative.

3. On attribue généralement la découverte de l'**émétique** (tartrate de potasse et d'antimoine) à Adrien de Mynsicht, médecin d'Angsbourg, qui l'aurait faite vers 1631 ; mais il est déjà question de cette substance dans l'un des ouvrages de Basile Valentin, à la fin du xv^e siècle. Libavius et Angelus Sala en font aussi mention au commencement du xvii^e siècle. Quoi qu'il en soit, l'émétique était encore peu employé en médecine, lorsqu'en 1638, un médecin d'Abbeville, nommé Du Saussoi, l'administra, contre l'avis du premier médecin Valot, à Louis XIV, qui était tombé dangereusement malade à Calais. Ce vomitif, qu'on appelait alors le *dernier remède*, produisit le meilleur effet, et il n'en fallut pas davantage pour lui donner la vogue.

composition de quelques alliages destinés à la fabrication de certains ustensiles de ménage.

III. — LE NICKEL.

1. On admet généralement que le **nickel** a été connu des Chinois dès une haute antiquité. En Europe, on en doit la découverte au minéralogiste suédois Cronstedt : il le trouva, en 1751, dans un minerai particulier que les mineurs allemands appelaient *kupfernickel* (faux cuivre), et que le métallurgiste Hierne avait signalé en 1684. Quelques savants prétendirent que le corps découvert par Cronstedt était un simple composé de plusieurs métaux, séparables les uns des autres par l'analyse; mais Bergmann prouva, en 1775, que c'était bien un métal nouveau. C'est Richter, au commencement de ce siècle, qui a réussi le premier à obtenir le nickel à l'état de pureté parfaite.

2. Le nickel ne peut pas s'employer seul; mais il s'allie facilement avec le cuivre, l'étain, le zinc et le fer pour former plusieurs alliages, appelés *toutenague*, *pakfund*, *cuivre blanc*, *argentan*, *maillechort*, etc., qui servent à confectionner des couverts de table, des garnitures de couteaux, des éperons, des gobelets, etc.

IV. — LE BISMUTH.

Le **bismuth** a été décrit pour la première fois par Georges Agricola, minéralogiste allemand du xvi^e siècle. Ses applications sont peu nombreuses. Comme il est très-fusible, et qu'il communique cette propriété aux autres métaux avec lesquels on l'allie, on s'en servait autrefois, uni au plomb ou à l'étain, pour faire les rondelles fusibles des chaudières à vapeur. On emploie encore des composés de ce genre pour confectionner des crayons, des clichés de gravures sur bois, etc. On en a également tiré parti pour étamer les glaces, circonstance qui l'a quelquefois fait désigner sous le nom d'*étain de glace*.

V. — LE PALLADIUM, L'IRIDIUM, LE MAGNÉSIUM.

Palladium. — 1. Le **palladium** a été découvert en 1803 par le chimiste anglais Wollaston dans les minerais de

platine de la Colombie et dans l'or du Brésil. Il a peu d'usages. Sa blancheur, son inoxydabilité à la température ordinaire, ses qualités réfractaires et sa ductilité l'ont fait employer quelquefois pour fabriquer des bijoux. On en confectionne aussi des limbes divisés pour les instruments de précision.

2. L'objet le plus considérable qui ait été fait avec le palladium est une coupe de 45 centimètres de diamètre sur 12 de profondeur, et du poids d'un kilogramme, qui fut envoyée à l'exposition de 1827 par M. Bréant : le métal provenait du traitement de plus de 3,100 kilogrammes de platine.

Iridium. — L'**Iridium** a été trouvé, en 1803, par le chimiste français Descotils, dans le minerai de platine. C'est le plus réfractaire de tous les métaux. Il n'a encore été employé que pour faire des pointes de plumes métalliques.

Magnésium. — Comme l'aluminium, le **magnésium** est très-répandu dans la nature, puisqu'il est un des éléments de la magnésie ¹. Il a été isolé de cette dernière, en 1830, par le chimiste français Bussy. Les physiciens allemands Bunsen et Roscoe ayant constaté, en 1864, qu'il brûle facilement et avec une flamme d'un éclat excessif, on a imaginé de l'employer à l'éclairage : c'est même à cela que se bornent jusqu'à présent ses applications ².

1. La **Magnésie**, ou oxyde de magnésium, est, en effet, excessivement abondante, car, à l'état de silicate, elle constitue plusieurs espèces minérales, et, à l'état de carbonate, de sulfate, de phosphate, d'azotate et de chlorure, elle accompagne presque partout les composés correspondants du calcium, avec lesquels elle forme un grand nombre de roches.

2. Voyez plus loin la Onzième partie.

NEUVIÈME PARTIE.

LES MINES.

Objet et importance de l'exploitation souterraine. — Ce qu'étaient les mines dans l'antiquité : condition des ouvriers, procédés de travail, éclairage, épuisement de l'eau, gaz irrespirables. — Les mines au moyen âge. — Les mines dans les temps modernes : emploi de la poudre, fusées de sûreté, perforateurs; machines d'extraction : bennes et cages guidées, parachutes; circulation des personnes : fahrkunst; éclairage : le grisou, les lampes de sûreté : Stephenson, Davy; lampe photo-électrique.

Observations générales. — L'agriculture fournit à l'homme les matières premières nécessaires à la vie, mais c'est par l'exploitation des richesses renfermées au sein de la terre qu'il est arrivé à la vie civilisée. Comme c'est encore l'usage en Chine, les premiers mineurs durent se borner à fouiller la surface, et ils arrêtaient les travaux aussitôt que l'eau les envahissait. Peu à peu, cependant, ils s'enhardirent à s'enfoncer dans le sol, parce qu'ils reconnurent que les produits étaient d'autant plus abondants et d'autant meilleurs qu'ils venaient de profondeurs plus considérables. Dès ce moment, l'art des mines se trouva créé, et, à mesure que la civilisation fit des progrès, ceux qui le cultivèrent rivalisèrent d'efforts pour agrandir cette source féconde de production, en inventant des moyens propres à vaincre plus facilement les difficultés, à diminuer les chances d'accidents qui entourent les ouvriers, à réduire sans cesse le prix de revient des substances extraites. « Aucun art, en effet, ne caractérise mieux le génie de l'homme et ne concourt davantage avec l'agriculture, cet autre élément de la richesse territoriale, à l'accroissement de la puissance et de la fortune publiques. »

I. — LES MINES DANS L'ANTIQUITÉ.

Ce que rapportent les auteurs grecs et latins peut donner une idée de l'exploitation souterraine dans l'antiquité.

1. Les ouvriers étaient généralement des esclaves, des con-

damnés ou des prisonniers de guerre, qu'on menait à coups de fouet, et qu'on faisait travailler nuit et jour, presque sans relâche. Aussi, la condamnation aux travaux des mines passait pour équivaloir à un arrêt de mort, car on n'ignorait pas que ce labeur devait, dans un bref délai, mettre un terme à la vie du condamné.

2. On attaquait la roche avec des pics, des coins et des maillets. Quand elle était trop dure, on commençait par la désagréger à l'aide du feu. A cet effet, on la chauffait fortement, puis, quand elle était incandescente, on l'arrosait avec du vinaigre ou, ce qui était plus simple, avec de l'eau, procédé encore en usage dans quelques mines d'Allemagne.

3. On éclairait les travaux avec des lampes ordinaires, que les hommes portaient quelquefois attachées autour de la tête.

4. Quand les eaux devenaient trop abondantes, on se servait, pour s'en débarrasser, de seaux, de paniers en sparterie enduits de goudron, ou de machines hydrauliques diversement disposées. Ce dernier procédé était celui qu'employaient les Romains à l'époque de Diodore de Sicile¹. « Les ouvriers, dit cet écrivain, rencontrent souvent des eaux qui coulent sous terre. Mais l'avidité du gain surmonte tous les obstacles. Ils dessèchent les mines en enlevant ces eaux au moyen de la roue ou de la vis égyptienne qu'Archimède de Syracuse inventa dans son voyage en Egypte. »

5. On savait aussi qu'il existe, dans les souterrains, des airs irrespirables, qui éteignent les lampes et font périr les hommes. On cherchait à en prévenir les effets en établissant des courants d'air².

1. Diodore de Sicile, historien grec, né en Sicile, vers le commencement du premier siècle avant Jésus-Christ, mort sous le règne de l'empereur Auguste. On ne sait rien sur sa vie, sinon que, voulant écrire une histoire universelle, il fit de grands voyages pour en recueillir les matériaux.

2. On jugera par le passage suivant de Diodore de Sicile, qui est relatif aux mines égyptiennes, comment les anciens procédaient à l'exploitation des richesses souterraines, dans les pays où cet art était encore dans toute sa grossièreté primitive :

« Entre l'Égypte, l'Éthiopie et l'Arabie, il est un endroit rempli de métaux, et surtout d'or, qu'on tire avec bien des travaux et de la dépense; car la terre, dure et noire de sa nature, est entrecoupée de veines d'un marbre si blanc et si luisant (le quartz), qu'il surpasse en éclat les matières les plus brillantes. C'est là que ceux qui ont l'intendance des métaux font travailler un grand nombre d'ouvriers. Le roi d'Égypte envoie quelquefois aux mines, avec toute leur famille, ceux qui ont été convaincus de quelque crime, aussi bien que les prisonniers de guerre, ceux qui ont encouru son

II. — LES MINES AU MOYEN AGE.

Pendant le moyen âge, l'exploitation des mines différa peu, quant aux procédés généraux, de ce qu'elle avait été dans l'antiquité; il paraît même qu'elle recula sous certains rapports. Alors naquit la croyance aux démons souterrains, encore répandue en Allemagne. Ne sachant comment expliquer les accidents qui leur arrivaient, les mineurs imaginèrent de les attribuer à des esprits surnaturels, les uns d'un aspect effrayant, hostiles et méchants, les autres, au contraire, inoffensifs et d'une humeur joviale. Ceux-ci riaient avec les ouvriers et leur faisaient mille espiègleries, tandis que les premiers les tourmentaient de mille manières, souvent même les faisaient périr. L'asphyxie par les gaz irrespirables était due au souffle de ces êtres malfaisants. C'étaient eux aussi qui occasionnaient les explosions et les incendies.

III. — LES MINES DANS LES TEMPS MODERNES.

Les grandes améliorations introduites dans l'art des mines ont commencé dans la première moitié du xvii^e siècle. Elles sont tel-

indignation, ou qui succombent aux accusations vraies ou fausses, en un mot tous ceux qui sont condamnés aux prisons.

« Ces malheureux, qui sont en grand nombre, sont tous enchaînés par les pieds et attachés au travail sans relâche et sans qu'ils puissent jamais s'échapper, car ils sont gardés par des soldats étrangers et qui parlent d'autres langues que la leur : quand la terre qui contient l'or se trouve trop dure, ils l'amollissent d'abord avec le feu, après quoi ils la rompent à grands coups de pics ou d'autres instruments de fer. Les plus vigoureux sont employés à ce travail, qui ne demande que la force des bras. Les ouvriers ont à leur tête un entrepreneur qui connaît les veines et qui les conduit; mais, comme pour suivre les veines qu'on a découvertes il faut souvent se détourner et qu'ainsi les allées qu'on creuse sont obscures, ils portent, pour y voir clair, des lampes attachées à leur front. Ils travaillent ainsi jour et nuit, forcés par les coups et les cris de leurs gardes. De jeunes enfants entrent dans les ouvertures que les coins ont faites dans le roc, et en tirent les petits morceaux de pierre qui s'y trouvent et qu'ils portent ensuite à l'entrée de la mine. Les hommes âgés de trente ans prennent une certaine quantité de ces pierres, et les pilent dans des mortiers avec des pilons de fer jusqu'à ce qu'ils les aient réduites à la grosseur d'un grain de millet. Les femmes et les vieillards reçoivent ces pierres pulvérisées et les jettent sous des meules rangées par ordre; se mettant ensuite deux ou trois à chaque meule, ils les broient jusqu'à ce qu'ils aient converti en une poussière aussi fine que la farine la mesure qui leur avait été donnée. »

lement nombreuses que nous devons nous borner à passer en revue les plus importantes.

Emploi de la poudre. — 1. C'est dans l'intervalle compris entre les années 1620 et 1630 que l'on place l'adoption de la **poudre** pour l'exploitation des mines. Jusqu'alors, les outils manuels avaient suffi, mais le travail était lent et très-coûteux. L'emploi du nouvel agent constitua un progrès d'une importance considérable, car il réduisit de moitié le prix de revient des ouvrages et le temps nécessaire pour leur exécution.

2. On a de nos jours essayé de substituer le **fulmi-coton** à la poudre; mais cette substance ne s'est pas mieux comportée avec les roches qu'avec les armes. On a donc renoncé à s'en servir¹.

3. Pour mettre le feu aux trous de mine, on s'est d'abord servi de *canettes*, c'est-à-dire de petits tuyaux de paille ou de papier remplis de poudre, et à l'extrémité supérieure desquels on attachait un morceau d'amadou allumé. Comme ces amorces donnaient lieu à beaucoup d'accidents, on a eu l'idée de les remplacer par des **étoupilles**, ou **fusées de sûreté**, formées d'une corde goudronnée dont l'axe est un petit canal bourré de poudre très-fine. Ces fusées ont été inventées en Angleterre, vers 1831, par l'ingénieur William Bickford, et l'expérience leur a été si favorable que l'usage s'en est répandu partout. On a aussi imaginé d'enflammer les mines avec l'étincelle électrique; mais nous verrons ailleurs dans quelles circonstances on a surtout recours à ce moyen.

4. Depuis quelques années, les trous destinés à recevoir la poudre ne sont plus faits exclusivement suivant la méthode ordinaire, c'est-à-dire à l'aide de *fleurets*¹ sur la tête desquels on frappe avec un marteau. On les exécute quelquefois d'une manière beaucoup plus rapide et plus économique, au moyen d'appareils spéciaux, appelés **machines à forer** ou **perforateurs**, et qui sont actionnés par des hommes, des animaux, la vapeur ou l'air comprimé. L'outil agissant de la plupart de ces

1. Voyez la Dixième partie, chap. II, pag. 321.

2. Les *fleurets* des mineurs sont des tiges de fer, armées à leur extrémité d'un biseau d'acier.

machines consiste en un solide fleuret d'acier qui, tantôt est lancé avec force contre le point qu'on veut forer, et tantôt attaque la roche à la façon d'une tarière (fig. 43). Parfois aussi, il

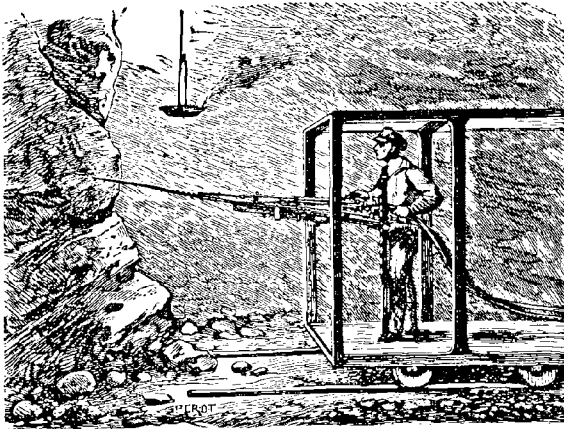


Fig. 43.
Perforateur à air comprimé.

se compose d'un cylindre creux, armé à sa partie inférieure d'une couronne de diamants noirs¹. En imprimant à ce cylindre un mouvement de rotation très-rapide, les diamants creusent, dans la roche, une rainure cylindrique autour d'un noyau central, que l'on détache ensuite de sa base à l'aide d'une secousse.

Extraction des matières. — 1. Pendant des siècles, les matières extraites ont été amenées à la surface du sol à l'aide de grands tonneaux appelés **bennes** ou **cuffats**. Deux de ces tonneaux étaient directement attachés aux extrémités d'un câble,

1. **Diamants noirs.** Diamants opaques et de couleur noirâtre ou vert foncé, qu'on trouve assez abondamment dans les mines du Brésil. Ils sont impropres à la bijouterie, mais, depuis une vingtaine d'années, l'industrie les emploie, à cause de leur extrême dureté, pour travailler le granit, le porphyre et, en général, toutes les pierres très-dures, que l'on est ainsi parvenu à façonner en objets d'ornement avec autant de facilité que d'économie.

qui s'enroulait sur le tambour d'un treuil mù par des hommes ou des chevaux, et les choses étaient disposées de telle sorte que l'un descendait pendant que l'autre montait. Dans la plupart des mines, ils servaient aussi à la circulation des ouvriers. Avec un pareil système, les accidents étaient nécessairement fréquents. Ils provenaient, soit du choc des bennes contre les parois du puits, soit de leur rencontre, soit de la rupture des câbles.

2. Pour garantir les hommes de la chute des corps due au renversement des bennes, on a commencé par leur faire prendre des chapeaux à larges bords en cuir très-fort ou en fer-blanc. En même temps, on a établi des toits en planches au-dessus des bennes. Ces moyens n'ayant pas été reconnus suffisants, on a imaginé de rendre impossible le renversement des bennes, et l'on y est parvenu en munissant les puits d'**appareils de guidage**.

3. Dans le principe, on établissait le guidage d'une façon fort simple. Quatre câbles étaient tendus entre le fond et l'orifice du puits, et les bennes, maintenues entre ces câbles ou guides, par des anneaux ou des espèces de crochets, effectuaient la montée et la descente en conservant une position verticale et sans pouvoir se rencontrer. Ce système existe encore dans les mines peu importantes. Dans les grandes exploitations, on a remplacé les câbles par quatre suites de poutrelles formant un double chemin de bois. Cette innovation a bientôt conduit à une autre, qui est surtout en usage dans les mines où le câble de suspension est mis en mouvement par une machine à vapeur très-puissante. Dans ces mines, les bennes sont placées dans une **cage** en bois ou en fer, qui peut en contenir plusieurs, et cette cage, attachée directement au câble *c* (*fig. 44*), se meut entre les deux lignes de poutrelles *oo*, qu'elle embrasse à l'aide de coulisses en métal.

4. Les inventions qui précèdent sont uniquement propres à empêcher le choc et la rencontre des bennes. Restait à prévenir les accidents dus à la rupture des câbles. Le guidage en bois et l'emploi des cages ont permis de réaliser ce nouveau progrès. A cet effet, on a placé au-dessus de chaque cage un appareil dit **parachute**, qui a pour objet de l'empêcher de tomber au fond du puits, en l'arrêtant au point même où elle se trouve, quand le câble vient à se rompre. Au moment où cette rupture a lieu,

un ressort A, que la tension du câble comprimait, se détend instantanément et fait jouer, soit des griffes ou grappins d'acier qui s'implantent dans le bois des guides, soit des mâchoires qui l'embrassent fortement. La cage s'arrête avant même qu'un

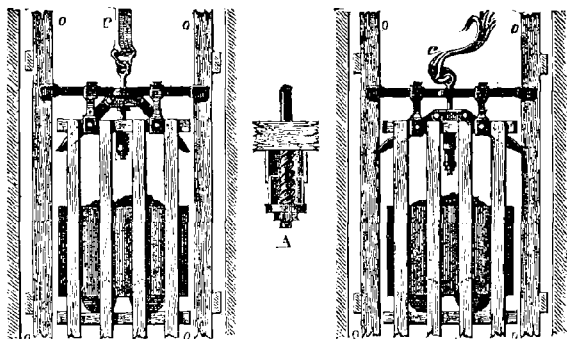


Fig. 44.
Cage guidée et à parachute.

commencement de descente s'opère ; elle reste suspendue avec sa charge, et l'on a le temps de procéder au sauvetage des hommes et des choses. La première idée des parachutes paraît avoir été émise, en 1721, par l'architecte français Claude Perrault ; mais le premier qui ait été construit et employé est celui que l'ingénieur Machicourt fit établir dans les mines de Decize, en 1845. L'appareil que représente notre dessin a été inventé par M. Fontaine : c'est un des plus usités.

Circulation des hommes. — 1. La circulation des hommes par les bennes est d'une lenteur excessive. Celle qui a lieu au moyen des cages est beaucoup plus rapide ; néanmoins, elle se trouve en défaut dans les circonstances où, pour une cause quelconque, un grand nombre de personnes doivent descendre dans les mines ou en remonter en très-peu de temps. Dans certaines exploitations, on se sert d'échelles fixées contre les parois des puits ; mais, quand la profondeur est un peu considérable, il en résulte, pour les ouvriers, une grande perte de temps et une fatigue excessive. C'est pour remédier à ces inconvénients qu'a

été inventé l'appareil appelé **fahrkunst** ou **échelle mécanique**, en Allemagne; **men engine** ou **machine à hommes**, en Angleterre; **machine à monter. échelles mobiles, varocquère**, en France et en Belgique.

2. Pour se faire une idée des fahrkunst, que l'on suppose deux échelles parallèles et continues du haut en bas d'un puits, s'équilibrant mutuellement par un système de balanciers qui les tiennent suspendues, et qui sont actionnés par une machine à vapeur placée à l'orifice du puits. « Si ces échelles reçoivent un mouvement alternatif par les balanciers auxquels elles sont suspendues, l'une montera pendant que l'autre descendra et réciproquement. Si un mineur, placé sur l'échelle ascendante, passe sur l'autre au moment où le mouvement va changer, il sera élevé par l'oscillation suivante; s'il repasse ensuite sur la première, il sera encore élevé de l'amplitude de la course; et ainsi de suite, sans autre peine qu'un déplacement latéral pour passer d'une échelle sur l'autre, il sera successivement élevé par toutes les oscillations, jusqu'à ce qu'il arrive au jour. » (Burat.)

3. Le premier fahrkunst fut établi, en 1833, par l'ingénieur Dørrell, dans les mines de Zellerfeld, près de Clausthal, dans le Harz. Il se composait de deux tirants de bois suspendus à des balanciers, qui recevaient un mouvement rectiligne alternatif de la machine servant à l'extraction. Ces tirants portaient de petits marchepieds échelonnés sur toute leur longueur, et une poignée de fer était fixée au-dessus de chacun de ces derniers, à une hauteur convenable pour que l'ouvrier pût la saisir avec la main. On passait successivement d'un tirant sur l'autre, en se tenant toujours sur les marchepieds de celui qui montait quand on voulait monter, et de celui qui descendait quand on voulait descendre. Quelque temps après, on disposa, dans un des puits d'Andreasberg, non loin de Clausthal, un fahrkunst qui différait surtout du précédent en ce qu'il était composé de deux échelles en fil de fer.

4. Les appareils du Harz furent imités presque aussitôt dans plusieurs mines du Cornouailles et de la Belgique, et ces nouvelles applications amenèrent d'utiles perfectionnements dans les détails mécaniques. Toutefois, le premier fahrkunst réellement pratique ne parut qu'en 1848 : c'est celui de l'ingénieur

belge Abel Warocqué, de Mariemont (fig. 45). Le balancier de cet appareil est beaucoup moins encombrant que celui des machines allemandes ; et ses échelles sont formées de tirants munis de paliers avec balustrades, disposés de façon que l'on puisse passer sans peine de l'un à l'autre.

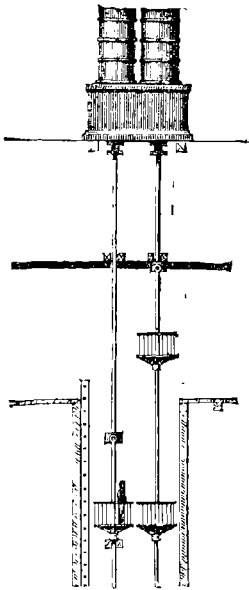


Fig. 45.
Fahrkunst.

5. Les *fahrkunst* ordinaires ne peuvent servir qu'à la circulation des personnes. Il en existe d'autres qui sont également propres au transport des produits de l'extraction. Tel est celui que l'ingénieur Mehu a établi, en 1848, au puits Davy, près d'Anzin ; mais les appareils de ce genre ne sont pas très-répandus, parce qu'on les a trouvés beaucoup trop compliqués.

Eclairage. — 1. Les travaux souterrains ne pouvant s'effectuer sans un éclairage artificiel, les mineurs ont dû, de tout temps, se servir de lampes ; mais cette nécessité est devenue une source permanente d'accidents par suite

de la présence, dans une foule de galeries, d'un gaz excessivement dangereux qui, lorsqu'il est mêlé dans certaines proportions avec l'air atmosphérique, non-seulement s'enflamme au contact d'un corps en ignition, mais encore détone avec une extrême violence.

2. Ce gaz n'est autre que l'hydrogène protocarboné des chimistes. Les ouvriers l'appellent *grisou*, *terrou*, *feu sauvage*. On lui donne aussi le nom de *gaz des marais*, parce qu'il se dégage des eaux stagnantes qui contiennent des substances végétales en décomposition. Quelques volcans boueux, dits « salses, » l'émettent en quantité parfois considérable. Enfin, il imprègne certaines roches, et se trouve souvent accumulé dans des cavernes ou vides naturels, d'où il suffit d'un coup de pioche pour le faire sortir.

3. C'est surtout dans les mines de houille que le grisou est abondant, et il l'est beaucoup plus dans celles qui fournissent les houilles grasses et friables que dans celles qui produisent les houilles maigres et sèches. Dans les exploitations, il se dégage surtout des surfaces mises récemment à nu. Souvent aussi, il s'échappe des fissures ou délits de la houille, ainsi que des fentes des roches encaissantes, en jets d'une extrême rapidité, que l'on nomme vulgairement *soufflards*.

4. La manière dont se comporte la flamme des lampes indique la présence et la proportion du grisou. Elle commence d'abord par s'allonger, s'élargir et prendre une teinte bleuâtre. Ces phénomènes augmentent d'intensité à mesure que le gaz devient plus abondant. Enfin, aussitôt que la proportion de grisou est d'environ un douzième dans l'air ambiant, le mélange est explosif, et il suffit d'une lumière quelconque pour le faire détoner¹.

5. Les effets des explosions, des *coups de grisou*, comme on dit, sont excessivement graves. Les ouvriers qui se trouvent dans l'atmosphère explosive sont brûlés, et le feu se communique au boisage ou à la houille elle-même. De plus, le courant d'air, le vent produit par la dilatation a une force si extraordinaire que, jusqu'à plusieurs centaines de mètres du lieu de l'accident, les hommes sont violemment renversés ou jetés contre les parois des excavations; les murs de soutien sont enfoncés, les ouvrages en charpente brisés et dispersés, les travaux bouleversés et souvent rendus inabordable par des éboulements. Enfin, des masses d'acide carbonique et d'azote, provenant de la combustion du

1. « Les observations de Davy sur les mélanges du grisou avec l'air atmosphérique ont constaté les faits suivants (ces mélanges étant mis en contact avec une bougie allumée) :

| Grisou. | Air atmosphérique. | |
|----------|--------------------|--|
| 1 partie | 30 à 16 parties | Élargissement progressif de la flamme. |
| — | 15 — | Élargissement très-fort. |
| — | 9 à 15 — | Détonation croissante. |
| — | 8 — | Détonation au maximum. |
| — | 7 — | Détonation forte. |
| — | 6 — | Détonation faible. |
| — | 4 à 2 — | Inflammation sans détonation. |

» D'où l'on voit que les explosions les plus violentes auront lieu lorsqu'un volume de gaz hydrogène protocarboné se trouvera mêlé à 7 ou 8 volumes d'air atmosphérique. » (Burat.)

gaz, stationnent dans les galeries et font périr par asphyxie ceux qui ont échappé à l'action immédiate de l'explosion.

6. Comme le grisou est plus léger que l'air, la première idée qui soit venue aux ingénieurs pour s'en débarrasser paraît avoir été de le laisser se ramasser au plafond des galeries, puis d'y mettre le feu en l'absence des ouvriers. Un homme était chargé de cette opération dangereuse : on l'appelait *pénitent* ou *canonnier* en France, *fireman* (homme du feu) en Angleterre. Couvert de vêtements en cuir mouillé, le visage protégé par un masque à lunettes, cet homme parcourait en rampant sur le ventre les galeries où le grisou existait, la main armée d'une longue perche, au bout de laquelle était fixée une torche enflammée ; il sondait ainsi les anfractuosités des plafonds, les surfaces nouvellement mises à découvert, et mettait le feu au gaz. Ce procédé, qui était encore employé, il y a une trentaine d'années, dans les mines de Saint-Etienne, avait de graves inconvénients. Le pénitent souvent perdait la vie. De plus, quand, au lieu d'être simplement inflammable, le mélange gazeux était détonant, les explosions compromettaient à chaque instant la solidité des ouvrages. En outre, le feu prenait parfois à la houille et au boisage. Enfin, les gaz produits par la combustion restant toujours dans les travaux, les ouvriers étaient perpétuellement exposés à l'asphyxie.

7. Pour remédier à ces inconvénients, certains exploitants imaginèrent une autre méthode, dite des **lampes perpétuelles**. Elle consistait à placer dans tous les points où le grisou pouvait se rassembler, des lampes constamment allumées qui le brûlaient à mesure qu'il se dégagait. Ce système était évidemment supérieur au précédent. On y renonça cependant à peu près partout, à cause de la production de l'acide carbonique et de l'azote, laquelle était d'autant plus sensible que, pour que les lampes pussent brûler, il ne fallait pas que l'air fût sensiblement agité.

Plusieurs autres moyens furent alors proposés ; mais les uns étaient impraticables et les autres inefficaces. Enfin, on reconnut qu'il n'était possible de résoudre le problème qu'en transformant l'éclairage.

Dans certaines exploitations, on crut obtenir de bons résultats en réduisant le plus possible le nombre des lampes, et en les

plaçant dans les endroits les plus bas, à une distance assez grande des tailles. Les ouvriers ne devaient pas perdre ces lampes de vue, et, aussitôt que la coloration bleue, indice du grisou, commençait à se montrer, ils les éteignaient ou se retiraient en les couvrant de leur chapeau.

Pour les galeries les plus infectées, on recommanda de remplacer les lampes par des matières phosphorescentes, qui donnaient à peine assez de clarté pour distinguer les objets situés sous la main, ou bien on préconisa l'emploi d'un instrument fort simple appelé **briquet de mine**. C'était une petite roue d'acier qu'un enfant faisait tourner sans relâche contre un morceau de silex. On obtenait ainsi une suite continue d'étincelles qui éclairaient parcimonieusement les mineurs, sans mettre le feu au grisou, parce que, ainsi qu'on en avait fait la remarque, la chaleur rouge n'est pas suffisante pour enflammer ce gaz.

8. Tel était l'état de la question au commencement de ce siècle. Malgré tous les moyens imaginés, les compagnies houillères avaient été obligées d'abandonner un grand nombre d'exploitations, et, parmi celles où le travail avait paru pouvoir être continué, beaucoup ne produisaient le précieux combustible qu'au prix de la vie d'un grand nombre d'hommes. Ce qui manquait aux mineurs, ce qu'ils désiraient non moins ardemment que les propriétaires des mines, c'était une **lampe de sûreté**, c'est-à-dire un appareil d'éclairage qui, tout en donnant une lumière convenable, ne pût pas déterminer l'inflammation du grisou. Des explosions formidables qui, de 1806 à 1812, firent des centaines de victimes dans les mines anglaises, surtout dans celles des comtés de Durham et de Northumberland, devinrent l'occasion de recherches qui conduisirent à cette merveilleuse invention. Ce que beaucoup de personnes ignorent, c'est que deux hommes la réalisèrent presque en même temps, et que, travaillant à l'insu l'un de l'autre, aux deux extrémités de l'Angleterre, ils arrivèrent tous les deux au même résultat, mais par des voies différentes. L'un de ces hommes était le chimiste Humphry Davy¹ alors à l'apogée de sa réputation, et l'autre George Ste-

1. Voyez la note 16 de la page 257.

phenson¹, qui n'était encore qu'un simple ouvrier attaché comme conducteur de machines à la houillère de Killingworth, près de Newcastle.

9. En 1813, à la suite de deux coups de grisou qui venaient de faire périr 412 personnes, plusieurs propriétaires de mines du nord de l'Angleterre formèrent une société dans le but spécial de prévenir ces terribles accidents. L'un des associés, le docteur Grey, qui avait eu quelques relations avec Davy, eut l'idée de lui écrire pour appeler son attention sur ce sujet. On était alors en juillet 1813.

Davy saisit aussitôt une si belle occasion d'être utile à ses semblables. Il commença par visiter attentivement les mines de Newcastle. Il s'assura ainsi qu'il était impossible d'empêcher les explosions en modifiant la ventilation, comme c'était l'opinion de quelques personnes, et qu'on ne pouvait obtenir de bons résultats sans une transformation complète de l'éclairage. Des expériences variées, délicates, lui firent d'abord reconnaître, non-seulement la nature du grisou, mais encore les proportions suivant lesquelles il doit s'unir à l'air pour former des mélanges détonants. Il constata, en outre, ce fait capital, que, lorsqu'un gaz brûlant avec flamme passe dans des tubes de très-petit diamètre ou à travers un tissu métallique très-serré, il se refroidit tellement que sa température descend au-dessous du point où il peut devenir lumineux. En conséquence, Davy pensa que si l'on entourait la lampe ordinaire des mineurs d'une toile de métal à ouvertures très-étroites, cette lampe ne déterminerait plus l'inflammation du mélange explosif qui se forme dans les mines. Ce mélange pourrait bien pénétrer dans l'intérieur de l'enveloppe préservatrice et y prendre feu, mais la flamme ne se communiquerait pas au dehors, car elle s'éteindrait en tra-

1. Stephenson (George), né, le 9 juin 1781, dans une misérable chaumière de Wylam-sur-Tyne, près de Newcastle, mort le 12 août 1848. À huit ans, il gardait les vaches; à quinze, il était chauffeur d'une machine d'épuisement à la mine de Mid Mill Winnia; à dix-huit, il apprenait à lire, à écrire et à calculer. Dès ce moment, les admirables facultés dont la Providence l'avait doué se développèrent avec une rapidité merveilleuse, et il devint en peu de temps un des plus grands mécaniciens et des plus illustres ingénieurs de l'Angleterre. Nous verrons plus loin qu'en inventant la locomotive à chaudière tubulaire avec tirage par un jet de vapeur, il a réellement créé l'industrie des chemins de fer. La vie de ce génie incomparable a été écrite en anglais par Samuel Smiles.

versant les mailles de cette enveloppe ¹. Ces prévisions ayant été confirmées par de nombreuses expériences, Davy construisit une lampe, qu'il présenta à la Société royale de Londres, dans la séance du 11 janvier 1816.

Cette lampe (fig. 46) se composait de trois parties distinctes : un réservoir pour l'huile, un cylindre en gaze métallique et une armature extérieure. Le réservoir était très-bas afin que l'huile fût toujours près de la mèche ; un fil de fer recourbé en crochet, qui le traversait perpendiculairement, servait à baisser cette dernière ou à la monter. Enfin, le cylindre en tissu métallique contenait 144 ouvertures par centimètre carré de surface ; il était fermé en haut par deux toiles, en sorte que, si l'une venait à être brûlée par la flamme, la sûreté de la lampe n'en était pas pour cela diminuée. Quant à l'armature, elle consistait en une espèce de cage composée de petits barreaux de fer ou de cuivre, qui étaient assemblés inférieurement dans une virole et supérieurement dans une plaque ayant au centre un anneau ou un crochet. Elle avait pour objet principal de fixer le cylindre protecteur sur le réservoir et de le garantir des chocs extérieurs. Elle servait, en outre, à transporter la lampe.

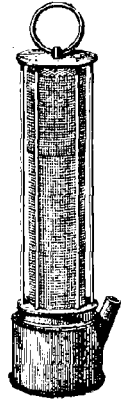


Fig. 46.

Lampe de Davy.

10. Quand Davy fit connaître sa lampe, George Stephenson avait déjà construit et employé la sienne.

Occupé, dès l'enfance, au travail des mines, Stephenson avait vu très-souvent des coups de grisou, et, comme tout le monde, il savait avec quelle reconnaissance serait accueillie l'invention d'un appareil d'éclairage qui préviendrait ces effroyables désastres. Pendant plusieurs années, dans la mine de Killingworth, il fit des expériences sur le terrible gaz des houillères, et comme

1. Cette propriété des toiles métalliques avait déjà été observée, au xvii^e siècle, par Jean Kunckel ; mais le temps n'était pas encore venu d'en tirer parti. Voici le passage où ce chimiste en parle : « Lorsqu'on interpose entre la flamme et le métal qu'elle fait fondre, une gaze métallique, l'action de la flamme est suspendue. Cet effet est dû à l'obscurité placée entre la flamme et le métal. » Au commencement de ce siècle, quelques années avant que Davy s'en occupât, cette même propriété avait été remarquée par le docteur Wollaston et le chimiste Smithson Tennant.

ses camarades, voyant le danger auquel il s'exposait, le suppliaient de les cesser : « Soyez sans crainte, leur disait-il, ce que je fais là sera un jour utile à la conservation de la vie humaine. »

Au mois d'août 1815, Stephenson crut avoir suffisamment mûri ses idées pour leur donner une forme matérielle. Une première lampe, qu'il fit exécuter par un ferblantier de Newcastle, fut essayée le 21 octobre suivant, avec le succès le plus complet. Une deuxième, qui n'était que la précédente modifiée, et qu'il expérimenta le 2 novembre, se comporta mieux encore. Enfin, une troisième, établie avec beaucoup plus de soin, fut éprouvée le 30 du même mois de novembre, et avec non moins de bonheur. Cette dernière fut définitivement adoptée et mise aussitôt entre les mains des ouvriers. Elle consistait (fig. 47) en un réservoir

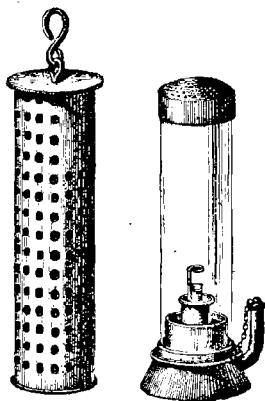


Fig. 47.
Lampe de Stephenson.

d'huile muni d'un crochet pour manoeuvrer la mèche, et présentant à la partie inférieure une rangée d'étroites ouvertures pour le passage de l'air nécessaire à la combustion. Elle était coiffée d'une cheminée de verre fermée en haut par un couvercle de métal criblé de très-petits trous. Enfin, le tout était renfermé dans une enveloppe cylindrique en fer-blanc ou en tôle, percée d'une multitude de fenêtres rondes d'un faible diamètre. Cette espèce d'étui était solidement fixée sur le réservoir, et la plaque qui en formait l'extrémité supérieure offrait un anneau pour faciliter le maniement de l'appareil.

La lampe de Stephenson était donc établie sur le même principe que celle de Davy ; mais les deux inventeurs étaient arrivés au même but en suivant deux routes tout à fait différentes. En effet, l'un, le modeste ouvrier de Killingworth, avait réalisé son appareil lentement, pas à pas, au moyen de tâtonnements et d'essais empiriques, tandis que l'autre, l'illustre chimiste, avait

établi le sien du premier coup, à l'aide d'expériences scientifiques faites avec autant de soin que de bonheur.

11. La question de savoir laquelle des deux lampes ¹ avait été inventée la première était très-facile à résoudre. Néanmoins, elle souleva des discussions violentes auxquelles prirent part les hommes les plus éminents de l'Angleterre. Enfin, le monde scientifique tout entier, ébloui par les découvertes antérieures de Davy, se prononça en faveur de ce grand chimiste, et il n'en fallut pas davantage pour entraîner la masse du public. Cette circonstance fut cause que la lampe de Davy, la **davyne**, comme on l'appelait, se répandit promptement dans toutes les mines anglaises, d'où elle s'introduisit peu à peu dans celles du continent. Toutefois, les mineurs de Killingworth, satisfaits de celle de leur camarade, ne voulurent pas l'abandonner, et aujourd'hui encore, ils ne se servent que de la **geordy**, ou lampe du petit George, parce qu'ils la regardent comme infiniment plus sûre que sa rivale.

12. Quelques mots maintenant sur le fonctionnement de la *davyne*, ou lampe de Davy. Elle indique à chaque instant aux ouvriers l'état de l'atmosphère des galeries, et les avertit ainsi du moment où ils doivent se retirer. En effet, aussitôt que le grisou se mêle à l'air, la flamme de la mèche se dilate et s'élargit. Quand le gaz forme le douzième du volume de l'air, le mélange prend feu et brûle dans l'intérieur du cylindre en gaze métallique. Les mineurs doivent alors consulter leur lampe à chaque instant. D'abord, le cylindre est rempli par une flamme bleue au milieu de laquelle on distingue facilement celle de la mèche; mais, à mesure que la proportion de grisou augmente, l'intensité de cette flamme bleue augmente aussi. Lorsque cette proportion est d'un huitième, la flamme de la mèche cesse d'être distincte et se perd dans la flamme totale. Enfin, quand le gaz constitue le tiers du mélange, la lampe s'éteint subitement. On ne

1. Avant que Davy et Stephenson fissent connaître leurs lampes, une tentative avait été faite dans la même direction par un de leurs compatriotes, le docteur Clanny, de Sunderland. Ce savant avait, en effet, présenté, dans le courant de 1813, un appareil d'éclairage « auquel il communiquait l'air de la mine, après l'avoir fait passer par l'eau au moyen d'un soufflet. Cet appareil s'éteignait de lui-même dans le gaz inflammable; mais on le trouva trop peu maniable pour servir aux travaux des mineurs, et son usage se répandit peu. »

doit jamais attendre ce moment pour se mettre en lieu de sûreté.

13. Mais la lampe de Davy n'est pas sans inconvénients. En premier lieu, la présence de l'enveloppe en toile métallique fait qu'elle éclaire moins bien que les lampes ordinaires. En second lieu, elle n'est pas absolument sûre. Ainsi, il peut arriver que la chaleur développée à l'intérieur soit assez grande pour qu'un ou plusieurs fils, déjà affaiblis par l'usure, brûlent et laissent passer la flamme à l'extérieur. Un mouvement brusque de l'air a quelquefois chassé la flamme au delà de la toile, notamment quand la lampe se trouvait placée devant un soufflard, ou qu'on voulait l'éteindre en soufflant. On a vu encore des poussières de charbon venir se fixer sur les mailles de l'enveloppe, puis prendre feu et enflammer l'atmosphère ambiante. Pour remédier à ces défauts, on a fait en France, en Angleterre, en Belgique, en Allemagne, une multitude de recherches afin d'améliorer la lampe primitive de Davy. On a ainsi produit des lampes qui, telles que celle des ingénieurs Mueseler, Boty, Combes (fig. 48), etc.,

sont infiniment supérieures à la davyne. Malgré cela, les accidents dus au grisou sont encore si nombreux que, suivant les calculs les plus modérés, ils font périr au moins un homme par jour dans les seules mines d'Europe. Ils paraissent provenir, dans la plupart des cas, soit de la construction vicieuse ou du mauvais entretien des appareils, soit de l'imprudence des ouvriers qui, s'habituant à jouer avec le danger, négligent de se conformer aux instructions de leurs chefs.

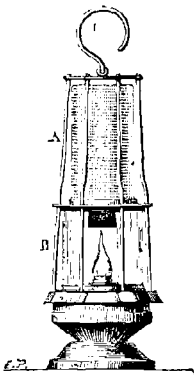


Fig. 48.
Lampe Combes.

14. Aujourd'hui, on est à la recherche d'un moyen qui puisse permettre d'appliquer d'une manière à la fois très-simple et très-économique la lumière électrique à l'éclairage des mines, ce qui, en supprimant les lampes ordinaires, ren-

dra naturellement impossibles les catastrophes auxquelles elles donnent lieu. Quand ce progrès sera pratiquement réalisé, les

travaux souterrains seront éclairés par une lumière qui naîtra et se maintiendra dans le vide, sans que, pour l'entretenir, il soit nécessaire d'alimenter le foyer de combustion avec une atmosphère trop souvent explosive. Une foule de tentatives ont déjà été faites dans cette direction. La plus heureuse jusqu'à présent a produit la **lampe photo-électrique** de MM. Benoît, docteur-médecin à Privas, et Dumas, ingénieur aux mines du Lac (Ardèche), qui, expérimentée en 1862, dans les mines d'Alais et de la Grand'Combe, a constamment donné d'excellents résultats. Cette lampe se porte sur le côté comme une gibecière. Un courant électrique, fourni par une petite pile, traverse un tube de verre rempli d'acide carbonique et y produit une lumière comparable à celle de plusieurs centaines de vers luisants.

Aérage. — 1. L'aérage est une condition d'existence pour les mines. De lui dépendent non-seulement la santé et la vie des ouvriers, mais encore la prospérité de l'exploitation. On conçoit, en effet, que, sans une bonne ventilation, il est impossible d'obtenir de la main-d'œuvre le maximum de l'effet utile.

2. Les causes qui vicient l'air dans les mines sont très-nombreuses. Nous citerons seulement : la respiration des ouvriers, la combustion des lampes, l'inflammation de la poudre, les dégagements d'acide carbonique, le feu grisou, la décomposition de certaines matières minérales. Tout système d'aérage doit entraîner au dehors l'air irrespirable et le remplacer par de l'air frais.

3. Dans les mines qui communiquent avec le jour par deux orifices, deux puits, par exemple, il s'établit presque toujours un **aérage naturel**, et le courant d'air est d'autant plus vif que les deux orifices se trouvent à des altitudes plus différentes. Cet aérage spontané, quand il est établi dans des conditions convenables, suffit à tous les besoins ; mais il est rare que les choses soient ainsi. Dans le plus grand nombre des cas, on est obligé de recourir à des moyens artificiels.

4. L'**aérage artificiel**, comme son nom l'indique, consiste à créer artificiellement des courants d'air là où il n'y en a point de naturels ou à augmenter la puissance de ceux qui existent déjà. On obtient ce résultat en établissant des *foyers d'aérage*, ou en se servant de *ventilateurs*. Néanmoins, depuis quelques

années, l'emploi de ces derniers devient de plus en plus général.

5. Les **foyers d'aérage** reçoivent des dispositions différentes suivant les localités. Dans les mines où il ne se forme point de mélanges détonants, on transforme l'un des puits en cheminée d'appel. Pour cela, on le ferme par une grille, et on brûle du combustible sur celle-ci. Par l'action de la chaleur, l'air du puits s'échauffant, il en résulte un appel d'air qui se propage peu à peu dans les galeries. L'air frais arrive par un autre puits. Dans les mines à grisou, les choses ne sont pas disposées de la même manière. On établit une cheminée P (*fig. 49*) au-dessus du

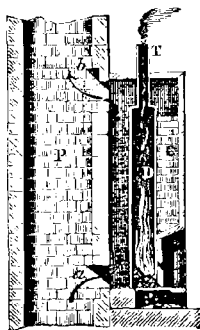


Fig. 49.

Aérage des mines à grisou.

puits, et à la base de cette cheminée on construit une chambre C, dans laquelle on place un calorifère D entièrement clos. L'air extérieur alimente la combustion dans ce dernier, et la fumée s'échappe au dehors par un tuyau T disposé à cet effet. Quant à l'air de la mine, il pénètre dans la chambre par un conduit inférieur a, s'échauffe au contact du calorifère, puis, sortant par un conduit supérieur b, pénètre dans la cheminée, et produit le tirage qui doit aérer les galeries.

6. Les **ventilateurs** sont très-nombrueux ; mais tous exigent une force motrice plus ou moins puissante, qui est fournie le plus souvent par une machine à vapeur. Les uns agissent par aspiration et les autres par refoulement. On donne généralement la préférence aux premiers, parce qu'ils paraissent produire un effet utile plus avantageux. Nous décrirons sommairement un de ceux qu'on appelle à *cloche plongeante*. Comme le montre le dessin (*fig. 50*), il se compose de deux grandes caisses circulaires en tôle BD, qui, placées au-dessus des puits de la galerie d'aérage, sont fermées supérieurement et ont chacune à leur circonférence une gorge annulaire remplie d'eau. Dans cette gorge, qui forme une espèce de cuve de gazomètre, montent et descendent deux cloches AA également en tôle, lesquelles sont suspendues par des chaînes, qui, après s'être réunies en une seule, passent sur deux poulies pp et vont se fixer

aux extrémités de la tige du piston d'une machine à vapeur horizontale P. Le dessus des caisses fixes est muni de soupapes ss s'ouvrant de bas en haut. Des soupapes semblables *tt* se trou-

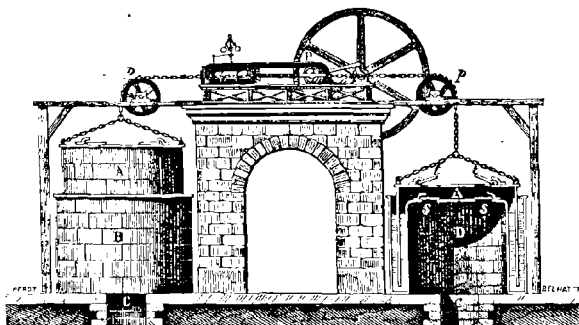


Fig. 50.

Ventilateur à cloche plongeante.

vent à la partie supérieure des cloches. On conçoit que, lorsque ces dernières s'élèvent, leurs soupapes se ferment, tandis que celles des caisses s'ouvrent, ce qui permet à l'air du puits de passer sous les cloches. Au contraire, quand elles descendent, les soupapes des caisses se ferment et celles des cloches s'ouvrent pour laisser sortir l'air refoulé dans ces capacités.

Epuisement. — Les eaux qui s'introduisent dans les mines en traversant les couches perméables des terrains environnants ou sous-jacents finiraient par inonder les travaux et donner lieu aux accidents les plus graves, si l'on n'avait soin de les expulser. Or, comme elles arrivent incessamment, il faut aussi les extraire sans cesse. De là l'indispensable nécessité d'entretenir des pompes puissantes qui fonctionnent nuit et jour et sont généralement mises en mouvement par des machines à vapeur. C'est aux perfectionnements apportés par les modernes à la construction de ces appareils que l'art des mines est en grande partie redevable de son avancement. Nous avons vu précédemment que, chez les anciens, l'abandon des travaux souterrains était dû presque toujours au manque de moyens d'épuisement d'une efficacité suffisante,

DIXIÈME PARTIE.

L'ART DES CONSTRUCTIONS.

Mortiers et ciments. — Extraction des pierres. — Conservation des matériaux. — Travaux sous-marins. — Fondations tubulaires. — Ponts et tunnels. — Appareils de montage et de levage.

CHAPITRE I.

Mortiers et Ciments.

Constructions sans mortier ni ciment. — Ce qu'on entend par *mortiers*. — Prétendue supériorité de ceux des Romains. — Cause de la bonté des mortiers. — Recherches de Smeaton, Parker, etc. — Travaux de Vicat. — Origine de l'hydraulicité des chaux. — *Blocs artificiels* : leur usage. *Constructions monolithes*.

Mortiers des anciens. — 1. Les populations primitives de la Grèce et de l'Italie ont élevé des monuments d'une admirable solidité sans avoir recours à aucune substance pour en lier les différentes parties¹; mais ce système de construction, qui nécessite l'emploi de matériaux d'un volume énorme, a été abandonné aussitôt que les progrès des arts ont permis d'obtenir le même résultat avec des blocs de faible échantillon réunis au moyen de ces mélanges de chaux et de sable qu'on appelle **mortiers**. Toutefois, on est généralement porté à croire que les anciens, et plus particulièrement les Romains, avaient, pour préparer ces mélanges, des procédés bien supérieurs à ceux des modernes, et l'on appuie cette opinion sur la dureté de celles des maçonneries de ce peuple qui sont parvenues jusqu'à nous. On

1. Ces monuments, qu'on rencontre dans plusieurs parties de l'Italie, de la Sicile, de la Sardaigne et de la Grèce, sont appelés **cylopiéens** ou **pélasgiques**, du nom des peuples auxquels on en attribue la construction. Ils sont formés de blocs énormes placés les uns sur les autres; aucun mortier ne les lie, et les interstices en sont remplis avec de petites pierres.

oublié qu'autrefois, comme aujourd'hui, il y avait des constructions monumentales pour lesquelles on prenait toutes les précautions, on faisait toutes les dépenses nécessaires pour assurer leur durée, et d'autres, élevées pour les besoins du moment, et à l'établissement desquelles on apportait beaucoup moins de soin. Or, ces dernières ayant disparu, ce sont les premières que l'on compare aux constructions médiocres de notre époque.

2. Les édifices qui nous restent des Romains doivent principalement leur quasi-indestructibilité à leur ancienneté même, parce qu'il est de la nature des mortiers de durcir de plus en plus en vieillissant, lorsqu'ils ont pu résister à certaines influences à l'action desquelles ils ne sont soumis que dans les premiers temps de leur emploi.

3. Le moyen âge lui-même, on ne doit pas l'oublier, nous a laissé des monuments au moins aussi solides que ceux des Romains, et personne n'ignore que la plupart de ses châteaux-forts n'ont pu être renversés qu'au prix des plus grands efforts, même avec les puissants moyens de destruction que nous fournit la poudre, et que les anciens ne possédaient pas.

4. Enfin, et c'est une vérité dont on ne saurait trop se pénétrer, à notre époque, on construit, quand il le faut, des maçonneries qui, au bout de deux ans, ont plus de dureté que celles des Romains, et qui, par conséquent, si la main de l'homme ne vient s'en mêler, résisteront beaucoup mieux encore à l'action destructive du temps.

Cause de la solidité des mortiers. — La solidité des mortiers dépend en grande partie de la nature des substances dont ils sont composés, des proportions suivant lesquelles ces substances sont employées, enfin de la manière dont elles sont mélangées. Ce principe, qui est aujourd'hui passé à l'état d'axiome, a été méconnu pendant des siècles. On peut dire que, dans l'antiquité aussi bien qu'au moyen âge, la fabrication des mortiers a été en quelque sorte livrée au hasard; et si certaines constructions d'autrefois ont acquis la solidité qui nous étonne, elles l'ont dû à des circonstances locales ou à des procédés empiriques que les architectes se transmettaient sans en connaître la raison.

Progrès modernes. — Les premiers pas dans la voie des améliorations ne sont pas antérieurs à la seconde moitié du siècle dernier. En 1756, lors de la construction du phare d'Ed-dystone, l'ingénieur anglais Smeaton¹ fit des recherches à la suite desquelles il reconnut que la présence de l'argile dans la pierre calcaire rend celle-ci propre à donner une chaux qui durcit sous l'eau ; mais il ne put obtenir le même résultat en mélangeant de la chaux ordinaire avec l'argile cuite et pulvérisée. Quarante ans après (1796), un de ses compatriotes, le chauxfournier Parker publia, sur la calcination des galets calcaires argileux des comtés de Somerset et de Glamorgan, des idées qui, bien que peu justes, eurent néanmoins l'avantage d'appeler l'attention sur un sujet encore inexploré. Au commencement de ce siècle, les chimistes John, Thénard, Gay-Lussac, Chaptal et autres, fournirent aussi d'utiles indications ; mais ce furent les ingénieurs et les praticiens qui contribuèrent le plus au progrès. Enfin, vers 1812, notre illustre compatriote Vicat², alors ingénieur en chef des ponts et chaussées, guidé par les travaux de ses prédécesseurs, Berthier, Sganzin, Bruyère, Gérard, Raucourt de Charleville, aborda résolûment la question des mortiers, et fit, notamment en 1818, 1828 et 1846, des publications précieuses qui fixèrent d'une manière définitive la théorie et la pratique de ces mélanges.

Travaux de Vicat. — 1. On savait depuis longtemps que la chaux est l'élément principal des mortiers. On savait aussi qu'abstraction faite des qualités qu'offrent ses nombreuses variétés, elle peut être fabriquée avec toute espèce de calcaire. On savait enfin que ces mêmes variétés forment trois grandes catégories ; savoir : 1° Les *chaux grasses*, qui se durcissent peu à peu au contact de l'air, mais qui se délayent sous l'action de l'eau fréquemment renouvelée ; 2° Les *chaux maigres*, qui ont peu de ténacité, et comme les précédentes se délayent à l'eau ; 3° Les *chaux hydrauliques*, qui en plein air prennent une médiocre consistance,

1. Smeaton (John), un des plus grands ingénieurs de l'Angleterre, né à Ansthorp (York), en 1724, mort en 1792.

2. Vicat (Louis-Joseph), ingénieur des ponts et chaussées, né à Grenoble le 31 mars 1786, mort en 1861. Il commença ses études sur les mortiers un peu avant 1815, et il les continua sans interruption pendant plus de vingt ans.

tandis que sous l'eau elles acquièrent promptement la dureté de la pierre calcaire elle-même.

2. M. Vicat démontra d'abord en quoi ces espèces de chaux diffèrent. Les premières proviennent de calcaires entièrement purs ; elles donnent des mortiers qui ne peuvent être employés que pour les travaux aériens de peu d'épaisseur, parce que, pour qu'ils puissent se solidifier, il faut que l'air les pénètre et leur fournisse l'acide carbonique, principe de leur dureté. Les secondes sont fournies par des calcaires contenant de la magnésie ; elles sont impropres à toute construction tant soit peu importante. Quant aux dernières, c'est-à-dire aux chaux hydrauliques, elles sont dues à des calcaires argileux. M. Vicat reconnut, en outre, qu'elles possèdent une hydraulicité d'autant plus grande qu'elles sont plus riches en argile, et que si la proportion de cette substance est d'environ 33 pour 100, elles produisent ces mortiers singuliers qui font prise presque instantanée sous l'eau et à l'air, et qu'on désigne très-improprement sous le nom de **ciment romain**, car les Romains ne les ont jamais connus. Il constata également que, si ces mêmes chaux ne présentent pas le degré d'hydraulicité réclamé par l'usage qu'on en veut faire, on peut le leur donner en ajoutant de l'argile au calcaire avant la cuisson. De plus, il découvrit qu'il était possible de faire de la chaux hydraulique de toutes pièces, supérieure même à celle de Senonches (Eure-et-Loir), considérée comme type de perfection, en calcinant, dans la proportion convenable, de la craie ou de la chaux grasse mêlée d'argile, et, au lieu de se réserver par un brevet la propriété de cette admirable invention, qui lui aurait valu une fortune immense, il la livra généreusement au public, ce qui permit à MM. Bryant et Saint-Léger de l'exploiter, dès 1818, sur une grande échelle, dans une usine fondée spécialement dans ce but au Bas-Meudon, près de Paris. Poussant plus loin ses investigations, il démêla la nature de ces substances volcaniques appelées *pouzzolanes* avec lesquelles les Romains durcissaient les mortiers, et indiqua le moyen de les fabriquer. Enfin, il indiqua les règles à suivre pour la calcination et l'extinction de la chaux, le dosage et la préparation des mortiers, ainsi qu'un système facile, sûr et complet d'expérimentation des matières premières et des produits fabriqués. M. Vicat ne se con-

tenta même pas du rôle de savant, il voulut aussi pousser jusqu'au bout celui d'ingénieur. En conséquence, convaincu que la nature avait déposé dans plus d'endroits qu'on ne croyait les calcaires propres à fournir la chaux hydraulique, il parcourut la France, le plus souvent à pied, et en découvrit plus de trois cents carrières.

3. Par ses recherches théoriques et pratiques sur les mortiers et les chaux, M. Vicat a révolutionné l'art des constructions hydrauliques, créé plusieurs industries importantes, et rendu possibles des travaux de premier ordre devant lesquels on aurait reculé autrefois ou pour lesquels il aurait fallu recourir, au prix de dépenses énormes, aux pouzzolanes italiennes ou aux dispendieux ciments romains des Anglais. En 1844, on évaluait à 182 millions les sommes qu'il avait économisées en vingt-cinq ans au gouvernement seul. En récompense de tant de services M. Vicat fut honoré des plus hautes récompenses tant de la part de l'Etat que des sociétés savantes les plus considérables.

Fabrication de la chaux. La fabrication de la chaux a été elle-même l'objet de très-importantes améliorations. Au lieu de calciner la matière première dans des **fours intermittents**, comme on le faisait exclusivement autrefois, les chaufourniers de nos jours, du moins ceux qui sont jaloux de faire avancer leur profession, se servent de **fours continus**, qui fonctionnent sans interruption et économiquement, et dont on n'interrompt la marche que lorsqu'ils ont absolument besoin de réparation. Il y a peu d'années, un de nos compatriotes, M. Bidreman, de Lyon, a doté tous ces appareils d'un perfectionnement remarquable destiné à supprimer ces flots de fumée incommode dont ils remplissent l'atmosphère. Les fours de cet inventeur, outre qu'ils consomment moins de combustible que les autres, ne laissent échapper aucune fumée, ce qui en rend l'établissement possible dans l'intérieur des villes.

Blocs artificiels. — 1. On n'emploie pas seulement les mortiers pour lier ensemble les matériaux de construction; en y ajoutant des cailloutages ou du sable grossier, on en fait aussi, par le procédé du moulage, des **blocs** de toutes formes et de toutes dimensions pour l'exécution des travaux à la mer.

Cette curieuse application ne fut pas ignorée des anciens, mais le procédé d'immersion qu'ils employaient ne permettait d'opérer qu'avec une extrême lenteur. Oubliée pendant plusieurs siècles, elle fut réinventée en 1776 par l'ingénieur italien Calamatra, pour la consolidation du môle de Civita-Vecchia, où elle ne réussit pas. Quelques années plus tard, lors des premiers travaux du brise-lames de Cherbourg, l'ingénieur Céard expérimenta, également sans succès, des blocs de sa composition. En 1789, un autre de nos compatriotes, l'ingénieur Brémontier, se servit, pour consolider les digues de Saint-Jean-de-Luz, de matériaux analogues, qui ne répondirent qu'imparfaitement à ses espérances. Enfin, parurent les recherches de l'illustre Vicat sur les chaux et les mortiers hydrauliques ; elles permirent d'introduire dans la préparation des blocs artificiels les perfectionnements qui pouvaient seuls en rendre l'usage possible. Les premiers qui aient été employés avec tout le succès désirable furent fabriqués et mis en place, en 1833, sous la direction de l'ingénieur Poirel, pour défendre le môle d'Alger contre l'action destructive de la mer.

2. La pratique des blocs artificiels est aujourd'hui répandue dans tous les pays maritimes. On y a recours pour construire des jetées, des bassins, des forts, etc., dont l'établissement serait impossible ou du moins très-difficile par les moyens ordinaires. De plus, ils permettent de créer pour le mouillage des navires, des abris sur un point quelconque du littoral, tandis qu'anciennement on ne pouvait le faire que dans un très-petit nombre de localités, offrant à proximité des carrières de pierre inaltérable à la mer. C'est ainsi qu'ont été construites les deux énormes jetées qui, à Port-Saïd, forment l'entrée du canal de Suez, et qui s'avancent dans la Méditerranée, l'une jusqu'à 1,600 mètres et l'autre jusqu'à près de 3 kilomètres. Enfin, plus tard, quand l'expérience aura définitivement prononcé sur les navires cuirassés et les batteries flottantes, eu égard à leurs qualités nautiques et à leur puissance de destruction, les blocs artificiels donneront le moyen d'établir les ouvrages de défense des ports aux distances et dans les conditions qui seront jugées convenables pour correspondre au nouveau système d'attaque.

3. Les blocs artificiels se font à terre, dans des moules, et ordinairement avec des bétons éminemment hydrauliques. Quand

ils sont parfaitement secs, ce qui a lieu au bout d'un ou de plusieurs mois, suivant leurs dimensions, on les transporte au point où ils doivent être immergés. Quant à leur volume, on le calcule toujours de manière que les vagues ne puissent les ébranler, et, pour augmenter encore leur solidité, on coule souvent, dans les intervalles, des ciments préparés avec soin, qui, en les liant ensemble, transforment la construction tout entière en une espèce de masse monolithe.

Constructions monolithes. — Une autre application curieuse des mortiers et des ciments hydrauliques est celle des **constructions monolithes**¹, c'est-à-dire en une seule masse. Ainsi, avec ces mélanges et des moules appropriés, on fait entièrement des voûtes, des ponts entiers, même des maisons et des églises, sans employer ni bois, ni pierres, ni briques pour la toiture et les planchers. Cette industrie nouvelle a eu encore les travaux de M. Vicat pour point de départ².

CHAPITRE II.

Extraction des pierres.

Méthodes générales d'exploitation. — *Emploi des coins* : description sommaire. — *Emploi de la mine* : son origine, sa description ; perfectionnements modernes : fusées de sûreté, perforateurs, mines chambrées ; poudres nouvelles : fulmi-coton, nitro-glycérine, dynamite, dualine, lithofracteur.

Pour se procurer la pierre à bâtir, deux méthodes générales sont employées : celle des *coins* et celle de la *mine*.

Emploi des coins. — Cette méthode remonte aux premiers âges de la civilisation : les anciens n'en ont pas connu d'autre. Quand la roche est fissurée, on enfonce des coins de métal dans les fentes, puis, au moyen de leviers, on écarte les par-

1. Du grec *monos*, unique, et *lithos*, pierre.

2. En France, c'est à MM. Lebrun, de Moissac, et Coignet, de Lyon, qu'elle est redevable de ses plus importants progrès.

ties qui se sont détachées. Cette manière d'opérer est fort simple et fort économique; mais elle ne peut servir pour les roches compactes. Elle a aussi l'inconvénient de ne pouvoir donner des blocs très-volumineux et d'une forme déterminée. Dans l'un et l'autre de ces cas, on procède différemment. On commence par ouvrir des escarpements qui mettent la roche à découvert. Cela fait, on isole chaque bloc qu'on veut obtenir par des entailles d'une profondeur suffisante, une à la base, une autre à chaque extrémité latérale. De cette façon, le bloc n'adhère plus à la roche que par sa face postérieure. Il ne reste plus qu'à creuser à l'arrière de sa surface supérieure une file de trous, dans chacun desquels on place un coin plat de fer ou d'acier. On frappe alors successivement sur les coins, et cela suffit pour que la pierre se fende dans la direction déterminée. Au lieu de trous, on pratique parfois, le long du bloc, une rigole profonde de quelques centimètres, et qu'on remplit d'eau après y avoir chassé des coins de bois bien sec. En se gonflant par l'action de l'humidité, les coins exercent une pression énorme qui fait détacher la pierre ¹.

C'est par l'emploi des entailles et des coins que les anciens extrayaient des carrières les immenses pierres d'appareil qu'on remarque dans leurs monuments, et que les Egyptiens se procuraient les obélisques dont ils ornaient l'entrée principale de leurs temples.

Emploi de la mine. — 1. L'usage de la **poudre** pour extraire les pierres paraît avoir commencé au **xvi^e** siècle, quelque temps avant son apparition dans les mines ²; mais on ne possède aucun renseignement à ce sujet. Ce procédé consiste à pratiquer dans la roche, suivant la direction la plus convenable, un trou cylindrique plus ou moins profond et de 5 à 6 centimètres de diamètre, au fond duquel on introduit une cartouche pleine de poudre. On achève de remplir le trou avec du sable fin

1. Aux environs de Saint-Petersbourg, on emploie un procédé analogue, mais dans lequel la glace joue le rôle des coins de bois. Pendant l'été, on creuse des entailles longitudinales indiquant l'épaisseur des blocs à détacher, puis, quand les froids commencent, on remplit ces entailles d'eau. Celle-ci, en passant à l'état de glace, augmente de volume et force les blocs à se séparer de la masse, en sorte qu'au retour du printemps, on n'a plus qu'à les transporter aux lieux où ils doivent servir.

2. Voyez page 295.

ou de la brique pilée, puis on met le feu à la charge au moyen d'une amorce logée dans le bourrage. Par l'effet de l'explosion, la pierre se fend et se divise en blocs, qu'il est ensuite facile de détacher tout à fait au moyen de coins et de leviers.

2. Les mines ne sont pas seulement employées pour l'exploitation des carrières. On y a également recours, non-seulement pour arracher au sol les richesses minérales qu'il renferme, mais encore pour faire sauter les roches dans la construction des routes, des canaux, des tunnels et, en général, dans l'exécution de tous les travaux publics. Aussi, en raison du rôle considérable qu'elles jouent dans l'art de l'ingénieur, de nombreux perfectionnements ont été proposés, principalement depuis une quarantaine d'années, afin de diminuer les chances d'accidents, à peu près inséparables de l'opération, et de rendre le travail plus économique.

3. La substitution des **fusées de sûreté** aux canettes ¹ a permis de résoudre heureusement la question relative au danger. Quant au côté économique, il a donné lieu à des inventions fort diverses dont nous allons dire quelques mots.

4. Nous avons déjà parlé des **perforateurs** ², destinés, ainsi que leur nom l'indique, à percer la roche. Afin d'augmenter l'effet utile d'un poids de poudre donné, on a eu l'idée d'élargir le fond des trous, ce qui a produit les **mines chambrées** ³. Dans le principe, l'opération se faisait à l'aide de l'acide chlorhydrique; mais ce procédé n'était applicable qu'aux rochers calcaires, et encore fallait-il qu'elles fussent exemptes de fissures. Aujourd'hui, on se sert d'un appareil spécial, appelé **cavateur**, dont l'outil travailleur agit, soit par rotation, soit par percussion, et peut, moyennant les dispositions convenables, attaquer toute espèce de rocher. Citons encore les **mines monstres** qui, chargées de plusieurs milliers de kilogrammes de poudre et enflammées par l'électricité, font sauter, en une seule fois, des rochers d'un volume énorme.

1. Voyez page 295.

2. Voyez pages 295-296.

3. Ces mines sont ainsi appelées à cause de la *chambre*, ou poche, que présente leur partie inférieure quand elles sont prêtes à recevoir la charge. Elles ont été inventées, en 1841 ou 1842, par M. Alphonse Courbebaisse, ingénieur des ponts et chaussées, alors attaché au service des routes du département du Lot, et qui, pour les exécuter, se servait de l'acide chlorhydrique. Les *cavateurs* sont d'une époque toute récente.

5. La poudre de mine a été elle-même l'objet de recherches spéciales ayant pour objet d'approprier la vivacité de son inflammation à l'effet à obtenir, ou d'en rendre l'application plus économique. On a cru y parvenir, soit en l'employant en charges préparés d'avance et rendus compactes par une forte pression, soit en modifiant sa composition par la substitution du salpêtre du Pérou au salpêtre ordinaire¹; mais la pratique n'a pas été favorable à ces innovations. D'autres inventeurs, donnant une direction différente à leurs études, ont proposé de le remplacer par de nouvelles compositions explosives, telles que le *fulmi-coton*, la *nitro-glycérine*, la *dynamite*, la *dualine*, le *litho-fracteur*, et le succès a été très-remarquable pour la plupart d'entre elles. Quelques mots sur ces compositions ont donc ici leur place naturelle.

6. Personne n'ignore que le **fulmi-coton**, ou **coton-poudre**, s'obtient en soumettant le duvet du cotonnier² à l'action de l'acide azotique concentré. Cette curieuse matière a été découverte, en 1833, par le chimiste français Braconnot. Toutefois, elle n'avait encore été considérée que comme un simple produit de laboratoire, lorsque, dans l'été de 1846, M. Schœnbein, professeur de chimie à Bâle, la soumit à des expériences qui, répétées aussitôt dans toute l'Europe, attirèrent vivement l'attention publique. En même temps, les savants et les praticiens lui cherchèrent des applications. Comme elle possède une force

1. Les mots **salpêtre** et **nitre** servent à désigner une matière saline qui existe toute formée dans la nature, et qui résulte de la combinaison de l'acide azotique, ou acide nitrique, avec la potasse ou la soude. Il y en a donc deux variétés : le *salpêtre de potasse*, appelé par les chimistes *azotate* ou *nitrate de potasse*, et le *salpêtre de soude*, désigné en chimie sous le nom d'*azotate* ou *nitrate de soude*. Le premier a été connu de tout temps ; c'est avec lui qu'on fabrique la poudre. Les Grecs et les Romains l'appelaient *nitrum*, d'où est venu le français *nitre*. Le second est une découverte des modernes. Toutefois, son emploi ne remonte pas au delà d'une vingtaine d'années. On l'appelle vulgairement *salpêtre du Pérou* ou du *Chili*, parce que le commerce le tire de cette partie de l'Amérique du Sud, où il en existe d'immenses dépôts, principalement aux environs de Lima, d'Atacama et de Tarapaca, dépôts signalés, dès 1780, par l'abbé Rozier.

2. Toutes les matières qui se composent de *cellulose* (voyez page 205) deviennent détonantes par l'action de l'acide azotique. On peut donc faire du fulmi-coton avec le lin, le chanvre, le papier, la sciure de bois, etc., tout aussi bien qu'avec le coton; mais ce dernier est celui qui paraît donner les meilleurs résultats. Toutes les substances détonantes ainsi obtenues sont appelées d'une manière générale, des **pyroxyles**, du grec *pyr*, feu, et *xylon*, bois.

explosive trois ou quatre fois plus grande que celle de la poudre, on crut d'abord qu'on pourrait la substituer économiquement à cette dernière; mais on ne tarda pas à reconnaître que son emploi dans les mines ne pouvait être adopté, d'une part, à cause de l'inégalité des effets qu'elle produit, d'autre part, à cause de l'impossibilité de la conserver en magasin ¹. Des raisons analogues la firent rejeter pour le service militaire, et parce qu'en outre, elle a le défaut excessivement grave de détériorer rapidement toutes les armes.

7. La **nitro-glycérine**, ou **glycérine nitrée**, se prépare en faisant agir l'acide azotique sur la glycérine ². C'est un liquide jaune et inodore qui ressemble beaucoup à l'huile d'olive. Elle a été découverte à Paris, en 1847, par M. Ascagne Sobrero, chimiste italien attaché au laboratoire de M. Pelouze; mais l'attention publique n'a été appelée sur ce produit qu'en 1865, et par M. Nobel, ingénieur suédois. Ce qui la rend précieuse pour les mines, c'est que son action est infiniment plus grande que celle de la poudre ³, qu'elle peut être employée dans les trous humides, même submergés, et qu'enfin elle dispense de tout bourrage. Par contre, elle a l'inconvénient de faire explosion par le choc, ce qui expose à des dangers permanents, parce que, quelles que soient les précautions prises, il est impossible, dans les transports et pendant l'exécution des travaux, d'éviter que les vases qui la contiennent n'éprouvent pas une fois ou l'autre des chocs plus ou moins violents. Cette circonstance en a fait interdire l'usage dans tous les pays. La nitro-glycérine n'a pas été pour cela perdue pour l'industrie. Afin de la conserver à l'art des constructions, on l'a rendue inoffensive en la faisant entrer dans des compositions particulières, qui possèdent toutes ses propriétés, s'emploient de la même manière, et n'ont pas le défaut qui la caractérise.

8. La plus ancienne de ces compositions consiste en un mé-

1. Elle présente l'inconvénient, impossible à prévenir, de se décomposer spontanément aux températures ordinaires de l'atmosphère, et sa décomposition se termine toujours par une explosion.

2. Nous avons vu ailleurs ce qu'on entend par **glycérine**. (Voyez la note de la page 62.)

3. Huit à dix fois dans les roches compactes, et près de vingt fois dans les roches tendres.

lange de sable siliceux et de nitro-glycérine. Elle a été inventée, en 1865, par M. Nobel, qui lui a donné le nom de **dynamite**¹. Presque à la même époque, le lieutenant Dittmar, officier dans l'armée prussienne, a imaginé la **dualine**², qui ne diffère de la dynamite qu'en ce que le sable est remplacé par de la sciure de bois convertie en pyroxyle au moyen de l'acide azotique. Enfin, en 1869, M. Engels, professeur à Cologne, a inventé le **lithofracteur**³, mélange de nitro-glycérine, de sable siliceux, de charbon, d'azotate de soude et de soufre. Ces trois compositions sont inexplosibles dans les conditions ordinaires où la poudre et la nitro-glycérine prennent feu, et, comme cette dernière, ne craignent pas l'humidité et ne peuvent faire explosion que par des moyens spéciaux. Toutefois, la dynamite et le lithofracteur paraissent destinés à un usage beaucoup plus général que la dualine, et il est probable que l'art des constructions et l'industrie minière en retireront un jour de grands avantages. Ils ne seront pas moins utiles au génie militaire, auquel ils fourniront un agent de destruction des plus énergiques dans l'attaque et la défense des ouvrages de fortification.

CHAPITRE III.

Conservation des matériaux.

Conservation du bois : notions préliminaires, inventions diverses : pinceautage, immersion, injection, flambage. — *Conservation des pierres* : silicatisation.

I. — CONSERVATION DU BOIS.

Notions préliminaires. — 1. Sous l'eau, et à une certaine profondeur, le bois se conserve indéfiniment, ainsi que le prouve la durée des pilotis. Il se conserve peut-être encore mieux à l'abri de l'air humide. Les tombeaux de l'ancienne Egypte fournissent de nombreux exemples de ce fait. Bien que plusieurs

1. Du grec *dynamis*, force, puissance.

2. Du latin *duo*, deux, à cause probablement du nombre de ses éléments.

3. Du grec *lithos*, pierre, et du latin *fractor*, qui brise : briseur des pierres.

remontent à plus de trois mille ans avant notre ère, il n'est pas rare d'y trouver les planches des cercueils avec leur premier aspect et leurs propriétés primitives. De plus, les tissus de lin qui enveloppent les momies n'ont presque rien perdu de leur souplesse et de leur ténacité. Parfois encore, on y rencontre des paquets de plantes herbacées dont l'état de conservation ne laisse rien à désirer.

2. Les choses se passent autrement quand le bois est tout à la fois exposé à l'action de l'air et de l'eau. Il s'y établit alors une décomposition très-active par suite de laquelle il perd peu à peu sa cohérence et se transforme en une masse friable et de couleur noirâtre qu'on appelle vulgairement *humus*, *pourri* ou *terreau*. La cause première de cette décomposition réside dans une matière azotée que la sève a déposée entre les fibres ligneuses et qui joue le rôle de ferment. Cette matière sert aussi de nourriture aux insectes et d'engrais aux moisissures qui envahissent si fréquemment le bois, surtout quand, placé dans l'obscurité, il reste constamment en contact avec un air chaud, humide et confiné. En creusant des sillons dans l'intérieur des couches ligneuses, en dévorant la substance azotée qu'elle contiennent, les insectes leur font perdre leur solidité et les convertissent en une espèce de tissu spongieux. Aussi, lorsque des charpentes, des meubles sont attaqués par des animaux de cette classe, ils ne tardent pas à tomber en quelque sorte en poussière. Il y a peu d'années, un navire de guerre de la compagnie des Indes, qui était en construction à Bombay, s'écroula subitement au moment d'être lancé, parce que des myriades de termites¹ avaient détruit, sans qu'on s'en doutât, toute la masse intérieure des pièces de bois. Les moisissures, ou champignons microscopiques, ne sont pas moins redoutables : c'est à elles qu'on doit l'altération désignée sous le nom de *pourriture sèche*, qui occasionne de si grandes pertes dans les arsenaux maritimes. Voici deux exemples des ravages qu'elles déterminent. En 1798, dans un de nos ports, on lança le *Foudroyant*, vaisseau de 80 canons; la pourriture s'en

1. Ces insectes, qu'on appelle aussi *fourmis blanches*, ménagent toujours la superficie du bois, creusant l'intérieur et le sillonnant de galeries; en sorte que le bois vient tout à coup à se rompre, sans que rien au dehors ait pu faire soupçonner le dégât.

empara, et, dès 1802, on fut obligé de le refondre presque en entier. Quelques années plus tard, en Angleterre, un autre navire de guerre, le *Benbow*, fut tellement envahi par les moisissures qu'avant de pouvoir prendre la mer, il avait coûté plus d'un million de réparations.

Conservation du bois. — Les faits qui précèdent ont engagé les savants à chercher un moyen de prolonger la durée du bois; mais cette recherche, qui était peu importante il y a un siècle, est devenue aujourd'hui une nécessité, grâce aux développements généraux de l'industrie et à l'extension des chemins de fer. En effet, la consommation du bois augmente de jour en jour, tandis que la production en devient de plus en plus restreinte, l'accroissement de la population ayant forcé de livrer à la culture de vastes espaces de terrains anciennement occupés par les forêts. Les travaux entrepris pour résoudre ce problème ont eu pour objet d'arriver à la découverte d'agents chimiques dont l'application à la surface du bois ou l'introduction dans ses conduits capillaires fût de nature à le garantir des altérations de tout genre auxquelles il est exposé. Les agents proposés sont très-nombreux. Au contraire, les procédés pour les employer le sont peu. Nous nommerons les premiers en décrivant sommairement les seconds.

Pinceautage. — Le procédé dit du **pinceautage** est probablement le plus ancien. Il consiste à étendre la substance préservatrice sur le bois, le plus souvent à l'aide du pinceau, quelquefois, quand elle est trop consistante, au moyen de la truelle. Tous les enduits gras ou résineux, tous les mastics dits *hydrofuges*¹ s'emploient de cette manière. Par ce procédé, le bois ne se trouve abrité qu'à la surface et ses parties internes conservent leurs germes de destruction. En outre, dans le plus grand nombre des cas, les compositions dont on fait usage ont un carac-

1. **Hydrofuge**, du grec *hydôr*, eau, et *phugô*, éviter. Sous les noms d'*enduits*, de *verniss* ou de *mastics hydrofuges*, on désigne une multitude de préparations qui possèdent la propriété d'être inattaquables par l'humidité. Leur composition peut varier à l'infini, mais elles ont toujours pour base essentielle des matières résineuses ou des corps gras siccatifs. On trouvera d'utiles renseignements à ce sujet dans notre *Trésor des ménages*, et, dans notre DICTIONNAIRE CLASSIQUE DES SCIENCES ET DES ARTS USUELS.

rière essentiellement périssable, parce qu'une foule de causes, telles que le frottement, les chocs, etc., tendent à les détacher.

Immersion ou imbibition. — Le procédé par **imbibition** ou **immersion** est également d'une application fort simple et remonte peut-être à une époque aussi reculée que le précédent. Il consiste à immerger le bois dans un liquide antiseptique et à l'y laisser pendant un certain temps. Pour former les bains on a indiqué l'*alun*¹, le *sulfate de fer*², l'*acide pyroligneux brut*³, l'*huile de lin*, la *chaux*, le *suif*, le *sublimé corrosif* ou *chlorure de mercure*⁴. On a aussi proposé l'*acide arsénieux*⁵, la *créosote*⁶, le *goudron de houille*⁷, l'*acétate de fer*⁸, le *sulfate de cuivre*⁹, etc. De toutes ces substances quelques-unes, telles que le sublimé et l'acide arsénieux, n'ont pu être adoptées parce qu'on les a trouvées trop chères ou trop dangereuses. Plusieurs autres, comme le sel marin, la potasse, etc., ont dû être rejetées

1. **Alun.** Voyez, sur ce corps, la note 1 de la page 128.

2. **Sulfate de fer.** Sel composé d'acide sulfurique et de protoxyde de fer, qu'on trouve dans le commerce en gros cristaux transparents et d'un beau vert d'émeraude. On l'appelle aussi **vitriol vert** ou **couperose verte**. C'est une des substances principales qu'emploie la teinture. On en fait aussi usage pour la fabrication de l'encre, de plusieurs matières colorantes, etc.

3. **Acide pyroligneux.** Voyez, sur ce corps, la note 2 de la page 64.

4. **Sublimé corrosif.** Substance composée de mercure et de chlore. Voyez page 283.

5. **Acide arsénieux.** Substance composée d'oxygène et d'arsenic. On l'appelle aussi **arsenic blanc**, à cause de sa couleur. En médecine, elle sert à guérir diverses maladies plus ou moins graves. On l'emploie, dans les arts, pour blanchir la pâte du verre; dans les cabinets d'histoire naturelle, pour conserver les objets de nature animale, etc. On en fait aussi usage, sous le nom seul d'**arsenic**, pour empoisonner les animaux nuisibles.

6. **Créosote.** Substance huileuse qui se trouve dans la fumée, ainsi que dans les produits de la distillation sèche des matières végétales. Voyez page 66.

7. **Goudron de houille.** Matière huileuse et empyreumatique, tenant du carbone en suspension, qu'on obtient, comme produit secondaire, dans la distillation de la houille et des schistes bitumineux : elle constitue un des plus importants résidus des usines à gaz.

8. **Acétate de fer.** Liqueur brun foncé qu'on obtient en faisant séjourner des rognures de tôle ou de la vieille ferraille dans du vinaigre de vin ou dans de l'acide pyroligneux distillé. On l'appelle aussi **liqueur de ferraille**, **pyrolignite de fer**, **bouillon noir**.

9. **Sulfate de cuivre.** Sel formé par la combinaison de l'acide sulfurique et du cuivre, et qui se présente en cristaux d'un bleu d'azur. On l'appelle aussi **vitriol bleu**, **vitriol de Chypre**, **couperose bleue**. Il joue un rôle très-considérable dans les ateliers de teinture et d'indiannerie. Le chanlage du blé en consomme aussi une grande quantité.

comme pouvant provoquer ou favoriser les altérations à combattre. Quatre ou cinq seulement, telles que le sulfate de cuivre, la créosote, le goudron de houille, l'acide pyroligneux, ont fourni d'excellents résultats. Malheureusement, elles ne préservent que pour un temps assez court, parce qu'elles n'imprègnent le bois que très-imparfaitement, les gaz contenus dans le tissu ligneux s'opposant à la pénétration du liquide antiseptique au delà de quelques millimètres. Le procédé par imbibition a donc les mêmes défauts que le pinceautage, c'est-à-dire qu'il ne préserve que la surface.

Injection. — La conservation du bois à l'aide des antiseptiques ne peut être parfaite qu'au moyen de l'**injection**, c'est-à-dire en faisant pénétrer les substances préservatrices dans les conduits capillaires et jusqu'au centre des pièces les plus compactes. On opère suivant deux méthodes, dont l'une est fondée sur l'emploi de la *pression en vase clos*, et l'autre sur le *déplacement de la sève*.

A. — 1. La méthode qui emploie la *pression en vase clos* est la plus ancienne. La première idée en appartient à M. Bréant, vérificateur général des essais à la Monnaie de Paris, qui, en 1831, construisit un appareil pour injecter des liquides huileux ou résineux et des solutions métalliques dans l'intérieur du bois. Après avoir équarri les pièces à préparer, cet inventeur les plaçait dans un cylindre de métal, au milieu même de la dissolution à injecter, puis il produisait dans ce cylindre une pression de 10 atmosphères en y introduisant de nouvelles quantités de liquide, au moyen d'une pompe foulante. La dissolution était alors refoulée dans le bois par suite de la réduction du volume des gaz. M. Bréant obtint des résultats encore plus satisfaisants en commençant par faire le vide dans le cylindre. Il déterminait ainsi une dilatation des gaz contenus dans les pores du bois, et ces gaz, s'échappant en partie, étaient remplacés dans les canaux séveux par le liquide qu'y refoulait la pression. Quelquefois même, il chauffait le cylindre afin que la dilatation des gaz atteignît un degré plus élevé. Plusieurs expériences permirent de constater l'excellence du procédé. Ainsi, des pièces de sapin imprégnées d'un mélange de résine et d'huile siccativée furent employées, en 1835, concurrem-

ment avec des pièces de chêne, à la construction du pont Louis-Philippe, à Paris, et furent trouvées en 1848 dans un état parfait de conservation, tandis que celles de chêne, qui avaient été déjà remplacées une fois, étaient presque complètement désorganisées.

2. M. Bréant ne put faire adopter son procédé. Un autre Français, M. Marloye, en 1832, et l'Anglais Moll, en 1835, qui s'occupaient aussi de l'injection des bois en vases clos, ne furent pas plus heureux. Un compatriote de ce dernier, M. Bethell, eut plus de bonheur en 1838. A l'aide d'un appareil, qui en réalité était une simple modification de celui de Bréant, et en se servant de la créosote brute, il imagina un procédé facile dont l'industrie s'empara aussitôt. C'est avec ce procédé qu'en Angleterre, les compagnies de chemins de fer font généralement préparer tous leurs bois. Il s'est aussi répandu en Belgique et dans plusieurs autres parties du continent ; seulement, dans quelques-unes de celles-ci, en Prusse notamment, on remplace la créosote par le *chlorure de zinc*¹. En France, où la créosote est rare et chère, on a mieux aimé employer le sulfate de cuivre, dont les propriétés conservatrices sont au moins aussi prononcées. On injecte les bois avec cette substance à l'aide d'un appareil qui diffère peu, quant aux dispositions principales, de celui de Bethell, et qui a été inventé en 1857 par MM. Légié et Fleury-Pironnet, entrepreneurs au Mans.

B. — 4. L'injection par le **déplacement de la sève** a lieu de deux manières, chacune reposant sur un principe différent. Le premier et le plus ancien procédé est une application de « cette force immense, la force d'aspiration par les feuilles, qui préside à la circulation des végétaux et détermine le transport des liquides de la base au sommet des plus grands arbres. » Le phénomène qui lui a donné naissance a été découvert et étudié par tous les savants du siècle dernier qui se sont occupés de physiologie végétale, notamment par Hales², Duhamel³, Magnol⁴,

1. **Chlorure de zinc.** Sel blanc, très-soluble dans l'eau, qu'on prépare en faisant dissoudre du zinc dans l'acide chlorhydrique.

2. Hales (Etienne), physicien et naturaliste anglais, né en 1677, mort en 1761.

3. Duhamel du Monceau (Henri-Louis), agronome français, né à Paris, en 1700, mort en 1782.

4. Magnol (Pierre), médecin et naturaliste français, né à Montpellier, en 1638, mort en 1745.

Pallas ¹, Bonnet ², etc. ; mais l'idée de s'en servir pour la conservation du bois appartient exclusivement à un de nos compatriotes, le docteur Auguste Boucherie, de Bordeaux.

2. En 1837, date de l'origine du procédé, on coupait l'arbre à préparer au moment où la circulation de la sève est dans toute son activité, et on le plongeait par son extrémité inférieure, encore muni de tout ou partie de son feuillage, dans un réservoir contenant une dissolution de sulfate de cuivre. Malgré cette amputation, la circulation se continuait pendant une quinzaine de jours au moins, et cela suffisait pour que le liquide pénétrât dans tout le corps du bois. Plus tard, en 1839, l'inventeur, au lieu de couper l'arbre, pratiquait sur son pied et sur tout son contour un large trait de scie, qu'il entourait d'une enveloppe en tissu imperméable; puis, au moyen d'un tube, amenait la liqueur préservatrice dans cette espèce de réservoir. Cette liqueur, s'élevant à la suite de la sève ascendante, s'introduisait non-seulement dans le tronc, mais encore dans les branches et les feuilles. Ce mode d'opérer n'a pu être appliqué dans l'industrie, parce qu'il ne permet pas une pénétration complète et régulière dans le tronc, qu'il nécessite une main-d'œuvre dispendieuse et rend difficile la surveillance des travaux.

3. Le second procédé est fondé sur le déplacement et l'expulsion de la sève au moyen de la pression et de la filtration du liquide à injecter. En d'autres termes, dans ce système, on substitue à la force végétative, ou succion vitale, l'action d'une masse de liquide exerçant une pression sur celle que renferme le végétal. Découverte au siècle dernier par Hales, cette action a été complètement étudiée en 1833 et 1834 par M. Biot ³; mais c'est le docteur Boucherie qui, renouvelant en 1840 ce qu'il avait fait en 1837 pour la succion vitale, l'a fait sortir du domaine de la science pure et l'a appliquée à la conservation du bois. Le mode d'opérer est d'une simplicité extrême et ne réclame l'emploi d'aucun appareil coûteux. Les pièces à préparer étant étendues sous une légère inclinaison, on en met l'extrémité

1. Pallas (Pierre-Simon), voyageur et naturaliste prussien, né en 1741, mort en 1811.

2. Bonnet (Charles), naturaliste suisse, né en 1720, mort en 1793.

3. Biot (Jean-Baptiste), physicien français, né à Paris, en 1774, mort en 1862.

supérieure en communication avec un réservoir contenant une dissolution de sulfate de cuivre (fig. 51). La communication se

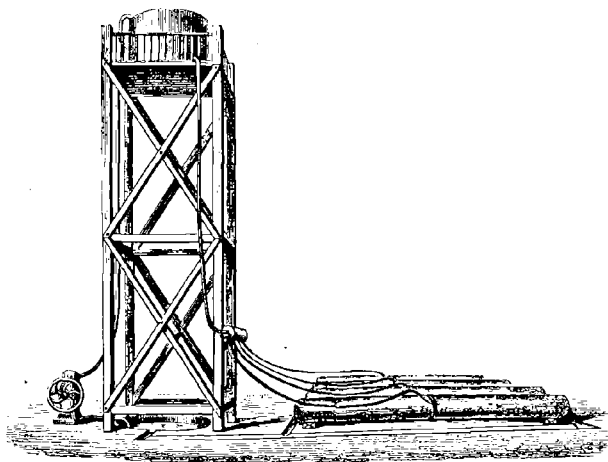


Fig. 51.
Injection du bois.

fait à l'aide d'un tube de caoutchouc ou de toute autre matière, et le réservoir est placé à une hauteur convenable, ordinairement huit à dix mètres. Les choses ainsi disposées, on conçoit que le poids du liquide antiseptique pousse devant lui l'eau de végétation et les substances azotées qu'elle renferme. Cette eau s'écoule par l'extrémité inférieure des pièces, et l'espace d'où elle est chassée est occupé par l'agent conservateur. L'opération est terminée quand, à la place de la sève, il ne sort plus du bois que de la solution sulfatée. Depuis 1850, ce procédé est devenu tout à fait industriel. C'est lui qu'on emploie en France pour la préparation des poteaux télégraphiques. La plupart de nos compagnies de chemins de fer l'ont également adopté¹.

1. Beaucoup d'autres procédés ont été proposés, mais ils ne sont tous que des modifications plus ou moins importantes de ceux dont il vient d'être question. Tels sont ceux de Charpentier (1839), Levien (1840), Loyd-Margery (1840), Mermet (1844), Pagne (1845), Renard Perrin et Testud de Beauregard (1846), etc.

Flamage. — 1. Dans un grand nombre de circonstances, on conserve le bois par le **flamage**, c'est-à-dire en le carbonisant légèrement à la surface. De cette manière, on détruit les matières organiques fermentescibles qu'il contient, et, en même temps, on introduit dans ses pores des substances antiseptiques, telles que la créosote, l'acide pyroligneux, le goudron, etc., qui se forment quand on le soumet à la distillation sèche. Ce procédé est connu depuis des siècles, et son efficacité en a répandu l'usage dans tous les pays. Du temps de Virgile¹, on l'employait déjà pour prolonger la durée des échelas et des vignes. Aujourd'hui, on y a aussi recours pour durcir et conserver les sabots communs, les pelles, les montures des soufflets, les chevilles des harnais et une foule d'ustensiles et d'outils exposés aux intempéries. Enfin, dans plusieurs localités, on soumet, pendant des mois entiers, à l'action de la fumée des morceaux de bois, des rameaux de pin, qui deviennent tellement durs qu'on peut les tarauder à la filière, et l'on se sert de ces sortes de vis, à peu près imputrescibles, pour assembler les planches des roues hydrauliques.

2. La carbonisation superficielle du bois a une action préservatrice si considérable qu'on a essayé, à diverses époques, de l'appliquer aux navires; mais on n'a jamais pu la faire adopter, parce que les moyens pratiques dont on disposait donnaient lieu à de trop grandes dépenses, et exposaient à des dangers d'incendie très-difficiles à éviter. Les choses ont changé depuis quelques années,

grâce à l'invention, par l'ingénieur Lapparent, d'appareils ingénieux qui, brûlant du gaz comprimé, de la houille ou tout autre combustible, permettent d'opérer avec la plus grande sécurité et

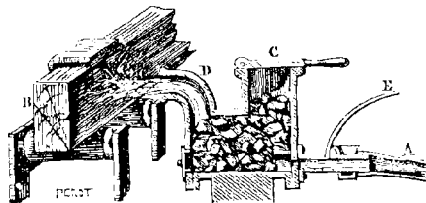


Fig. 52.
Flamage du bois.

d'une manière très-économique. Le dessin ci-joint (fig. 52) re-

1. Virgile (P. Virgilius Maro), un des plus illustres poètes de l'ancienne

présente un de ces appareils : on y brûle de la houille. Il consiste en un fourneau de fonte, muni d'une porte dans le bas pour retirer les résidus de la combustion, d'un trou C dans le haut pour le chargement, d'un conduit recourbé D pour la sortie de la flamme, enfin, d'un orifice d'entrée d'air, situé à la partie inférieure. Ce fourneau est supporté par une colonne, qui peut se mouvoir soit de bas en haut, soit horizontalement autour de son axe. L'air arrive d'un fort soufflet de forge, par un tube en caoutchouc A. Par suite de la grande épaisseur du charbon, cet air se transforme en oxyde de carbone qui vient brûler avec flamme en se mélangeant avec les produits de la distillation du combustible. On augmente cette flamme à volonté en faisant tomber un peu d'eau, goutte à goutte, par un tube spécial E; cette eau se vaporise, puis, par l'effet de la haute température de la houille embrasée, donne de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène. Quant à la pièce à carboniser B, on la place sur des rouleaux, et on la fait avancer ou reculer en même temps qu'on fait monter, descendre ou pivoter le fourneau. Un écran en tôle ramène au besoin la flamme sur le bois.

II. — CONSERVATION DES PIERRES.

1. C'est une chose connue de tout le monde que les variations de la température, les alternatives de sécheresse et d'humidité, la pluie et la gelée altèrent à la longue les pierres calcaires dont sont construits la plupart de nos édifices. Une fois entrée en décomposition, la surface de la pierre se délite et se détache, mettant à nu de nouvelles surfaces encore intactes qui se décomposent et tombent à leur tour. Ainsi l'altération gagne de proche en proche, creusant plus ou moins profondément les pierres. Le mal est encore aggravé par les champignons microscopiques, ou moisissures, dont l'humidité favorise la production, et, ce qu'on ignore généralement, c'est qu'une araignée d'une taille infiniment petite prend une part très-active à cette œuvre de destruction. Cet animalcule se loge dans les pores de la pierre; il y tend sa toile, où

Rome, né près de Mantoue, 69 ans avant J.-C., mort l'an 19 également avant notre ère.

l'humidité atmosphérique se fixe et, à la faveur de cette humidité, les moisissures pullulent et se développent.

2. Quand les causes qui précèdent ont donné un aspect suffisamment sordide à l'édifice, on songe à le nettoyer, et le grattage fait principalement les frais de cette opération. Malheureusement, en grattant les pierres calcaires, on produit souvent des résultats contraires à ceux qu'on veut obtenir; c'est que beaucoup de ces pierres, et ce sont les meilleures, se revêtent, au contact de l'air, d'une écorce plus ou moins dure, qui est assez résistante, sinon pour les rendre tout à fait insensibles aux outrages du temps, du moins pour diminuer leur susceptibilité. Enlever cette couche, qui ne se reforme plus que très-lentement et d'une manière inégale, c'est donc exposer sans défense aux influences atmosphériques les parties qu'elle garantissait, c'est préparer aux moisissures un champ fraîchement labouré. Il résulte de ce fait que les pierres grattées sont plus exposées à la dégradation que celles qui ne l'ont pas été.

3. En examinant les pierres calcaires altérées, on remarque que, lorsqu'il existe dans ces pierres des veines siliceuses, les parties calcaires seules se détruisent, tandis que les veines formées de silice¹ se conservent intactes. Si donc il était possible qu'un édifice, construit avec des pierres de cette nature, ne présentât à l'extérieur qu'une surface uniformément siliceuse, il serait par cela même complètement en état de braver les divers agents qui tendent à le détruire. Cette observation a donné naissance à un procédé de conservation, auquel on a donné le nom de **silicatisation**, parce qu'il consiste à former à la surface des pierres un enduit siliceux au moyen d'une dissolution de silicate de potasse².

1. **Silice ou acide silicique.** Nom donné à une substance composée de silicium et d'oxygène qui est excessivement commune dans la nature. C'est elle, en effet, qui constitue le cristal de roche, les pierres meulières, certains sables, le silex, dont on fait les pierres à briquet, etc. Les parties blanches et brillantes qui scintillent sur les granites de nos monuments, les grès de nos pavés, etc., ne sont autre chose que de la silice.

2. **Silicate de potasse.** Sel composé de silice et de potasse qu'on obtient en fondant ensemble, à un feu de forge, du sable blanc, de la potasse et un peu de charbon. La masse calcinée se dissout facilement dans l'eau bouillante, et donne une liqueur incolore que les anciens chimistes appelaient **liqueur des cailloux**, parce que, pour la préparer, ils employaient les silex pyromaque ou cailloux. C'est avec cette dissolution que l'on darcit ou silicatisé la surface des monuments.

4. L'idée d'employer les silicates à la conservation des édifices est due à MM. Aimé Rochas, ingénieur à Paris, et Frédéric Kuhlman, chimiste à Lille ; elle date de 1840 ou 1841. Le silicate étant préalablement dissous dans une certaine quantité d'eau, on le lance, sous forme de pluie, avec une pompe, sur le monument à préserver. Les aspersions doivent être continuées plusieurs jours de suite, sans autre interruption que celle de la durée des nuits. Ainsi que l'a démontré M. Léon Dalemagne, il est très-important que les pierres soient profondément imprégnées de la liqueur conservatrice. Un enduit superficiel, tel que le badigeonnage, ne produirait aucun effet sur les pierres dures, serait tout à fait insuffisant pour les pierres poreuses, et ne ferait que rendre plus prompte l'altération des pierres tendres à pâte fine et friable.

5. La silicatation, quand elle a été faite avec tous les soins convenables, assure aux monuments une durée à laquelle il ne semble pas, jusqu'à présent, possible d'assigner de limites. Aussi, la considère-t-on comme une des plus précieuses conquêtes de l'architecture moderne.

CHAPITRE IV.

Travaux sous-marins.

Notions préliminaires. — Industrie des plongeurs. — Appareils servant aux travaux sous-marins : cloches, bateaux à air, scaphandres. — Eclairage sous-marin.

Notions préliminaires. — 1. Il est des circonstances où l'on est obligé de travailler sous l'eau. C'est ce qui arrive surtout quand il s'agit d'établir ou de réparer les fondations des digues, des quais, des écluses et autres ouvrages analogues, comme aussi de visiter la carène des navires ou de se livrer à la recherche des objets naufragés. Dès la plus haute antiquité, les opérations de ce genre ont été confiées à des **plongeurs**. Or, quoique l'homme soit admirablement organisé pour résister aux plus grandes variations de température et de climat, il lui est absolument impossible de supporter, même pendant un temps très-court, la privation de l'air. D'anciens récits parlent bien de plongeurs qui auraient séjourné des heures entières sous l'eau ; mais ils

sont trop en contradiction avec les phénomènes physiologiques de la respiration pour qu'on puisse y ajouter foi, et il est permis de supposer que les écrivains qui nous les ont transmis se sont laissé tromper par des mystificateurs ou ont accueilli sans examen des contes populaires.

2. Sauf quelques rares exceptions, les plongeurs les plus habiles ne restent jamais plus de deux à trois minutes au fond de l'eau, ce qui les oblige à interrompre à chaque instant leurs travaux pour venir respirer à la surface; encore même, ne peuvent-ils s'enfoncer de nouveau qu'après avoir pris quelque repos. Afin de prolonger leur immersion, ceux qui exercent ce dangereux métier placent quelquefois dans leur bouche une éponge imbibée d'huile; mais, si l'on considère la faible quantité d'air qui se trouve emprisonné dans les pores de cette éponge, il est évident que ce grossier artifice ne peut produire un résultat bien appréciable.

3. De tout temps cependant, la tendance naturelle de l'esprit de l'homme a été de pénétrer, de vivre dans un milieu pour lequel nos organes n'ont pas été disposés. De là l'invention de divers appareils qui, naturellement rudimentaires à l'origine, ont fini, à la suite de perfectionnements successifs, tous dus au génie moderne, par satisfaire à peu près à tous les besoins. Tels sont les cloches, les bateaux à air et les scaphandres.

I. — LES CLOCHES.

Description des cloches. — 1. Si, après avoir renversé un vase A (fig. 53), on le plonge perpendiculairement dans un liquide, ce liquide ne pénètre pas dans la partie supérieure du vase à cause de l'im-pénétrabilité de l'air. Seulement, en vertu de son élasticité, l'air cède peu à peu à la pression du liquide à mesure que la profondeur augmente, et il se condense de plus en plus dans la capacité qui l'emprisonne; mais, quoi qu'on fasse, le liquide se maintient à un niveau intérieur *m* inférieur au niveau extérieur *n*. L'air empêche donc l'eau de remplir le vase. C'est sur ce principe de physique que repose la construction des cloches.

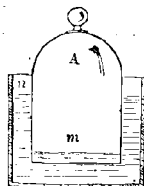


Fig. 53.
Impénétrabilité
de l'air.

2. Toute **cloche à plongeur** consiste en une espèce de grande et lourde cuve renversée (fig. 54), formée quelquefois

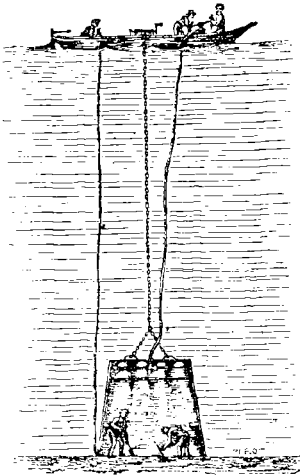


Fig. 54.
Cloche à plongeur.

d'épaisses planches de bois assemblées comme les douves d'un tonneau, le plus souvent coulée en fonte d'une seule pièce. Cette cuve est suspendue à un bateau ou à une charpente établie sur un ponton ou sur le rivage, au moyen d'une chaîne qui, passant dans la gorge d'une poulie, va s'enrouler sur l'arbre d'un treuil actionné par une machine à vapeur ou par des hommes. Quand elle est supportée par une charpente, pour qu'elle puisse se mouvoir latéralement, celle-ci est montée sur une plate-forme à roulettes qui marche sur un petit chemin de fer. A mesure que l'appareil descend, la pression de l'eau comprime l'air ; mais celui-ci empêche l'eau de pénétrer dans

le haut de la cloche, où les ouvriers se tiennent, assis sur des banquettes. Un tuyau de cuir ou de toile caoutchoutée, en communication avec une pompe foulante, ne cesse d'ailleurs d'y amener de l'air frais. Quand la cloche est arrivée sur le fond, l'air comprimé fourni par la pompe chasse l'eau. Les ouvriers descendent alors de leurs sièges et travaillent sur le fond, dans l'intérieur même de la cloche, c'est-à-dire dans un espace très-limité, car la largeur de cet appareil dépasse rarement un mètre et demi.

Histoire des cloches. — 1. C'est dans les œuvres d'Aristote, mort 323 ans avant notre ère, que se trouve la plus ancienne mention relative à l'histoire des cloches. « On procure aux plongeurs, dit ce philosophe, le moyen de respirer en les

faisant descendre dans une cuve d'airain. Cette cuve ne se remplit pas d'eau et conserve l'air, si on la force à s'enfoncer perpendiculairement ; mais, si on l'incline, l'eau y pénètre aussitôt. » Malgré son extrême grossièreté, cet appareil se perpétua jusqu'au xiii^e siècle, ainsi que nous l'apprend un passage de Roger Bacon ¹.

2. Le premier emploi des cloches dans les temps modernes remonte à l'année 1538. En présence de Charles-Quint et de plus de 10,000 personnes, deux Grecs descendirent dans le Tage, à Tolède, et, ce qui excita l'admiration générale, c'est qu'une lumière qu'ils avaient emportée avec eux ne s'éteignit pas. Pour faire cette expérience, ils s'étaient servis d'une chaudière renversée, suspendue à des cordes, et ayant un plancher dans son intérieur. A partir de ce moment, il est souvent question de cloches à plongeur, disposées de la même manière, dans les écrits des savants et des mécaniciens. Plus tard, mais à une époque inconnue, on imagina de faire porter ces appareils, quand ils étaient au fond de l'eau, sur trois pieds ayant une hauteur moindre que la taille de l'homme. François Bacon ², à qui nous devons la connaissance de cette disposition, rapporte que les plongeurs, au lieu de remonter à chaque instant à la surface de l'eau, se rendaient dans la cloche pour y reprendre haleine, après quoi ils retournaient à leur travail.

3. En 1665, dans l'île de Mull, sur la côte occidentale d'Ecosse, on retira du fond de la mer quelques canons provenant d'un navire espagnol coulé depuis près de soixante-dix-sept ans. On se servit pour cela d'une cloche composée de deux parties principales : une sorte d'escabeau sur lequel le plongeur se tenait, et une cuve, dans laquelle la partie supérieure de son corps restait logée. Cette opération n'avait rien d'extraordinaire. Néanmoins, plusieurs savants, entre autres, Saint-Clair, en 1669, et Struve, en 1676, crurent devoir en publier des descriptions détaillées, qui eurent pour résultat d'attirer l'attention sur les cloches à plongeur, et il n'en fallut pas davantage pour engager les cher-

1. Bacon (Roger), moine anglais, un des savants les plus célèbres de son temps, né en 1214, mort en 1294. L'étendue de ses connaissances, prodigieuse pour l'époque, le fit surnommer le *Docteur admirable*.

2. Bacon (François), philosophe anglais, né en 1560, mort en 1626, que l'on place au nombre des génies les plus extraordinaires.

cheurs à perfectionner ces appareils afin de pouvoir en multiplier les applications.

4. A la fin du xvii^e siècle; les cloches à plongeur que l'on regardait comme les mieux construites consistaient en des espèces de cuves en forme de cône tronqué, faites de pièces de bois assemblées comme les douves d'un tonneau, et consolidées par des cercles. La lumière y pénétrait par des ouvertures percées dans la partie supérieure et fermées par des lentilles de verre. Elles étaient lestées au moyen de masses de plomb qui, suspendues à la partie inférieure, servaient à les faire descendre dans l'eau et à les maintenir dans une position verticale. Enfin, un banc placé transversalement à une certaine hauteur recevait les ouvriers pendant la descente et la remonte. Comparées aux appareils qui les avaient précédés, ces cloches étaient un progrès; mais elles offraient encore de nombreux inconvénients. Le principal provenait de la nécessité où l'on était de les remonter très-souvent pour renouveler la provision d'air, ce qui rendait plus rapide l'usure des câbles de suspension, et, par suite, en favorisait la rupture.

5. Vers 1716, le physicien anglais Edmond Halley fit disparaître d'une manière fort simple l'inconvénient que nous venons de signaler. Des barils, lestés avec soin et remplis d'air, étaient descendus l'un après l'autre à la profondeur où se trouvait la cloche. Le plongeur, saisissant alors l'extrémité d'un tuyau flexible dont ces barils étaient munis, l'amenait dans la cloche, et il n'en fallait pas davantage pour faire passer dans celle-ci l'air qu'ils contenaient. En même temps, l'air vicié par la respiration, étant plus léger que l'air frais qui arrivait, gagnait le haut de la cloche et on le faisait sortir en ouvrant un robinet¹.

6. Le capitaine suédois Triewald, en 1732, et l'armateur anglais Spalding, vers 1775, s'occupèrent, non sans succès, de doter les cloches de nouvelles améliorations; mais leurs inven-

1. Afin de permettre au plongeur de travailler à une certaine distance de la cloche, Halley imagina de le coiffer d'une petite cloche qui reposait sur ses épaules, et communiquait avec la grande par un tuyau de cuir; mais cette addition n'eut aucun succès parce qu'elle fut trouvée très-incommode et surtout très-dangereuse. En effet, l'ouvrier était obligé de tenir constamment la tête parfaitement droite, car la plus légère inclinaison de la cloche l'aurait exposé à être noyé, en faisant monter l'eau au-dessus des narines.

tions furent bientôt dépassées par celles des ingénieurs Smeaton et Rennie. En 1788, Smeaton imagina de faire les cloches en fonte de fer et d'un seul jet, puis, supprimant le lest, il donna à leurs parois une épaisseur suffisante pour qu'elles pussent s'enfoncer en vertu de leur propre poids. Enfin, mettant de côté les barils de Halley, il envoya l'air aux plongeurs au moyen d'un tuyau flexible maintenu en communication avec une pompe foulante. Quant à Rennie, en 1812, il compléta l'œuvre de Smeaton, en suspendant les cloches à une plate-forme à roulettes disposée de manière à leur imprimer un mouvement latéral de locomotion.

7. Ainsi que nous l'avons vu en commençant, les cloches qu'on emploie aujourd'hui sont construites comme celles de Rennie et Smeaton. Toutefois, malgré les services qu'elles rendent en diverses circonstances, elles n'en sont pas moins des appareils assez imparfaits. On leur reproche surtout d'être lourdes, d'une manœuvre difficile, et d'exposer constamment les travailleurs à périr, par suite de la rupture possible du tuyau d'air ou de celle du câble de suspension, et les moyens qu'on a imaginés pour remédier à ces divers inconvénients n'ont eu, jusqu'à présent, aucun succès pratique.

Pour prévenir le danger dû à la rupture du tuyau d'air, on a proposé de supprimer ce tuyau et d'embarquer dans la cloche, outre une quantité d'air suffisante pour faire vivre l'équipage pendant un temps donné, une provision de substances propres à régénérer l'air expiré. Emise, dès 1814, par l'ingénieur français Coessin, cette idée a été réalisée pratiquement, vers 1841, par un autre de nos compatriotes, le docteur Payerne, de Cherbourg. Néanmoins, jusqu'à présent, on a mieux aimé s'en tenir à l'ancien système.

Les inventions ayant pour objet de faciliter la manœuvre n'ont pas eu beaucoup plus de succès. Les cloches construites à cet effet (*fig. 53*) ne sont pas suspendues; mais leur intérieur est divisé en un certain nombre de compartiments BC, placés autour d'une chambre centrale A, ou chambre des ouvriers, et destinés à être remplis, tantôt d'eau, tantôt d'air comprimé. On entre dans la chambre par un trou d'homme E, qui se ferme hermétiquement au moyen d'une plaque de fonte. L'air est fourni par un robinet R, auquel aboutit un tuyau de caoutchouc F en communication

permanente avec une pompe foulante installée sur un ponton ou sur le rivage. Pour faire enfoncer l'appareil, un des plongeurs

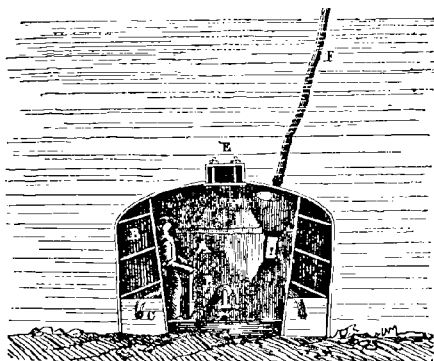


Fig. 55.
Nautilus.

remplit d'eau les chambres latérales en agissant sur des robinets disposés pour cela. Pour le faire remonter, à un signal donné de l'intérieur, la pompe foulante envoie dans ces mêmes chambres une masse d'air comprimé qui en chasse l'eau et, par suite, rend l'appareil plus lé-

ger. Aux cloches de ce système appartenait le **nautilus** des Américains Hallett et Williamson, qui fut expérimenté sur la Seine, à Paris, pendant l'été de 1857.

II. — LES BATEAUX A AIR.

1. Les cloches à plongeur ne pouvant recevoir que trois ou quatre ouvriers, on les remplace, quand on a besoin d'un atelier un-peu nombreux, par des appareils de dimensions plus considérables, qu'on appelle **bateaux à air**. Ce sont de grandes caisses ouvertes par le bas, et qu'on maintient étanches au moyen de l'air comprimé.

2. Les bateaux à air sont d'origine française. Ils ont été conçus en 1778 par le physicien Coulomb¹, à l'occasion de travaux qu'il s'agissait d'exécuter pour améliorer la navigation de la Seine, près de Quillebœuf. Les plans de ce savant furent com-

1. Coulomb (Charles-Auguste de), célèbre physicien et officier de l'arme du génie, né à Angoulême, en 1736, mort en 1806.

muniqués à l'Académie des sciences ; mais, malgré l'approbation de cette société célèbre, il n'y fut donné aucune suite.

3. L'invention de Coulomb resta dans l'oubli jusqu'en 1844, époque à laquelle une circonstance semblable à celle qui lui avait donné naissance vint la remettre en lumière. Depuis deux ou trois ans, on s'occupait d'enlever des rochers qui obstruaient le chenal du port du Croisic (Loire-Inférieure). La besogne était peu aisée, et ce qui augmentait encore les difficultés, c'est que, tout en opérant, il ne fallait pas empêcher la circulation des navires. Après avoir employé, sans grands résultats, tous les moyens connus, l'ingénieur de Lagournerie, directeur des travaux, en cherchait de plus efficaces, quand un de ses collègues, M. Reibell, appela son attention sur l'appareil proposé par Coulomb. M. de Lagournerie, s'inspirant du travail de ce dernier, rédigea aussitôt un projet, qui fut l'objet de quelques critiques bienveillantes de la part du Conseil général des ponts et chaussées. Un second fut approuvé l'année suivante, c'est-à-dire en 1845, et peu de mois suffirent pour que le bateau pût être employé.

4. L'appareil Lagournerie se composait de trois parties : une chambre centrale, ou *chambre à air*, et deux chambres extrêmes, ou *chambres à eau*, situées l'une à l'avant et l'autre à l'arrière, et communiquant ensemble par des couloirs. La chambre centrale était ouverte par le bas et hermétiquement fermée par le haut, où un trou d'homme était ménagé pour l'entrée des ouvriers. Des oculaires de verre permettaient à la lumière d'y pénétrer. Enfin, un grillage la partageait horizontalement en deux étages, appelés l'un, le supérieur, *chambre d'attente*, l'autre, l'inférieur, *chambre de travail*. Les chambres extrêmes étaient closes de toutes parts. L'appareil étant amené à l'endroit où il devait servir, les ouvriers entraient dans la chambre d'attente par le trou d'homme, qu'on fermait aussitôt. Alors, au moyen de robinets fixés au plafond, on remplissait d'eau les deux chambres extrêmes et les couloirs qui les réunissaient. Le bateau recevait ainsi un lest suffisant pour le faire enfoncer et le maintenir en place là où il s'était échoué. Pendant l'immersion, l'eau pénétrait nécessairement dans la chambre de travail, mais on l'en expulsait avec l'air comprimé que fournissait une pompe à vapeur. Ce point obtenu, les ouvriers, qui jusque-là s'étaient

tenus sur le plancher en grillage, descendaient sur le rocher, battaient des mines, divisaient les blocs, et retiraient les fragments sans être gênés par l'eau. Pour la mise à flot, on faisait agir l'air comprimé sur l'eau des chambres extrêmes. Le bateau donna d'excellents résultats à 2 mètres 25 sous l'eau, malgré un courant très-rapide. Il contenait vingt-cinq hommes, dont seize occupés à forer des mines et neuf travaillant à pic.

5. Depuis 1845, plusieurs bateaux à air ont été construits en France, en Angleterre et ailleurs. Nous citerons particulièrement ceux qui ont été faits, depuis 1848, par M. François Cavé, mécanicien à Paris, pour le service de la Seine et du Nil, et celui que, sous le nom d'**hydrostat sous-marin**, un autre de nos compatriotes a employé, il y a peu d'années, pour débarrasser l'entrée du port de Fécamp des galets qui l'encombraient. Ces appareils conviennent admirablement pour les petites profondeurs. Dans les rivières, on préfère généralement les tenir à flot; mais à la mer on les échoue, afin de les assujettir contre les courants des marées et l'agitation de l'eau.

III. — LES SCAPHANDRES.

1. Les cloches à plongeur et les bateaux à air ne peuvent être employés que lorsque les ouvriers doivent travailler sous leurs pieds, ce qui empêche d'y avoir recours dans une foule de circonstances. Au contraire, les **scaphandres**¹ permettent de travailler dans toutes les directions et dans tous les cas possibles; mais il en faut autant que de plongeurs, tandis que chaque cloche, comme chaque bateau, peut recevoir un certain nombre d'hommes.

2. Les scaphandres datent probablement de la même époque que les cloches. Toutefois, les plus anciens dont la disposition soit connue paraissent être ceux qui sont représentés dans les œuvres de Léonard de Vinci². L'un consiste en un simple tube respira-

1. **Scaphandre**, du grec *scaphé*, bateau, et *andr*, *andros*, homme. Ce mot a été créé, vers 1769, par un ecclésiastique français, l'abbé de Lachapelle, pour désigner un appareil de natation, une espèce de ceinture de sauvetage, de son invention.

2. Vinci (Léonard de), un des plus grands génies du xv^e siècle, né près de Florence, en 1452, mort en 1519, fut à la fois sculpteur, peintre, ingénieur, architecte et physicien de premier ordre.

toire, dont une des extrémités couvre la bouche du plongeur, pendant que l'autre est soutenue hors de l'eau par un flotteur. Un second ressemble à une grosse outre qui entoure le bas de la figure de l'ouvrier jusqu'au-dessus des narines, et dans laquelle ce dernier puise l'air par un petit trou placé vis-à-vis de sa bouche. Enfin, un troisième, que Léonard dit être employé dans l'Inde pour la pêche des perles, se compose d'une espèce de sac qui enveloppe la tête et le haut de la poitrine du plongeur, et qui est mis en communication avec l'air extérieur au moyen d'un tube flexible à flotteur. Ces appareils étaient trop grossiers pour qu'il fût possible d'en tirer sérieusement parti, mais les perfectionnements ne tardèrent pas à paraître.

3. Du temps de Halley, c'est-à-dire dans la seconde moitié du *xvii^e* siècle, les scaphandres avaient déjà reçu de notables améliorations. En Angleterre, où l'on en faisait un fréquent usage, ils consistaient généralement en une espèce d'armure métallique qui renfermait la tête et le buste, et à laquelle étaient fixés des manches et un pantalon de cuir huilé. La tête portait sur le devant une ouverture que fermait un verre bombé, et, sur le derrière, deux courts tubes de cuivre sur lesquels étaient vissés un égal nombre de longs tuyaux de cuir. Le bout libre de ces derniers s'élevait au-dessus de l'eau. Dans l'un, on entretenait un courant d'air frais au moyen d'un grand soufflet, et l'autre servait à conduire au dehors l'air expiré. Avec des appareils ainsi disposés, on pouvait descendre jusqu'à des profondeurs de quatre à cinq mètres; au delà, la pression de l'eau arrêtait la circulation du sang et occasionnait souvent de graves accidents.

4. Une multitude d'inventions furent faites, tant pendant le siècle dernier que dans les premières années de celui-ci, pour améliorer les scaphandres; mais on ne commença à obtenir des résultats que lorsqu'on eut imaginé d'y envoyer un courant d'air continu au moyen d'une pompe foulante, comme Smeaton l'avait fait, en 1788, pour les cloches. Cette innovation capitale paraît avoir pris naissance aux États-Unis, vers 1820. Elle fut introduite quelques années après en Angleterre, d'où elle passa dans le reste de l'Europe. C'est de cette époque que datent les grandes applications des scaphandres à l'art des constructions sous-marines.

5. Il existe aujourd'hui un grand nombre de scaphandres, mais ils sont tous établis d'après les mêmes principes et ne diffèrent que par certains détails. Tous se composent d'un casque de cuivre ou d'acier et d'un vêtement en toile imperméable (fig. 56). Le casque est muni d'un masque de verre ou de plu-



Fig. 56.
Scaphandre.

sieurs oculaires de même matière BCI, et l'air y arrive par un tuyau AT qu'alimente une pompe foulante. Des chaussures de plomb et des masses de fonte facilitent l'immersion du plongeur, qui reste en communication avec l'extérieur au moyen d'une corde à signaux, dont un bout est attaché à sa ceinture, tandis que l'autre reste entre les mains d'un ouvrier spécialement chargé de ce soin.

6. Nous venons de voir que les scaphandres sont alimentés d'air respirable par une pompe foulante. Or, quelque habitués qu'ils soient, il est impossible que les hommes chargés de manœuvrer cette pompe envoient l'air d'une manière assez régulière pour qu'il se trouve toujours en rapport avec la pression exercée extérieurement par l'eau. Aussi, les plongeurs sont-ils soumis à des

alternatives de pression et de dépression qui gênent leur respiration et les obligent parfois à suspendre leurs travaux. C'est pour remédier à ce défaut qu'un de nos ingénieurs des mines, M. Rouquayrol, secondé plus tard par le lieutenant de vaisseau Denayrouse, a inventé l'appareil qui porte son nom. L'air est également fourni à cet appareil par une pompe foulante, mais il ne se rend à la bouche du plongeur qu'après avoir momentanément séjourné dans un réservoir que ce dernier porte sur le dos comme un sac

de soldat, et qui ne le laisse passer qu'à une pression toujours égale à la pression ambiante. De cette façon, l'ouvrier a constamment la quantité d'air dont il a besoin suivant la profondeur à laquelle il se trouve. L'appareil Rouquayrol est le moins ancien de tous les scaphandres ; mais les avantages qu'il procure sont si grands que l'usage s'en est rapidement répandu dans la plupart des pays maritimes.

IV. — ÉCLAIRAGE SOUS-MARIN.

1. Dans certains parages privilégiés, sur les côtes d'Italie par exemple, la lumière solaire traverse l'eau avec une telle intensité qu'on y voit assez clair à des profondeurs de 30 à 40 mètres. Partout ailleurs, l'obscurité règne à partir de quelques mètres, 5 ou 6 au plus. Il a donc fallu imaginer un éclairage sous-marin qui permit aux plongeurs de se livrer à leurs occupations habituelles, aussi épaisses que fussent les ténèbres environnantes. Les recherches faites dans cette direction ont produit un assez grand nombre de lampes ; quelques-unes seulement ont pu devenir pratiques. Telles sont la lampe à huile de M. Cabirol et la lampe électrique de MM. Rouquayrol et Denayrouse.

2. La **lampe Cabirol** est une lampe ordinaire, carcel ou modérateur, enfermée dans un globe de cristal et protégée par une cage de cuivre contre les chocs extérieurs. Elle brûle dix heures avec un bel éclat. Un tuyau de caoutchouc et une petite pompe aspirante servent à enlever l'air vicié par la combustion, tandis qu'un second tuyau remplace cet air, à mesure qu'il disparaît, par de l'air frais puisé à la surface de l'eau.

3. La **lampe Rouquayrol-Denayrouse** a surtout l'avantage de supprimer toute espèce de tuyau. Elle ne fonctionne, il est vrai, que pendant trois heures, mais rien n'empêche d'en avoir plusieurs de rechange.

CHAPITRE V.

Fondations tubulaires.

Origine indienne des *fondations tubulaires*. — Leur importation en Europe. — Brunel et le tunnel de la Tamise. — Perfectionnements divers : emploi des tubes métalliques, enfoncement par aspiration. — Système Triger.

Origine des fondations tubulaires. — 1. Dans l'Inde, on emploie de temps immémorial des puits en briques pour les fondations des édifices, partout où il existe un sous-sol de sable ou d'argile. « Le terrain est si mouvant dans certains endroits, que des pilotages seraient sans efficacité; une sonnette eût d'ailleurs été une machine beaucoup trop compliquée pour les Indous, et, dans certaines provinces, on n'eût pu se procurer des pilotis qu'à grands frais. Le procédé ingénieux qui a été adopté est tout à fait approprié à la nature du terrain et au genre de matériaux dont on dispose. Ajoutons qu'une religion qui défie les grandes rivières, qui favorise les constructions de temples sur leurs bords, et dont les cérémonies s'accomplissent, en partie, dans le lit même des fleuves, met ses sectateurs dans la nécessité de trouver un moyen de fonder dans les terrains mouvants. »

2. Quand les ingénieurs indous veulent appliquer leur méthode, ils creusent le sol jusqu'à la rencontre de l'eau. Arrivés à ce point, ils placent une couronne de bois, puis construisent au-dessus un tube en maçonnerie de briques, qu'ils font descendre en creusant la terre par-dessous et en le chargeant de poids. Le travail a lieu sans interruption, afin que les maçonneries descendent d'une manière continue, et qu'elles ne puissent pas adhérer fortement aux terres. Enfin, quand le tube est arrivé au terrain solide, on le remplit de mortier et on le couvre d'une voûte. Un grand nombre de puits semblables sont établis à petite distance les uns des autres, et c'est sur l'espèce de plancher à

claire-voie qui résulte de l'ensemble de leurs voûtes, qu'on élève les édifices, ponts, temples, palais, etc.

Brunel et le tunnel de Londres. — Après avoir longtemps pratiqué ce système de construction dans leurs possessions de l'Inde, les Anglais l'ont introduit en Europe, où l'on n'a pas manqué de lui trouver de nombreuses applications. L'ingénieur Brunel¹ paraît être le premier qui l'ait employé sur une grande échelle. En 1825, pour établir le puits qui donne accès au tunnel sous la Tamise, il descendit en terre une tour en maçonnerie qui avait près de 13 mètres de hauteur et plus de 15 mètres de diamètre. Quelque temps après, il exécuta une opération semblable à Wapping, pour l'autre entrée du souterrain; mais cette fois il descendit jusqu'à 24 mètres 38' de profondeur.

Perfectionnements divers. — A l'exemple de Brunel, plusieurs ingénieurs anglais employèrent des puits en maçonnerie pour diverses constructions. Plus tard, on donna la préférence à des **tubes métalliques**. On admet généralement que le premier usage de ces tubes eut lieu vers 1835, lors de l'établissement de l'embarcadère de Milton-on-Tames, où ils servirent de batardeaux. En 1843, le docteur Potts imagina de les enfoncer en y faisant le *vide*. Ce système fut soumis à de nombreuses expériences; mais les résultats n'ayant pas été assez satisfaisants, on finit par l'abandonner.

Système Triger. — 1. En 1841, au moment même où le docteur Potts commençait les études qui le conduisirent à inventer son système, un ingénieur français, M. Triger, imaginait un procédé qui devait avoir le plus brillant succès. Chargé d'organiser l'exploitation des houillères de Chalennes, non loin d'Angers, il réussit à foncer un puits dans un terrain des plus aquifères, que les eaux de la Loire rendaient en quelque sorte inabordable. Un cylindre en tôle, composé d'anneaux boulonnés entre eux, fut enfoncé dans le sol; il était divisé en trois compartiments, ou chambres, par des cloisons horizontales. « Le compartiment supérieur restait toujours ouvert, le compartiment inférieur était l'atelier de fonçage, et celui du milieu servait de chambre d'équi-

1. Sur Brunel et son tunnel, voyez page 360.

libre, destinée à être mise en communication, tantôt avec le compartiment du haut, tantôt avec celui du bas (fig. 57). Les choses étant ainsi disposées, on faisait arriver dans le compartiment du fond de l'air incessamment comprimé par une machine à vapeur. Cet air chassait l'eau par un tube dont la partie supérieure plongeait jusqu'au fond de l'excavation et dont la partie supérieure s'élevait au-dessus du cylindre. Les ouvriers pouvaient

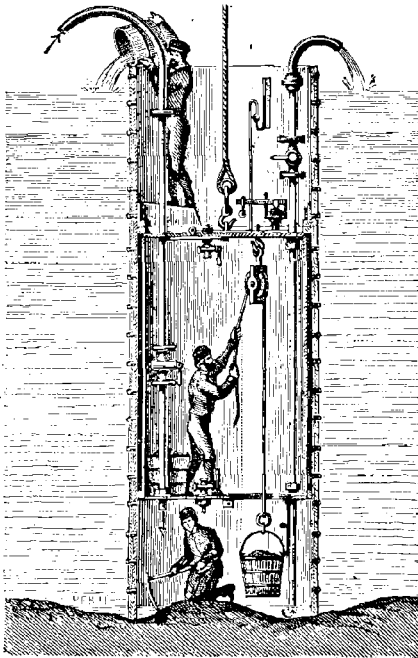


Fig. 57.

Fondations tubulaires

donc pénétrer du premier compartiment, ouvert au jour, dans le second, qui était ensuite fermé hermétiquement, et dans lequel l'air à la pression ordinaire était mis en communication avec l'air comprimé du troisième. Arrivés dans le troisième compartiment, ils excavaient les sables et faisaient descendre le cylindre, puis ils accumulaient les débris de l'excavation dans le compartiment du milieu, et n'avaient, pour les sortir, qu'à fermer la communication avec le bas et ouvrir la porte du

haut. Une pression, suffisante pour équilibrer les eaux supérieures, était maintenue pendant le travail sans incommoder sensiblement les travailleurs. » (Burat.)

2. En 1843, M. Triger proposa l'emploi de son système pour la fondation des piles de pont. Six ans après, le pont de Rochester fut établi de cette manière, et avec un bonheur qui dépassa toutes les espérances. Aujourd'hui, ce procédé est tout à fait entré dans la pratique. On y a recours partout pour effectuer les fondations des ponts de premier ordre, parce qu'il permet de faire économiquement et avec une rapidité merveilleuse des travaux qui, si l'on en était réduit aux moyens ordinaires, seraient d'une exécution, sinon tout à fait impossible, du moins excessivement difficile. Il consiste essentiellement à faire descendre sur le lit d'un fleuve ou d'une rivière un large cylindre en fonte ou en tôle, formé, comme nous l'avons déjà dit, d'anneaux qui s'ajustent les uns à la suite des autres. La partie inférieure de ce cylindre est ouverte et repose sur le fond du fleuve, tandis que sa partie supérieure est fermée hermétiquement. Un plancher horizontal le divise en deux compartiments. On pénètre de l'extérieur dans la chambre supérieure, et de celle-ci dans l'inférieure, à l'aide d'espèces de soupapes. De l'air comprimé fourni par une machine à vapeur chasse l'eau de la chambre inférieure et prend sa place. Les ouvriers, qui d'abord s'étaient tenus dans la chambre supérieure, descendent alors sur le lit du fleuve et le creusent. A mesure que le fonçage avance, on allonge le cylindre en y ajoutant des anneaux par l'extrémité supérieure. Enfin, quand on est arrivé à la profondeur voulue, on remplit le cylindre avec du béton, et l'on obtient ainsi une fondation solide sur laquelle on construit ensuite la maçonnerie des piles.

CHAPITRE VI.

Les Ponts et les Tunnels.

Les *ponts* : notions préliminaires ; ponts de bois, ponts en maçonnerie, ponts métalliques, ponts suspendus. — Les *tunnels* : définition ; tunnels de l'antiquité ; tunnels du moyen âge ; tunnels modernes : moyens d'exécution.

I. — LES PONTS.

Notions préliminaires. — Les **ponts** figurent au premier rang des produits de l'art de bâtir, et le soin apporté à

leur construction donne toujours une idée exacte des progrès de l'industrie chez les différents peuples. On en distingue quatre sortes principales : les *ponts de bois*, les *ponts en maçonnerie*, les *ponts métalliques* et les *ponts suspendus*. Ceux qui servent spécialement au passage des chemins de fer portent le nom de *viaducs*.

Ponts de bois. — 1. Ce sont probablement les plus anciens ponts qu'on ait construits. Quelques troncs d'arbres, jetés en travers d'une rivière, ont primitivement suffi pour les établir; mais on conçoit que ce système, convenable pour des cours d'eau d'une très-faible largeur, a dû être abandonné aussitôt qu'on a eu besoin de franchir de grandes distances. On a été ainsi amené à inventer, d'abord les *ponts à travées*, puis les *ponts en arc de cercle*.

2. Les **ponts à travées** se composent de pièces de charpente couchées horizontalement sur des points d'appui également en charpente ou sur des piles en maçonnerie. Tous les peuples civilisés de l'antiquité et des temps modernes en ont fait usage. La longueur des travées de ces ponts, étant subordonnée à celle des pièces qui les constituent, ne peut jamais être bien grande, à cause des dimensions énormes qu'il faudrait donner à ces dernières. Néanmoins, dans les pays où le bois est très-abondant, on a quelquefois obtenu, sous ce rapport, des résultats surprenants. Ainsi, à Schaffouse, on a construit sur le Rhin un pont de deux travées ayant chacune 50 mètres de longueur. Ainsi encore, on a élevé à Vetingen, sur la Limmat, un pont dont l'unique travée n'a pas moins de 118 mètres d'ouverture : c'est probablement le plus remarquable des ouvrages de ce système.

3. De nos jours, les Américains, chez qui les meilleures qualités de bois abondent, ont imaginé un système de ponts à travées qui réunissent une grande élégance à une extrême solidité. Ces ponts, dits **à l'américaine** ou **à treillage**, ont été introduits dans la pratique par l'ingénieur Ithies Town. Ils consistent en un plus ou moins grand nombre de travées reposant sur des piles en maçonnerie et formées d'un treillage en planches épaisses, chevillées entre elles et maintenues en haut et en bas par des pièces longitudinales. Les ponts de ce genre offrent, dans

une foule de cas, des avantages incontestables. Aussi, leur emploi s'est-il répandu en Amérique aussi bien qu'en Europe, où l'on y a indistinctement recours pour le passage des rivières et l'établissement des chemins de fer.

4. Les ponts à travées nécessitant de nombreux points d'appui, qui gênent plus ou moins la navigation, on a eu l'idée de remédier à cet inconvénient en inventant les **ponts en arc de cercle**. Ces ouvrages se composent d'arches d'une ouverture souvent considérable, qui sont faites de pièces de bois courbes et reposent par leurs extrémités sur des piles en maçonnerie. Cette combinaison nouvelle des bois de charpente est d'origine française. Elle a été indiquée, en 1811, par M. Saint-Phar, ingénieur des ponts et chaussées, et, en 1819, par M. Emy, colonel du génie. Ce dernier en fit même, en 1825, une heureuse application sur un hangar, à Marac, près de Bayonne. Enfin, en 1827, les ingénieurs anglais John et Benjamin Green, à qui nos voisins en attribuent l'invention, et qui probablement ne connaissaient pas les travaux de nos compatriotes, la firent définitivement entrer dans la pratique en l'employant pour la construction du pont de Scotswood, sur la Tyne, en Ecosse.

Ponts en maçonnerie. — 1. Le plus ancien pont de cette classe dont l'histoire ait conservé le souvenir est, dit-on, celui qui fut construit sur l'Euphrate, à Babylone, par Nitocris¹ suivant Hérodote, par Sémiramis², suivant Diodore; mais cet ouvrage n'était pas un pont de pierre proprement dit, car il consistait en un tablier de charpente reposant sur des piles en maçonnerie. Pour faire ces dernières, on avait détourné le fleuve, et lorsqu'elles avaient été terminées, on l'avait ramené dans son lit.

2. Les rivières de la Grèce étant peu importantes, aisément guéables ou faciles à passer au moyen de planchers en charpente, les ingénieurs de ce pays eurent peu à s'occuper de la construction des ponts en maçonnerie. Aussi firent-ils peu avancer cette branche de l'art de bâtir. Les Romains se trouvèrent dans

1. Nitocris, reine de Babylone, administra pendant la folie de Nabuchodonosor II, son mari, c'est-à-dire de l'an 555 à l'an 562 avant Jésus-Christ.

2. Sémiramis, reine d'Assyrie, régna après la mort de son mari, le roi Ninus, c'est-à-dire de l'an 1916 à l'an 1874 avant Jésus-Christ.

une situation diamétralement opposée. Quoique Vitruve¹ ne nous ait rien transmis sur les procédés qu'ils employaient, les nombreux ponts qu'ils nous ont laissés n'en suffisent pas moins pour donner une idée de leur habileté. Sur les grands cours d'eau, les ponts qu'ils élevaient étaient toujours étroits et tantôt étendus sur un plan presque horizontal, tantôt disposés en dos d'âne, avec une montée très-roide de chaque côté. La chaussée était pavée de larges dalles, munie de parapets et de trottoirs. Une porte qui se fermait avec une chaîne ou une herse, se trouvait souvent à l'une des extrémités. On la remplaçait quelquefois par un arc de triomphe, qui pouvait aussi servir à intercepter le passage. Les arches étaient toujours demi-circulaires, et leur diamètre avait parfois de grandes dimensions. Il en existe encore une à Narni, qui ne compte pas moins de 30 mètres 48 d'ouverture, et les piles qui la supportent ont 44 mètres 50 de hauteur au-dessus de la rivière. Enfin, comme on en voit un exemple à Céret, dans les Pyrénées-Orientales, les piles et les tympans présentaient quelquefois des espèces de fenêtres pour faciliter l'écoulement des eaux à l'époque des grandes crues.

3. Les ingénieurs du moyen âge se bornèrent d'abord à copier les ponts romains ; ce ne fut même qu'assez tard qu'ils en modifièrent les dispositions. Pendant toute cette période, les ponts continuèrent à être très-étroits ; mais, pour remédier à leur peu de largeur, on établit presque toujours au-dessus des piles des enfoncements plus ou moins profonds, qui servaient de refuge aux passants quand la chaussée était encombrée par les voitures ou les animaux. Les arches, tantôt demi-circulaires, tantôt ogivales, suivant les époques, étaient de dimensions inégales, celle du milieu, beaucoup plus haute et plus large que les autres, ce qui donnait à la construction une forme en dos d'âne très-prononcée. Enfin, des tours fortifiées défendaient souvent les deux extrémités. Quelquefois même, comme le pont Valendré, à Cahors, en offre un exemple, une troisième tour se trouvait au milieu.

4. La construction des ponts reçut quelques améliorations vers la fin du xvi^e siècle. Toutefois, les grands progrès ne commencèrent véritablement, du moins en France, que cent cinquante

1. Voyez, sur Vitruve, la note 2 de la page 128.

ans plus tard. A cette époque, l'illustre ingénieur Perronet démontra qu'on avait donné jusqu'alors aux piles et aux voûtes des épaisseurs exagérées et nuisibles, et construisit à Neuilly (1768-1773), à Pont-Saint-Maxence (1774) et à Paris (1786), des ponts étonnants d'audace et de science : enfin il dressa, pour déterminer les dimensions des ouvrages de ce genre, des tables précieuses qui, aujourd'hui encore, sont fréquemment consultées. Quelques années après, un ingénieur anglais, Thomas Telford, remarquant l'extrême solidité des monuments irlandais connus sous le nom de *tours rondes*, comprit l'avantage qu'on pourrait retirer des maçonneries creuses, et appliqua, pour la première fois, ce système aux culées du pont de Montfort (1795). Un peu plus tard (1813), M. Deschamps, ingénieur du pont de Bordeaux, imagina, pour réduire la charge des piles de ce monument, des dispositions ingénieuses qui diminuèrent énormément le poids des voûtes. Vers le même temps, M. John Rennie, en Angleterre, fit entrer dans la pratique générale l'emploi des parements courbes, auquel on avait déjà eu recours dans un petit nombre de circonstances exceptionnelles. A partir de ce moment, l'établissement des ponts en maçonnerie n'a cessé de recevoir des améliorations de tout genre. Néanmoins, les perfectionnements nouveaux ne sont devenus bien sensibles que lorsque les chemins de fer se sont répandus. Les ingénieurs de ces voies de communication, ayant à exécuter de très-nombreux ouvrages, ont dû chercher à les faire très-économiques et, en même temps, très-solides, et ils ont résolu ce double problème en multipliant les massifs creux et les parements courbes, et en faisant un emploi fréquent et judicieux des contre-forts.

5. Aujourd'hui, comme autrefois, les ponts en maçonnerie se font en brique ou en pierre. Néanmoins, c'est la pierre qu'on emploie de préférence pour les plus considérables, parce qu'aucune espèce de matériaux ne présente au même degré les avantages de durée, d'économie, de facile entretien et d'aspect monumental que l'on recherche dans les travaux de cette importance. Grâce aux ressources de l'art contemporain, les grands ponts, qui étaient, il y a peu d'années encore, des ouvrages exceptionnels, se multiplient de jour en jour, et comme on a appris à se rendre un compte plus exact de leurs conditions de

stabilité, on les élève maintenant à moins de frais, avec plus de hardiesse et de solidité que par le passé.

Ponts métalliques. — 1. Les ponts en maçonnerie, malgré leurs avantages, ont de graves inconvénients. Ainsi, ils sont excessivement pesants, veulent des fondations très-massives et des arches d'une ouverture très-restreinte ; en outre, ils coûtent fort cher et sont d'une exécution très-lente. Ceux de bois exigent des dépenses beaucoup moins grandes lors de l'établissement ; mais ils nécessitent des frais d'entretien très-considérables et durent peu d'années. C'est pour ces divers motifs qu'on a substitué le fer et la fonte à la pierre et au bois, ce qui a permis de donner plus de légèreté et d'ouverture aux arches, tout en diminuant les frais d'entretien.

2. La première idée des ponts métalliques appartient, dit-on, à des ingénieurs italiens du xvi^e siècle. Plusieurs écrivains anglais assurent aussi qu'un ouvrage de ce genre existait déjà dans leur pays au commencement du xviii^e siècle. Quoi qu'il en soit, le plus ancien pont en fer sur lequel on possède des renseignements positifs est celui qui, dans le courant de 1779, fut construit à Coalbrookdale, en Angleterre, par John Wilkin et Abraham Darby, sur les dessins de l'ingénieur Farnolls Pritchard. Dans les années qui suivirent, des ingénieurs de la même nation, tels que Wilson, Telford et Rennie, élevèrent plusieurs ponts semblables. En France, le fer étant plus cher qu'en Angleterre, on fut moins pressé de l'employer à ce nouvel usage. Aussi, fit-on d'abord peu d'attention aux projets qui furent proposés. C'est, dit-on, un peintre lyonnais, dont le nom n'a pas été conservé, qui eut le premier l'idée de doter notre pays des ponts métalliques. En 1753, il proposa d'en construire un dans sa ville natale ; mais, n'ayant pu faire adopter ses plans, il les vendit à un ingénieur anglais du nom de Buston, qui s'en serait servi plus tard pour établir le pont de Warmouth. En 1783, un autre de nos compatriotes, le peintre Vincent de Mont-Petit, présenta à Louis XVI et envoya à l'Académie des sciences le modèle d'un pont de fer dont l'arche unique n'aurait pas eu moins de 100 à 120 mètres d'ouverture. D'autres projets analogues furent publiés dans les années suivantes, mais toujours sans succès. La

France ne se trouva prête à recevoir ce progrès qu'en 1803, époque à laquelle M. Dillon construisit le pont des Arts, à Paris, sur les plans de M. de Cessart. Cet ouvrage est non-seulement le premier pont métallique élevé dans notre pays, c'est encore le premier pont à plusieurs arches qui ait été fait en fonte. Trois ans plus tard, M. Lamandé établit, dans la même ville, un deuxième pont en fonte, celui d'Austerlitz. Enfin, en 1808, deux autres ponts, mais de petites dimensions et en fer forgé, furent construits, l'un près de Saint-Denis, par M. Bruyère, l'autre à la Rochelle, par M. Leseure de Belleville.

3. Depuis 1815, les ponts métalliques se sont répandus partout. Néanmoins, c'est à l'époque où les chemins de fer ont commencé à se développer que leur emploi a pris une importance considérable. Aussitôt, en effet, que ces chemins se sont multipliés, on a reconnu que les ponts dont nous parlons devaient y figurer sur une grande échelle, parce qu'ils étaient seuls possibles dans la plupart des cas où les conditions du tracé obligeraient à construire des arches très-obliques, et dans ceux où il est nécessaire de franchir des cours d'eau d'une grande largeur, ou dans lesquels on ne peut disposer que d'une faible hauteur pour faire passer la voie au-dessus d'un obstacle.

4. Les ponts métalliques se font **en poutres droites** ou **en arcs de cercle**. L'usage des premiers est le plus répandu, parce qu'ils possèdent des propriétés particulières qui, au point de vue de l'économie et de la rapidité des travaux, ont une très-sérieuse valeur. On y a surtout recours sur les fleuves sujets à des crues violentes ou fréquentés par une navigation active, ou lorsque les conditions du tracé imposent un minimum de hauteur au-dessus d'un cours d'eau ou d'une voie publique. Aux ponts de ce type appartiennent les **ponts tubulaires**. Comme leur nom l'indique, ces ouvrages se composent d'un immense tube rectangulaire qui repose sur des piles en maçonnerie ou en métal. Ils sont une des plus belles inventions de l'illustre Robert Stephenson¹. Les deux premiers ont été construits par cet ingénieur pour le service du chemin de fer de Chester à Holyhead,

1. Stephenson (Robert), né à Willington Quay, en 1803, mort en 1859. Quand l'âge eut forcé son père George à se retirer, il le remplaça dans tous ses travaux et devint le premier ingénieur de chemins de fer en Europe.

l'un, en 1848-1849, sur la rivière de Conway, l'autre, un peu plus tard, sur le détroit de Menai. Ce dernier, qui a une longueur totale de 561 mètres 30, dont 460 mètres 50 pour le tube, est divisé en quatre travées. Longtemps on l'a regardé comme une merveille, mais il a été énormément dépassé depuis. Nous citerons seulement le pont Victoria, sur le fleuve Saint-Laurent, à Montréal (Canada), qui est long de 2,760 mètres : le tube métallique de ce grand ouvrage a une longueur de 1,977 mètres 60, et se divise en vingt-cinq travées, dont la plus grande a 99 mètres d'ouverture et les autres 72 mètres 60. Les ponts en arc de cercle présentent aussi parfois des dimensions très-remarquables. Tel est celui d'El Kantara, sur le Rummel, à Constantine, qui est formé d'une seule arche de 56 mètres, jetée à 120 mètres au-dessus du torrent. Tel encore celui de Coblenz, sur le Rhin, dont chacune des arches, au nombre de trois, ne compte pas moins de 96 mètres.

Ponts suspendus. — 1. Au commencement du xvi^e siècle, quand les Espagnols arrivèrent dans l'Amérique du Sud, ils y trouvèrent des ponts suspendus établis par les indigènes longtemps avant l'invasion. Ces ouvrages, que les conquérants européens appelèrent **ponts de hamac**, se composaient d'un tablier de nattes attaché à deux cordages tendus en travers du cours d'eau : le tablier et les cordes étaient faits avec les filaments longs et résistants que fournissent les racines de l'agave. Des ponts semblables ont également existé, de temps immémorial, en Chine, au Japon et au Thibet ; mais les habitants de ces pays ont appris, de bonne heure, à les perfectionner, en remplaçant les nattes par un plancher de bois et les câbles de nature végétale par des chaînes de fer. Les historiens chinois donnent aux ponts de ce système le nom de *thie-kao*, qui signifie pont de fer. On en voit un, sur le fleuve Lan-tsan-Kiang, au nord-est de Kieng-Toun, qui a été construit vers le milieu du premier siècle de notre ère, sous le règne de l'empereur Ming-Ti.

2. En ce qui concerne l'Europe, c'est dans les ouvrages du moine anglais Roger Bacon, mort en 1294, qu'il est question, pour la première fois, de ponts suspendus ; mais ce religieux n'en parle que comme d'une chose possible et dont on retirera un jour

de grands avantages. Des recueils, publiés au xvi^e siècle et au xvii^e, contiennent la description et les dessins de plusieurs projets de ponts formés d'un tablier de bois attaché à des câbles ou à des chaînes de suspension. Enfin, les écrivains militaires de ces mêmes siècles rapportent que, pendant les guerres qui désolèrent alors l'Allemagne et l'Italie, les armées franchirent souvent les rivières au moyen de ponts de cordages.

3. Quoi qu'il en soit des témoignages qui précèdent, l'industrie actuelle des ponts suspendus est d'origine anglaise et date de 1741, époque à laquelle on construisit sur la Tees, à la séparation des comtés de Durham et d'York, une passerelle, longue de 21 mètres et large de 60 centimètres, dont le tablier était suspendu à des chaînes de fer. Cette passerelle était uniquement destinée au passage des piétons. Cinquante-cinq ans plus tard, en 1796, les Américains élevèrent à Jacob's Creek un ouvrage semblable, mais en lui donnant des dimensions suffisantes pour que les voitures pussent y passer. Le premier pont suspendu qu'il y ait eu en Europe pour servir, comme ce dernier, à la grande circulation, fut construit en 1819 sur la Twed, en Angleterre, par le capitaine Brown; il traversait la rivière d'un seul jet et n'avait pas moins de 135 mètres de longueur. A partir de ce moment, les ponts suspendus se multiplièrent considérablement en Europe et aux Etats-Unis. En même temps, on perfectionna beaucoup leur construction, et, pour plusieurs, on remplaça les chaînes de suspension par des câbles en fil de fer. Le premier qu'on ait vu en France appartenait à ce dernier système: il fut jeté sur le Rhône, entre Tain et Tournon, par les frères Séguin, dans le courant de 1820.

4. Les ponts suspendus sont surtout utiles pour franchir les vallées profondes et pour les localités où le tablier doit être placé à une très-grande hauteur. Un de nos compatriotes, l'ingénieur Challe, en a établi un à Fribourg, en Suisse; qui n'a qu'une seule travée de 208 mètres d'ouverture; Quand ils sont construits et entretenus avec tous les soins convenables, ils répondent parfaitement à leur destination. Toutefois, comme ils sont sujets à des oscillations ondulatoires, ils ne peuvent convenir aux chemins de fer que moyennant des complications sur la nature desquelles les ingénieurs ne sont pas d'accord. Le plus remarquable qui ait

été construit pour recevoir une voie ferrée est celui du Niagara, aux Etats-Unis, qui est long de 249 mètres, et consiste en une immense poutre tubulaire, de 5 mètres 48 centimètres de hauteur et 6 mètres de largeur, suspendue à quatre énormes câbles en fil d'acier. Le plancher supérieur de ce tube porte une chaussée pour les piétons et les voitures ordinaires, et le plancher inférieur une voie de chemin de fer.

II. — LES TUNNELS.

Définition. — Les **tunnels** sont des galeries souterraines qui ont généralement pour but d'ouvrir un passage à un canal, à une route ordinaire ou à un chemin de fer. On les emploie aussi quelquefois pour établir une communication secrète entre deux points plus ou moins éloignés. L'origine de ces ouvrages remonte à une très-haute antiquité. Néanmoins, ce n'est qu'à notre époque que leur construction est devenue un art véritable, et ce progrès considérable a été nécessité par la création des chemins de fer et l'exécution des grandes entreprises de canalisation. Aujourd'hui, on établit des tunnels partout où, pour faire passer une route nouvelle, voie de terre ou voie d'eau, à travers une ligne de faite, il faut surmonter des obstacles qui nécessiteraient des travaux extérieurs infiniment plus coûteux que des travaux souterrains.

Tunnels dans l'antiquité. — 1. Le plus ancien tunnel dont il soit question dans l'histoire est celui que, 1900 ans environ avant Jésus-Christ, Sémiramis¹, reine d'Assyrie, fit établir à Babylone, sous le lit de l'Euphrate, pour faire communiquer deux palais situés sur les bords de ce fleuve. Diodore de Sicile² nous a transmis la description des moyens qu'on employa pour l'exécuter. On creusa hors de la ville, dans l'endroit où le niveau du sol était le plus bas, un large et profond canal de dérivation dont la longueur était d'environ 50 kilomètres. Quand cet ouvrage fut terminé, on y introduisit les eaux de l'Euphrate, qui, contournant la ville, allèrent rejoindre plus loin leur lit ordi-

1. Voyez la note 2 de la page 351.

2. Voyez la note 1 de la page 293.

naire. Une armée d'ouvriers pénétra aussitôt dans l'espace devenu libre, et quelques jours lui suffirent pour y construire une galerie, voûtée en briques cimentées avec du bitume, qui ne comptait pas moins de 5 mètres de largeur intérieure sur 4 de hauteur. Il n'y eut plus alors qu'à ramener le fleuve dans son lit primitif.

2. Les Grecs et surtout les Romains firent aussi des tunnels. Le plus considérable, dû à ces derniers, fut creusé par Agrippa, favori d'Auguste, sous le mont Pausilippe, pour abrégér la route de Naples à Pouzzoles. Cet ouvrage existe encore et sert au même usage : il a 700 mètres de longueur, un peu plus de 6 mètres de largeur, et une hauteur qui varie de 8 à 24 mètres.

Tunnels au moyen âge. — Les ingénieurs du moyen âge ne méconnurent pas l'importance des tunnels; mais ils n'eurent pas l'occasion d'en établir. Ils se contentèrent d'annexer à certains châteaux-forts des galeries souterraines plus ou moins irrégulières, qui s'étendaient quelquefois fort loin dans la campagne.

Tunnels modernes. — Ainsi que nous l'avons dit, c'est l'invention des chemins de fer et les entreprises des grands travaux de canalisation qui, dans les temps modernes, ont donné à la construction des tunnels l'importance que nous lui voyons aujourd'hui, et en a fait une branche spéciale de l'art de l'ingénieur. Un des plus considérables qu'on ait percés pour le service des canaux est celui, long de 3,350 mètres, qui fait franchir à notre canal de Bourgogne la crête de partage des eaux des bassins de la Seine et de la Saône. Sur les chemins de fer, on a longtemps considéré comme le plus considérable le tunnel de la Nerthe, entre Avignon et Marseille, qui n'a pas moins de 4,620 mètres; mais cet ouvrage se trouve aujourd'hui relégué au second rang par le tunnel du mont Cenis, dont la longueur totale dépasse 12,200 mètres, et qui, à son tour, sera dépassé par celui qu'on se propose de creuser sous le Saint-Gothard. Citons encore, à cause surtout des difficultés que son établissement a présentées, le tunnel qui passe sous la Tamise, à Londres, et qui, long de 410 mètres 67, a été exécuté, en 1824-1843,

par l'ingénieur Brunel ¹. Enfin, nommons le tunnel encore plus extraordinaire qu'en 1857 un autre de nos compatriotes, l'ingénieur Thomé de Gamond, reprenant une idée assez ancienne, a proposé pour joindre l'Europe continentale à l'Angleterre, en passant sous le Pas-de-Calais, entre Douvres et le cap Gris-Nez.

Procédés d'exécution. — Le percement des tunnels se fait de la même manière que les galeries de mines. C'est toujours une œuvre de force et de patience quand on est en terrain solide; mais, lorsque les terrains sont peu stables ou aquifères, les difficultés augmentent, et l'on est obligé de recourir à des moyens spéciaux qui, bien que soumis à des règles générales, diffèrent beaucoup, dans l'application, suivant la nature du sol et la configuration des localités. En outre, quand le tunnel a une très-petite longueur, on se contente de l'attaquer par les deux extrémités. Dans le cas contraire, on fonce des puits sur la ligne qu'il doit suivre, et lorsqu'ils sont descendus à la profondeur convenable, on établit, dans chacun d'eux, des ateliers supplémentaires. Tous les ateliers marchent alors l'un vers l'autre, en sorte qu'ils finissent par se rencontrer. En procédant ainsi, on exécute rapidement des ouvrages qui, par le premier procédé, exigeraient un temps très-considérable.

Pour donner une idée des obstacles que présente parfois le percement des tunnels, nous allons dire sommairement comment on a dû s'y prendre pour établir ceux de la Tamise et du mont Cenis.

Tunnel de la Tamise — 1. Les sondages avaient appris qu'il existait au-dessous du fleuve une couche d'argile suffisamment épaisse pour pouvoir s'y établir, mais dont il ne fallait pas s'écarter, même par en bas, parce qu'il y avait immédiatement au-dessous une couche de sables mouvants qui n'avait pas moins de 15 mètres d'épaisseur. La couche d'argile présentait un avantage, celui de garantir contre les infiltrations de l'eau du fleuve; cependant elle était fort peu résistante. Aussi, à

1. Brunel (Marc-Isambart), né à Hacqueville (Eure), en 1769, se retira aux États-Unis en 1793, puis passa en Angleterre, en 1799, et y établit définitivement sa résidence. Il est mort à Londres, en 1849, après avoir rempli sa patrie adoptive d'ouvrages d'utilité publique.

cause de cette circonstance et de la grandeur de l'ouvrage, qui ne devait pas avoir moins de 10 mètres 60 de largeur et de 6 mètres 30 de hauteur, les moyens ordinaires étaient absolument inapplicables. Pour vaincre ces difficultés, l'ingénieur Brunel imagina un appareil, appelé **bouclier**, consistant en douze châssis de fonte, simplement posés les uns à côté des autres. Ces châssis étaient divisés en trois compartiments, ou étages, dans chacun desquels se trouvait un ouvrier. Ils étaient butés contre la maçonnerie déjà faite, au moyen de vis de pression, qui servaient à les faire avancer quand il le fallait. Enfin, le terrain était maintenu en haut et latéralement par des planchettes s'appuyant sur les châssis par des vis. Quand un ouvrier voulait excaver, il desserrait la vis qui retenait la planchette correspondante contre le terrain, enlevait 20 centimètres de terre, puis remplaçait la planchette contre la paroi de l'excavation, et la maintenait de nouveau au moyen de la vis. Lorsque tous les ouvriers avaient excavé 20 centimètres dans toute la hauteur, on faisait avancer les châssis, en agissant sur les grandes vis de pression appuyées contre la maçonnerie exécutée, et l'on mettait en place un nouveau rang de briques.

2. Malgré de nombreux obstacles, on avança d'abord de 160 mètres en dix-huit mois; mais, quand on arriva vers le milieu du fleuve, la couche d'argile s'amincit sensiblement et les eaux envahirent les travaux, qui furent longtemps interrompus. Pour les reprendre, il fallut opérer dans le lit même du fleuve, où il s'était formé des entonnoirs : on les boucha en y jetant de l'argile, et l'un d'eux en exigea plus de 3,000 mètres cubes. Cette argile forma peu à peu une couche résistante qui permit d'épuiser les eaux et de rentrer dans la partie déjà faite. Enfin, après de nouvelles irrptions du fleuve, moins graves, il est vrai, on put terminer l'entreprise.

Tunnel du mont Cenis. — 1. Ce souterrain, qui comptera au nombre des merveilles de l'industrie humaine, a été établi pour mettre l'Italie en relations plus faciles avec la France et les autres Etats de l'Europe occidentale. Il a été percé dans le massif du Thabor, situé notablement à l'ouest du mont Cenis, au point le plus mince que présente cette partie de la

chaîne des Alpes, et à une profondeur d'environ 1,600 mètres sous le point culminant du mont Fréjus. Il a son origine, du côté de la France, dans la vallée de l'Arc, non loin du village des Fourneaux, et débouche, du côté de l'Italie, dans la vallée de Rochemolle, près du village de Bardonnèche. Sa longueur totale est de 12,233 mètres 50, sa hauteur de 6 mètres, et sa largeur de 7 mètres 87 à 8 mètres. Enfin, il est complètement murillé. Quant à sa direction, elle est absolument rectiligne.

2. L'idée audacieuse de la percée des Alpes, paraît avoir été émise, dès 1832, par un simple habitant de Bardonnèche, nommé Jean Médail; mais elle était bien loin d'être mûre. Comment d'ailleurs la réaliser? Quand elle fut reprise plus tard, le problème qui se présenta tout d'abord eut pour objet la recherche des moyens d'exécution. On n'eut pas de peine à comprendre qu'il n'était pas possible d'ouvrir des puits verticaux de 1,600 mètres de profondeur. Il fallait donc enlever tous les déblais et procéder à tous les travaux par les deux têtes. C'était là une sujétion qui, avec les procédés de percement alors connus, conduisait, pour un souterrain de plus de 12,200 mètres, à un travail d'une durée considérable, sans parler des difficultés d'aérage qui en étaient encore la conséquence. En 1845, l'ingénieur belge Maus, chargé par le gouvernement piémontais d'étudier le problème, proposa l'emploi d'une machine qui, mue par des roues hydrauliques, aurait découpé la roche en blocs faciles à détacher ensuite à l'aide de coins. Il espérait ainsi activer le travail, et, en supprimant l'usage de la poudre, réduire beaucoup les besoins de l'aérage. Mais de graves objections se présentèrent, et le projet fut reconnu impraticable. Dans les années qui suivirent, plusieurs savants, entre autres, le professeur Colladon, de Genève, et le physicien Patti, de Milan, firent des recherches qui ne manquèrent pas d'attirer l'attention. Enfin, en 1853, trois ingénieurs italiens, MM. Grandis, Grattoni et Sommeiller, proposèrent d'employer comme moteur, pour le percement de la montagne, l'air comprimé par les chutes d'eau de la contrée, en l'appliquant à des **perforateurs**¹ qui feraient des trous de mine, et en l'utilisant en même temps à l'aérage. Une commis-

1. La fig. 43, page 296, représente un de ces perforateurs.

sion fut nommée pour soumettre ce système à des expériences directes. Elle les commença au mois d'avril 1857, et les résultats ayant été déclarés satisfaisants, le projet des trois ingénieurs fut adopté. Enfin, le 31 août de la même année, le roi de Sardaigne, en mettant le feu à la première mine, inaugura solennellement les travaux.

3. On sait que le percement a été fait par les deux extrémités à la fois. De chaque côté, on mina d'abord à la main, et l'on avait péniblement foré 725 mètres à Bardonnèche et 924 mètres à Modane, quand les machines perforatrices furent prêtes à fonctionner. Dès ce moment, on avança avec une grande rapidité. Enfin, le 26 novembre 1870, les deux chantiers se joignirent, et les Alpes se trouvèrent définitivement trouées. Ainsi, douze années suffirent pour mener à bonne fin une œuvre gigantesque dont l'accomplissement, par les moyens ordinaires, en eût exigé au moins une quarantaine.

CHAPITRE VII.

Montage des matériaux.

Moyens employés dans l'antiquité pour soulever les lourds fardeaux. —
Moyens employés par les modernes : machines perfectionnées, substitution du travail mécanique au travail manuel, montage et lançage des ponts métalliques.

Procédés des peuples primitifs. — Quand on examine les ruines vénérables des monuments de l'antiquité, on ne peut s'empêcher de reconnaître que l'homme a su de bonne heure déplacer et soulever les plus lourds fardeaux. Des lanières découpées dans le cuir des animaux et des arbres débités de manière à former des **leviers** ou des **rouleaux** furent probablement les premiers moyens qu'on employa. On dut y joindre des chemins de roulement qu'on se procurait en étendant sur le sol des arbres ébranchés, des pierres plates ou d'autres matières propres à établir un **plan incliné**. D'un autre côté, les bras ne devaient pas manquer à l'appel du chef de la nation. C'est sans

doute à l'aide de pareils moyens qu'ont été élevés ces immenses monolithes qui existent encore dans plusieurs parties de l'Europe, et notamment les dolmens et les menhirs¹ de la Bretagne, dont quelques-uns pèsent plusieurs milliers de kilogrammes. Le bloc une fois choisi parmi ceux qu'il était facile de détacher du rocher ou qu'on trouvait isolés à la surface du sol, on l'amenait à pied-d'œuvre au moyen d'un plan incliné et de rouleaux, puis on le dressait verticalement en le soulevant avec des leviers, et, en agissant sur des courroies attachées à son sommet, les unes servant à exercer une traction graduée, les autres destinées à l'empêcher de s'écarter de la verticale.

Moyens employés chez les anciens. — On ne possède pas de renseignements bien précis sur la disposition des appareils dont se servirent les architectes de l'Égypte, de la Grèce, de Rome et de l'Assyrie; mais il est incontestable que le **levier**, la **poulie**, les **plans inclinés**, la **vis**, peut-être les **roues dentées**, et les diverses combinaisons de ces éléments de machines, telles que les **treuils**, les **cabestans**, les **vindas**, les **moufles**, les **cries**, les **chèvres** ou **grues** de diverses sortes, leur étaient parfaitement connus, et qu'ils en faisaient généralement usage dans tous les travaux d'art qui réclamaient d'énergiques efforts. Ces appareils, décrits pour la plupart d'une manière incomplète par Vitruve, se transmirent dans le moyen âge, où ils servirent à élever ces églises si prodigieuses.

1. Les *menhirs* et les *dolmens* sont de grossiers monuments qui nous restent des Celtes et des autres habitants primitifs de la Gaule.

Les *menhirs*, qu'on appelle aussi *peulvans*, se composent d'une pierre brute, de forme allongée, plantée verticalement en terre. On peut les comparer à des bornes ou à des espèces d'obélisques, dont la base est tantôt en haut et tantôt en bas. On en connaît dont la hauteur dépasse 16 mètres et dont le poids atteint 40,000 kilogrammes. Suivant les localités, ils paraissent avoir été élevés pour indiquer la place d'une victoire, le tombeau de quelque chef, les limites du territoire d'une peuplade, etc. Dans les campagnes, on leur donne vulgairement les noms de *pierre-fiche*, *pierre-droite*, *pierre-fitte*, etc.

Les *dolmens* consistent en une table de pierre, plus ou moins volumineuse, qui est posée à plat et horizontalement sur d'autres pierres, hautes d'un mètre à un mètre et demi, et placées à terre verticalement sur leur partie la plus étroite. L'opinion la plus généralement admise sur leur destination, c'est qu'ils ont dû servir d'autels pour les sacrifices. Il en existe dont la table a une longueur de près de 9 mètres, une largeur de 4 mètres et une épaisseur de 120 centimètres. Dans le langage vulgaire, on les appelle *pierres levées*, *pierres levales*, *pierres couvertes*, *pierres des fées*, *tables de César*, etc.

gieusement élancées, ces châteaux si remarquables de hardiesse. Du reste, ils étaient établis d'après des principes si rationnels que les modernes ont eu peu de modifications d'une grande importance à y introduire, et, bien qu'on n'y appliquât que la force physique de l'homme, très-rarement celle des animaux, on a été, de nos jours, plusieurs fois à même de se faire une idée saisissante des effets remarquables qu'ils permettent d'obtenir.

Procédés modernes. — 1. A coup sûr, les appareils dont il vient d'être question ont été améliorés par les modernes, quant à la disposition et à la construction matérielle des parties métalliques; mais ils n'en sont pas moins, aujourd'hui encore, presque entièrement exécutés en bois, dans nos chantiers civils, maritimes ou militaires, où ils servent à soulever et mouvoir les objets les plus lourds avec une facilité merveilleuse. Toutefois, dans ces dernières années, ils ont reçu un perfectionnement considérable sous le rapport de leur mise en mouvement. Comme le prix de la main-d'œuvre va toujours en augmentant, on a compris la nécessité de gagner sur le temps employé, et l'on y est parvenu en substituant au travail de l'homme l'emploi d'un moteur mécanique. Les travaux s'exécutent ainsi plus rapidement, et, d'un autre côté, on remédie plus facilement aux accidents. Les locomobiles ont trouvé dans cette innovation un de leurs principaux emplois (fig. 58). Elles font agir

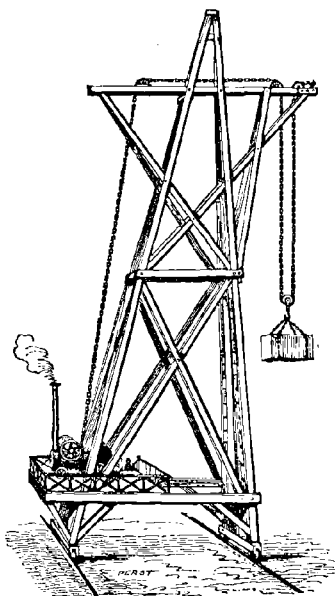


Fig. 58.
Grue roulante à vapeur.

les treuils d'enroulement des câbles et, dans l'intervalle des montages, elles utilisent leur force à puiser de l'eau, fabriquer du mortier, etc.; de cette manière, rien n'est perdu, ni le temps des ouvriers, ni le combustible. Au lieu d'une machine à vapeur, on se sert quelquefois d'un moteur à gaz. Enfin, dans les localités où la chose est possible, on a également recours à la pression de l'eau. Les appareils, qui appartiennent à ce dernier système, se nomment généralement

monte-charges ou ascenseurs hydrauliques. Nous donnons ci-

contre un croquis (*fig. 59*) de celui que, depuis plusieurs années, M. Edoux, ingénieur civil, emploie à Paris avec le plus grand succès. Cet appareil se compose de deux tours jumelles qui dépassent de quelques mètres le bâtiment à construire. Six montants servent de guides à deux caisses en tôle étanche, dont le fond est garni d'un plancher pour recevoir les matériaux. Ces bûches sont elles-mêmes suspendues à deux chaînes de fer qui passent sur des poulies placées à la partie supérieure des tours. On les

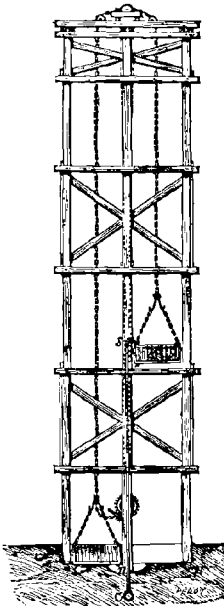


Fig. 59.

Ascenseur hydraulique.

remplit alternativement d'eau et de matériaux, et le poids de l'une entraîne l'autre. Le liquide est fourni par un tube S, qui, fixé le long d'un des montants, communique avec les tuyaux C de distribution de la ville; et on s'en débarrasse, quand la bûche qui le contient est arrivée au bas de sa course, au moyen d'un robinet *n* placé au fond. On dispose quelquefois l'appareil d'une manière toute différente. Une caisse unique, guidée par des montants, est supportée par un piston plongeur équilibré par des contre-poids. Ce piston se loge dans un cylindre de fonte enfoncé dans le sol, et son diamètre est calculé de façon que la pression de l'eau, s'exerçant sous sa base inférieure, fasse équilibre au

poids des objets qu'on veut élever, et que cet équilibre se maintienne pendant l'ascension. Quand la bêche a reçu son chargement, on fait arriver l'eau sous le piston. Celui-ci est alors soulevé, et il monte entre les guides en entraînant la bêche. Pour le faire descendre, il suffit de fermer le tuyau qui amène l'eau, puis, au moyen d'un robinet, on évacue le liquide qui remplit le cylindre.

2. L'établissement des ponts métalliques a fait imaginer des procédés de montage très-ingénieux. Ainsi, on construit à terre les travées des ponts tubulaires, et, lorsqu'elles sont terminées, on les place sur des pontons qui les conduisent à pied-d'œuvre, après quoi on les élève à la hauteur voulue à l'aide de puissantes presses hydrauliques. Quelquefois, les pontons portent des échafaudages un peu plus hauts que le niveau définitif du tablier. A l'aide de ces échafaudages, on hisse les travées, puis on les descend sur les piles en introduisant de l'eau dans les pontons. D'autres fois, enfin, on emploie un procédé beaucoup plus simple et qui dispense de tout échafaudage en rivière. Après avoir construit le tube métallique sur l'une des rives, dans le prolongement de l'axe du pont, on procède à l'opération du *lançage*. A cet effet, on l'installe sur des rouleaux de fer auxquels on imprime un mouvement de rotation à l'aide de leviers. Le tube s'avance lentement, régulièrement dans le vide, toute la partie restée en arrière formant contre-poids, et la raideur des pièces qui le composent lui permet de rester en porte à faux¹ sur une longueur de plus de 60 mètres. Il atteint ainsi, soit le bord opposé, soit une pile située au milieu du fleuve, et, dans le cas où il y a plusieurs piles, la même manœuvre suffit pour le faire passer successivement de l'une sur l'autre.

1. Nous serons souvent obligé, dans ce travail, de nous servir d'expressions empruntées à la langue industrielle, au vocabulaire des arts et métiers.

ONZIÈME PARTIE.

INDUSTRIE DE L'ÉCLAIRAGE.

Éclairage par les huiles végétales. — Éclairage par les corps gras solides. — Éclairage au gaz. — Éclairage par les huiles minérales. — Éclairage éblouissant.

CHAPITRE I.

Éclairage par les huiles végétales.

Antiquité de l'éclairage à l'huile. — *Lampes* chez les anciens : Héron d'Alexandrie. — Défauts de ces appareils. — Premiers perfectionnements. — Bec à double courant d'air : Ami Argand, Lange, Quinquet. — Mécanismes divers : *lampe lycnomène* : Carcel; *lampe à modérateur* : Franchot.

Ancienneté de l'éclairage à l'huile. — Personne n'ignore que, chez les anciens, l'éclairage par les corps gras liquides, c'est-à-dire par les huiles végétales, était le plus répandu, on peut même dire le seul usuel. L'origine des **lampes** à huile remonte donc à une époque très-reculée; mais, pendant des milliers d'années, la construction de ces appareils a été livrée à l'empirisme le plus grossier.

Lampes des anciens. — 1. Les lampes des peuples de l'antiquité ne différaient en rien, quant au principe, de celles dont les Egyptiens, les Grecs et les Romains nous ont transmis tant de modèles. Elles consistaient toutes en un réservoir de bronze ou de terre cuite, le plus souvent rond ou ovale, et aplati, qui portait, d'un côté, une anse pour le saisir, et, du côté opposé, un bec pour recevoir une mèche de moelle de sureau, de fils de

lin ou de filaments de papyrus. La partie supérieure présentait une ouverture pour l'introduction de l'huile. Les plus simples n'offraient qu'un ou deux becs (*fig. 60*); mais il en existait de très-compliquées qui en avaient jusqu'à quatorze. On en faisait aussi, pour l'usage des riches, dont la forme, les dimensions et

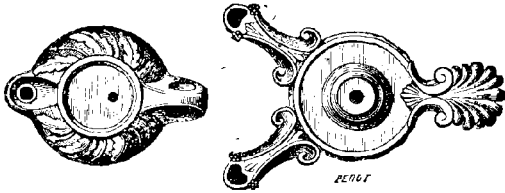


Fig. 60.
Lampes antiques.

l'ornementation variaient à l'infini. La plupart de ces appareils se portaient à la main comme nos bougeoirs ou se plaçaient, soit sur des candélabres, soit sur de petites tablettes fixées dans la muraille. Quelquefois, on en groupait plusieurs sur le même candélabre, et ce dernier était disposé de telle sorte que la partie supérieure entrait à glissement dans l'inférieure, ce qui permettait de faire varier à volonté la hauteur de la lumière. Il y en avait encore (*fig. 61*) qui se suspendaient au plafond, au moyen de chaînettes.

2. Les écrits de Héron d'Alexandrie, qui vivait environ cent ans avant notre ère, apprennent que les anciens s'étaient mis en quête de moyens propres à perfectionner leurs appareils d'éclairage, qu'ils avaient même trouvé des combinaisons ingénieuses que les modernes n'ont pas dédaigné d'imiter. Une des lampes décrites par ce savant était munie d'un mécanisme à l'aide duquel la mèche s'attisait d'elle-même, et qui fonctionnait par l'abaissement du niveau du liquide. Une autre, que l'on doit considérer comme le point de départ de nos lampes hydrostatiques, se composait de deux réservoirs superposés, mis en communication par un petit tube : on remplissait ces réservoirs d'huile, puis, à mesure que celle-ci se consumait, on introduisait



Fig. 61.
Lampe antique.

de l'eau dans la capacité inférieure, d'où, en vertu de sa plus grande densité, elle forçait l'huile à s'élever dans la supérieure. Enfin, une troisième était construite de manière que l'huile baignait toujours la mèche, bien qu'elle fût renfermée dans un réservoir inférieur au bec.

Les lampes dont parle Héron pouvaient donc fonctionner toutes seules, tant que la provision d'huile n'était pas épuisée; mais il ne paraît pas que ces appareils compliqués aient jamais été d'un grand usage: ils ne sortirent pas du cabinet des savants, en sorte que, pendant tout le moyen âge, l'éclairage à l'huile continua de se faire au moyen de vases de poterie ou de métal disposés comme les lampes des anciens, c'est-à-dire ayant le bec au niveau du réservoir et l'huile n'arrivant à la mèche qu'en vertu de la capillarité de celle-ci.

3. Outre leur incommodité comme appareils portatifs, les lampes antiques avaient le double inconvénient d'être très-dispendieuses et peu éclairantes. En effet, comme le courant d'air qui arrivait sur la mèche manquait d'activité, il en résultait que l'huile n'éprouvait qu'une combustion incomplète, qu'une partie même se brûlait inutilement. De là, une flamme peu brillante, toujours rougeâtre, et un filet de fumée fétide d'autant plus abondant que la mèche était plus grosse ou le réservoir plus volumineux.

Premiers perfectionnements. — 1. Au xvi^e siècle, plusieurs savants firent des recherches pour améliorer l'éclairage à l'huile; mais, si l'on en juge par les travaux de Jérôme Cardan¹, un des plus grands esprits de son temps, ils se préoccupèrent surtout de régulariser l'arrivée du liquide à la mèche. Encore même, ne travaillèrent-ils que pour leur utilité personnelle, en sorte que, comme ceux de Héron, leurs appareils ne pénétrèrent pas dans l'usage ordinaire.

2. Le premier perfectionnement dont l'application ait été un peu générale paraît avoir eu pour objet de substituer des *mèches plates* aux *mèches rondes*, jusqu'alors exclusivement usitées. On

1. Cardan (Jérôme), né à Pavie en 1501, mort en 1576. Il s'occupa un peu de tout, mais plus particulièrement de mathématiques, de médecine, de chimie et de physique.

obtint ainsi une combustion plus complète, par conséquent, une flamme plus éclairante et moins de fumée. Bientôt après, on imagina d'adapter aux lampes un mécanisme qui permettait de faire monter et descendre la mèche à volonté. On ne connaît ni l'auteur ni la date précise de cette double innovation, qui fut probablement l'œuvre de plusieurs personnes. Quoi qu'il en soit, les grands progrès ne commencèrent véritablement que dans la seconde moitié du siècle suivant, lors de l'invention, par Ami Argand, du **bec à mèche circulaire**, à double courant d'air et à cheminée de verre.

Lampe d'Argand. — 1. Ami Argand était fils d'un horloger de Genève¹. En 1775, à l'âge de vingt-six ans, après avoir reçu, dans sa ville natale, une brillante instruction scientifique, il se rendit à Paris pour s'y perfectionner dans les études de physique et de chimie. Quelques mois lui suffirent pour nouer des relations intimes avec les plus illustres génies de l'époque, notamment avec Fourcroy² et Lavoisier³. Il devint lui-même un savant de premier ordre ; mais, à la différence de la plupart de ses émules, qui s'occupaient presque exclusivement de recherches théoriques, il se préoccupa surtout de trouver un but pratique à ses travaux.

2. Le premier événement qui attira sur Argand l'attention des industriels, fut l'invention d'un procédé de distillation supérieur à celui qui servait à la fabrication de l'eau-de-vie³. A la demande de plusieurs propriétaires du Languedoc, il se rendit à Montpellier, au printemps de 1780, pour l'expérimenter sur une grande échelle, et eut le bonheur de voir le succès couronner ses efforts.

3. Argand ne quitta le Languedoc qu'à la fin de 1782. C'est pendant son séjour dans cette province qu'il inventa le bec qui porte son nom. Ce nouveau bec (*fig. 62*) était formé de deux tubes concentriques *b c*, réunis par leur extrémité inférieure.

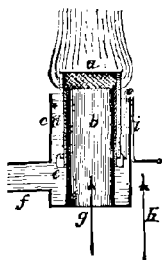


Fig. 62.
Bec d'Argand.

1. Argand, physicien-chimiste, né en 1749, mort en 1803.

2. Fourcroy (Ant.-François de), chimiste, né à Paris en 1755, mort en 1809.

3. Lavoisier (Antoine-Laurent), l'un des créateurs de la chimie moderne, né à Paris, en 1743, mort en 1794.

L'huile admise dans l'espace annulaire *d*, qu'ils laissaient entre eux, y baignait une mèche cylindrique *a* qui, préalablement introduite dans une bague *e e*, occupait le même espace. Enfin, une cheminée ou cylindre de tôle enveloppait à distance le tube extérieur, et, pour qu'elle ne nuisit pas trop à la lumière, elle était placée un peu au-dessus de la flamme. L'espace annulaire *d* communiquait avec un réservoir d'huile *f*, dans lequel le niveau était un peu inférieur au sommet des tubes concentriques. De cette façon, deux courants d'air s'effectuaient : l'un par l'intérieur du tube *b*, suivant la direction de la flèche *g* ; l'autre entre le tube extérieur *c* et la galerie qui supportait la cheminée, dans la direction de la flèche *h*. Les choses étant ainsi disposées, la flamme n'avait qu'une très-faible épaisseur dans tous les points de sa circonférence, et ses deux surfaces étaient également léchées par le courant d'air, dont la cheminée augmentait singulièrement la rapidité. Enfin, ses différentes parties, rayonnant mutuellement les unes sur les autres, s'échauffaient de manière à favoriser la combustion. Par suite de ces diverses circonstances, elle était vive, brillante, sans odeur ni fumée, et les courants d'air extérieurs ne pouvaient avoir sur elle presque aucune influence.

4. Argand fit établir ses premières lampes pendant l'été de 1780 et, dès l'automne suivant, il s'en servit dans une des distilleries qu'il avait montées aux environs de Montpellier. Ces appareils excitèrent l'admiration. Néanmoins, ils offraient un grave défaut, dû à la cheminée de tôle qui, jouant le rôle d'écran, interceptait une portion considérable de la lumière ; mais Argand eut le bonheur d'y remédier en remplaçant cette cheminée opaque par une *cheminée de verre*. Ce perfectionnement capital fut réalisé vers le milieu de 1782. Argand ayant alors vendu son procédé de distillation à l'un des propriétaires qui l'avaient appelé dans le Midi, partit pour sa ville natale, d'où, après s'être reposé quelque temps de ses fatigues, il revint à Paris.

5. A Paris, la nouvelle lampe fut immédiatement appréciée à sa valeur. Tous les savants qui eurent occasion de la voir fonctionner s'empressèrent d'en reconnaître les avantages, et deux d'entre eux, Lesage et Cadet de Vaux, membres de l'Académie des sciences, obtinrent que M. Lenoir, lieutenant général de police, la fit soumettre en sa présence à des essais, et les épreuves réussirent

complètement. Malgré ce succès, Argand n'était pas encore content de son appareil. Il le trouvait défectueux sous le rapport de la fabrication ; mais il se proposait de visiter bientôt l'Angleterre, et il devait profiter de son séjour à Londres pour y faire construire, par de bons ouvriers, des lampes réunissant toute la perfection désirable, et, de plus, ce qui n'était pas moins important, en rapporter les outils propres à mettre un ferblantier ordinaire en état d'en fabriquer de semblables. Le lieutenant général de police donna son approbation à ce projet et engagea le physicien de Genève à l'exécuter le plus tôt possible.

6. Argand partit pour l'Angleterre dans les derniers jours d'octobre 1783. A Paris, il n'avait jamais voulu dévoiler le mécanisme de sa lampe. Néanmoins, il avait montré cet appareil à trop de personnes pour qu'il ne vint pas à l'idée de quelqu'un de chercher à en deviner les dispositions. Le pharmacien Quinquet fut ce curieux. Comprenant toute l'importance du nouvel éclairage et alléché par les bénéfices considérables qu'il ne pouvait manquer de procurer, il entreprit de l'exploiter à son profit. A cet effet, il s'associa un riche épicier appelé Lange, qui se qualifiait de « distillateur du roi », puis, à l'aide de renseignements plus ou moins vagues recueillis, soit auprès des savants qu'Argand avait admis à ses expériences, soit auprès d'Argand lui-même, qu'il n'avait cessé de circonvenir pour lui arracher son secret, il parvint, après quelques tâtonnements, à produire une lampe à laquelle il donna le nom de *lampe physico-pneumatique à cylindre*.

7. Cette lampe parut au commencement de 1784 : elle n'était qu'une imitation servile de celle d'Argand, sauf toutefois en un point, très-secondaire en apparence, mais d'une grande importance en réalité. Cette différence consistait en ceci, qu'au lieu d'avoir un égal diamètre d'un bout à l'autre, comme dans le bec d'Argand, la cheminée de verre présentait un étranglement un peu au-dessus de la mèche. L'air se trouvant ainsi rejeté sur la flamme, la combustion était plus parfaite et la lumière plus abondante. Une fois en possession de ce qu'ils appelaient leur lampe, Lange et Quinquet s'empressèrent d'organiser des ateliers pour la fabriquer sur une grande échelle. En même temps, ils cherchèrent à la placer sous le patronage des corps savants, notamment de l'Académie des sciences, et eurent recours à tous les

moyens de publicité pour en activer la vente. Ces diverses circonstances arrivèrent enfin à la connaissance d'Argand, qui s'empressa de quitter Londres pour venir réclamer ses droits si effrontément usurpés. Un arrêt du Conseil d'Etat, rendu, le 31 août 1783, après une enquête minutieuse, l'ayant reconnu seul inventeur des lampes munies d'un bec à double courant d'air et d'une cheminée de verre, il intenta un procès à ses contrefacteurs; mais bientôt, fatigué des lenteurs de la justice, il finit par former une association avec eux (1786). Peu de temps après cet arrangement, il alla s'établir à Versoix, près de Genève, où il créa une fabrique semblable à celle que Lange et Quinquet exploitaient à Paris. Les lampes sorties des deux établissements étaient tellement supérieures à toutes celles qu'on avait vues jusqu'alors, qu'elles se répandirent avec une rapidité inouïe. Les personnes initiées à leur histoire les appelèrent **lampes d'Argand**; mais le vulgaire, qui se préoccupe généralement fort peu des questions d'origine, leur donna le nom de **lampes à la Quinquet**, par abréviation, **quinquets**, et cette dénomination finit par prévaloir dans le langage usuel.

Perfectionnements au bec d'Argand. — 1. Toutes les lampes construites depuis 1787 ont le bec disposé suivant les principes établis par Argand. Les seuls changements d'une importance réelle qu'on ait faits à ce bec ont eu pour objet de donner un mouvement vertical à la cheminée et de faciliter la manœuvre de la mèche.

2. Dans le principe, la cheminée était fixée à demeure au porte-verre. C'est le ferblantier parisien Carcel qui, au commencement de ce siècle, a eu l'idée de rendre cette pièce mobile, afin de pouvoir élever ou abaisser la cheminée pour en placer le coude au point le plus favorable à la combustion parfaite, et obtenir ainsi la plus grande lumière possible. Avant ce perfectionnement, le hasard seul décidait de l'éclat d'une lampe, puisque la fixité du porte-verre maintenait le coude de la cheminée à une hauteur invariable, qui était rarement la plus convenable.

3. Quant à la mèche, pour la monter au fur et à mesure de la combustion, Argand se servait d'un petit support coudé *i* (fig. 63) dont l'extrémité intérieure était soudée au porte-mèche *e e*, tan-

dis que son extrémité extérieure simulait une poignée. Outre que ce mécanisme était peu commode à faire fonctionner, il avait l'inconvénient de gêner le placement de la cheminée. Philippe de Girard¹ le remplaça, en 1803, par celui qu'on emploie aujourd'hui, et qui consiste en une crémaillère à pignon qu'on met en mouvement à l'aide d'un bouton extérieur au bec (fig. 63). Ce nouveau mécanisme fut complété, vers 1830, par Gagneau père, en ajoutant au porte-mèche les deux petites griffes à ressort, qui depuis ont toujours été employées pour maintenir la mèche.

4. Enfin, parut le perfectionnement le plus remarquable que le bec d'Argand ait reçu depuis son invention, celui qui fait aujourd'hui brûler à blanc toutes les lampes, au moyen du seul rétrécissement de l'espace annulaire compris entre les tubes concentriques. Ce progrès se montra, dès 1828, dans les becs dits à *fonds tournants*, de Rouen et Coessin, et, en 1835, Wiesnegg l'appliqua aux becs ordinaires.

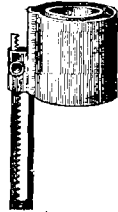


Fig. 63.

Alimentation du bec.— 1. Les inventions qui précèdent étaient sans doute excellentes. Néanmoins, les lampes n'auraient pu encore recevoir toutes les applications qu'on en fait aujourd'hui, si l'on n'avait trouvé le moyen d'utiliser la totalité de la lumière qu'elles fournissent, ce qui était absolument impossible avec les appareils du nouveau système, tels qu'ils étaient dans le principe. En effet, les lampes que Quinquet fabriquait à Paris et Argand à Versoix avaient toutes le réservoir de l'huile supérieur au bec, c'est-à-dire étaient construites comme celles qu'on appelle **lampes de bureau** ou **lampes à tringle** (fig. 64). Ainsi placé dans la sphère du rayonnement du foyer, ce réservoir projetait nécessairement une ombre, en sorte que toutes les parties environnantes n'étaient pas uniformément éclairées. De quelque manière qu'on s'y prit, il y avait toujours un espace obscur correspondant à la surface du réservoir. Aussi, était-on obligé de fixer les appareils contre le mur, ce qui, dans une foule de cas, surtout pour l'éclairage des appartements, était disgracieux et incommode. Pendant longtemps, on essaya de

1. Voyez la note 2 de la page 106.

faire disparaître cet inconvénient en plaçant le réservoir au niveau du bec ; mais, après une multitude de tentatives plus infructueuses les unes que les autres, on reconnut qu'on ne pourrait y parvenir complètement qu'en enfermant l'huile dans le pied de la lampe, d'où on l'élèverait ensuite jusqu'à la mèche.

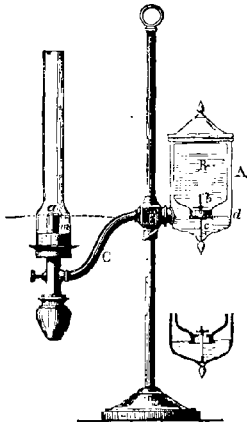


Fig. 64.
Lampe à tringle.

2. Ce fut Guillaume Carcel, horloger à Paris, qui résolut le premier le problème. Le 24 octobre 1800, il fit breveter une lampe, qu'il appelait *lampe lycnomena*, mais à laquelle la reconnaissance publique a donné le nom de **lampe Carcel**. Le réservoir était placé dans le pied, et tout à côté se trouvait un mouvement d'horlogerie qui, se montant avec une clé comme celui d'une pendule ordinaire, faisait marcher une petite pompe foulante. Enfin, le piston de celle-ci poussait l'huile dans un tube

qui la conduisait à la mèche d'une manière continue et en quantité surabondante. Plus tard, vers 1817, Gagneau remplaça la pompe unique de Carcel par deux pompes d'une forme particulière. Cette modification, qui fut encore améliorée par Gotten, eut pour résultat de faire arriver l'huile à la mèche sans saccades et avec une régularité qui n'existait pas auparavant.

3. La carcel, surtout telle que Gagneau et Gotten l'ont faite, présente toutes les conditions d'une lampe parfaite. Cependant, l'usage ne s'en est pas répandu en dehors des classes riches, parce qu'elle est d'un entretien coûteux et que, de plus, elle demande à être construite avec un soin et une perfection qui en rendent le prix très-élevé. Ces circonstances ont engagé plusieurs inventeurs à se mettre à la recherche d'un système plus simple et plus économique que celui de Carcel, tout en produisant le même effet. Après beaucoup d'essais, le moyen qui a paru le plus propre à satisfaire à ces conditions a été l'emploi d'une force compressive agissant de haut en bas sur l'huile, toujours placée

dans le pied de la lampe, et la forçant à monter vers la mèche par un tube. On a proposé plusieurs combinaisons pour obtenir ce résultat; une seule a eu un succès véritablement pratique: c'est celle qui a donné naissance à la **lampe à modérateur**.

4. Le principe de la lampe à modérateur a été exposé, pour la première fois, dans un brevet de Philippe de Girard, daté du 20 mars 1803. Dans ce brevet, il est, en effet, question de lampes où l'ascension de l'huile est produite, soit par l'action d'un ressort à boudin pressant sur un piston métallique ou sur une espèce de soufflet rempli d'air, soit par le poids de la partie supérieure de la lampe qui, relié au piston, descend avec lui à mesure que l'huile se consume. Par la suite, cette idée préoccupa beaucoup d'esprits; mais elle ne devint économiquement réalisable qu'en 1830, quand on fut arrivé à fabriquer sans trop de peine des pistons entourés d'un anneau de cuir embouti¹ (fig. 65). Ces pistons furent employés, pour la première fois, par M. Joanne, pour une lampe dite *astéaire*, qu'il fit breveter au mois de mai 1833. Enfin, le 8 octobre 1837, un autre lampiste parisien, M. Franchoy, obtint un brevet semblable pour une lampe dite *à mouvement rectiligne régularisé*, qui, dès son apparition, fut considérée comme présentant la solution du problème, si longtemps cherchée, des bonnes lampes à bon marché. C'est l'appareil qu'on appelle généralement **lampe à modérateur**, du nom de l'organe qui sert à régulariser l'ascension de l'huile. La solidité, le bas prix, la facilité d'entretien et les excellentes qualités de cette lampe lui conquirent aussitôt la faveur publique et en généralisèrent rapidement l'usage. Elle est répandue aujourd'hui dans toutes les parties du monde civilisé, dont elle a fait disparaître tous les appareils d'éclairage qui avaient contre eux un prix trop élevé et une complication parfois poussée jusqu'à l'extrême². Elle



Fig. 65.
Cuir embouti.

1. Comme l'indique la figure, le cuir dit *embouti* est un demi-anneau de cuir dont les bords sont rabattus, ce qui lui donne la forme d'une gouttière.

2. Parmi les nombreux appareils que la lampe à modérateur a fait disparaître, nous devons une mention toute particulière aux **lampes hydrostatiques**. Ces lampes appartiennent à deux systèmes. Les unes reposent sur le principe de la fontaine de Héron, tandis que les autres sont fondées sur

s'est même substituée, pour les dix-neuf vingtièmes au moins, à la lampe Carcel.

3. Dans la lampe à modérateur (*fig. 66*), le réservoir *A* consiste en une enveloppe cylindrique qui fait fonction de corps de pompe. Un piston *p* entouré d'un anneau de cuir recourbé, est disposé dans ce réservoir de manière à jouer à frottement contre ses parois. Enfin, un ressort spécial *g* est fixé, d'un côté à la tête du piston, et de l'autre à la partie supérieure du réservoir. L'huile, quand on la verse dans la lampe, s'accumule au-dessus du piston, en *A*; mais, lorsqu'on fait monter ce dernier en tendant le ressort au moyen de la clé *b* et de la crémaillère à pignon *c*, elle passe au-dessous *R*, en glissant entre les parois du réservoir et l'anneau de cuir. Aussitôt qu'après avoir été

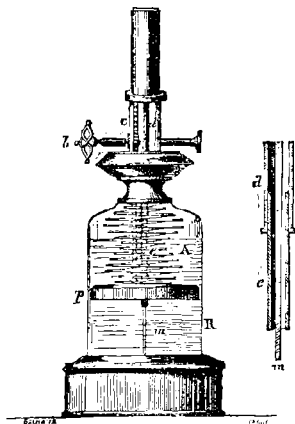


Fig. 66.

Lampe à modérateur.

tendu, le ressort est abandonné à lui-même, il se détend peu à

cette loi d'hydrostatique, que si deux vases communicants sont remplis de liquides de densités différentes, les hauteurs des deux liquides sont en raison inverse de leurs densités. Celles-ci sont les plus anciennes. Elles remontent à l'année 1787, époque à laquelle l'Écossais Keir prit une patente « pour faire arriver l'huile au bec de bas en haut, au moyen d'une espèce de siphon renversé dont la petite branche renfermait un liquide plus pesant que l'huile. » Des lampes de cette espèce furent construites plus tard, d'abord, vers 1792, par le Suédois Edclerantz, puis, en 1803, par Philippe de Girard, mais elles n'obtinent toute leur perfection qu'en 1835. Celles que Thilorier mit alors dans le commerce marchaient aussi bien que les meilleures carcel. Elles n'avaient qu'un défaut: c'est qu'elles étaient très-difficilement portatives, et il n'en fallut pas davantage pour les empêcher de se répandre. Les lampes du premier système, c'est-à-dire fondées sur le principe de la fontaine de Héron, furent inventées, en 1804, par Philippe de Girard. Elles eurent une certaine vogue jusqu'en 1843, où diverses circonstances forcèrent l'inventeur à fermer ses ateliers. Par la suite, Galy-Cazalat (1829), Darlu (1834), Thilorier (1840), etc., les firent revivre en les améliorant; mais ils ne purent réussir à les faire adopter, en raison de difficultés de plus d'un genre que présente leur emploi.

Nous citerons encore une lampe très-ingénieuse, qui a fait quelque

pen par l'effet de son élasticité, et fait descendre lentement le piston. Celui-ci presse alors sur l'huile, qui, en cherchant à s'échapper, pénètre dans l'anneau de cuir et le force à s'appliquer contre les parois du réservoir. Ne pouvant ainsi s'en aller par la voie qu'elle a suivie en arrivant, elle est obligée de s'introduire dans le tube ascensionnel *ed*, qui est toujours ouvert par le bas et qui la conduit au bec. Mais, à mesure que le piston descend, la tension du ressort diminue, et, par suite, la quantité d'huile qui monte diminue aussi de plus en plus. Pour remédier à cet inconvénient, on a placé dans l'intérieur du tube d'ascension *ed* une tige en fer *m*, de forme légèrement conique, qui est fixée au piston et en suit les mouvements. Pendant les premiers temps de la détente du ressort, cette tige remplit presque toute la capacité du tube; elle présente, par conséquent, au passage du liquide un obstacle qui a pour résultat de n'en laisser monter qu'une petite quantité; mais, à mesure que le piston descend, elle descend avec lui et laisse à la circulation de l'huile un espace de plus en plus considérable, ce qui permet à cette dernière d'arriver au bec en quantité de plus en plus grande. Cette tige sert donc à modérer l'ascension de l'huile dans la première période du mouvement et à la faciliter dans la période suivante, et l'on conçoit qu'en lui donnant des dimensions convenables on peut obtenir que l'ascension de l'huile soit sensiblement régulière. De là le nom de *modérateur* sous lequel on la désigne, et celui de *lampe à modérateur* donné à la lampe de M. Franchot.

bruit, il y a une vingtaine d'années. Nous voulons parler de la lampe dite *solaire*. Dans cet appareil, qui est dépourvu de toute espèce de mécanisme, la capillarité seule élève l'huile vers la mèche. Le courant intérieur marche comme dans le bec d'Argand, mais le courant extérieur se meut entre deux calottes hémisphériques, et, dirigé obliquement vers la flamme, y détermine un étranglement au-dessus de la mèche. La flamme se trouvant ainsi mélangée forcément avec l'air, les parties charbonneuses non encore brûlées, et qui donnent à la flamme une teinte rougeâtre, se brûlent complètement. Alors, celle-ci s'allonge et s'élève beaucoup au-dessus du niveau de l'huile, en produisant une combustion parfaite et une lumière aussi blanche qu'éclatante. La lampe solaire repose sur un principe patenté en Angleterre, en 1828, au nom du lampiste Upton, et développé plus tard par les Anglais Bynner et Smith et les Français Cogniet, Chabrie et Neuburger.

CHAPITRE II.

Éclairage par les corps gras solides.

Suif : ancienneté de son emploi, son abandon à l'époque contemporaine. —

Cire : son application à l'éclairage aussi ancienne que celle du suif, pour quoi elle est peu employée. — *Acides gras* : par qui découverts ; création de l'industrie stéarique : Chevreal, Cambacérés, de Milly, Motard. — *Paraffine* : son origine, sa nature, ses usages. — *Blanc de baleine*.

I. — LE SUIF ET LA CIRE.

Suif. — 1. La **chandelle de suif** remonte à une époque immémoriale et, malgré l'odeur désagréable qu'elle répand, elle n'en a pas moins rendu de grands services partout où l'on n'a pas pu se procurer économiquement un autre luminaire. Toutefois, elle a été beaucoup plus employée par les peuples du Nord que par ceux du Midi, parce que ces derniers avaient la ressource de l'éclairage à l'huile.

2. La fabrication des chandelles était autrefois très-développée. Les bouchers eux-mêmes la pratiquaient et en tiraient des bénéfices au moins aussi grands que du débit des viandes. La découverte des acides gras lui a fait perdre toute son importance ; il est même probable qu'elle finira par disparaître.

Cire. — 1. Comme le suif, la **cire** a été appliquée à l'éclairage dès la plus haute antiquité ; mais, à cause de son prix élevé, elle a toujours constitué un éclairage de luxe, réservé au service des autels et des habitations princières. Les Romains estimaient beaucoup celle du nord de l'Afrique, et ils la blanchissaient, comme on le fait encore, en l'exposant à l'action de la lumière et de la rosée. Pendant le moyen âge, cette cire fut également très-recherchée. Le commerce la tirait alors de Bougie, et c'est du

nom de cette ville que vient celui sous lequel, dans notre langue, on désigne les chandelles de cire¹.

2. La cire est aujourd'hui réservée aux cérémonies de l'Église. Encore même son emploi diminue-t-il chaque jour. Les cierges stéariques tendent, en effet, à se substituer de plus en plus à ceux de cire; ils ont l'avantage d'être plus blancs et leur prix de revient est moins élevé.

II. — LES ACIDES GRAS.

Découverte des acides gras. — 1. La fabrication des acides gras a pris naissance en France. Elle tire son origine des admirables travaux exécutés, au commencement de ce siècle, par le chimiste Chevreul, et qui, du même coup, eurent pour résultat de réaliser une des plus belles découvertes scientifiques et de donner les éléments d'une industrie de premier ordre.

2. Dans une série de mémoires publiés de 1813 à 1823, M. Chevreul fit voir que la graisse des animaux est formée par un mélange de trois principes immédiats, qu'il appela *stéarine*, *margarine* et *oléine*. De plus, il montra que, sous l'influence des alcalis et de l'acide sulfurique concentré, ces principes immédiats se dédoublent en principe doux des huiles, ou glycérine, et en acides gras particuliers; qu'ainsi la stéarine produit de la glycérine et de l'*acide stéarique*, la margarine de la glycérine et de l'*acide margarique*, l'oléine de la glycérine et de l'*acide oléique*. En outre, il sépara les acides gras les uns des autres et constata que deux, l'*acide stéarique* et l'*acide margarique*, sont blancs, solides et cristallisables, tandis que le troisième, l'*acide oléique*, est liquide à la température ordinaire. Enfin, il reconnut qu'ils étaient tous volatilisables dans des conditions déterminées.

1. Les Romains appelaient *candela*, d'où est venu le français *chandelle*, une chandelle quelconque, soit de suif, soit de cire. Le même usage exista en France pendant longtemps. Seulement, on avait soin d'ajouter au mot *chandelle* le nom de la matière dont la chandelle était faite. Ainsi, suivant les cas, on disait *chandelle de cire* ou bien *chandelle de suif* ou *chandelle de bœuf*. Au xiv^e siècle, on fit une distinction, qui s'est maintenue depuis. On réserva le nom de *chandelle* au suif, et l'on donna celui de *bougie* à la cire, parce que, ainsi qu'on vient de le voir, la cire la plus estimée était tirée de la ville de Bougie.

Création de l'industrie stéarique. — 1. Quoique la plupart des méthodes de fabrication des acides gras soient basées sur les données que nous venons d'indiquer, on tomberait dans une grande erreur si l'on pensait qu'il a suffi au premier venu de les prendre pour créer l'industrie de ces acides. La réalisation de ce progrès a coûté huit années de recherches assidues et des sacrifices d'argent considérables.

2. Presque au lendemain de la découverte des acides gras solides, M. Chevreul proposa de les employer à l'éclairage. Dans la pensée que cette application pourrait lui être matériellement profitable, il prit, de concert avec l'illustre Gay-Lussac, des brevets d'invention en France (5 janvier 1815) et en Angleterre (9 juin 1825); mais l'entreprise échoua complètement, car, si la question scientifique était résolue, le côté pratique faisait absolument défaut. Outre qu'elles revenaient fort cher, les nouvelles bougies ne brûlaient pas ou brûlaient mal; au bout de peu de temps, les mèches s'engorgeaient, une matière charbonneuse s'y déposait, et alors elles faisaient à la chandelle de suif une concurrence de fumée qui les rendait inacceptables. En 1826, M. J.-H. Cambacérés, ingénieur des ponts et chaussées, inventa les mèches tressées ou nattées, les mêmes dont on fait usage aujourd'hui. Cette invention, qui constitue le premier pas vers l'application industrielle des acides gras, aurait dû aplanir bien des difficultés. Il n'en fut rien pourtant; il fallait que des mains industrielles plus habiles vinsent donner à la fabrication les allures pratiques et économiques qui sont le caractère de la véritable industrie.

3. En 1829, par suite des insuccès précédents, personne ne songeait plus à fabriquer en grand les acides gras solides pour les employer à l'éclairage, quand deux jeunes docteurs en médecine, L.-A. de Milly et A. Motard, reprirent la question. Après deux années de recherches coûteuses et persévérantes, ils réussirent à vaincre la première et la plus grande difficulté, en trouvant le moyen de produire ces acides sur une grande échelle et à très-bas prix. Ce moyen consista à remplacer par la chaux la soude ou la potasse dont on s'était servi jusqu'alors pour le traitement des matières grasses. La possibilité de faire cette substitution n'était cependant pas inconnue, mais personne n'avait

songé à y avoir recours. C'est de cette découverte, qui eut lieu en 1834, et qui fit tomber aussitôt le prix de l'acide stéarique de 60 francs à 2 francs le kilogramme, que date la véritable création de l'éclairage par les acides gras; car, dès ce moment, le problème qui consistait à obtenir ces acides économiquement se trouva irrévocablement résolu. MM. de Milly et Motard fondèrent immédiatement une usine près de la barrière de l'Etoile, à Paris, et c'est de là que la bougie stéarique a reçu d'abord le nom de **bougie de l'Etoile**, qui est connu dans toute l'Europe.

4. L'exposition de 1834 est la première qui ait vu figurer la bougie stéarique. Cette application des acides gras était encore peu connue; néanmoins, le jury, prévoyant l'avenir qui l'attendait, eut devoir accorder à MM. de Milly et Motard une des plus hautes récompenses. L'année suivante, M. de Milly, se trouvant seul chargé de l'exploitation de la fabrique, par suite de la retraite de son associé, se livra à de nouvelles recherches afin d'amener ses produits au plus haut degré de perfection possible. Au mois de juin 1836, il eut le bonheur de détruire le seul défaut sérieux qu'on reprochait aux bougies stéariques, et qui était de couler; il obtint ce résultat en imprégnant les mèches d'une petite quantité d'acide borique dissous dans l'eau. Dès ce moment, l'industrie des acides gras solides se trouva complètement fondée. Alors aussi, les nouvelles bougies furent définitivement adoptées par l'économie domestique, et des compagnies se formèrent successivement dans toutes les parties de l'Europe, ainsi qu'en Amérique, jusqu'en Australie et en Sibérie, pour établir des usines analogues à celle de la barrière de l'Etoile.

III. — LA PARAFFINE ET LE BLANC DE BALEINE.

Paraffine. — 1. Vers 1830, en étudiant les produits de la distillation du bois de hêtre, le baron de Reichenbach, chimiste allemand, découvrit une substance solide, ayant l'aspect du blanc de baleine, et à laquelle il donna le nom de **paraffine**¹, à cause de son peu d'affinité pour les autres corps. On a reconnu depuis qu'elle existe également dans les huiles et les goudrons

1. De deux mots latins : *parum affinis*, qui a peu d'affinité, comme on l'a vu dans une note précédente.

provenant de la distillation de la tourbe, des houilles bitumineuses, de certains schistes, de toutes les espèces de bois, etc. On a aussi constaté qu'elle se trouve en proportions considérables dans tous les pétroles naturels, surtout dans les huiles minérales que fournissent les sources de Rangoon, dans l'empire Birman.

2. La paraffine est une substance blanche, brillante, qui brûle sans répandre ni odeur, ni suie, et sans laisser de résidu. Elle resta sans emploi jusque vers 1839, époque à laquelle un ingénieur du nom de Selligie en fit des bougies, que leur blancheur, leur transparence et leur pouvoir éclairant pouvaient faire confondre avec celles de cétine. Ces nouvelles bougies excitèrent vivement l'attention; malheureusement, leur prix de revient était trop élevé pour qu'il fût possible de les fabriquer industriellement. Cet état de choses dura jusqu'en 1850. M. James Young, de Manchester, réussit alors à extraire la paraffine par des moyens économiques qui, bientôt perfectionnés, soit par lui-même, soit par d'autres chimistes manufacturiers, permirent d'obtenir cette matière en grandes masses et à peu de frais. Depuis cette époque, la fabrication des bougies de paraffine n'a cessé de se développer, et, aujourd'hui, elle fait, pour les articles de luxe, une concurrence sérieuse à celle des bougies stéariques.

Blanc de baleine. — Pendant quelques années, on s'est servi, surtout en Angleterre, pour faire des bougies de luxe, dites *diaphanes*, d'une matière cristalline et d'un blanc éclatant, qu'on appelle **cétine** ou **blanc de baleine**. Cette matière existe en dissolution dans une huile grasse qui entoure le cerveau des cétacés. On l'extrait presque exclusivement du cachalot. Elle brûle avec une flamme vive et très-claire, et sans répandre de mauvaise odeur. Malheureusement, elle a le défaut de jaunir avec le temps. En outre, comme elle est fusible à une température peu élevée, les bougies qu'on en fait coulent assez rapidement dans les lieux échauffés. Ces diverses circonstances ont tellement réduit l'emploi de la cétine, qu'aujourd'hui la plupart des bougies diaphanes sont de simples bougies de paraffine.

CHAPITRE III.

Éclairage au gaz.

Notions préliminaires. — Invention de l'éclairage au gaz : Philippe Lebon ; sa réalisation pratique : Murdock ; sa propagation : Winsor ; son état actuel. — Idée de la fabrication du gaz. — *Gaz à l'eau* : Donovan, Jobard, Girard. — *Gaz portatif* : Houzeau-Muiron. — Produits secondaires de la fabrication du gaz.

Notions préliminaires. — Dans un grand nombre de localités, en Europe, en Asie, en Amérique, il sort de terre un gaz éminemment combustible qui parfois prend feu de lui-même, mais le plus souvent par l'approche d'un corps allumé ; il donne lieu à des flammes que le vent ne peut éteindre¹. Ce gaz a reçu des savants le nom d'*hydrogène carboné*. Il se produit constamment pendant la décomposition spontanée des matières organiques et dans leur distillation à feu nu, c'est-à-dire quand elles sont soumises en vase clos à une très-haute température. C'est lui qui sert à notre éclairage, et que l'industrie fabrique aujourd'hui en quantité immense.

Origine de l'éclairage au gaz. — 1. L'art d'éclairer par le gaz a pris naissance en France ; mais à l'Angleterre appartient incontestablement la gloire de l'avoir pratiquement réalisé.

2. On savait, depuis le commencement du xvii^e siècle, que lorsqu'on distille le bois ou la houille, on obtient un produit gazeux qui s'enflamme facilement et produit, en brûlant, une flamme très-brillante. Toutefois, parmi les premiers savants qui, en très-grand nombre², eurent occasion d'observer ce fait, il ne

1. Voyez, à ce propos, nos *LECTURES VARIÉES SUR LES SCIENCES USUELLES*.

2. Nous citerons seulement Jean Tardin, médecin à Tournon, en 1618 ; Hales, en 1669 ; Dalsénius, en 1686 ; James Clayton, en 1691 ; l'évêque Watson, en 1769 ; le docteur Chaussier, en 1776, etc.

vint à l'esprit d'aucun qu'il y avait là le germe d'une application utile. Un peu plus tard, en 1785, Minkelers, professeur de physique à Louvain, pour rendre ses cours plus intéressants, fit brûler du gaz extrait de la houille. En 1786, lord Dundonald, en Angleterre, distillant de la houille pour faire du goudron, imagina de se débarrasser du gaz qui en provenait en le dirigeant dans des tuyaux d'un faible diamètre, à l'extrémité desquels il l'allumait. A la même époque, un Allemand, nommé Diller, qui donnait des représentations sur un théâtre de Londres, employa le gaz de la houille pour alimenter des flambeaux dans une féerie ; mais, comme ses devanciers, il ne voyait dans ce phénomène, qu'il appelait *lumière philosophique*, qu'un simple moyen d'exciter la curiosité.

3. C'est un ingénieur français de la fin du siècle dernier, Philippe Lebon ¹, qui, le premier, a eu la pensée de faire servir le gaz hydrogène carboné à éclairer nos maisons et nos villes. Cette idée lui fut suggérée par une circonstance qui mérite d'être connue.

Lebon était attaché au service des ponts et chaussées lorsque, vers 1794, se trouvant en congé dans son pays natal, il entreprit des recherches sur les propriétés de la fumée. Un jour, ayant mis sur des charbons une fiole pleine en partie de sciure de bois, il remarqua que de la fumée s'échappait par l'orifice, et qu'à l'approche d'une bougie allumée, cette fumée, ce gaz, s'enflammait en jetant une grande et vive lumière. Ce phénomène n'était peut-être pas ignoré des chimistes, mais personne encore n'avait songé à l'étudier. Lebon, au contraire, vit, du premier coup, toute l'importance de l'observation qu'il venait de faire. Il comprit qu'il était possible d'extraire du bois et des autres combustibles un gaz propre à l'éclairage, que ce gaz n'était autre que de l'hydrogène carboné ; mais que, pour être propre à être employé, il avait besoin d'être débarrassé de matières huileuses et goudronneuses qui l'accompagnent toujours et lui communiquent une odeur détestable. Il comprit, en même temps, que ce même gaz pourrait servir également au chauffage, et qu'il ne serait probablement pas impossible de faire d'utiles applications des substances qui le

1. Lebon (Philippe), habile chimiste et ingénieur des ponts et chaussées, né à Brachay, près de Joinville (Haute-Marne), le 29 mai 1767, assassiné à Paris, le 2 décembre 1804.

souillent. Plein de cette idée, il se mit à faire des essais, qu'il poursuivit pendant plusieurs années, d'abord à Brachay¹, puis à Paris. En 1798, il les crut assez avancés pour en donner connaissance à l'Institut, et, bientôt après, il demanda un brevet d'invention, qui lui fut immédiatement accordé (28 septembre 1799).

4. Pour fabriquer le gaz, Lebon proposait d'employer une espèce de poêle, qu'il appelait *thermolampe*², parce qu'il le jugeait propre à fournir à la fois de la chaleur et de la lumière. La matière à distiller était le bois; mais, ajoutait-il, on pouvait employer aussi la houille, les résines, les graisses, les huiles et autres combustibles. Comme produits secondaires de l'opération, on obtenait diverses substances auxquelles l'industrie pourrait trouver quelque emploi utile.

5. Au mois d'août 1801, Lebon publia un mémoire³, dans lequel il exposa les avantages de son nouvel éclairage, et, afin qu'on pût les apprécier matériellement, il installa, dans un des plus somptueux hôtels de Paris⁴, un vaste appareil qui, suivant un récit contemporain, « distribuait la lumière et la chaleur dans de grands appartements, dans les cours et les jardins. » Le public accourut en foule à cette expérience; mais, le premier moment de surprise passé, on ne la regarda qu'avec indifférence, à cause de l'odeur repoussante du gaz, que, malgré tous ses efforts, Lebon n'avait pu réussir à supprimer. Ce fut là tout ce que notre ingénieur retira d'un essai sur lequel il avait dû fonder de brillantes espérances. Cependant, plein de foi dans l'avenir de son œuvre, il n'aurait probablement pas manqué de la doter des améliorations qu'elle réclamait, si une mort mystérieuse ne fût venue le surprendre. Il périt le 2 décembre 1804, victime d'un assassinat dont la cause et les auteurs n'ont jamais été connus.

1. A cette époque, Lebon comprenait déjà parfaitement toutes les conséquences de la distillation des combustibles, car il disait aux habitants de son village : « Mes amis, je vous chaufferai et je vous éclairerai de Paris à Brachay. »

2. Du grec *thermos*, chaud, et du français *lampe*.

3. Ce mémoire était ainsi intitulé : *Thermolampes ou poêles qui chauffent, éclairent avec économie, et offrent, avec plusieurs produits précieux, une force motrice applicable à toute espèce de machines.*

4. L'hôtel Seignelay, situé rue Saint-Dominique, au faubourg Saint-Germain, que Lebon avait loué en vue de cette expérience.

Réalisation pratique. — 1. Pendant que les tentatives de Philippe Lebon échouaient en France, William Murdoch, ingénieur anglais d'un grand mérite, s'occupait aussi de l'éclairage au gaz, et, substituant la houille au bois, avait le bonheur de le réaliser pratiquement. Les écrivains de l'Angleterre assurent que Murdoch commença ses recherches en 1792, à Redruth, en Cornouailles. Dans tous les cas, il n'en fit connaître les résultats qu'en 1798. A la fin de cette dernière année, il établit dans la fabrique de Boulton et James Watt, à Soho, près de Birmingham, un appareil destiné à l'éclairage du bâtiment principal; mais cet appareil était si imparfait, qu'il ne put servir, pendant très-long-temps, qu'à faire des expériences : le nouvel éclairage ne fut même définitivement adopté par les propriétaires de l'usine qu'en novembre ou décembre 1804. Au mois de février suivant, la filature de coton de MM. Phillips et Lee, à Manchester, fut également éclairée au gaz.

2. Au commencement de 1805, l'emploi du gaz de la houille pour l'éclairage des édifices particuliers était un fait accompli. Restait à l'étendre à l'éclairage public. C'est ce qu'entreprit un des aides de Murdoch, un Allemand du nom de Winsor¹, qui, après avoir publié à Brunswick une traduction du mémoire de Lebon, et répété, dans cette ville, puis à Brème, Hambourg, Vienne, Altona, les expériences de notre compatriote, était venu chercher fortune en Angleterre. Ce qu'il venait de voir à Soho et à Manchester l'ayant convaincu du grand avenir réservé au nouvel éclairage, il prit un brevet d'invention (18 mai 1804) pour l'appliquer sur la plus vaste échelle possible, en commençant par la capitale de sa nouvelle patrie. Comme toutes les choses qui heurtent trop violemment les habitudes reçues, le projet de Winsor rencontra d'abord la plus vive opposition. Ce ne fut même qu'en 1810, quand on eut suffisamment modifié les appareils, quand on fut surtout parvenu à perfectionner les procédés d'épuration, qu'il put recevoir une exécution suivie. Ces circonstances permirent à la compagnie formée par Winsor de s'organiser définitivement

1. Winzler (Frédéric-Albert), né à Znaïm (Moravie), en 17... , mort à Paris, en 18... A son arrivée en Angleterre, il changea son nom en celui de Winsor, afin de lui donner une tournure anglaise. C'était un homme sans éducation, mais d'un esprit très-entreprenant.

(1816), et les bénéfices qu'elle réalisa engagèrent les capitalistes à créer une foule d'institutions semblables. Dès ce moment, l'éclairage au gaz prit de tels développements en Angleterre qu'en 1823, à Londres seulement, il existait une dizaine de compagnies, dont une seule, la plus importante, avait posé jusqu'à 220 kilomètres de tuyaux.

3. Après avoir doté l'Angleterre de l'éclairage au gaz, Winsor voulut l'introduire en France. Il se rendit donc à Paris en 1815 et s'y fit délivrer un brevet d'importation; mais il trouva, dans cette grande ville, une opposition peut-être encore plus forte que celle dont il avait eu à triompher à Londres. Pour combattre les préventions du public, il résolut de parler aux yeux et fit construire un petit appareil, qui fut expérimenté dans un salon du passage des Panoramas. Au commencement de 1817, l'innovation fut étendue au passage tout entier. Des applications semblables eurent lieu presque aussitôt dans plusieurs établissements particuliers, par les soins de M. Pauwels, acquéreur du matériel de Winsor. Le 1^{er} janvier 1818, on mit en activité, dans l'intérieur du nouvel hôpital Saint-Louis, un appareil pour 300 becs, qui avait été exécuté d'après les plans et les indications d'une commission nommée par le comte de Chabrol, préfet de la Seine. Enfin, dans le courant de l'année suivante, le gaz fut introduit à l'Opéra et dans quelques autres théâtres; il se montra aussi, pour la première fois et d'une manière officielle, sur la place du Carrousel et dans trois ou quatre rues. L'éclairage au gaz gagna donc peu à peu du terrain; à mesure qu'il fut mieux connu, les résistances ineptes ou intéressées disparurent, et quelques années suffirent pour en généraliser l'emploi. Nous n'avons pas besoin d'ajouter qu'à l'exemple de la capitale, les grandes villes voulurent être éclairées au gaz, et qu'ensuite vint le tour de celles de moindre importance.

4. Ce que nous venons de dire de l'introduction du gaz en France, nous pourrions le répéter pour chacune des autres contrées de l'Europe. Elle commença toujours par les capitales, d'où elle rayonna peu à peu dans les provinces. L'éclairage au gaz constitue aujourd'hui une industrie de premier ordre. S'il a pris une extension si considérable, il en est redevable aux améliorations sans nombre apportées par une multitude d'inventeurs,

soit à la disposition des appareils de production et de combustion, soit surtout aux moyens d'épuration.

Fabrication du gaz. — 1. Le gaz d'éclairage peut être extrait de toute substance contenant une forte proportion de carbone et d'hydrogène, notamment des *résines*, des *graisses*, de la *poix*, de la *tourbe*, de la *lie de vin*, des *huiles de schiste*, des *huiles végétales*, etc.; mais aucune ne peut lutter avantageusement contre la houille, dont la valeur est comparativement très-minime, et qui, en outre, fournit, comme produits secondaires de la fabrication, diverses substances auxquelles la science et l'industrie ont trouvé de nombreux usages, et dont la vente couvre les frais d'achat de la houille.

2. La distillation de la houille se fait dans de grandes cornues, autrefois en fonte, aujourd'hui en terre. A mesure que le gaz se dégage, des tuyaux le conduisent dans des appareils d'épuration, où il abandonne les corps étrangers qui le souillent. Enfin, il passe dans de vastes réservoirs, appelés improprement *gazomètres*, d'où il se répand comme une source d'eau vive jusqu'aux points les plus éloignés, qu'il féconde de sa vive lumière. Le gaz purifié est généralement désigné, en France et en Angleterre, sous le nom de **gaz-light**, qui veut dire *gaz-lumière*. On l'appelle encore vulgairement **hydrogène** et tout simplement **gaz**.

Produits secondaires. — Nous venons de voir que la fabrication du gaz donne pour résidu plusieurs substances dont la vente couvre les frais d'achat de la houille. Ce sont : le *coke*, le *goudron* et les *eaux ammoniacales*.

1. Le **coke** sert au chauffage. L'usine en consomme environ le tiers; tout le reste est livré aux particuliers.

2. Le **goudron** est un liquide noir, d'une odeur forte et nauséabonde, dont la composition est excessivement compliquée. Les Anglais l'appellent *coal-tar*. En France, on le désigne quelquefois, mais fort improprement, sous le nom de *bitume*. Pendant très-longtemps, il a été un sujet d'embarras pour les usines, qui ne savaient qu'en faire; aujourd'hui, grâce aux travaux de plusieurs chimistes, on sait en retirer, au moyen d'une distillation convenable, une foule de matières auxquelles l'industrie a trouvé

les applications les plus diverses. Nous citerons seulement la **benzine**¹, qui sert à dégraisser les vêtements et surtout à préparer, pour l'usage de la teinture et l'impression des tissus, ces magnifiques couleurs bleues, rouges, vertes, noires, violettes, qu'on nomme *couleurs d'aniline*; l'**acide phénique**², qui possède la propriété de préserver les matières animales de la putréfaction et d'arrêter leur corruption quand elle est commencée, et qui, pour ce motif, est universellement employé pour désinfecter la cale des navires, assainir les étables, conserver les préparations d'histoire naturelle; l'**acide picrique**³, qui fournit à l'art du teinturier de belles couleurs jaunes qui se fixent, sans le secours des mordants, sur les textiles animaux; le **brai gras**, qui est employé directement dans la fabrication des agglomérés de houille, et qui, associé à des terres ou à des résines, sert à faire des enduits pour la conservation du bois, du fer et de la fonte; le **brai sec**, qui entre aussi dans la préparation des agglomérés, et qui, en mélange avec du sable, constitue l'*asphalte artificiel* des trottoirs; des **huiles lourdes**, qui servent, suivant leur plus ou moins de liquidité, à graisser les machines, dissoudre le caoutchouc, éclairer la voie publique.

3. Les **eaux ammoniacales** sont utilisées pour la préparation de l'alcali volatil, ou ammoniaque liquide, et de divers sels demandés par l'industrie.

Gaz à l'eau. — 1. Au gaz fourni par la houille, plusieurs inventeurs ont essayé de substituer celui que produit la décomposition de l'eau. On sait qu'en passant à travers des charbons incandescents, la vapeur d'eau se décompose et donne un mélange d'hydrogène pur, d'hydrogène carboné, d'oxyde de carbone et d'acide carbonique. On sait aussi que, si l'on fait absorber ce der-

1. **Benzine.** Cette substance a été découverte, en 1825, par le chimiste anglais Faraday, qui l'appela *bicarburé d'hydrogène*. C'est Mitscherlich qui, en 1833, lui a donné le nom sous lequel elle est actuellement désignée.

2. **Acide phénique.** Cet acide a été découvert, en 1834, par M. Runge, qui l'appela *acide carbolique*. Ce nom pouvant occasionner des confusions avec l'acide carbonique, a été remplacé, de nos jours, par celui d'*acide phénique* (du grec *phainô*, éclairer).

3. **Acide picrique.** Il a été découvert, en 1788, par M. Haussmann, et désigné successivement sous une foule de noms. C'est M. Thénard qui lui a donné celui qu'il porte actuellement (du grec *pikros*, amer), afin de rappeler son excessive amertume.

nier par un lait de chaux, il reste trois gaz éminemment combustibles, mais fort peu éclairants.

2. C'est sur la connaissance de ces faits que repose le procédé d'éclairage dont nous parlons. La première pensée de ce procédé paraît avoir été conçue, en octobre 1830, par un Anglais appelé Donavan. Deux ans plus tard, M. Jobard, de Bruxelles, indiqua un perfectionnement capital : pour communiquer aux gaz la propriété qui leur manque, c'est-à-dire de pouvoir donner une flamme éclatante, il imagina d'y introduire du carbone en les faisant barboter, avant d'arriver au bec, dans ces hydrocarbures liquides¹ qu'on obtient par la distillation du goudron et des schistes bitumineux. Le gaz ainsi préparé a reçu en France et en Belgique le nom de **gaz à l'eau**, et en Angleterre celui de **hydro-carbon-gaz**.

3. La première tentative pour employer le gaz à l'eau à l'éclairage fut faite aux Batignolles, en 1834, par M. Selligie, alors associé avec M. Jobard; mais elle n'eut aucun succès, parce que le prix de revient du gaz était trop élevé. Plusieurs entreprises semblables, qui eurent lieu presque en même temps ou peu après en Belgique et en Angleterre, échouèrent également et pour le même motif. Vers 1845, un chimiste éminent, M. Gillard, essaya de faire revivre ce mode d'éclairage, mais en le modifiant. Au lieu de carburer l'hydrogène de l'eau, il le rendait éclairant en plaçant au milieu de la flamme un petit cylindre formé par une toile de platine à fils et mailles d'une grande finesse. Ce cylindre, porté au rouge blanc par la combustion du gaz, devenait resplendissant de lumière et persistait dans cet état tant que ce dernier l'entourait. Le gaz ainsi produit fut très-improprement appelé **gaz-platine**; il disparut après avoir été momentanément employé dans quelques établissements particuliers².

1. On appelle **hydrocarbure** tout corps composé de carbone et d'hydrogène. Il y a des hydrocarbures *solides* (houille, lignite, caoutchouc, etc.), des hydrocarbures *gazeux* (grisou, gaz d'éclairage, etc.), et des hydrocarbures *liquides* (naphte, pétrole, essence de térébenthine, huiles végétales, etc.).

2. Tout récemment, on a fait grand bruit d'un nouveau procédé d'éclairage au gaz, dû à l'ingénieur américain Laslo-Chandor. Le gaz éclairant de cet inventeur, ou **gaz-Chandor**, comme on le nomme, n'est autre chose que de l'air ordinaire chargé de vapeurs d'hydro-carbures. Pour l'obtenir, on injecte de l'air dans un vase contenant un mélange d'huile de houille et d'essence de térébenthine, qu'on maintient fortement agité au moyen d'une roue à ailes courbes.

Gaz portatif. — 1. Dès les commencements de l'éclairage au gaz, on entreprit de supprimer les frais considérables qu'entraîne la distribution du gaz chez les consommateurs, et de remédier à l'incommodité que présente l'emploi des becs fixes. A cet effet, on imagina de réduire le gaz à un petit volume, afin d'en renfermer la quantité nécessaire à la consommation d'une soirée, dans des réservoirs de métal faciles à transporter et à mettre en communication avec des becs de lampes ordinaires¹. Au moyen d'une pompe foulante, on comprima donc du gaz dans des récipients de tôle ou de cuivre, à parois très-épaisses, et munis de robinets servant à l'entrée et à la sortie de la substance gazeuse. Cette innovation fut appelée **éclairage au gaz portatif comprimé**; elle parut en Angleterre, vers 1820. On y renonça au bout de peu de temps, parce qu'on reconnut qu'elle ne procurait aucun bénéfice aux vendeurs, et qu'elle pouvait devenir une cause de graves accidents pour les acheteurs, à cause des explosions dues à la fabrication vicieuse ou au mauvais entretien des appareils.

2. L'emploi du gaz portatif était oublié depuis plus de trente ans, lorsque, dans le courant de 1845, M. Houzeau-Muiron, pharmacien à Reims, imagina de le faire revivre en supprimant la compression. Dans ce système, le gaz était transporté à domicile au moyen de grandes outres élastiques et imperméables, disposées sur une voiture. Arrivé devant la porte de l'établissement où le gaz devait être brûlé, le conducteur du véhicule mettait en communication l'une des outres avec le réservoir du consommateur, à l'aide d'un long tuyau flexible, puis, tournant une manivelle, serrait des courroies qui comprimaient l'outre et la forçaient à se vider. Ce procédé regut le nom d'**éclairage au gaz non comprimé**. Comme il n'avait pas le danger du précédent, il fut d'abord adopté dans plusieurs grandes villes; mais il ne prit aucun développement, parce qu'il n'offrait aucun avantage sous le rapport économique, et qu'il obligeait à avoir chez soi un gazomètre encombrant et dont la marche était difficile à régler.

3. Vers 1850, on a repris à Paris et dans plusieurs autres

¹ Murdoch, lors de ses premières expériences à Redruth, comprimait déjà le gaz et le transportait sur une voiture.

grandes villes l'éclairage au gaz comprimé, et cette fois on a réussi à le rendre pratique, d'une part, en employant un gaz beaucoup plus éclairant que celui de la houille, d'autre part, en ne soumettant ce gaz qu'à une pression modérée. La substance substituée à la houille, dans ce cas, est un schiste bitumineux, qu'on tire d'Ecosse, où il est connu sous le nom de *bog-head*. A l'aide de pompes foulantes, on emmagasine le gaz dans des cylindres de tôle, qui servent ensuite à le transporter chez les consommateurs.

CHAPITRE IV.

Éclairage par les Huiles minérales.

Notions préliminaires. — *Alcoolats* : gazogène, hydrogène liquide, etc. —
Huiles minérales : huile de schiste, pétrole.

Notions préliminaires. — Le prix des huiles végétales étant très-élevé, on s'est demandé s'il ne serait pas possible de les remplacer par des liquides plus économiques et composés, comme elles, d'hydrogène et de carbone, mais dans des proportions différentes. Les premiers essais ont eu pour objet l'emploi des *alcoolats*; plus tard, on a remplacé ces mélanges par des *huiles minérales*, qui ont seules permis de résoudre la question.

I. — LES ALCOOLATS.

Définition. — Comme leur nom l'indique, les **alcoolats** sont des mélanges dans lesquels l'alcool domine.

Histoire. — 1. L'éclairage par les alcoolats paraît avoir été imaginé, en 1823, par M. Jobard, de Bruxelles; mais il ne fut réalisé pratiquement qu'en 1830 par des commerçants des Etats-Unis. M. Breuzin, lampiste à Paris, l'introduisit en France en 1832 : il en avait la connaissance au comte Réal, ancien ambassadeur du roi Louis-Philippe en Amérique.

2. A partir de 1834, une foule d'industriels cherchèrent à vulga-

riser l'éclairage nouveau, et inventèrent à cet effet plusieurs systèmes de lampes, dont quelques-uns eurent momentanément une certaine vogue. Ces appareils présentaient des dispositions assez variées, mais ils étaient toujours construits de manière à déterminer préalablement la vaporisation des liquides combustibles, et à brûler la vapeur à mesure qu'elle se produisait. Quant aux liquides, ils consistaient en des mélanges d'alcool et d'essence de térébenthine, dans lesquels on substituait parfois l'éther ou l'esprit de bois à l'alcool, les huiles de schiste, de goudron de houille, de pétrole, de naphte, etc., à la térébenthine, et que les fabricants affublaient des noms les plus fantastiques, tels que ceux de **gazogène, gaz liquide, hydrogène liquide**, etc. Ces divers produits eurent d'abord un certain succès, après quoi on les délaissa, les uns parce qu'ils étaient trop chers, les autres parce que leur emploi offrait des complications qui n'étaient pas en rapport avec l'économie qu'on pouvait en retirer. D'ailleurs, ils étaient tous une source continue de dangers, parce qu'ils s'enflammaient spontanément à l'approche d'un corps en combustion.

II. — LES HUILES MINÉRALES.

Définition. — Après l'insuccès des alcoolats, on s'est adressé aux **huiles minérales**, c'est-à-dire à des hydrocarbures qui existent à l'état liquide dans le sein de la terre ou qui imprègnent certaines roches d'où il faut ensuite les extraire. Les premières tentatives à cet égard remontent à une quarantaine d'années. Néanmoins, le nouvel éclairage n'a pris une importance sérieuse qu'à partir de 1858, date de la découverte des pétroles américains. Pour l'appliquer, on a inventé des appareils de plusieurs systèmes, mais ayant tous la propriété de brûler les liquides sans gazéification préalable et de la même manière que les lampes à huiles végétales.

Huile de schiste. — Le liquide appelé vulgairement **huile de schiste** s'extrait de divers schistes bitumineux qu'on trouve en abondance dans un grand nombre de localités. On l'obtient à l'aide d'une distillation dont les procédés sont à peu

près les mêmes que ceux usités pour la houille dans les usines à gaz. Il y avait déjà une dizaine d'années qu'on employait ce liquide pour faire des alcoolats, lorsque, dans le courant de 1844, M. Selligue imagina de le brûler tout seul, à peu près comme s'il s'agissait d'une huile végétale. Relativement aux mélanges qui l'avaient précédé, ce produit constituait un progrès véritable. Aussi, dès son apparition, fut-il adopté dans une foule d'ateliers ; plusieurs villes s'en servirent même pour leur éclairage. Cependant, on finit par s'apercevoir qu'il n'est pas moins dangereux que les divers gazogènes, car il renferme, comme eux, des principes volatils éminemment inflammables au contact du feu. C'est pour ce motif qu'il a été délaissé, quand on a pu se procurer du pétrole à bon marché, parce que ce dernier, lorsqu'il a été convenablement épuré, est d'une sécurité à peu près complète.

Pétrole. — 1. Le **pétrole**, ou *huile de pierre*, est un bitume naturellement liquide qui, tantôt sort spontanément du sein de la terre en formant des sources plus ou moins abondantes, tantôt, au contraire, constitue des nappes souterraines, situées à des profondeurs excessivement variables et où il faut aller le chercher. En Chine, dans l'Inde, en Europe même, il a été appliqué à l'éclairage dès les temps les plus reculés ; mais, pendant des siècles, il n'a été utilisé que pour la consommation locale. C'est la découverte des pétroles américains qui a fait prendre à cet éclairage l'extension énorme qu'il a aujourd'hui. Cet événement a eu des conséquences trop considérables pour que nous ne consacrons pas quelques lignes à son histoire.

2. On savait, depuis au moins 1830, que certains districts des Etats-Unis et du Canada renfermaient des sources de pétrole ; mais ce ne fut que vingt-huit ans plus tard qu'une circonstance fortuite attira l'attention sur cette branche nouvelle de richesse. En 1858, dans l'Etat de Pensylvanie, un fermier des environs de Pittsburg, nommé Drake, faisait creuser un puits dans l'espoir de trouver de l'eau salée. La sonde atteignit bientôt une nappe jaillissante. L'eau qu'on cherchait ne vint pas ; en revanche, un jet de pétrole s'élança à sa place, et avec une telle violence qu'il faillit noyer les ouvriers : il ne donna pas moins

de 4,000 litres par jour. La nouvelle de cette miraculeuse trouvaille se répandit comme un coup de foudre. Les chercheurs d'huile accoururent de toutes parts; on cribla de trous les environs. En même temps, au Canada et dans tous les Etats de l'Union américaine, on se mit à forer le sol, et l'on découvrit successivement de nouvelles sources dans l'Ohio, le Maryland, la Virginie, le Kentucky, la Géorgie, l'Alabama, le Tennessee, la Californie. En 1860, le nombre des puits était d'au moins 2,000, dont quelques-uns fournissaient chaque jour jusqu'à 500 barils de 190 litres chacun d'huile brute : aujourd'hui, il atteint peut-être 10,000. Toutefois, la vallée d'Oil-Creek, en Pensylvanie, et Ennis-Killen, dans le Canada, sont jusqu'à présent restés les centres principaux de la production du pétrole. En 1863, aux Etats-Unis seulement, on portait à 3,500,000 barils l'extraction totale, représentant, en huile brute, une valeur de 483 millions de francs, qui s'élevait, après l'épuration, à 324 millions, c'est-à-dire à la moitié environ de la récolte en froment de tout le pays.

CHAPITRE V.

Éclairages éblouissants.

Lumière électrique : sa découverte; Humphry Davy; son premier emploi à l'éclairage. Léon Foucault, Deleuil; ses applications. — *Lumière oxyhydrique* : sa découverte, ses applications. — *Lumière au magnésium* : sa découverte; ses applications.

I. — LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Découverte de la lumière électrique. — 1. En 1801, le chimiste anglais Humphry Davy eut l'idée de terminer les conducteurs d'une forte pile ¹ par deux morceaux de charbon de bois taillés en pointe, et d'opérer la décharge par leurs extrémités. Il vit aussitôt jaillir entre les deux pointes une lumière d'un éclat supérieur à toute lumière artificielle, comparable à

1. Sur la pile électrique, voyez la Seizième partie.

celle du soleil (fig. 67), et qui persistait quand on éloignait un peu les charbons l'un de l'autre : c'était ce que nous appelons la **lumière électrique**.

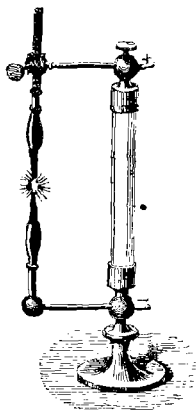


Fig. 67.

Lumière électrique.

2. L'expérience de Davy fut répétée, pendant bien des années, dans les cours de physique ; mais, comme les piles que l'on connaissait alors ne pouvaient produire que des courants énergiques momentanés, elle était nécessairement très-courte. Il est même probable qu'elle ne serait pas sortie des laboratoires si, en 1843, en inventant la pile qui porte son nom, Bunsen ¹ n'était venu donner aux physiciens le moyen d'obtenir des courants ayant en même temps une longue durée et une grande intensité.

Premiers essais d'éclairage.

— 1. La pile de Bunsen était à peine connue, qu'un de nos compatriotes, M. Léon Foucault ², eut l'idée de s'en servir pour employer la lumière électrique à l'éclairage. Toutefois, comme les pointes de charbon de bois avaient l'inconvénient de s'user avec une extrême rapidité, il fallait d'abord les remplacer par un autre corps beaucoup plus difficilement combustible. M. Foucault vainquit cette difficulté en employant des baguettes prismatiques carrées taillées dans une espèce de coke très-dur, qui se dépose sur les parois des cornues, dans les usines où l'on fabrique le gaz d'éclairage, et que, pour ce motif, on appelle vulgairement *charbon de gaz*. Après avoir réalisé ce perfectionnement, il construisit une **lampe électrique**, qu'il présenta, au mois d'avril 1844, à l'Académie des sciences, et dont il fit usage, avec le docteur Donné, pour éclairer le microscope solaire ³, à la place du soleil. Vers la fin de

1. Bunsen (Robert-Guillaume), chimiste et physicien allemand, né à Göttingue, en 1811.

2. Foucault (Jean-Bernard-Léon), un des plus illustres physiciens de notre époque, né à Paris en 1819, mort en 1868.

3. **Microscope solaire**. On donne ce nom à une espèce de lanterne magique, qui a été inventée à Berlin, en 1738, par le docteur Lieberkühn, et

la même année, cette lampe fut employée par M. Deleuil, un de nos premiers fabricants d'instruments de physique, pour un essai d'éclairage public. L'expérience eut lieu sur la place de la Concorde, à Paris, et réussit parfaitement. C'est la première expérience de ce genre qu'on ait faite. Plusieurs savants la répétèrent par la suite, et toujours avec le même succès.

2. Cependant, la question de l'éclairage électrique n'était pas encore entièrement résolue. En effet, quoique la combustion des baguettes de charbon de gaz fût très-lente, elle n'en existait pas moins; ces baguettes se raccourcissaient peu à peu, et il était indispensable que leurs extrémités ne s'éloignassent pas trop l'une de l'autre, sans quoi il serait arrivé un moment où la distance aurait été assez grande pour que l'électricité n'eût pu la franchir, et alors la lumière se serait éteinte. On était donc obligé, quand on voulait prolonger l'expérience, de les rapprocher à mesure qu'elles se consumaient : de là des intermittences dans la production de la lumière et des variations dans son intensité. A l'origine, on effectuait ce rapprochement en manœuvrant à la main des vis appropriées; mais ce moyen rudimentaire ne pouvait évidemment avoir qu'une existence passagère. Aussi, munit-on bientôt les lampes d'un **régulateur** disposé de manière à régler lui-même, par l'effet du courant, la marche des charbons. Le premier appareil de ce genre fut établi en 1849 par M. Léon Foucault. Vers la même époque, des inventions semblables furent faites en Angleterre par MM. Stutes et Pries. Depuis cette époque, un grand nombre d'autres régulateurs ont été construits dans presque tous les pays. Nous citerons seulement celui de M. Serrin, notre compatriote, qui date de 1857, et a été adopté pour le service de nos phares.

Applications. — Malgré son éclat, la lumière électrique n'a pu encore être utilement employée que dans un petit nombre

qui sert à peindre sur une surface blanche l'image amplifiée d'objets vivement éclairés. Pendant longtemps, on l'a uniquement éclairée avec la lumière du soleil. Aujourd'hui, on emploie aussi, soit la lumière de Drummond, soit la lumière électrique. Cet appareil est surtout en usage pour montrer à une nombreuse assemblée la structure du tissu des plantes, les détails de l'organisation de très-petits animaux, ainsi que les infusoires contenus dans les eaux stagnantes et dans certains liquides en fermentation.

de circonstances exceptionnelles, par exemple, pour produire des effets de théâtre, faciliter les travaux de nuit dans les grands ateliers, embellir les fêtes publiques, photographier des objets microscopiques fortement grossis par des lentilles, remplacer les lampes ordinaires dans l'éclairage des phares, éclairer les travaux sous-marins et les opérations militaires pendant les sièges, enfin, tenir lieu de la lumière solaire dans certaines expériences de physique. On a également proposé de la faire servir à l'éclairage des mines pour éviter les funestes accidents du grisou, et à celui des fanaux de navires pour empêcher les abordages; mais aucune de ces applications n'a pu devenir pratique. Quant à l'éclairage public, auquel elle semble particulièrement destinée, ce n'est pas une raison d'économie¹ qui en a jusqu'à présent empêché l'adoption, mais son intensité elle-même. En effet, pour éclairer des rues et des places, ce qu'il faut, avant tout, c'est une lumière qui puisse se distribuer avec la plus grande régularité, afin que la clarté soit à peu près la même partout. Or, la lumière fournie par l'électricité ne possède nullement cette propriété. Avec elle, les lieux circonvoisins sont éclairés outre mesure, tandis que tous les autres se trouvent plongés dans une obscurité relative, parce que ses effets diminuent rapidement avec la distance. Ajoutons qu'elle est fatigante à la vue et colore les objets d'une manière peu avantageuse. Aussi, ne convient-elle réellement que lorsqu'il est nécessaire de concentrer sur un point unique un grand foyer lumineux, et c'est précisément en cela que consistent les divers usages dont nous venons de faire l'énumération. On a bien essayé plusieurs systèmes pour obtenir la diffusion de la lumière électrique; mais, jusqu'à présent, ils n'ont rien fourni de véritablement applicable.

II. — LUMIÈRE OXYHYDRIQUE.

Découverte. — Au commencement de ce siècle, un officier

1. D'après les recherches de M. E. Becquerel, pour obtenir une lumière équivalente à 700 bougies stéariques, il faudrait dépenser, par heure : en bougie de cire, 32 fr. 40; en bougie stéarique, 26 fr. 20; en chandelle de suif, 12 fr. 60; en huile de colza épurée, 6 fr. 10; en huile de schiste légère, 3 fr. 85; en gaz de houille, 3 fr. 20; en lumière électrique, de 3 à 5 fr. si l'on emploie une pile de 60 à 80 éléments, et seulement de 10 à 20 centimes, si l'on se sert d'une machine magnéto-électrique.

anglais, nommé Drummond¹, exécutant des recherches sur les moyens de faciliter les observations à de grandes distances, observa que, lorsqu'on fait brûler, en proportions convenables, du gaz hydrogène au moyen d'un courant d'oxygène, on obtient une flamme très-pâle, mais qui devient éblouissante si l'on y introduit un globule ou un cylindre de chaux. C'est la lumière ainsi obtenue qu'on appelle **lumière Drummond**, du nom de celui qui l'a observée le premier.

Le dessin ci-joint (*fig. 68*) donne une idée de l'appareil qui sert à la produire dans les cours. L'hydrogène arrive par un tube à robinet H, et l'oxygène par un tube semblable O, qui le puise dans un réservoir spécial S. Le cylindre de chaux est placé en c. On commence par faire arriver l'hydrogène au bec a, et l'on y met le feu, puis on lance le jet d'oxygène au milieu de la flamme. Celle-ci est d'abord pâle; mais, aussitôt que la chaux s'est échauffée, elle prend un

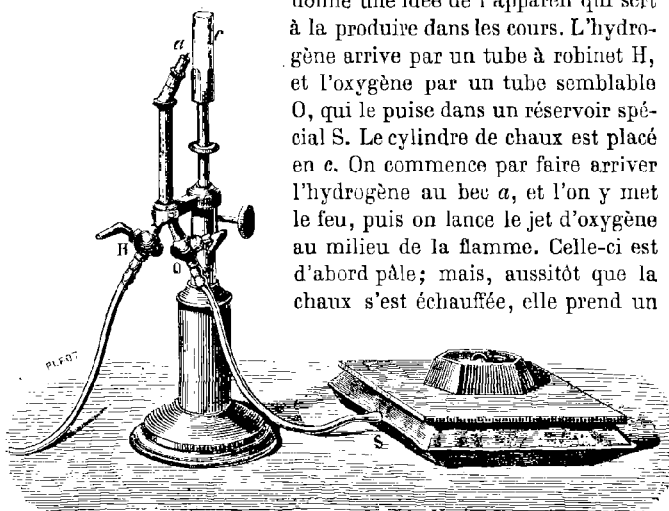


Fig. 68.

Lumière Drummond.

éclat extraordinaire, qui ne le cède qu'à celui du soleil et de la lumière électrique.

Applications. — En 1804, on fit, au camp de Boulogne, par ordre de Napoléon I^{er}, des expériences de télégraphie avec

1. Drummond (Thomas), capitaine du génie, né à Edimbourg en 1787, mort en 1840.

la lumière Drummond ; mais on les abandonna presque aussitôt, à cause des dangers auxquels exposait le mélange gazeux. Plus tard, la pensée vint qu'il serait peut-être possible d'appliquer ce même mélange à l'éclairage public. Alors prit naissance **l'éclairage-oxyhydrique**, lequel, ainsi que son nom l'indique, consiste à brûler l'hydrogène pur, ou, ce qui est plus économique, le gaz de l'éclairage, à l'aide d'un jet continu d'oxygène, en ayant soin de placer au milieu de la flamme un crayon ou cylindre d'un corps infusible, tel que la chaux, la magnésie, etc. Des essais sans nombre ont été faits dans ce but en Angleterre, par Maehly, Kene, Watson, Copcutt, Parker, etc. ; en Italie, par Carlevaris ; en France, par Galy-Cazalat, Gaudin, etc. ; mais, jusqu'à présent, on n'a pas réussi à créer un procédé véritablement pratique, à cause surtout du prix élevé de la fabrication de l'oxygène. Néanmoins, sous ce dernier rapport, des résultats très-importants ont été récemment obtenus par MM. Tessié du Motay et Maréchal, dont les expériences sur les boulevards de Paris ont vivement attiré l'attention du public.

III. — LUMIÈRE AU MAGNÉSIUM.

Découverte. — Dans ces dernières années, un métal, le **magnésium**¹, est venu donner une nouvelle source de lumière. Quand il est réduit en fils très-fins ou en lames très-minces, il brûle facilement et avec une flamme d'un éclat excessif². En 1864, les physiciens allemands Bunsen et Roscoe, ayant eu occasion de constater cette propriété, eurent aussitôt l'idée d'en tirer parti pour l'éclairage, et des lampes propres à cette application ne tardèrent pas à être établies. Le dessin ci-après (*fig.* 69) représente un de ces appareils. Un fil de magnésium C traverse un tube A B, dont l'extrémité est au foyer d'un réflecteur. A mesure

1. Voyez, page 291, l'histoire de ce métal.

2. Un fil d'un tiers de millimètre de diamètre répand, en brûlant à l'air libre, autant de lumière que 74 bougies ordinaires du poids de 200 grammes chacune. Pour entretenir cette vive lumière pendant une minute, il suffit de brûler un fil semblable ayant 90 centimètres de long et pesant 12 centigrammes.

qu'il brûle, un mouvement d'horlogerie, renfermé dans la boîte E, le fait avancer, et un régulateur D règle le fonctionnement de tout le système.

Applications. — Le plus grand intérêt pratique de la lumière au magnésium réside dans l'intensité des effets chimiques que produisent ses rayons ¹. Aussi, convient-elle admirablement pour la reproduction photographique des objets qui, placés dans des lieux obscurs, ont besoin d'être éclairés artificiellement. C'est grâce à elle, qu'on a pu photographier l'intérieur des pyramides d'Égypte, des égouts de Paris et des catacombes. Parmi les autres applications qu'on en a faites, nous citerons surtout, quoiqu'elles n'aient encore donné lieu qu'à de simples expériences, son emploi pour l'éclairage des mines et des carrières, pour celui des phares et pour les signaux de nuit. Pendant la guerre civile, dite *de la sécession*, les Américains du Nord en ont également tiré parti pour éclairer les travaux de l'ennemi; ils obtenaient l'effet voulu en introduisant dans des fusées de guerre une forte proportion de magnésium en limaille.

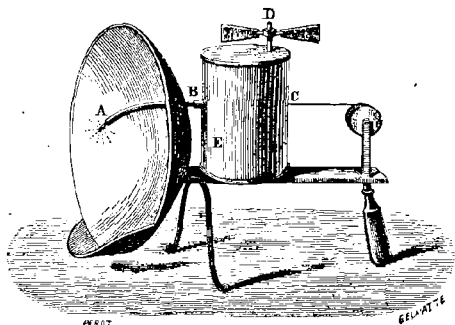


Fig. 69.
Lampo au magnésium.

1. On sait que, par **actions** ou **effets chimiques** de la lumière, on entend les changements de couleur et les décompositions qu'un grand nombre de substances éprouvent lorsqu'elles sont exposées à certaines radiations lumineuses. On sait aussi que l'observation de ces phénomènes a conduit à l'invention de la photographie.

DOUZIÈME PARTIE.

INDUSTRIE DU CHAUFFAGE.

Chauffage par rayonnement direct. — Chauffage par l'air chaud. — Chauffage par circulation d'eau chaude. — Chauffage par la vapeur. — Chauffage au gaz. — Chauffage au pétrole.

CHAPITRE I.

Chauffage par rayonnement direct.

Cheminées : si les anciens les ont connues; époque de leur invention, leur construction primitive; premiers perfectionnements : Savot, Gauger, Rumford; dispositions modernes. — *Poêles* : leur origine, leur construction dans les pays froids et dans les pays tempérés. — *Cheminées-poêles* : leur disposition, leur origine, appareil Désarnod.

C'est pour appliquer le chauffage par rayonnement direct qu'on a inventé les *cheminées*, les *poêles*, et les *cheminées-poêles*.

I. — LES CHEMINÉES.

Histoire. — 1. Les savants ont fait une multitude de recherches pour découvrir si les peuples civilisés de l'antiquité, et plus particulièrement les Grecs et les Romains, se servaient ou non de **cheminées**. On se serait épargné beaucoup de peine, si l'on avait réfléchi que ces peuples, habitant un climat chaud, n'avaient pas pu connaître un usage dont ils n'avaient nul besoin. Aujourd'hui encore, les cheminées sont une rareté en Grèce et dans l'Italie méridionale, où l'on n'en trouve guère que dans les habitations de construction moderne.

2. A Rome et en Grèce, on chauffait les appartements, soit avec des réchauds portatifs, remplis de charbon allumé ou de braise,

soit en faisant du feu sur un point quelconque de leur étendue. Dans ce dernier cas, la fumée sortait par les portes et les fenêtres : c'est pour cela que Vitruve, dans son traité d'architecture, recommandait de ne pas enrichir de peintures les chambres d'hiver, parce que la fumée les aurait endommagées. Comme nous le verrons plus loin, on chauffait aussi les demeures somptueuses et les établissements publics au moyen de courants d'air chaud fournis par de véritables calorifères.

3. Pendant les premiers siècles du moyen âge, en France, en Angleterre et en Allemagne, les habitations des riches citoyens furent chauffées de la même manière qu'on l'avait fait à Rome ; mais il fallut recourir à un moyen moins dispendieux pour celles des simples particuliers. Obligés, par la rigueur du climat, de passer une partie de l'année dans des maisons mal closes, les peuples de ces pays furent forcés, pour ne pas être incommodés par la fumée, de lui livrer une issue disposée de façon qu'elle pût s'échapper facilement. Alors prirent naissance les *cheminées*, dont l'idée première fut probablement empruntée aux fours des boulangers et aux fourneaux de cuisine qui, ainsi que les fouilles l'ont appris, étaient généralement munis de tuyaux pour conduire au dehors les produits de la combustion. Ces constructions avaient d'ailleurs une double utilité ; car, d'un côté, elles chauffaient les appartements, et, de l'autre, elles permettaient, en même temps, d'utiliser le foyer pour les usages domestiques. Aussi, dès le ^v^e siècle, leur emploi devint général ; il finit même par pénétrer dans les habitations princières, d'où il fit peu à peu disparaître les calorifères.

Cheminées primitives. — Tout porte à croire que, dans le principe, les cheminées furent en quelque sorte réduites à leur plus simple expression. Quoique placées contre les murs, elles n'avaient point de chambranles et consistaient en une simple hotte suspendue au-dessus du foyer. En outre, on leur donnait des dimensions très-considérables, ce qui entraînait une dépense énorme de bois, sans aucun profit pour le chauffage des appartements, et déterminait une ventilation excessive qui annihilait une grande partie de la chaleur dégagée par le combustible. Ces dispositions vicieuses furent conservées pendant plus de 1,200 ans. Aujourd'hui même, malgré les améliorations apportées à la cons-

truction des cheminées, ces appareils procurent le chauffage le plus dispendieux, et, si l'on persiste à les employer, c'est uniquement parce que l'habitude a fait considérer la vue du feu comme un besoin ou, suivant l'expression vulgaire, comme « une société. »

Cheminées perfectionnées. — 1. Les premières tentatives pour améliorer la construction des cheminées se trouvent exposées dans l'*Architecture des bâtiments particuliers*, de François Savot, qui parut en 1624, et dans la *Mécanique du feu*, de Nicolas Gauger, publiée en 1713 ; mais elles ne furent réalisées pratiquement que beaucoup plus tard, par le physicien anglo-américain Rumford¹. Ce savant diminua la profondeur du foyer, remplit les deux côtés par des parois obliques, abaissa le tablier et y adapta un registre pour régler le tirage (fig. 70). De

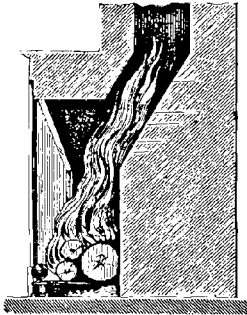


Fig. 70.

Cheminée à la Rumford.

cette manière, il ramena la ventilation au degré convenable, augmenta la portion de chaleur rayonnée, et, en donnant à la fumée une plus haute température, lui communiqua une plus grande vitesse et un écoulement plus facile.

2. La **cheminée de Rumford** a servi de point de départ aux nombreux systèmes de cheminées inventés depuis soixante ans. Les plus employées aujourd'hui en France sont celles de Lhomond, de Chaussonot et de Millet.

La **cheminée Lhomond**, ou **cheminée parisienne**, a beaucoup de rapports avec celle de Rumford, mais son foyer est un peu plus profond. En outre, elle est fermée entièrement par un cadre de cuivre à coulisse dans lequel monte et descend un tablier de tôle, qui sert à ralentir ou activer le passage de l'air à travers le combustible, par conséquent, à régler l'activité du feu.

La **cheminée Chaussonot** est à foyer mobile : c'est

1. Rumford (Benjamin-Thomson, comte de), né à Rumford ou Concord (Etats-Unis), en 1753, mort en 1814.

même la plus ancienne de ce genre. Elle consiste en un foyer de fonte, qui est encaissé de trois côtés et porté sur des galets. Ces galets permettent, soit de rentrer le foyer dans la cheminée, soit d'abaisser par devant un tablier, qui, en même temps, ouvre l'orifice de sortie de la fumée, pour activer ou allumer le feu. Ils permettent aussi d'amener le foyer plus ou moins dans la chambre, quand le feu est bien pris.

La **cheminée Millet** a surtout pour caractère distinctif de pouvoir régler à volonté, non-seulement l'entrée de l'air dans le foyer, mais encore le passage de la fumée dans le tuyau où elle s'élève.

3. Le bois est le combustible qu'on brûle le plus souvent dans les cheminées. Quand on emploie le coke ou la houille, on les dispose un peu différemment. Après avoir beaucoup rétréci l'ouverture du foyer, on y installe une grille creuse *g* (fig. 71), qui fait

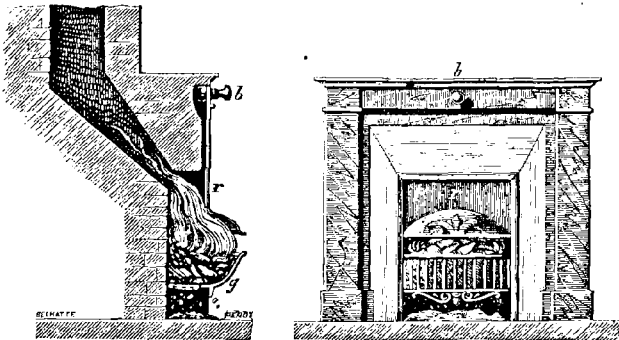


Fig. 71.

Cheminée à charbon de terre.

saillie au dehors. De cette manière, la chaleur rayonne plus facilement, et la chambre est mieux échauffée. Parfois, afin de pouvoir activer ou ralentir le feu à volonté, on place au-dessus de la grille un registre *r*, que l'on élève ou abaisse au moyen d'un bouton *b*.

4. Les cheminées utilisant très-mal la chaleur produite par le

combustible, on a proposé une foule de systèmes pour remédier autant que possible à ce défaut.

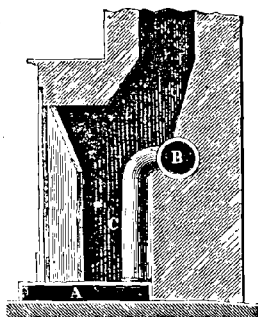


Fig. 72.

Cheminée à courant d'air chaud.

L'un des plus simples consiste à remplacer la plaque de fonte qui forme le fond du foyer, soit par une caisse creuse, soit par des tubes verticaux C (fig. 72). Cette caisse ou ces tubes reçoivent de l'air d'un réservoir inférieur A, l'échauffent, puis le versent dans un tuyau horizontal B, d'où il se répand dans la chambre par des bouches de chaleur.

II. — LES POÊLES.

Histoire. — On admet généralement que les **poêles** ont été inventés en Allemagne, pendant le moyen âge. C'est également dans ce pays qu'ils ont reçu la plupart de leurs perfectionnements. Au xv^e siècle, les poêles allemands jouissaient déjà, en France, d'une grande réputation, et, dès le commencement du siècle suivant, ils offraient toutes les dispositions qu'on leur donne encore aujourd'hui.

Propriétés. — Les poêles élèvent la température par le rayonnement et le contact des parois du foyer et du tuyau ; quelquefois aussi, mais seulement dans certains cas, par l'air chaud qu'ils versent dans l'enceinte à échauffer. Ils constituent le mode de chauffage le plus économique, car ils utilisent la presque totalité de la chaleur développée par le combustible. C'est pour cela que leur emploi est devenu général dans tous les pays où les hivers sont longs et humides, et que, dans les pays tempérés, il se répand de plus en plus pour garantir du froid les ateliers et la demeure du pauvre.

Dispositions. — 1. En Suède, en Russie et dans une partie de l'Allemagne, les poêles sont construits en terre cuite ou en briques réfractaires. Ils présentent un volume considérable, et leur forme se rapproche de celle d'un cube ou d'un parallélépipède. Enfin, les choses sont disposées de telle sorte que la

flamme, concentrée à la partie supérieure du foyer, passe successivement à travers une série de compartiments, en montant et en descendant alternativement, jusqu'à ce que, après avoir abandonné la presque totalité de sa chaleur, elle arrive dans la cheminée. Le chauffage ne se fait ordinairement qu'une fois par jour, le matin ; mais alors on remplit complètement le foyer de bois ou de houille, et l'on active vivement le feu ; puis, quand la flamme a cessé, on ferme hermétiquement toutes les ouvertures, afin de ralentir le plus possible l'incinération des charbons incandescents. Ces poêles gigantesques fonctionnent très-longtemps, au moins toute une journée, parce que les matières avec lesquelles ils sont établis sont, non-seulement mauvais conducteurs de la chaleur, mais encore ne possèdent qu'un pouvoir émissif peu considérable. Toutefois, quand on les chauffe après un complet refroidissement, ils ne commencent à faire sentir leur effet qu'au bout de plusieurs heures.

2. Les poêles établis suivant la mode russe ne sont point nécessaires dans les pays tempérés. Aussi, en France, en Belgique, en Angleterre, etc., donne-t-on à ces appareils des dimensions restreintes, et les fait-on en faïence, en fonte ou en tôle de fer. On les forme généralement d'un fourneau et d'un tuyau qui conduit les produits de la combustion dans la cheminée. Souvent ce tuyau, au lieu de monter en ligne droite jusqu'à la partie supérieure de la pièce, où il s'engage ensuite dans une ouverture pratiquée dans le mur, se contourne auparavant de diverses manières en affectant des courbes plus ou moins gracieuses ; souvent aussi, au lieu de s'élever verticalement, il descend dans le corps même du fourneau, pour de là se rendre dans la cheminée en passant sous le plancher.

3. La figure 73 représente un poêle en fonte perfectionné. Le

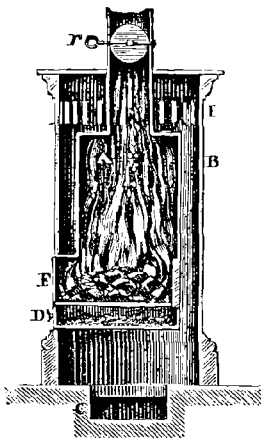


Fig. 73.
Poêle à coke.

combustible, qui est habituellement du coke ou de la houille, se place dans une boîte A, au moyen d'une petite porte F. Quant à l'air, il arrive par un canal C, qui le puise au dehors de la chambre, s'échauffe par son contact avec les parois de la boîte, puis s'échappe dans la pièce par des bouches de chaleur I. Une clé r sert à régler le tirage. D est le cendrier, et B l'enveloppe extérieure du poêle.

III. — LES CHEMINÉES-POÊLES.

Histoire. — Les **cheminées-poêles** sont originaires d'Angleterre, où l'on croit qu'elles ont été inventées vers la fin du xvi^e siècle ou au commencement du xvii^e. Leur emploi en France date à peine d'une soixantaine d'années.

Dispositions. — 1. Ces appareils ont été ainsi appelés parce que, d'un côté, ils laissent voir le feu comme les cheminées ordinaires, et que, de l'autre, ils échauffent l'air par les parois, à la manière des poêles. On les place ordinairement à une petite distance du mur, devant une ancienne cheminée qu'on a bouchée, et dans laquelle on dirige la fumée, soit par un tube inférieur qui passe sous le parquet, soit par un tube supérieur qui s'élève jusqu'au plafond. Le foyer, ouvert en avant, se ferme à volonté au moyen d'un tablier qu'on fait monter ou descendre en agissant sur une manivelle.

2. La première cheminée-poêle d'origine française paraît être celle de Désarnod, qui date de 1810. Elle consiste en une caisse rectangulaire de tôle ou de fonte (*fig. 74*), posée sur une caisse *aa*. L'air est amené dans cette caisse par un canal qui se prolonge sous le plancher et va s'ouvrir à l'extérieur; il y parcourt plusieurs sinuosités qui ralentissent sa vitesse, puis s'élève dans une dernière caisse *k*, dont les parois sont échauffées par le contact du combustible et par la fumée. Il pénètre enfin dans des tubes latéraux qui le versent dans la chambre par des bouches de chaleur *ss*. Cet air ainsi chauffé sert ensuite à entretenir le feu. Les lettres MN désignent le tablier; il est composé de plusieurs plaques mobiles et se manœuvre à l'aide de la manivelle *x*. Des

modifications apportées à la cheminée Désarnod ont donné nais-

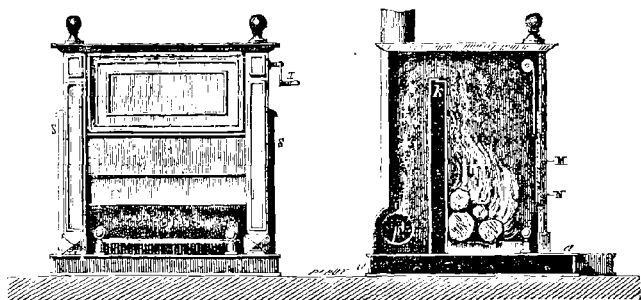


Fig. 74.
Cheminée Désarnod.

sance aux appareils connus sous les noms de **cheminées prussiennes, hollandaises, mignon, mylords, Delaroche, etc.**

CHAPITRE II.

Chauffage par l'air chaud.

Chauffage par l'air chaud. — Ancienneté de son origine. — Son emploi dans les temps modernes. — Part qu'en tire l'industrie.

Histoire. — 1. Dans le **chauffage à air chaud**, on chauffe de l'air dans la partie inférieure d'un édifice, puis, quand il est parvenu à une température convenable, on l'envoie aux étages supérieurs, où il s'élève en vertu de sa moindre densité, en le faisant passer dans des tuyaux de conduite enclavés dans les murs et percés de bouches de chaleur. Ce système, nous l'avons vu plus haut, était bien connu des anciens. Les Romains s'en servaient surtout pour le chauffage de leurs établissements de bains, ou *thermes*¹, et ils donnaient le nom d'*hypocauste* ou

1. **Thermes.** Du grec *thermos*, chaud. Dans le principe, ce mot servit à désigner les bains d'eau chaude; mais, par la suite, on lui donna

d'*hypocauste*¹ aux appareils au moyen desquels ils l'appliquaient. Pendant le moyen âge, on l'employa, dans presque tous les pa-

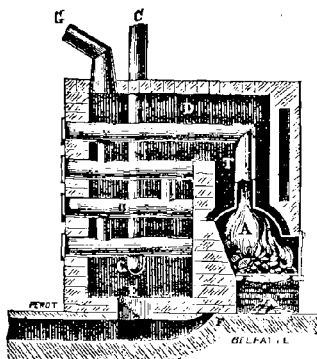


Fig. 75.

Calorifère à air chaud.

lais et les monastères, jusque dans le xi^e siècle, où l'usage des cheminées le fit abandonner. Toutefois, il fut encore conservé par les barbiers étuvisistes, et dura autant que la mode resta fidèle aux maisons de ces industriels.

2. C'est au commencement de notre siècle que le chauffage à air chaud a été remis en honneur. Depuis cette époque, on a imaginé un très-grand nombre de systèmes pour l'appliquer. Un des plus simples est celui de l'ingénieur Grouvelle, dont la figure 75

donne une idée. Le foyer A est recouvert d'une cloche de fonte

une plus grande extension en l'appliquant aussi aux bains d'eau froide.

Dans l'antiquité, plus particulièrement chez les Romains, l'usage des bains était un besoin de tous les jours pour les pauvres comme pour les riches. Aussi, les établissements où on les prenait, et qu'on appelait également *thermes*, abondaient-ils dans toutes les villes. Le premier établissement de ce genre qu'on vit à Rome fut élevé à l'époque d'Auguste (41 ans avant Jésus-Christ); mais, par la suite, tous les quartiers de cette grande capitale en furent en quelque sorte remplis. Les plus vastes et les plus magnifiques avaient été bâtis, quelques-uns par les soins d'Agrippa, gendre d'Auguste, le plus grand nombre par les empereurs Néron, Vespasien, Antonin, Caracalla, Titus, Dioclétien et Constantin. Certains pouvaient recevoir jusqu'à 3,000 baigneurs à la fois. On y avait réuni tout ce qui peut flatter les yeux et récréer l'imagination. Ainsi, outre les salles de bains, on y voyait des pièces spacieuses pour la conversation, des bibliothèques, des musées, des jardins, des promenades couvertes, de vastes emplacements pour les jeux, etc. La plupart des œuvres d'art que l'antiquité nous a transmises ont été trouvées dans leurs ruines.

Les Romains enrichirent de thermes toutes les provinces de leur immense empire. En Gaule, par exemple, ils en élevèrent à Vichy, à Bourbonne, à Nérès, au Mont-Dore, à Aix, à Cahors, etc.; mais ces édifices, de même que ceux de Rome, ont été tellement dévastés, que c'est à peine s'il en reste aujourd'hui quelques vestiges.

1. Du grec *hypo*, sous, et *caïo*, brûler. C'était un fourneau souterrain dont la chaleur était distribuée au moyen de tuyaux de poterie circulant sous les planchers et dans l'épaisseur des murs.

que surmonte un tuyau vertical T. La fumée s'élève dans ce tuyau; mais, avant d'arriver à la cheminée CC, qui l'emmène au dehors, elle est obligée de circuler dans une suite de tubes horizontaux B, qui communiquent ensemble deux à deux. L'air destiné à être échauffé pénètre dans l'appareil par deux endroits, l'ouverture E et le canal F. Le courant qui entre en E gagne le haut de la chambre en léchant les tubes horizontaux, qui lui communiquent une grande partie de leur chaleur. Quant à celui qui arrive en F, il débouche autour du foyer et du tuyau T, dont le contact l'échauffe encore davantage. Enfin, les deux courants se réunissent en D et s'échappent par le conduit G, qui le dirige dans les tuyaux de distribution placés aux divers étages du bâtiment.

3. Le chauffage à air chaud est quelquefois employé pour les grands édifices publics et les hôtels particuliers; mais c'est l'industrie qui en

fait surtout usage. On y a journellement recours dans les ateliers, soit pour opérer le séchage ou la dessiccation d'une foule de substances, soit pour déterminer des réactions chimiques qui ne s'accomplissent qu'à des températures déterminées assez élevées. Dans tous les cas, il est évident que, quoique reposant toujours sur les mêmes principes, les appareils doivent présenter des dispositions diffé-

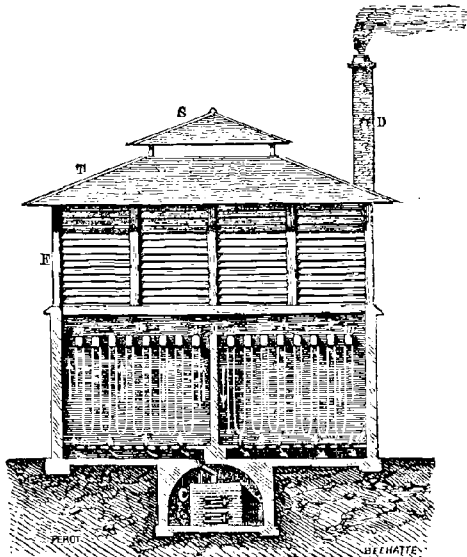


Fig. 76.
Séchoir à air chaud.

rentes, suivant qu'ils s'appliquent aux brasseries, aux fabriques de cuir verni, aux raffineries de sucre, aux féculeries, aux teintureries, aux papeteries, aux ateliers d'impression sur tissus, etc. Nous donnerons, à titre d'exemple, la coupe d'un séchoir à air chaud pour étoffes A B, établi au-dessous d'un séchoir à air libre FTS (*fig. 76*). Comme le montre le dessin, c'est une chambre parfaitement close, divisée en deux par une cloison O, et dans laquelle on suspend les étoffes à des poutrelles *m m* placées en travers. L'air chaud est fourni par un calorifère C. Il se répand sous le faux plancher du compartiment B, puis s'échappe en jets nombreux par les petits trous *a a* qu'il y rencontre. Il monte, en outre, jusqu'au plafond, en passant entre les tissus, qu'il dessèche, se glisse dans le compartiment A par l'ouverture O, parcourt ce dernier de haut en bas, et enfin s'introduit par les trous *bb*, sous le faux plancher, où il rencontre un orifice *d* qui le conduit dans la cheminée d'appel D.

CHAPITRE III.

Chauffage par circulation d'eau chaude.

Chauffage par circulation d'eau chaude. — Son invention : Bonnemain, de Chabannes. — Applications.

Histoire. — Quand on chauffe de l'eau par le bas, il s'établit un courant ascendant d'eau chaude dans l'axe du vase, et des courants descendants d'eau froide le long des parois (*fig. 77*). Ces mouvements répartissent promptement la chaleur dans la masse, et ils continuent jusqu'à ce que toutes les couches liquides se trouvent à la même température. Enfin, ils se reproduisent pendant le refroidissement, mais en sens inverse. Personne n'avait encore songé à tirer un parti utile de ce phénomène, lorsque, dans la seconde moitié du siècle dernier, un physicien français du nom de Bonnemain y vit la possibilité d'un nouveau procédé de chauffage. Il fit même plus, car il poussa si loin l'étude du côté

pratique de la question qu'un appareil, établi par lui-même, a pu fonctionner, pendant plus de soixante ans, sans éprouver aucun dérangement. Toutefois, Bonnemain n'employa ce système de calorifères que pour chauffer des couvoirs artificiels¹. Ce ne fut même que bien tard, vers 1820, qu'un autre de nos compatriotes, le marquis de Chabannes, songea à les utiliser pour le chauffage des habitations, et les applications heureuses qu'il en fit à Paris engagèrent des industriels à les introduire en Angleterre, d'où ils nous revinrent, peu après 1830, enrichis d'un grand nombre de perfectionnements de détail.

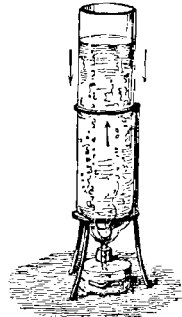


Fig. 77.

Transmission
de la chaleur dans les
liquides.

Applications. — 1. La construction des calorifères à circulation d'eau chaude repose sur un principe fort simple. Une chaudière A

1. **Couvoirs artificiels.** On appelle ainsi des appareils qui servent à faire éclore les œufs des oiseaux et des reptiles en les soumettant à une chaleur artificielle, graduée d'une manière convenable. Les Egyptiens, les Japonais et les Chinois en ont fait usage de tout temps. Aujourd'hui même, ils y ont journellement recours pour approvisionner abondamment leurs basses-cours.

C'est au xv^e siècle que remontent les premiers essais entrepris en Europe pour faire éclore les œufs par des moyens artificiels. Ils eurent lieu, d'abord en Toscane, par les soins des souverains de ce pays, puis en France, par ceux de Charles VIII et de François I^{er}. Toutefois, malgré le succès qui les couronna, on n'y vit guère qu'un moyen de piquer la curiosité. Au siècle dernier, le physicien français Réaumur et, à son exemple, plusieurs autres savants entreprirent de les rendre manufacturiers. Bonnemain fut le seul qui résolut le problème, et c'est à cette occasion qu'il inventa le chauffage par circulation d'eau chaude. Il créa près de Paris une véritable fabrique de poulets qui, à partir de 1777, contribua beaucoup à l'approvisionnement de cette capitale. Des établissements semblables furent fondés par la suite en France, en Angleterre, aux Etats-Unis; mais ils n'eurent tous qu'une existence éphémère, à cause des frais énormes que nécessitait la nourriture des poussins.

On admet généralement aujourd'hui que, dans nos pays, l'application des couvoirs artificiels à la multiplication des oiseaux de basse-cour ne peut aboutir qu'à des mécomptes, si l'on opère sur une grande échelle; mais qu'il est partout possible d'en obtenir de bons résultats, si l'on sait se renfermer dans des limites très-étroites.

(fig. 78) est placée à la partie la plus basse d'un bâtiment, d'une serre par exemple. Un tuyau vertical D, la met en communication

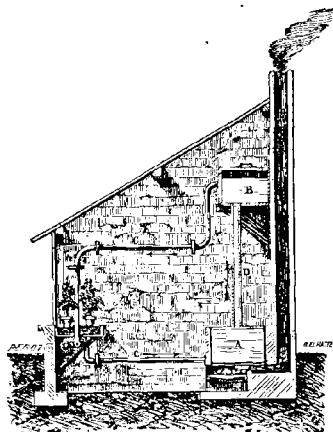


Fig. 78.

Chauffage par circulation d'eau chaude.

avec un réservoir supérieur B. Enfin, un second tuyau cc part de ce réservoir, se recourbe et, après un parcours plus ou moins long, débouche au fond de la chaudière. Tout est plein d'eau, chaudière, tubes et réservoir. Quand le feu est allumé, l'eau de la chaudière, ainsi que celle du tube D, s'échauffe, diminue de densité et monte. En même temps, celle du réservoir B et du tube cc, étant froide, par conséquent plus dense, lui cède la place et se dirige vers la chaudière. L'eau chaude peut donc ainsi continuer sa course; mais, à mesure qu'elle

s'avance, elle se refroidit en communiquant sa chaleur au tube cc. Enfin elle rentre dans la chaudière, pour y être chauffée de nouveau et recommencer la circulation. Il s'établit ainsi, de la chaudière au réservoir et du réservoir à la chaudière, un mouvement continu, qui dure tant qu'il y a une différence de température entre l'eau des deux tubes, c'est-à-dire tant qu'il y a du feu dans le foyer et même longtemps après.

2. Voici maintenant comment on dispose les choses pour le chauffage des grands édifices. Une chaudière en forme de cloche A (fig. 79), au centre de laquelle se trouve son foyer, est établie dans une cave. Un long tube *a b* la surmonte et s'élève directement jusqu'à un réservoir B placé sous les combles, et qu'on appelle *vase d'expansion*. Ce tube est, ainsi que la chaudière, entièrement plein d'eau. Il en est de même de la plus grande partie du réservoir. Enfin, de la partie inférieure de ce dernier partent autant de tubes qu'il y a d'étages à chauffer. Chacun de ces tubes, *cd*, par exemple, parcourt l'étage qu'il doit desservir,

et débouche dans le haut d'une caisse pleine d'eau E, formant une espèce de *poêle d'eau*. Un second tube part du bas de cette caisse et se rend dans un poêle semblable F. Enfin, ce dernier communique avec un dernier tube *ef*, qui aboutit au bas de la chau-

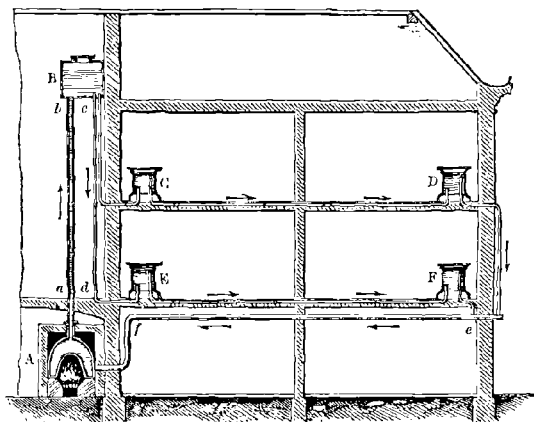


Fig. 79,

Chauffage par circulation d'eau chaude.

dière. C'est en circulant au moyen de ces tubes et de ces caisses que l'eau cède peu à peu aux appartements la chaleur qu'elle reçoit constamment du foyer.

Il est à remarquer que la grande capacité du liquide pour la chaleur, sa masse et sa circulation facile dans les appareils, ralentissent beaucoup le refroidissement quand le feu est éteint, de telle sorte que, du jour au lendemain, une température douce se maintient dans les chambres, sans qu'il soit nécessaire de brûler du combustible pendant la nuit. En général, l'eau ascendante part de la chaudière à la température de 100°, et, quand elle y revient, elle est à celle de 30 à 35°.

CHAPITRE IV.

Chauffage par la vapeur.

Idée du chauffage par la vapeur. — Son invention : James Watt. — Il est peu employé pour les habitations. — Ses applications industrielles.

Principe du chauffage par la vapeur. — Dans ce système, un générateur, en partie rempli d'eau, est chauffé jusqu'à l'ébullition, et, à mesure qu'elle se forme, la vapeur s'échappe par des tuyaux qui la conduisent dans les lieux dont on veut élever la température. En circulant dans ces tuyaux, la vapeur s'y condense et leur cède son calorique de vaporisation, qu'ils transmettent à leur tour, d'un côté, à l'air ambiant par contact, de l'autre, aux objets environnants par rayonnement à distance. Ainsi, la vapeur ne produit pas de la chaleur par elle-même ; elle se borne à restituer le calorique qu'elle a reçu quand elle s'est formée. De quelque façon qu'on s'y prenne, il faut toujours consommer la même quantité de combustible pour obtenir un effet de calorique donné ; seulement, avec la vapeur, les pertes sont moindres, parce qu'on n'est pas obligé de multiplier les foyers, un seul fourneau suffisant pour plusieurs appartements. En outre, on peut, au même instant, transporter la chaleur partout où cela est nécessaire, et à de grandes hauteurs, sans que la pression dans la chaudière dépasse sensiblement celle de l'atmosphère.

Histoire. — Le chauffage au moyen de la vapeur est une invention anglaise. Entrevu, dès 1660, par sir Hugh Platte, indiqué, en 1745, par le colonel Cooke, il a été réalisé pratiquement, pour la première fois, par James Watt¹, en 1783. Ce sont

1. Watt (James), un des plus illustres ingénieurs-mécaniciens de l'Europe moderne, né à Greenoch (Ecosse), en 1756, mort en 1819. C'est lui, comme on le verra plus loin, qui, en faisant de la machine à vapeur un moteur universel, a le plus contribué aux progrès de l'industrie contemporaine.

aussi les calculs de cet illustre mécanicien sur l'étendue des surfaces nécessaires à l'échauffement des salles de différentes grandeurs qui ont d'abord servi de guide à tous ceux qui ont voulu faire usage de ce mode de chauffage.

Applications. — 1. On emploie rarement la vapeur au chauffage domestique, parce qu'elle ne donne qu'une chaleur intermittente ; mais elle est d'une application journalière dans une foule d'industries où cet inconvénient est sans valeur. Ainsi, dans les teintureries, les pape-teries, les brasseries, les fabri-ques de sucre, etc., et, en gé-néral, dans tous les ateliers où l'on a plusieurs cuves à chau-fer à la fois, c'est à l'aide d'une chaudière unique qu'on les élè-ve à la température nécessaire.

2. Très-souvent, on fait ar-river la vapeur par un tube BC (fig. 80), criblé de petits trous, qui se contourne en cercle ou en spirale sur le fond de la cuve A ; elle s'élance par les trous dans le liquide et s'y condense.

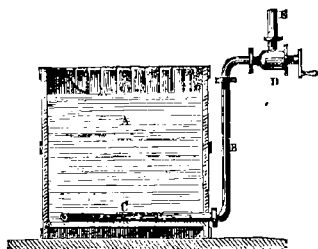


Fig. 80.
Chauffage par la vapeur.

3. Quand il y aurait quelque inconvénient à faire condenser la vapeur au sein du liquide à chauffer, on adopte une au-tre disposition. Dans ce cas, tantôt on se sert de cuves à double fond ; tantôt on emploie une cuve ordinaire, dans laquelle on place un tube en spirale ou en fer à cheval. Dans le premier cas (fig. 81), le liquide est in-troduit dans la cuve supé-rieure A, la vapeur pénètre par un tube C dans le faux-fond B, et l'eau condensée sort par un autre tube D. Dans le second cas, la vapeur arrive par

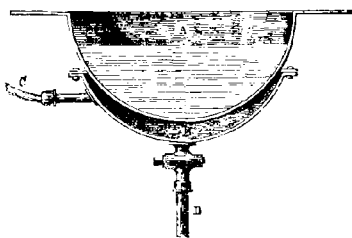


Fig. 81.
Chauffage par la vapeur.

une des extrémités du tube, le parcourt dans toute sa longueur en l'échauffant, et ce dernier cède ensuite sa chaleur au liquide :

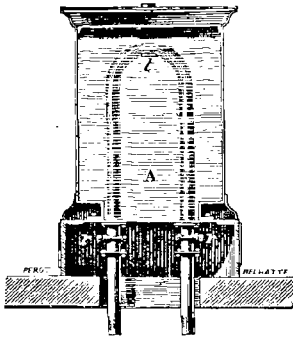


Fig. 82.
Chauffage par la vapeur.

l'eau de condensation s'en va par l'extrémité opposée. Cette dernière disposition est employée quelquefois pour le chauffage des édifices. Un poêle plein d'eau A (fig. 82) est placé dans chaque chambre ou salle. Quand on ouvre les robinets *rr*, la vapeur se précipite dans le tube *t*, s'y condense et porte rapidement le liquide du poêle à 100°. Si alors on arrête le courant de vapeur, la masse d'eau échauffée se refroidit, mais avec lenteur. On peut la réchauffer

autant de fois qu'on le juge convenable dans une journée, en ouvrant de nouveau le robinet d'admission de la vapeur. « On réunit donc, dans ce système, les avantages du chauffage à vapeur, qui résident dans la facilité avec laquelle la vapeur traverse les tuyaux, quelle que soit leur direction, et ceux du chauffage à eau chaude, c'est-à-dire la facilité que l'on a d'obtenir des températures modérées et la lenteur du refroidissement ¹. »

CHAPITRE V.

Chauffage au gaz.

Chauffage au gaz. — Son invention. — Sa réalisation pratique. — Ses applications : cuisines, poêles, cheminées au gaz ; bec Bunsen, chalumeau aérohydrique, chalumeau oxyhydrique.

Histoire. — 1. Le gaz hydrogène carboné n'a d'abord servi qu'à l'éclairage ; mais on n'a pas tardé à reconnaître qu'il possède une puissance calorifique énorme, et de la connaissance

1. GRIPON, *Cours élémentaire de physique*, 2^e année. Librairie EUG. BELIN.

expérimentale de ce fait à l'idée de l'appliquer au chauffage, il n'y a qu'un pas. Nous avons vu que cette idée était venue à Philippe Lebon¹. Toutefois, elle n'a pu être réalisée pratiquement qu'après plus de quarante ans de recherches. C'est que le gaz doit présenter des conditions différentes, suivant qu'il est destiné à éclairer ou à chauffer. Dans le premier cas, il faut que sa flamme, pour être très-éclairante, contienne en suspension le plus grand nombre possible de particules charbonneuses, et ce sont ces particules qui, n'étant ni fondues ni volatilisées, se déposent, sous forme de noir de fumée, sur les objets environnants. Dans le second cas, au contraire, afin de réaliser le maximum de chaleur utilisable, il est indispensable de brûler simultanément tout l'hydrogène et tout le carbone, sans excès d'air, et en réduisant le volume de la flamme, qui cesse alors d'être éclairante et n'est pas accompagnée de production de fumée. On remplit ces conditions soit en divisant le gaz en un grand nombre de petits jets, soit en ménageant au centre du courant gazeux l'accès facile d'un volume d'air capable de compléter la combustion simultanée de l'hydrogène et du carbone.

2. C'est le docteur Robison, d'Edimbourg, qui est, dit-on, parvenu le premier à faire servir le gaz au chauffage, sans répandre ni odeur ni fumée (1835); mais à M. Hugueny, pharmacien à Strasbourg, appartient le mérite d'avoir définitivement résolu la question pratique de ce mode nouveau de se procurer de la chaleur. Ses recherches, commencées en 1846, furent continuées avec persévérance jusqu'en 1848.

Applications. — 1. Depuis 1854, on applique le gaz d'éclairage à un grand nombre d'usages domestiques, tels que la cuisson des aliments, la torréfaction du café, le chauffage des fers à repasser, le chauffage des appartements. Dans les laboratoires et dans l'industrie, on y a également recours toutes les fois qu'on a besoin de développer rapidement et de supprimer à volonté des quantités de chaleur très-variables, et, sous ce rapport, il est infiniment supérieur à tous les autres combustibles. Faisons remarquer en passant que, dans ces divers usages, l'emploi du gaz n'est avantageux que lorsqu'on a besoin de feu ins-

1. Voyez page 387.

tantanément et pour peu de temps. Si le chauffage devait durer plusieurs heures ou être très-considérable, il serait très-dispendieux; s'il prenait même une grande extension, il deviendrait presque impossible dans l'état actuel de la fabrication.

2. Dans l'économie domestique, on brûle le gaz au moyen d'appareils dont la forme et les dimensions varient à l'infini, mais qui tous sont construits de manière à le faire passer à travers des orifices très-nombreux et très-fins, qui le tamisent et permettent, en même temps, d'y mélanger la quantité d'air nécessaire à une combustion parfaite. Ainsi, dans les **cuisines** ou **fourneaux à gaz**, qui consistent en une caisse quadrangulaire sur laquelle sont pratiquées des cavités circulaires garnies de lames métalliques criblées de petits trous, on trouve depuis le four à cuire la pâtisserie, le foyer pour le pot-au-feu et la coquille à rôtir, jusqu'aux réchauds pour les ragoûts, le grillage et le flambage des volailles. Ainsi, dans les **poêles à gaz**, appelés vulgairement **poêles de Berlin**, si communs dans les gares des chemins de fer, le foyer consiste en un faisceau de petits becs allumés qui sortent d'un tuyau annulaire, et dont la chaleur se répand ensuite dans des circuits ménagés pour

l'échauffement de l'air. Ainsi encore, dans les **cheminées à gaz**, la chaleur est produite par des cylindres de fonte persillés de trous ou percés de fentes très-étroites, placés les uns au-dessus des autres, et auxquels on donne l'aspect extérieur des bûches de bois, ce qui leur a valu le nom de **bûches incombustibles**, ou de **bûches éternelles**.

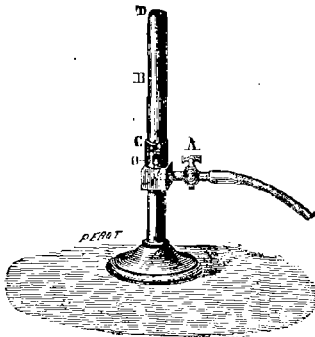


Fig. 83.
Bec de Bunsen.

3. Dans les laboratoires et dans les arts, on remplace la vulgaire lampe à esprit-de-vin par un appareil dû au physicien

allemand Bunsen, et qu'on appelle **bec** ou **brûleur de Bunsen**. C'est un tube vertical en cuivre B (fig. 83), vissé sur

un pied lourd et portant une tubulure latérale à laquelle s'adapte un tube de caoutchouc qui amène le gaz du gazomètre. Un robinet A, placé sur la tubulure, permet de régler le courant. Le gaz pénètre dans le tube de cuivre par une très-petite ouverture O, au niveau de laquelle un autre orifice C, percé dans le tube, livre passage à l'air extérieur. Le mélange gazeux brûle en D, où se trouve une couronne de très-petits trous. Enfin, un anneau, qui entoure le tube et qu'on peut faire tourner à volonté, permet d'ouvrir et de fermer l'orifice C, ce qui donne le moyen de brûler, au besoin, du gaz pur ou du gaz et de l'air. Quand on a de larges surfaces à échauffer, on se sert de plusieurs becs semblables montés sur un tuyau circulaire, ou bien on emploie un petit fourneau (fig. 84),

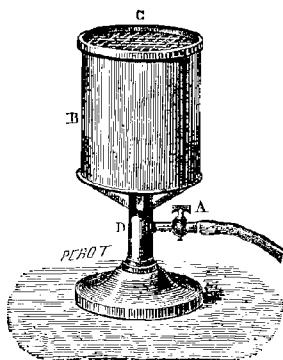


Fig. 84.
Fourneau à gaz.

consistant en un ou plusieurs brûleurs enfermés dans un manchon de tôle B. Ce manchon est ouvert par le bas, mais fermé à sa partie supérieure par une toile métallique C, sur laquelle on place l'objet à chauffer.

4. Dans les grands ateliers où l'on travaille les métaux, c'est au moyen d'un mélange d'air et de gaz d'éclairage que l'on effectue aujourd'hui les soudures. Deux tubes en caoutchouc *a b* (fig. 85) amènent, l'un du gaz, l'autre un courant d'air forcé fourni par une soufflerie, dans un tube de cuivre à l'extrémité *c* duquel le mélange brûle en donnant une flamme très-longue, très-chaude et aussi mobile qu'un crayon qu'on tient à la main. On a ainsi un véritable *outil de feu*, qui, sous un petit volume, peut tou-

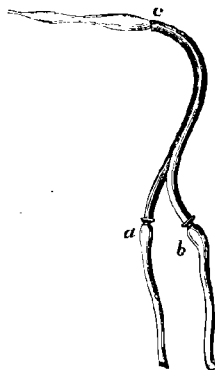


Fig. 85.
Chalumeau à gaz.

jours être appliqué sur place et dans toutes les positions possibles. Cet ingénieux appareil est connu sous le nom de **chalumeau aérhydrique**. L'industrie en est redevable à un chimiste français, M. Desbassayns de Richemont. Il est principalement employé pour la brasure du cuivre et pour la soudure autogène du plomb, c'est-à-dire sans aucun alliage d'étain. On s'en sert aussi pour souder le fer-blanc et le zinc; mais, dans ce cas, on fait souvent arriver le mélange gazeux dans le manche même du fer à souder, qui est alors creux et composé de deux tuyaux concentriques.

3. Au lieu de brûler un mélange de gaz d'éclairage et d'air,

on brûle quelquefois un mélange dans lequel l'air est remplacé par de l'oxygène pur. C'est sur ce principe qu'est construit le

chalumeau oxyhydrique de MM.

Sainte-Claire-Deville et

Debray. Dans cet appa-

reil (*fig. 86*), l'hydrogène arrive par le

tube H, l'oxygène par le

tube O, et l'on règle

la proportion des deux

gaz, au moyen des ro-

binets AB, de manière

que le volume du pre-

mier soit double de ce-

lui du second. La flam-

me jaillit par l'orifice

C, entoure le creuset

ED qui renferme le corps

à chauffer, et les pro-

duits de la combustion

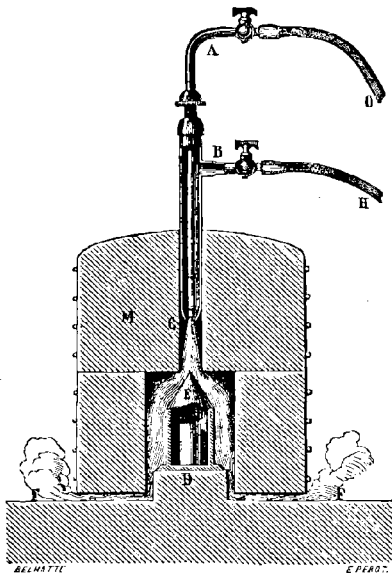


Fig. 86.

Chalumeau oxyhydrique.

s'échappent par les événements FF. Le creuset est en chaux, ainsi que le massif M. Avec ce chalumeau, on obtient des températures

excessives, qui permettent de fondre le platine par masses considérables, ce qu'on n'avait pu encore faire.

CHAPITRE VI.

Chauffages divers.

Chauffage par les puits artésiens : principe sur lequel il repose; ses applications actuelles. — *Chauffage par le frottement* : son origine; machine thermogène. — *Chauffage par les huiles minérales* : goudron de houille, pétrole.

Chauffage par les puits artésiens. — 1. Indépendamment des bains auxquels on emploie les eaux thermales, on se sert encore de ces eaux, dans plusieurs localités, pour le foulage des draps, le blanchissage du linge, le pétrissage du pain, la préparation des aliments et le chauffage des habitations. Dans le Cantal, par exemple, le bourg de Chaudesaigues est presque entièrement chauffé de cette manière. Des conduits de bois ou de poterie prennent l'eau chaude à la source et la répartissent entre les habitants. Elle passe sous le carrelage des chambres, qui s'échauffent lentement, mais qui, par contre, conservent fort longtemps la chaleur¹.

2. La connaissance du fait qui précède a donné l'idée d'employer les eaux des puits artésiens comme source de chaleur². On les utilise surtout pour le chauffage des serres, des bains et des lessives, plus rarement pour celui des appartements. On en tire également parti, pendant les hivers rigoureux, pour faire mar-

1. On a calculé que la quantité de chaleur produite chaque jour par les eaux de Chaudesaigues équivaut à celle que fourniraient 5,000 kilogrammes de charbon de bois, 6,000 kilogrammes de houille d'Auvergne ou 12,000 kilogrammes de bois ordinaire.

2. Ces eaux sont d'autant plus chaudes qu'elles viennent de lieux plus bas. « Leur température augmente généralement d'un degré centigrade par 25 ou 30 mètres de profondeur. Il n'a fallu percer que 547 mètres au milieu de la plaine de Paris, à l'abattoir de Grenelle, pour avoir un puits artésien dont l'eau est à la température de 28 degrés centigrades au-dessus de zéro. Le puits de Passy donne un résultat analogue. A Rochefort, un puits creusé jusqu'à 815 mètres a donné, pendant quelques jours, de l'eau à 42 degrés. » (Girardin.)

cher les roues hydrauliques : elles servent alors à fondre les glaçons qui empêcheraient le mouvement de ces machines¹.

Chauffage par le frottement. — 1. Tous les peuples sauvages savent se procurer du feu en faisant tourner vivement entre leurs mains un bâtonnet de bois sec qui frotte contre un morceau de bois également bien sec. Ce fait, dont la connaissance remonte aux premiers âges de la civilisation, prouve donc que le frottement mutuel de deux corps produit de la chaleur. C'est pour cela que les tourillons des machines et les essieux des voitures s'échauffent, quand on oublie de les graisser; quelquefois même, le moyeu des roues prend feu si le mouvement est très-rapide et très-prolongé.

2. A la fin du siècle dernier, le physicien anglais Rumford, faisant des expériences pour déterminer la quantité de chaleur développée par le frottement, avança qu'elle serait assez grande pour faire cuire des aliments; mais il ajouta aussitôt qu'il y aurait plus d'économie à la produire en employant comme combustible les matières nécessaires pour nourrir le cheval destiné à mettre en mouvement la machine avec laquelle il avait effectué ses recherches. Quelque temps après, le physicien suisse Pictet, parlant des expériences de Rumford, fit remarquer qu'on obtiendrait un avantage réel en remplaçant la force du cheval par celle du vent ou d'une chute d'eau. Un peu plus tard, on essaya, aux Etats-Unis, d'appliquer cette idée. On réussit à chauffer des poêles et des cheminées au moyen de meules de fonte qui tournaient pressées l'une contre l'autre; mais ces meules s'usaient avec une telle rapidité que le procédé fut trouvé trop dispendieux. De nos jours, la question du chauffage par le frottement a été reprise par plusieurs savants. Nous devons à ces nouvelles tentatives la **machine thermogène**² de MM. Mayer et Beaumont. C'est une chaudière d'une capacité de 400 litres, qui est traversée par un cylindre de fonte légèrement conique, dans lequel un cône de bois tourne en frottant contre les parois avec une vitesse de 4,000 tours par minute. Quelques heures suffisent

1. Voyez nos **LECTURES VARIÉES SUR LES SCIENCES USUELLES**. Eug. Belin, éditeur.

2. **Thermogène**. Du grec *thermos*, chaud, et *gennao*, engendrer : qui engendre, qui produit de la chaleur.

pour porter à l'ébullition l'eau que contient la chaudière. Cet appareil ne pourrait être utilisé avec économie que dans les lieux où le combustible serait très-rare et où la force motrice serait très-abondante et peu coûteuse. Si l'on se servait d'une machine à vapeur pour produire la rotation du cône de bois, il faudrait dépenser une quantité de charbon qui, en brûlant dans un fourneau ordinaire, donnerait deux fois plus de chaleur que le frottement n'en produirait.

Chauffage par les huiles minérales. — Dans les usines à gaz, une partie du goudron fourni par la distillation de la houille sert au chauffage des cornues. Depuis la découverte des pétroles américains, on a fait un grand nombre de tentatives pour appliquer ces liquides au chauffage des machines à vapeur. La question est encore à l'étude. Si, comme il est permis de l'espérer, on parvient un jour à la résoudre, il en résultera une révolution véritable dans plusieurs industries, particulièrement dans la navigation. Les avantages des huiles minérales sont, en effet, faciles à démontrer. En premier lieu, ces combustibles brûlent complètement, sans dégager de fumée, sans laisser de cendres, et, une fois enflammés, ils développent une large flamme, analogue à celle d'un chalumeau, et qu'il est facile de régler par le simple jeu d'un robinet. En second lieu, ils doivent à leur fluidité de pouvoir couler d'eux-mêmes dans le foyer, ce qui supprime le pénible travail du chauffeur et la perte de chaleur due à la nécessité d'ouvrir de temps en temps la porte pour introduire du charbon. Enfin, ils sont moins encombrants que ce dernier et donnent par kilogramme deux fois plus de chaleur. Si donc le nouveau chauffage peut devenir pratique, il permettra aux navires de faire un voyage d'une longueur double avec un approvisionnement de pétrole égal à celui de la houille, et, pour une traversée de même durée, de transporter une plus grande quantité de marchandises : les conditions de la navigation à vapeur se trouveront ainsi entièrement changées.

TREIZIÈME PARTIE

LES MOTEURS.

Moteurs à vapeur. — Moteurs à gaz. — Moteurs hydrauliques. — Moteurs aériens. — Moteurs à air comprimé. — Moteurs électriques.

CHAPITRE I.

Machine à vapeur.

Notions préliminaires. — Origines de la *machine à vapeur* : éolipyles, Sénèque, Anthémios, Rivault, Salomon de Caus, Branca, Worcester, Papin. — Premières machines à vapeur : Savery, Newcomen, Cawley. — Machines de James Watt : à simple effet, à double effet. — Machines diverses : à haute pression, à détente, oscillantes, verticales, horizontales, rotatives, locomobiles. — Chaudières. — *Outils à vapeur* : marteau-pilon, marteau à pilots.

Notions préliminaires. — 1. La **machine à vapeur**, a-t-on dit avec raison, est une des créations du génie de l'homme qui ont exercé l'influence la plus considérable sur le développement de l'industrie. Aussi, s'est-on mis à chercher jusque dans l'antiquité la plus reculée les indices les plus légers, les notions les plus fugitives des connaissances qui ont conduit à l'invention d'une si admirable merveille. On a voulu ensuite savoir par qui a été reconnue, pour la première fois, la possibilité de faire de la force motrice avec la vapeur d'eau, et qui est parvenu le premier à rendre cette idée matériellement réalisable.

2. Pendant longtemps, l'Angleterre a revendiqué pour ses nationaux l'honneur d'avoir découvert le principe et inventé les organes essentiels de la machine à vapeur. Il est aujourd'hui universellement admis que le *principe* de cette machine a été

connu de très-bonne heure par les savants de tous les pays, et que l'invention de son organe fondamental, le *piston*, appartient exclusivement à un de nos compatriotes, l'illustre Denis Papin ¹.

I. — ORIGINES DE LA MACHINE A VAPEUR.

L'éolipyle. — Animés du désir de se singulariser, quelques écrivains ont prétendu voir le germe de la machine à vapeur dans l'instrument que les anciens appelaient **éolipyle** ². C'était un vase métallique creux, de forme ordinairement sphérique, et percé d'un trou unique qui se trouvait le plus souvent à l'extrémité d'une espèce de col. Quand, après y avoir introduit de l'eau, on venait à le mettre sur le feu, l'eau ne tardait pas à s'y vaporiser, et la vapeur s'échappait par le trou en produisant un sifflement aigu. Cet appareil était un simple jouet, et il n'y aurait pas plus de raison à regarder son inventeur inconnu comme celui de la machine à vapeur que d'attribuer le même honneur à la première femme qui, ayant bien fermé sa marinite, en vit le couvercle soulevé par la vapeur d'eau. L'éolipyle dit à *réaction*, décrit environ 120 ans avant Jésus-Christ, par Héron d'Alexandrie, qui en parle comme d'une chose connue depuis longtemps, était un simple perfectionnement de l'instrument qui précède, et, comme lui, n'avait rien de commun avec la machine à vapeur.

Sénèque et Anthémius. — Cependant, les anciens avaient une idée assez exacte du ressort de la vapeur d'eau. Ainsi, au premier siècle de notre ère, Sénèque le Philosophe ³ explique les tremblements de terre par l'expansion de la vapeur engen-

1. Papin (Denis), né à Blois en 1647, mort vers 1714, physicien, médecin et mécanicien, passa presque toute sa vie à l'étranger, principalement en Angleterre et en Allemagne, où il exécuta, soit seul, soit en compagnie avec d'autres savants, une foule de travaux sur les diverses questions de physique et de mécanique qui préoccupaient alors le plus les esprits. Comme nous le verrons plus loin, après avoir indiqué le moyen d'employer la vapeur d'eau comme moteur universel, il voulut s'en servir pour mettre en mouvement un bateau à roues, ce qui doit le faire encore considérer comme l'auteur des premiers essais de navigation à vapeur.

2. Du grec *aiolos*, éole, dieu des vents, et *pyle*, porte, parce qu'ils croyaient pouvoir s'en servir pour expliquer l'origine du vent.

3. Sénèque le Philosophe, écrivain latin, né à Cordone (Espagne), deux ou trois ans après Jésus-Christ, mort à Rome, où il passa toute sa vie, vers l'an 65.

drée par le feu souterrain. Ainsi encore, au vi^e siècle, Agathias¹ raconte que le physicien Anthémius, pour se venger d'un voisin nommé Zénon, ébranla le plancher de la chambre de celui-ci au moyen de la vapeur amenée sous les poutres par des tuyaux sortant de grandes chaudières. Ces notions, où il est impossible de voir une application de la vapeur comme force motrice, se transmirent sans modification importante jusqu'aux premières années du xvii^e siècle.

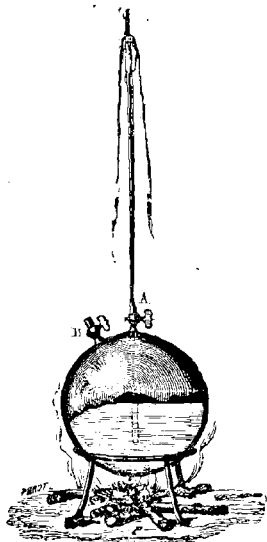


Fig. 87.

Expérience de S. de Caus.

Rivault et Salomon de Caus. — 1. En 1605, David Rivault, seigneur de Flurance, gentilhomme de la chambre de Henri IV et précepteur de Louis XIII, déclare, dans ses *Éléments de l'artillerie*, que la vapeur d'eau briserait les collypyles, si l'on n'avait soin de lui ménager une issue.

2. En 1615, dans un ouvrage intitulé : *Raisons des forces mouvantes*, un autre Français, l'ingénieur Salomon de Caus², répétant ce que le physicien Porta³ avait déjà dit en 1568, décrit une expérience de physique par laquelle on démontre que la vapeur d'eau peut, en vertu de son élasticité, presser sur la surface d'un liquide et le faire monter plus haut que son niveau. Pour mettre ce phénomène en évidence, il emploie (fig. 87)

1. Agathias, historien grec, né à Myrina (Asie-Mineure), vers 536.

2. Caus (Salomon de), né à Dieppe ou aux environs, vers 1576, fit un très-long séjour en Angleterre et en Allemagne. A son retour en France, qui eut lieu après 1613, il fut nommé « ingénieur du roi, » et il conserva cet emploi jusqu'à sa mort, arrivée à Paris en février 1626. Tout ce qu'on raconte de sa folie, de son incarcération à Bicêtre, de ses relations avec le cardinal de Richelieu, n'est qu'un tissu de mensonges, inventé par la légèreté d'un romancier et accueilli par la sottise du public.

3. Sur Porta, voyez la note 1 de la page 39.

un ballon de cuivre muni de deux tubes dont l'un A plonge jusqu'au fond du vase, mais sans le toucher, tandis que l'autre B est pourvu d'un entonnoir et d'un robinet. A l'aide de l'entonnoir, on remplit d'eau le ballon jusqu'aux trois quarts, puis, après avoir fermé le robinet, on met l'appareil sur le feu. Au bout de quelques instants, l'eau entre en ébullition et se vaporise en partie ; mais, comme la vapeur ne peut s'échapper ni par le tube B, qui est fermé, ni par le tube A, qui plonge dans l'eau, sa force d'expansion exerce sur le liquide une pression énergique qui le fait s'élaner au dehors sous forme de jet. Il y a loin de cette expérience à l'idée de se servir de la vapeur pour élever des colonnes d'eau, et Salomon de Caus ne dit rien qui puisse faire supposer qu'il ait eu une semblable idée ¹.

Branca et Worcester. — 1. En 1629, dans un recueil des principales machines connues de son temps, Giovanni Branca, architecte italien, parle d'un éolipyle qui lance un jet de vapeur contre les palettes d'une petite roue horizontale, dont l'axe met deux pilons en mouvement. En imaginant une semblable disposition, on avait voulu substituer la pression d'un jet de vapeur à celle d'une chute d'eau dans une roue hydraulique. Or, cette idée bizarre, dont l'application ne pouvait d'ailleurs produire que des résultats insignifiants, n'a rien de commun avec l'action de la vapeur s'exerçant dans un espace clos, condition indispensable au développement de sa puissance.

2. En 1663, dans un volume portant ce titre prétentieux : *Une centurie d'inventions*, un gentilhomme anglais, Edouard Somerset, marquis de Worcester, décrit vaguement un appareil qui n'est guère que celui de Porta et de Salomon de Caus un peu modifié. C'est cependant cet appareil que la plupart des écrivains de la Grande-Bretagne ont prétendu être la première machine à vapeur.

Denis Papin. — 1. Les faits qui viennent d'être analysés

1. C'est dans cet appareil, uniquement destiné à démontrer, dans un cours de physique, la force expansive de la vapeur d'eau, qu'on a voulu voir « une véritable machine à vapeur propre à opérer des épaissements, » et l'on est parti de là pour attribuer à Salomon de Caus l'invention de la machine à vapeur.

apprennent uniquement que, dans la seconde moitié du xvii^e siècle, la force élastique de la vapeur était connue depuis longtemps; mais rien encore ne pouvait faire pressentir qu'on parviendrait un jour à l'utiliser pour donner le mouvement à des machines, quand, dans le courant de 1690, Denis Papin¹, médecin français, alors établi en Angleterre, publia la description d'une expérience qui contient le principe fondamental de la machine à vapeur, telle qu'on la construit encore aujourd'hui.

2. Torricelli² venait de découvrir le **baromètre** (1644)³. Otto de Guericke⁴, à l'aide de la **machine pneumatique**⁵, qu'il avait inventée (1650-1654), venait de montrer les effets extraordinaires de la pression atmosphérique. Toutes les imaginations étaient surexcitées par la nouveauté de ces découvertes.

1. Voyez la note 1 de la page 429.

2. Torricelli (Evangéliste), physicien italien, né à Faenza, en 1608, mort en 1647.

3. Un fontainier de Florence, ayant construit une pompe aspirante dont le tuyau aspirateur était plus long que de coutume, remarqua avec surprise que l'eau ne s'y élevait jamais au-dessus de 32 pieds, quelque effort qu'il fit pour la faire monter plus haut. Il communiqua le fait à Galilée, pour en savoir la cause. Surpris par l'imprévu de la demande, ce grand physicien fit une réponse évasive, dont le fontainier dut se contenter; mais, une fois livré à lui-même, il conjectura que l'air pourrait bien être la cause de l'ascension de l'eau dans la pompe aspirante. Malheureusement, la mort l'empêcha de vérifier sa conjecture. Torricelli, son disciple, fit cette vérification, et, du même coup, inventa le **baromètre**. Dans le principe, cet instrument consistait en un simple tube de verre fermé par en haut, ouvert par en bas, et placé verticalement, du côté ouvert, dans une cuvette pleine de mercure. Tous les savants s'empressèrent d'en munir leurs cabinets; mais on ne tarda pas à remarquer que la colonne mercurielle variait entre certaines limites, et qu'il y avait une relation entre ces variations et l'état du temps. On fut ainsi conduit à fixer, le long du tube, une échelle graduée. Après ce perfectionnement, le *tube de Torricelli*, comme on avait dit jusqu'alors, reçut le nom de *baromètre*, du grec *baros*, pesanteur, et *metron*, mesure, afin d'indiquer sa destination essentielle, qui est de mesurer le poids variable de l'atmosphère.

4. Guericke (Otto), un des plus grands physiciens du xvii^e siècle, né à Magdebourg, en 1602, mort en 1686, fut, pendant trente-cinq ans, bourgmestre de sa ville natale.

5. On sait que la **machine pneumatique** sert à raréfier l'air contenu dans un vase, c'est-à-dire à faire le vide. Pendant longtemps, elle a été uniquement employée par les physiciens, auxquels elle a permis de se faire une idée exacte des propriétés mécaniques des gaz et des effets de la pression atmosphérique. Ce n'est même que depuis peu d'années qu'on lui a trouvé des applications industrielles. Aujourd'hui, on se sert d'appareils de ce genre, construits sur une très-grande échelle, pour activer l'évaporation des liquides, dans les raffineries de sucre, pour faciliter le flambage des étoffes, dans les ateliers d'impression des tissus, etc.

La puissance de la pression de l'air frappait surtout les esprits, et l'on songeait de tous côtés à l'utiliser : on espérait y trouver le moyen de doter l'industrie d'un moteur bien autrement puissant que ceux dont on faisait usage.

3. Comme beaucoup d'autres, Papin voulut trouver une application utile à la pression atmosphérique. Il crut d'abord pouvoir résoudre la question au moyen d'une espèce de machine pneumatique de grandes dimensions. Cette machine consistait en deux corps de pompe dont les pistons étaient mis en mouvement par une chute d'eau, et qui servaient à faire le vide dans un grand tube métallique. Ce tube contenait un piston qui le fermait hermétiquement, et à la tige duquel une corde était attachée. Quand l'appareil fonctionnait, le vide se faisait sous le piston, et celui-ci, poussé par la pression que l'air exerçait sur sa face opposée, glissait en entraînant la corde et les objets qui y étaient amarrés. Avec une machine ainsi disposée, Papin croyait pouvoir « transporter au loin la force des rivières. » En 1687, il en présenta un modèle à la Société royale de Londres, qui, l'ayant soumis à des essais très-sérieux, ne put, pour une cause restée inconnue, en obtenir de bons résultats. Ce contre-temps ne fit pas perdre courage à Papin ; il l'engagea seulement à diriger ses recherches dans une autre voie. Croyant mieux réussir, il reprit une idée émise déjà par plusieurs savants, notamment par l'abbé de Hautefeuille (1678), Huyghens (1680), et le chevalier Morland (1685), et construisit une machine fondée, comme la précédente, sur l'emploi de la pression de l'air, mais dans laquelle il se servait, pour faire le vide sous le piston, de la combustion de la poudre à canon (1688). Ici encore l'insuccès fut complet, parce que, quelque soin qu'on prit pendant les expériences, il restait toujours dans le cylindre une quantité d'air suffisante pour annuler, en grande partie, les effets de la pression atmosphérique. Papin fut ainsi amené à renoncer à l'usage de la poudre. Passant alors en revue les divers agents qu'il serait possible d'employer pour opérer le vide sous le piston, il imagina de remplir de vapeur le corps de pompe, puis de condenser cette vapeur au moyen du froid¹.

1. Dans le passage suivant, Papin nous apprend comment il fut amené par la science à choisir la vapeur pour continuer ses expériences : « Comme, dit-il, l'eau a la propriété, étant par le feu changée en vapeur, de faire res-

Il prit un cylindre (fig. 88) fermé par le bas et ouvert par le haut, et après y avoir mis un peu d'eau, y enfonça un piston P percé d'un petit trou *x*. L'air s'échappa par ce trou, qu'il boucha aussitôt avec une verge *mm*, et, en même temps, il ferma le cylindre avec le couvercle CG. Ayant alors chauffé le bas du cylindre, l'eau entra en ébullition, et la vapeur, agissant sous le piston, le souleva jusqu'à ce qu'il rencontrât le couvercle. Papin arrêta le piston dans cette position en poussant un verrou à ressort V, qui s'enfonça dans une ouverture O ménagée dans la tige DD. Cela fait, il enleva le feu et retira le verrou : la vapeur s'étant condensée aussitôt, le piston descendit sous l'effort de la pression atmosphérique. Papin répéta un grand nombre de fois la même série d'opérations, et toujours il remarqua que, pour reproduire l'ascension et ensuite la descente du piston, il suffisait de rappro-

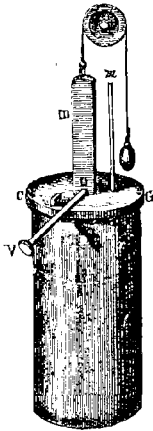


Fig. 88.

Expérience de Papin.

cher le feu, puis de l'éloigner, et ainsi de suite indéfiniment, avec la même quantité d'eau, de sorte qu'on obtenait un mouvement alternatif de bas en haut et de haut en bas. Il y avait dans cette expérience, que Papin fit connaître en 1690, le germe des deux idées fondamentales de la machine à vapeur, savoir : 1° le mouvement de va-et-vient d'un piston produit par la force élastique de la vapeur ; 2° la destruction de cette force par le refroidissement. Et non-seulement Papin connaissait parfaitement la cause physique de ces phénomènes, mais il comprenait aussi toute l'importance de la nouvelle force motrice et les diverses applications qu'on en pourrait faire. « L'on voit, dit-il, combien cette machine, qui est si simple, pourrait fournir de forces

sort comme l'air, et ensuite de se recondenser si bien par le froid qu'il ne lui reste plus aucune apparence de cette force de ressort, j'ai cru qu'il ne serait pas difficile de faire des machines dans lesquelles, par le moyen d'une chaleur médiocre et à peu de frais, l'eau ferait un vide parfait. »

prodigieuses et à bon marché. » Et plus loin : « Il serait trop long de rapporter de quelle manière cette invention se pourrait appliquer à tirer l'eau des mines, jeter des bombes, ramer contre le vent, et à plusieurs autres usages de cette sorte ; mais il faut que chacun, selon les besoins qu'il en aura, imagine les constructions les plus propres pour ses desseins. Je ne puis pourtant m'empêcher de remarquer ici en passant combien cette force serait préférable à celle des galériens pour aller vite en mer. »

II. — PREMIÈRES MACHINES A VAPEUR.

Machines de Savery. — 1. Si c'est à un Français qu'est due l'idée d'employer la force élastique de la vapeur d'eau comme moteur, c'est à un Anglais, Thomas Savery, d'abord simple ouvrier mineur, puis capitaine de navire et ingénieur habile, qu'appartient le mérite d'avoir construit la première machine à vapeur qui ait fonctionné utilement. Cette machine fut patentée le 25 juillet 1698, et le 14 juin de l'année suivante, un modèle en fut présenté à la Société royale. Néanmoins, elle dut être modifiée plusieurs fois avant de pouvoir marcher régulièrement. Dans tous les cas, elle différait essentiellement de celle que Papin avait conçue. En effet, notre compatriote avait voulu doter l'industrie d'un moteur universel, tandis que Savery se proposait uniquement de produire un appareil propre à l'élevation de l'eau dans les

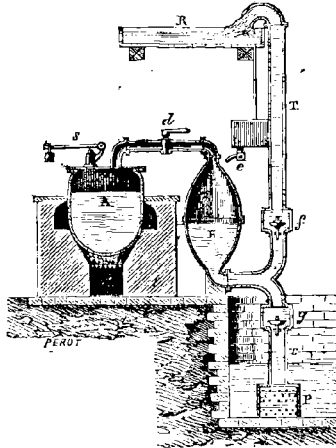


Fig. 89.
Machine de Savery.

mines. Pour obtenir ce résultat, le mécanicien anglais n'employait ni corps de pompe ni piston. A l'exemple de Salomon de Caus et du marquis de Worcester, il faisait agir la vapeur directement sur la surface du liquide. Comme le montre le dessin (fig. 89), la

vapeur était produite dans une chaudière A, placée au milieu d'un fourneau et munie d'une soupape de sûreté s. Le robinet d étant ouvert, la vapeur passait de la chaudière dans le vase B; elle pressait l'eau renfermée dans ce vase, puis la refoulait dans le tube T, en ouvrant la soupape f et fermant la soupape g. Enfin, l'eau s'échappait par la partie supérieure du tube T et tombait dans un réservoir R destiné à la recevoir. Quand le vase B était débarrassé de l'eau qu'il contenait, on l'empêchait de communiquer avec la chaudière en tournant le robinet d, après quoi, à l'aide du robinet e, on y projetait extérieurement un courant d'eau froide. La vapeur s'y condensait aussitôt, par suite le vide s'y faisait : au même moment, la soupape f se fermait, la soupape g s'ouvrait, et l'eau du réservoir P, qu'il s'agissait d'épuiser, cédant à la pression atmosphérique, montait dans le vase B par le tube aspirateur x. Rouvrant alors le robinet d, les choses se reproduisaient comme nous venons de le dire. Nous n'avons pas besoin d'ajouter que les robinets se manœuvraient à la main.

2. La machine de Savery ne pouvait servir à élever l'eau à une grande hauteur, à cause de la tension énorme qu'il aurait fallu donner à la vapeur et qui serait devenue une cause d'explosions formidables. Aussi fut-elle utilisée seulement pour distribuer l'eau aux divers étages des palais et des maisons de plaisance, ainsi que dans les parcs et les jardins. Elle était donc impropre à l'application que Savery avait en vue. Néanmoins, la manière dont elle fonctionna eut cela d'utile, qu'elle attira l'attention sur l'emploi mécanique de la vapeur.

Machine atmosphérique. — 1. Une machine de Savery avait été installée près de Dartmouth, dans le Devonshire. Parmi les hommes qui eurent occasion de l'examiner, se trouvaient le serrurier Thomas Newcomen et le vitrier John Cawley. Aidés des conseils de Robert Hooke, un des plus grands physiciens de l'époque, qui leur communiqua le mémoire publié par Papin en 1690, ces deux artisans pensèrent qu'il serait possible d'extraire l'eau des mines les plus profondes, en mettant des pompes ordinaires en mouvement à l'aide d'une machine à vapeur établie suivant les idées de notre compatriote, c'est-à-dire ayant un

cylindre et un piston. Pour résoudre cette question, il fallait d'abord trouver le moyen d'opérer subitement le vide sous le piston. Or, une aspersion d'eau froide contre les parois du cylindre permettait, sinon d'obtenir complètement ce résultat, au moins d'en approcher de très-près ; et la production de la vapeur dans une chaudière séparée du cylindre rendait la chose plus facile. Telles furent les idées que Newcomen et Cawley voulurent mettre à exécution ; mais, comme Savery était déjà patenté pour une machine où le vide se faisait par la condensation de la vapeur, ils jugèrent prudent, pour éviter toute contestation avec lui, de l'associer à leur entreprise.

2. L'association de Newcomen, Cawley et Savery eut lieu en 1705. Elle fut l'origine de la machine d'épuisement qui porte généralement le nom de **machine de Newcomen**, et qu'on appelle aussi **machine atmosphérique**, parce que son jeu est fondé sur la pression de l'air. Toutefois, elle ne fut construite qu'en 1712, époque à laquelle les inventeurs obtinrent l'autorisation de l'employer à l'extraction des eaux d'une mine de Wolverhampton.

3. La machine de Newcomen se composait essentiellement d'un corps de pompe et d'un piston, au-dessous duquel la vapeur arrivait, comme dans celle de Papin ; seulement, la vapeur était produite dans une chaudière à part, et on la condensait, non en enlevant le feu, mais en faisant passer un courant d'eau froide dans une enveloppe extérieure qui entourait le corps de pompe. Ce mode de condensation avait cependant un grand défaut : c'est que le refroidissement s'opérait difficilement à travers les parois du cylindre, et, par suite, la machine marchait très-lentement. Un hasard des plus heureux vint au secours des trois associés.

Comme l'art d'ajuster, dans de grands cylindres, des pistons mobiles qui les fermassent hermétiquement était encore peu avancé, les constructeurs avaient imaginé de tenir la surface supérieure de leur piston constamment couverte d'une couche d'eau qui, en remplissant tous les vides, s'opposait à la rentrée de l'air. Un jour ils virent, avec une extrême surprise, le piston descendre, plusieurs fois de suite, beaucoup plus rapidement que de coutume. Ayant cherché la cause de ce phénomène singulier, ils reconnurent que le piston se trouvant acciden-

tellement percé d'un petit trou, l'eau froide qui le recouvrait tombait goutte à goutte dans l'intérieur même du cylindre, et que cette eau, en traversant la vapeur, la refroidissait, et dès lors la condensait plus promptement. Il n'en fallut pas davantage pour leur donner l'idée de produire la condensation de la vapeur

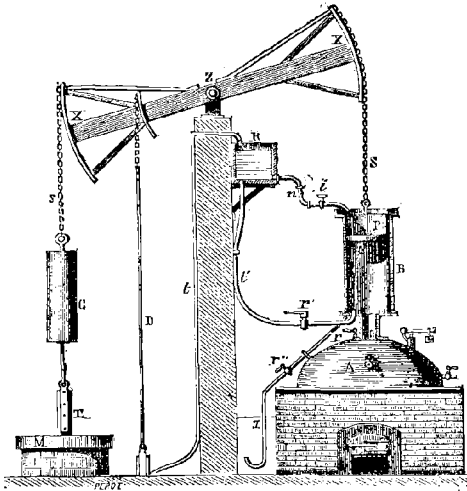


Fig. 90.
Machine atmosphérique.

par le contact direct de l'eau, en lançant celle-ci, sous forme de pluie, dans le corps de pompe, au moment même où le piston allait descendre. Les mouvements de ce piston se trouvèrent ainsi plus rapides. En outre, il y eut une économie notable de vapeur, et par conséquent de combustible.

4. Après cette modification, la machine offrit les dispositions générales que représente la *fig. 90*. La vapeur est engendrée dans une chaudière A, qui communique avec le corps de pompe B, ouvert par le haut, et cette communication a lieu au moyen d'une ouverture que ferme le robinet *r*. Le piston P, mobile dans le corps de pompe, est attaché par une chaîne S à l'une des extrémités d'un grand levier ou *balancier*, XX, qui peut tourner autour de son centre de suspension Z. A l'autre extrémité de ce levier est une seconde chaîne s, qui soutient une longue tige T, laquelle est munie d'un contre-poids C et descend dans le puits M de la mine, pour mettre en mouvement la pompe d'épuisement.

Quand on ouvre le robinet r , la vapeur s'élançe dans le cylindre B et détruit l'effet de la pression atmosphérique qui s'exerce sur la face supérieure du piston. La tige T descend alors en vertu de son propre poids et de celui de son contre-poids C, et fait monter le piston. Celui-ci étant parvenu au bout de sa course, on ferme le robinet r et l'on ouvre le robinet r' , ce qui permet à un courant d'eau froide, arrivant du réservoir R par le tube t' , de jaillir dans le corps de pompe et d'y condenser la vapeur. A ce moment, la pression atmosphérique n'étant plus contre-balancée par la force élastique de la vapeur, fait descendre le piston jusqu'au fond du cylindre et soulève le contre-poids C, ainsi que la tige T de la pompe d'épuisement. On ferme ensuite le robinet r' , ou ouvre le robinet r , et les mêmes faits se reproduisent. On évacue de temps en temps, par le tube x et le robinet r'' , l'eau introduite dans le cylindre et celle qui provient de la vapeur condensée.

Le tube n et le robinet i servent à renouveler la couche d'eau qui couvre le dessus du piston. Enfin, le réservoir R est approvisionné d'eau par le tube t et une petite pompe foulante que la tige D fait mouvoir.

Comme le montre la figure, les chaînes qui soulèvent alternativement le piston d'une part, le contre-poids et les tiges des deux pompes d'autre part, s'enroulent sur des arcs de cercle adaptés au balancier; grâce à cet artifice, ces chaînes sont constamment tenues dans une position verticale.

5. Ainsi qu'on vient de le voir, la manœuvre de la machine se réduit à ouvrir et fermer alternativement les deux robinets r r' . Dans le principe, cette manœuvre se faisait à la main, et on la confiait ordinairement à des enfants. Ce fut, dit-on, l'un d'eux, nommé Humphry Potter, qui inventa le premier appareil destiné à l'effectuer mécaniquement. On raconte à ce sujet, qu'un jour Potter, contrarié de ne pouvoir aller jouer avec ses camarades, chercha un moyen de se débarrasser de sa tâche. A cet effet, il imagina d'attacher au balancier, par des ficelles, les clefs des robinets, et il sut disposer les choses de telle sorte que les tractions produites par les oscillations du balancier remplaçaient parfaitement l'action de la main. Un peu plus tard, vers 1718, l'ingénieur Beighton, qui s'occupait spécialement de la construction des machines pour

les mines, substitua aux ficelles des tringles de bois ou de fer armées de chevilles, qui ouvraient et fermaient les robinets aux moments convenables. A partir de ce moment, tout le jeu de la machine n'exigea plus qu'un seul homme, le chauffeur, chargé d'entretenir le feu du fourneau. En 1758 un mécanicien, du nom de Fitz-Gérald, conçut un perfectionnement d'une importance bien autrement considérable. Il proposa de transformer le mouvement vertical du piston en un mouvement de rotation¹; mais, comme la machine à vapeur était uniquement employée à faire marcher des pompes dans l'intérieur des mines, cette modification n'était pas nécessaire : aussi n'attira-t-elle pas l'attention.

6. La machine de Newcomen se répandit en peu de temps dans les houillères anglaises, et les services qu'elle y rendit engagèrent la compagnie d'Anzin à l'introduire en France, ce qui eut lieu en 1732. Elle était pourtant bien imparfaite. On lui reprochait surtout de faire perdre une quantité considérable de vapeur, et, par suite, d'être d'un entretien coûteux. En effet, le refroidissement des parois du cylindre, qui résultait de l'injection d'eau froide, condensait chaque fois une partie de la nouvelle vapeur qui arrivait de la chaudière pour agir sous le piston, et détruisait ainsi une partie de la puissance motrice. Ce fut pour remédier à ce défaut que James Watt commença les travaux qui l'ont rendu si célèbre.

III. — MACHINES DE JAMES WATT.

Premiers travaux de Watt. — 1. En 1763 James Watt, alors âgé de vingt-sept ans, dirigeait, à Glasgow, un petit atelier de constructeur d'instruments de mathématiques. Un jour le docteur Anderson, professeur de physique à l'université de

1. D'après sa patente, pour obtenir cet effet, « il employait un système de grandes roues à dents et de plus petites à rochets engrenant avec des dents pratiquées sur l'arc ou secteur du balancier. Le mouvement se communiquait à un volant destiné à accumuler la quantité de mouvement et à une manivelle servant à différents usages. Le volant qui avait accumulé la quantité de mouvement de la machine pendant qu'elle recevait l'action du premier moteur se trouvait en état d'en entretenir le jeu dans les intervalles où celui-ci cessait d'agir. »

cette ville, le chargea de faire quelques réparations à une petite machine de Newcomen dont il se servait dans ses cours, et qui jamais n'avait pu bien fonctionner. Telle fut la circonstance qui fournit à l'illustre mécanicien l'occasion de s'occuper sérieusement de la machine à vapeur.

2. Watt commença par étudier à fond la théorie des divers phénomènes sur lesquels repose l'emploi de la vapeur dans la machine de Newcomen, et, grâce aux conseils du physicien Joseph Black, son ami, il eut bientôt épuisé la question. Une fois fixé sur ce point, il se lança dans la voie des inventions mécaniques. Afin de remédier à l'inconvénient dû au refroidissement du cylindre, Watt songea d'abord à n'injecter dans ce dernier qu'une très-petite quantité d'eau froide; mais il s'aperçut que, cette eau devenant très-chaude, sa vapeur avait une tension assez grande pour opposer une résistance notable à la descente du piston. Il eut alors l'idée d'opérer la condensation en dehors du corps de pompe, dans un vase séparé, qu'il appela *condenseur*, et qui communiquait avec le cylindre juste au moment où l'on voulait y faire le vide. Il régla la quantité d'eau d'injection de manière à obtenir une condensation complète, et, en même temps, il retira du condenseur, au moyen d'une pompe qu'il appela *pompe à air*, l'eau de condensation et l'air qui s'y était introduit. Une autre pompe, dite *pompe à eau chaude*, reprenait ensuite cette eau de condensation et la conduisait dans la chaudière pour remplacer celle qui s'était vaporisée. A l'aide de ces simples modifications, Watt parvint à produire dans le corps de pompe, au-dessous du piston, un vide complet; et, dès ce moment, toute la puissance de la pression atmosphérique put servir exclusivement à faire descendre le piston.

Machine à simple effet. — 1. Après avoir amené la machine de Newcomen au plus haut degré de perfection auquel elle pouvait atteindre, James Watt tourna ses regards d'un autre côté. Considérant que l'action de l'air sur la face supérieure du piston et sa descente dans le corps de pompe à la suite de ce dernier refroidissait en dedans les parois, ce qui entraînait une perte de vapeur quand le piston remontait, il imagina, pour faire disparaître cet inconvénient, de soustraire complètement le

piston à l'air atmosphérique. Il obtint ce résultat : 1° en fermant supérieurement le cylindre par un fond, ou couvercle, ayant en son milieu une ouverture garnie d'une boîte à étoupe dans laquelle la tige du piston glissait à frottement ; 2° en faisant arriver la vapeur aussi bien au-dessus qu'au-dessous du piston. Enfin, pour rendre la température du cylindre plus invariable, il le recouvrit d'une enveloppe, ou chemise, faite de bois ou de tout autre corps mauvais conducteur de la chaleur, et il fit circuler la vapeur dans l'espace annulaire compris entre sa surface extérieure et l'enveloppe.

2. Dans la nouvelle machine, la pression de l'air ne jouait plus aucun rôle ; la descente du piston était exclusivement due à l'action

de la vapeur sur sa face supérieure. Pour la distinguer de la machine atmosphérique, on l'appela **machine à simple effet**, parce que la vapeur ne poussait le piston que d'un côté. La *fig. 91* en montre les parties caractéristiques, les autres dispositions étant les mêmes que celles de la machine de Newcomen. Les tiges R et O sont fixées au bras gauche d'un balancier, au bras droit duquel est adaptée la tige de la pompe d'épuisement, munie d'un contre-poids. La vapeur arrive de la chaudière par le tuyau S, traverse l'ouverture r et presse le piston P sur sa face supérieure, tandis que la partie inférieure du cylindre C communique, par l'ouverture o, avec le condenseur B. Quand le piston est arrivé au bas de sa course, la tringle OD descend, la soupape i intercepte la communication entre le cylindre et le condenseur ; et, comme la soupape b s'est abaissée avec la tringle,

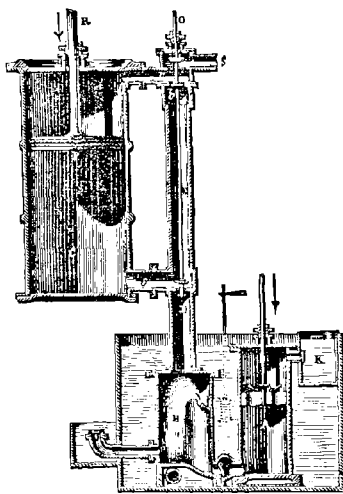


Fig. 91.
Machine à simple effet.

dis que la partie inférieure du cylindre C communique, par l'ouverture o, avec le condenseur B. Quand le piston est arrivé au bas de sa course, la tringle OD descend, la soupape i intercepte la communication entre le cylindre et le condenseur ; et, comme la soupape b s'est abaissée avec la tringle,

une libre communication s'établit, par le tuyau E, entre les deux parties du cylindre séparées par le piston. Celui-ci, étant alors également pressé sur ses deux faces, est remonté par le contre-poids placé à l'autre bras du balancier. Tout se réduit donc à régler le mouvement de la tige OD. Or, c'est ce qu'il est aisé de faire en la suspendant au balancier, de telle sorte qu'elle soit soulevée quand celui-ci baisse, et qu'il la laisse retomber quand il remonte. Ici tous les robinets sont supprimés, et les différents mouvements de détail sont imprimés par la machine elle-même.

3. La machine à simple effet existait déjà en 1769. Elle ne commença cependant à se répandre qu'en 1774, c'est-à-dire après que Watt se fut associé, pour l'exploiter, avec Mathieu Boulton, de Soho, près de Birmingham, propriétaire du plus grand atelier de construction qui fût alors en Europe. Elle était si économique, comparée à celle de Newcomen, que les deux associés ne la vendaient pas; ils la fournissaient gratuitement, ils se chargeaient même de l'entretenir à leurs frais, moyennant une redevance annuelle égale au tiers de la valeur du combustible qu'elle économiserait. Or, dans une seule mine, où ils en avaient monté trois, cette redevance s'éleva en une seule année à 60,000 francs, ce qui suppose une économie au moins triple.

Machine à double effet. — 4. Si la machine à vapeur n'avait dû servir qu'à faire marcher des pompes, l'intermittence de son action n'aurait pas eu un grand inconvénient. Mais, comme Papin en 1690, Watt comprit que la vapeur devait être un moteur universel. Il fallait pour cela que la machine fût disposée de façon à produire le mouvement de rotation d'un arbre, lequel pût ensuite être transmis à toute espèce de mécanismes. De plus, comme le travail égal et continu des manufactures exige que la force motrice agisse aussi d'une manière égale et continue, il fallait que l'action de la vapeur ne fût pas intermittente, qu'elle pût être utilisée, non-seulement pendant la descente du piston, mais encore pendant son ascension. Watt réussit à résoudre ce double problème par deux moyens fort simples : 1° en dirigeant alternativement la vapeur au-dessus et au-dessous du piston, de manière à déterminer l'ascension et

la descente de celui-ci par la seule action de la vapeur; 2° en transformant le mouvement rectiligne de la tige du piston en un mouvement circulaire continu.

2. La machine qui résulte de ces nouvelles recherches a reçu le nom de **machine à double effet**, parce qu'elle utilise les deux mouvements du piston, celui de haut en bas aussi bien que celui de bas en haut. Elle exécute donc deux fois plus d'ouvrage que la machine à simple effet; mais aussi elle dépense deux fois plus de vapeur. La *fig. 92* est destinée à donner une

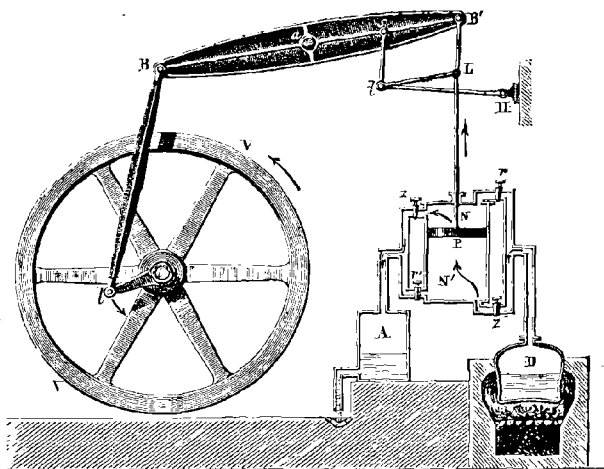


Fig. 92.

Principe de la machine à double effet.

idée de son jeu. La partie supérieure et la partie inférieure du cylindre NN' peuvent être mises directement en communication, tantôt avec la chaudière D, tantôt avec le condenseur A, au moyen des robinets rr' , zz' , qui s'ouvrent et se ferment alternativement, deux à deux, l'un du côté du condenseur, l'autre du côté de la chaudière. Supposons que les robinets zz' soient ouverts et les deux autres fermés. La vapeur, arrivant par le ro-

binet z' , se rend au-dessous du piston, et le soulève pendant que l'air ou la vapeur qui se trouve au-dessus s'écoule dans le condenseur par le robinet z . Au moment où le piston arrive vers le haut de sa course, on ouvre à leur tour les robinets rr' , et l'on ferme zz' . La vapeur passe alors au-dessus du piston par le robinet r et le fait descendre, tandis que la vapeur contenue dans la partie inférieure N' du cylindre s'échappe par le robinet r' et se rend dans le condenseur. Dans la pratique, ce n'est pas au moyen de robinets qu'on opère la distribution de la vapeur, mais avec un appareil spécial qui a reçu le nom de *tiroir*. Cet appareil (fig. 93 et 94) consiste en une plaque métallique mo-

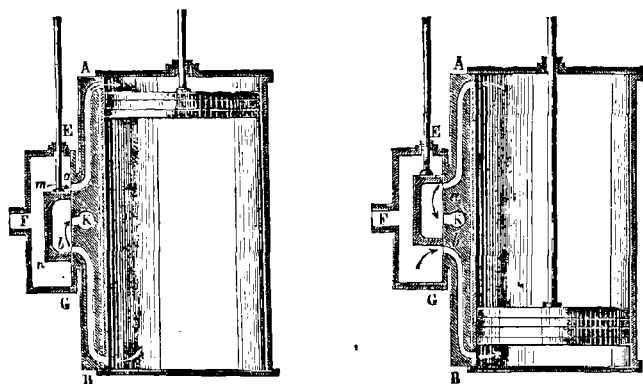


Fig. 93 et 94.

Jeu du tiroir.

bile mn , qui glisse dans une boîte EG , accolée au cylindre, et dans laquelle le tube F amène la vapeur de la chaudière. En se déplaçant, cette plaque ouvre et ferme successivement une communication ab qui existe entre la boîte et chacune des extrémités du cylindre, et entre cette dernière et le tube K qui aboutit au condenseur. Dans la position indiquée par la fig. 93, la vapeur passe au-dessus du piston, et celle qui est au-dessous se rend dans le condenseur. Le contraire a lieu dans la position offerte par la fig. 94.

Ainsi, soit qu'on emploie des robinets, soit qu'on se serve du tiroir, le piston monte et descend alternativement. Pour que sa tige conserve le mouvement rectiligne qui lui est ainsi communiqué, elle est liée au balancier BB (*fig. 92*), non pas par une chaîne, comme dans la machine de Newcomen, mais à l'aide d'un mécanisme très-ingénieux B'Lts, qu'on appelle *parallélogramme articulé*, à cause de sa forme et du mode d'assemblage de ses quatre côtés. Enfin, de l'extrémité opposée du balancier, descend une forte tige Bl nommée *bielle*, qui s'articule avec une tige plus courte *l*, qu'on appelle *manivelle*. Enfin, le bout opposé de celle-ci est fixé au centre d'une grande roue massive VV, dite *volant*, et peut tourner avec cette roue. En examinant l'agencement de ces diverses pièces, on voit que, par suite de l'action du piston, le balancier s'abaissant, abaisse en même temps la bielle, et celle-ci pousse la manivelle, qui fait tourner le volant dans le sens indiqué par la flèche. Quand le piston est arrivé au haut de sa course, la bielle et la manivelle se trouvent dans la même direction et n'ont aucune action l'une sur l'autre. Elles sont à ce qu'on appelle un *point mort* : elles resteraient immobiles ; mais, en vertu de la vitesse acquise, le volant leur fait dépasser cette position, et le piston effectuant alors sa descente, la rotation se continue dans le même sens jusqu'à ce que le piston arrive au bas de sa course. A ce moment, il y a un deuxième point mort, qui est dépassé de la même manière que le premier l'a été. Un mouvement de rotation continu est donc produit par la combinaison de la bielle et de la manivelle, et ce mouvement peut être transmis à un arbre pour faire fonctionner toute espèce de machines.

3. Les détails qui précèdent permettent de se rendre compte de la machine de Watt à double effet (*fig. 95*). La vapeur, arrivant de la chaudière par le tube T, entre dans la boîte *i*, d'où le tiroir la fait passer alternativement dans le cylindre C et dans le condenseur D. Le piston a sa tige *t* articulée avec l'une des extrémités du balancier BB', au moyen du parallélogramme articulé *pp'*. A l'autre extrémité du balancier est articulée, en *t'*, la bielle E, articulée elle-même avec la manivelle M, laquelle est fixée à l'arbre *e* de la machine qu'on veut faire marcher, ainsi qu'au volant V. La tringle *ss*, qui est montée sur ce même

volant, est destinée à mettre en jeu le tiroir, par l'intermédiaire de diverses pièces communiquant avec ce dernier. Le robinet *r* a pour objet de régler l'injection de l'eau dans le condenseur. Cette

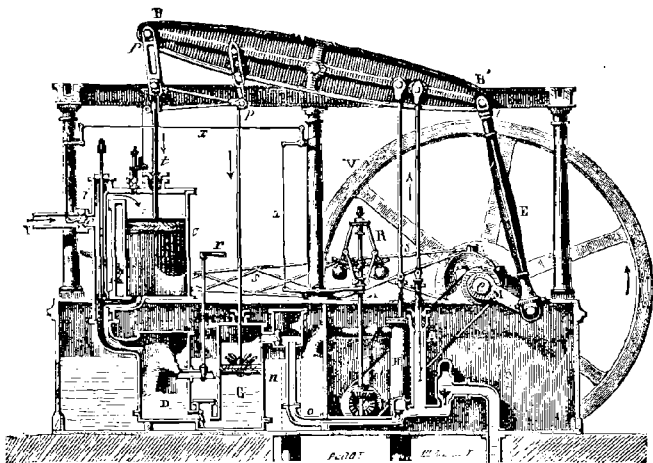


Fig. 95.

Machine à double effet.

eau vient d'une bêche, dans laquelle elle est envoyée par une pompe H, qui la prend dans un puits ou dans un réservoir quelconque. Une autre pompe G, dite *pompe à air*, sert à extraire du condenseur l'eau de condensation, celle qu'on y a introduite et l'air qui s'y trouve renfermé. Une partie de cette eau est conduite au dehors par le tuyau n, tandis que l'autre est aspirée par le tube o, au moyen de la pompe A, appelée *pompe alimentaire*, qui la refoule dans la chaudière, pour remplacer celle qui disparaît à l'état de vapeur. Comme le montre le dessin, ces trois pompes sont mises en mouvement par le balancier. Enfin, R est un appareil nommé *modérateur à force centrifuge* ou *modérateur à boules*, qui a pour destination de régler l'introduction de la vapeur dans le cylindre, en fermant plus ou moins une valve ou plaque mobile c, placée dans l'intérieur du tube d'arrivée T. Cet

appareil, qui communique, d'une part, avec l'arbre de la machine par l'intermédiaire d'une corde O'O', d'autre part, avec la valve du tube d'arrivée par le mouvement de sonnette *hxx*, est disposé de telle sorte que la valve se ferme d'autant plus que la vapeur arrive en plus grande abondance, par conséquent, que la machine marche à une vitesse plus considérable.

4. Les grandes découvertes de Watt étaient achevées en 1782. Depuis cette époque, rien n'a été changé à la machine à vapeur, quant aux principes fondamentaux de sa construction ; mais on l'a modifiée de mille manières, afin de l'approprier le plus parfaitement possible aux besoins si divers de l'industrie. Ce sont ces modifications qui ont donné naissance aux différents systèmes de machines qu'on rencontre aujourd'hui dans les ateliers.

IV. — MACHINES DIVERSES.

Machines à haute pression. — 1. Dans les machines de Watt, on emploie de la vapeur chauffée seulement à la température de l'ébullition de l'eau sous une pression qui ne dépasse pas beaucoup celle de l'atmosphère, et, quand cette vapeur a produit son effet, on la condense au moyen de l'eau froide. La condensation dépensant une énorme quantité d'eau, soit de 700 à 800 litres par cheval ¹ et par heure, il a été nécessaire de songer aux cas où l'eau serait rare. Pour résoudre cette question, il a suffi de supprimer le condenseur et de laisser la vapeur se perdre dans l'air ; mais il a fallu alors lui donner une tension égale au moins à deux atmosphères. Les machines ainsi disposées sont dites **à haute pression**. Entrevues par Papin, en 1690, proposées par Jacques Leupold ², en 1725, elles ont été définitivement rendues pratiques par l'Américain Olivier Evans ³, en 1796.

1. **Cheval ou cheval-vapeur.** On appelle ainsi l'unité de mesure qui sert à désigner la force d'une machine à vapeur. Elle équivaut au travail nécessaire pour élever un poids de 75 kilogrammes à une hauteur de un mètre en une seconde. « On peut admettre, dans la pratique, qu'il faut 7 chevaux ordinaires pour faire le même travail qu'un cheval-vapeur en 24 heures ; et, comme il faut 7 hommes pour faire le travail d'un cheval ordinaire, le cheval-vapeur correspondrait au travail de 49 ou de 50 hommes. » (Gérardin.)

2. Leupold (Jacques), mécanicien allemand, né à Planitz (Saxe), en 1674, mort en 1727.

3. Evans (Olivier), mécanicien américain, né près de Philadelphie (Etats-Unis), en 1755, mort en 1811.

2. Les machines à haute pression sont plus simples que les machines ordinaires ou à *basse pression*; elles ont de moins le condenseur avec sa pompe à air, ainsi que toutes les pièces, triangles, tuyaux, soupapes, robinets, etc., qui accompagnent ces parties. Elles sont aussi moins encombrantes et moins chères. Enfin, à égalité de force, elles consomment moins de combustible.

Machines à détente. — Watt ayant remarqué que, lorsque la vapeur agissait en plein, la vitesse du piston allait en s'accéléralant, ce qui produisait une secousse au moment où il devait changer de sens dans son mouvement, imagina, pour remédier à cet inconvénient, de ne laisser entrer la vapeur dans le cylindre que pendant une partie seulement de la course du piston. La vapeur introduite agit ensuite par *détente*, c'est-à-dire par sa force de ressort, avec une intensité décroissante, qui dépend de l'augmentation de volume qu'elle éprouve, et que l'on peut calculer approximativement pour chaque position du piston. Outre la régularité de mouvement qu'on obtient en procédant ainsi, on y gagne de produire une plus grande quantité de travail avec la même quantité de vapeur. Watt ne vit, dans la détente, qu'un moyen de régulariser la marche du piston. Ce fut Hornblower, en 1781, qui en découvrit l'importance économique et qui songea à l'utiliser, dans une forte proportion, afin de tirer un meilleur parti de la force motrice développée par la chaleur. Toutefois, cette idée ne fut rendue pratique qu'en 1804, époque à laquelle Arthur Woolf construisit, pour l'appliquer, les machines qui portent son nom. Ces machines ne diffèrent de celles de Watt qu'en ce qu'elles se composent de deux cylindres moteurs distincts (fig. 96), mais de diamètre inégal. Dans l'un d'eux A, la vapeur agit tout à fait en plein, à la pression de 3 à 4 atmosphères, tandis que dans l'autre, B, elle n'exerce d'effort que par sa

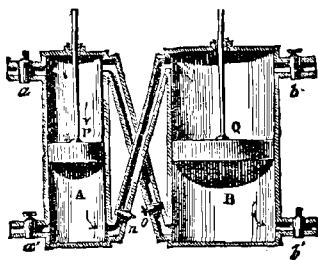


Fig. 96.
Machine de Woolf.

détente en sortant du premier. Pour produire cet effet, on fait communiquer le dessous du piston P du premier cylindre avec le dessus du piston Q du second cylindre, et *vice versa*, à l'aide des ouvertures *no*. Le cylindre à détente est seul en communication avec le condenseur par les orifices *bb'*; de même, l'autre cylindre communique seul avec la chaudière par les orifices *aa'*. On donne au cylindre où se fait la détente un plus grand diamètre qu'à celui où la vapeur agit en plein, afin qu'il n'y ait pas lieu de trop augmenter la course du second piston. Enfin, les tiges des deux pistons sont liées entre elles par leur extrémité supérieure, de manière qu'ils se meuvent ensemble et soient toujours à la même hauteur dans les cylindres.

Machines sans balancier. — Le balancier et le système qui sert à le soutenir étant d'une installation difficile et toujours coûteuse, plusieurs mécaniciens ont eu l'idée de le supprimer, et c'est ce qu'on fait généralement aujourd'hui, du moins pour les machines à haute pression.

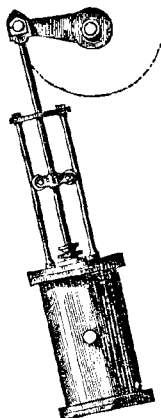


Fig. 97.
Machine oscillante.

1. En 1815, le mécanicien anglais Manby réussit un des premiers à résoudre le problème d'une manière fort simple. Dans les machines de son système (*fig. 97*), le cylindre est soutenu, sur deux colonnes, par deux tourillons autour desquels il oscille en s'inclinant tantôt à droite, tantôt à gauche. La tige du piston est articulée directement avec la manivelle de l'arbre moteur, et, pour que le cylindre qu'elle entraîne, puisse avoir toujours une position convenable, elle est guidée par des galets qui roulent entre deux tiges fixées au couvercle de ce dernier. La vapeur arrive par l'un des tourillons, qui est creux, et s'échappe par l'intérieur de l'autre. Enfin, le tiroir de distribution fait corps avec le cylindre. Les machines qui présentent ces dispositions sont connues sous le nom de **machines oscillantes** ou à **cylindre oscillant**. Elles se recommandent surtout par leur peu de volume, ce qui les rend d'un emploi commode dans les

circonstances où l'on ne peut disposer que d'un espace limité ; mais l'usure rapide de leurs tourillons nécessite des réparations très-fréquentes. On n'en fait guère usage qu'à bord des bateaux destinés à la navigation fluviale.

2. Au lieu de faire osciller le cylindre, beaucoup de constructeurs le maintiennent fixe dans sa position verticale, et ils établissent, de différentes manières, la communication entre la tige du piston et l'arbre moteur. Tantôt, comme dans les machines du système Maudslay, la tige du piston se termine par une traverse, dont les extrémités portent des galets qui roulent dans des glissières parallèles à la tige ; et avec cette traverse s'articulent deux bielles pendantes, articulées elles-mêmes avec un égal nombre de manivelles montées sur l'arbre moteur, lequel est placé à la partie inférieure du bâti. Tantôt, comme dans les machines appelées proprement **verticales**, il n'y a qu'une seule bielle et qu'une seule manivelle ; mais l'arbre moteur est disposé à la partie supérieure du bâti. Enfin, dans d'autres machines, dites **horizontales**, parce qu'elles ont le cylindre horizontal, la tige *a* du piston (*fig.* 98) porte une pièce I nommée

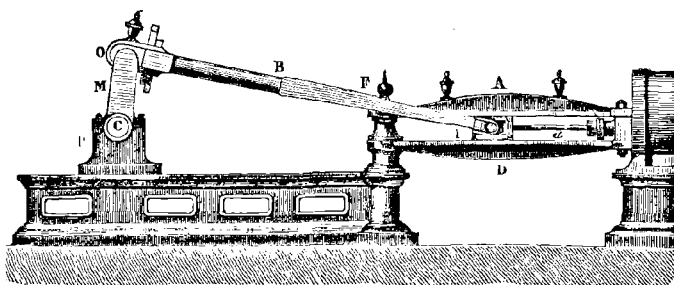


Fig. 98.

Machine horizontale.

glissière, qui glisse dans des coulisses fixes AD, et avec laquelle s'articule la bielle FB servant à faire mouvoir la manivelle M de l'arbre moteur C. Cette disposition est généralement adoptée aujourd'hui pour les puissantes machines.

Machines rotatives. — Dans les machines ainsi appelées, il n'est pas nécessaire de transformer le mouvement rectiligne alternatif d'un piston en mouvement circulaire continu : les choses sont disposées de telle sorte que la vapeur, en arrivant de la chaudière, puisse faire tourner directement l'arbre moteur. Les premières recherches dans cette voie ont été faites par James Watt. Elles ont été continuées depuis par un grand nombre d'inventeurs : Pecqueur, en France, Rennie et Bishop, en Angleterre, etc. ; mais, jusqu'à présent, personne n'a complètement résolu le problème. Au reste, les machines rotatives ne paraissent convenir que pour les très-petites forces et la production de mouvements extrêmement rapides ; encore même, dans ce cas, sont-elles fort inférieures aux machines ordinaires, parce que, à égalité de puissance, elles dépensent beaucoup plus de vapeur.

Locomobiles. — 1. Pendant longtemps on n'a connu que les *machines fixes*, c'est-à-dire montées à demeure à l'endroit où elles doivent servir. Telles sont celles qu'on emploie dans tous les établissements industriels où l'on a besoin d'un moteur puissant. Peu à peu, cependant, on a compris que la force motrice de la vapeur rendrait des services encore plus considérables, si l'on pouvait construire des machines assez légères pour être facilement transportables, tout en présentant les conditions de sécurité et de solidité nécessaires. C'est à la réalisation pratique de cette idée que nous devons les **machines à vapeur locomobiles** ou, comme on les appelle simplement, les **locomobiles**.

2. Les locomobiles sont donc des machines à vapeur qui peuvent être transportées d'un endroit à un autre, afin d'y mettre en mouvement, sur place, différents engins mécaniques. Leur construction est généralement fort simple, et on les monte presque toujours sur un train à quatre roues, auquel on attelle un cheval pour les conduire là où elles doivent être utilisées. Elles paraissent avoir été inventées aux États-Unis, vers 1825. Leur introduction en France ne remonte guère au delà de 1839, et ce n'est qu'à partir de 1850 qu'elles se sont bien répandues dans notre pays.

3. Aujourd'hui, les locomobiles sont employées dans les ateliers de tous les pays pour mettre en mouvement les machines les plus diverses. On s'en sort aussi, dans les travaux agricoles, pour faire fonctionner des batteuses, des moissonneuses, des faneuses, même des charrues. Enfin, leur application aux travaux de construction, où elles permettent d'exécuter les transports et le montage des matériaux avec une rapidité et une économie inconnues auparavant, constitue un des plus grands progrès réalisés de nos jours par l'art de bâtir.

V. — CHAUDIÈRES A VAPEUR.

1. Jusqu'à présent, nous n'avons parlé que de la partie de la machine qui sert à utiliser la vapeur. Nous allons maintenant dire quelques mots sur l'appareil où cette dernière se produit, et qu'on appelle indifféremment **chaudière** ou **générateur**. Cet appareil est fabriqué avec des lames de tôle rivées avec soin, et on le construit toujours de manière qu'il puisse utiliser la plus grande partie de la chaleur développée par le combustible, et qu'il ait une surface de chauffe ¹ en rapport avec la quantité de vapeur nécessaire au service de la machine.

2. La chaudière a changé plusieurs fois de forme. Dans l'origine, elle ressemblait à une portion de sphère terminée par un fond plat. Cette disposition était avantageuse sous le rapport de la solidité; mais elle n'offrait qu'une surface de chauffe très-limitée. Pour remédier à ce défaut, on imagina de donner à la chaudière la forme d'un cylindre allongé, reposant sur un fond rentrant et concave. Cette nouvelle chaudière, que Watt appela **chaudière à tombeau**, fut considérée comme un grand progrès. Néanmoins, quand on eut inventé les machines à haute pression, on s'aperçut qu'elle ne pouvait pas leur convenir, parce qu'elle n'était pas suffisamment solide. On se mit donc de nouveau à l'étude, et, après quelques tâtonnements, on créa la **chaudière à bouilleurs**, c'est-à-dire celle qu'on emploie géné-

1. **Surface de chauffe.** On appelle ainsi la partie de la surface d'une chaudière qui reçoit l'action de la chaleur développée dans le foyer.

ralement aujourd'hui, et dont la *fig. 99* est une coupe longitudinale. Comme l'indique le dessin, le foyer *F* est placé à l'extérieur de la chaudière *A*¹. Toutefois, depuis une quarantaine d'années, on le dispose souvent dans son intérieur même. On a surtout recours à ce système lorsqu'on a besoin de diminuer le plus possible le

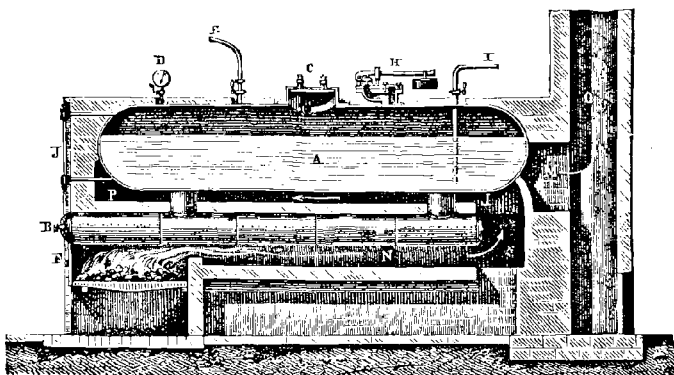


Fig. 99.

Chaudière à bouilleurs.

pois de la chaudière, tout en conservant une surface de chauffe considérable. Dans ce cas, on forme ordinairement la chaudière d'un gros cylindre, et l'on y fixe un plus ou moins grand nombre de petits tubes, qui la traversent d'une extrémité à l'autre. La flamme et les produits de la combustion passent dans ces tubes, que l'eau entoure de tous côtés, et qui, d'un côté, s'ouvrent au-dessus de la grille où brûle le combustible, tandis que, de l'autre, ils débouchent dans la partie inférieure de la cheminée. Les générateurs ainsi disposés sont désignés sous le nom de **chau-**

1. Il y a généralement deux bouilleurs, mais la figure n'en représente qu'un, *B*. Les autres lettres indiquent, savoir : *NLPM*, la voie que suit la fumée pour se rendre du foyer *F* à la cheminée *O*; *E*, le tuyau par lequel la vapeur se rend dans le corps de pompe où se meut le piston; *I*, le tube qui amène l'eau destinée à remplacer celle qui se vaporise; *J*, le tube qui fait connaître le niveau de l'eau dans la chaudière; *D*, l'appareil qui mesure la tension qu'y acquiert la vapeur; *H*, la soupape de sûreté; enfin, *C*, l'ouverture par laquelle on pénètre dans la chaudière pour la nettoyer.

dières tubulaires. Les locomotives et les locomobiles n'en ont pas d'autres, et, comme nous le verrons plus loin, leur invention a été une des causes principales de la prospérité des chemins de fer. On croit que l'idée théorique de ces chaudières a été conçue, en 1803, par Charles Dallery, mécanicien à Amiens. En 1833, l'ingénieur anglais Perkins essaya de la réaliser pratiquement; mais il ne put réussir. M. Marc Séguin, directeur du chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon, fut plus heureux en 1827; car il réussit à faire fonctionner d'une manière satisfaisante une locomotive établie d'après le nouveau système, qu'il eut ainsi la gloire de rendre définitivement applicable. C'est donc lui qui doit être regardé comme le véritable inventeur des générateurs tubulaires.

3. On ne s'est pas borné à perfectionner la construction de la chaudière proprement dite; on a aussi amélioré de toutes les manières les appareils accessoires dont elle doit toujours être accompagnée. Parmi les progrès sans nombre qui ont été réalisés de ce côté, nous citerons seulement le procédé d'alimentation proposé en 1859 par M. Henri Giffard, ingénieur mécanicien à Paris, et devenu depuis d'un usage presque général. On sait que ce procédé supprime les pompes alimentaires, si faciles à se déranger, et emploie la pression même de la vapeur pour introduire dans le générateur l'eau nécessaire à son entretien.

VI. — MACHINES-OUTILS A VAPEUR.

Les perfectionnements dont nous venons d'essayer de donner une idée ont eu pour résultat d'augmenter le rendement, c'est-à-dire le travail effectif des machines à vapeur; en même temps, ils ont permis de diminuer le volume, le poids et, par suite, le prix de ces appareils. On ne s'en est pas tenu là : on a voulu aussi utiliser la vapeur pour faire mouvoir directement les organes des machines-outils. L'application de ce genre qui passe avec raison pour la plus remarquable est celle qui a donné naissance au *marteau* ou *pilon à vapeur*, dont le *marteau à pilots* n'est qu'une simple modification.

Marteau à vapeur. — 1. Le marteau à vapeur

consiste en un mouton de fonte M (fig. 100), du poids de 2,500 à 8,000 kilogrammes, et ayant son extrémité inférieure armée

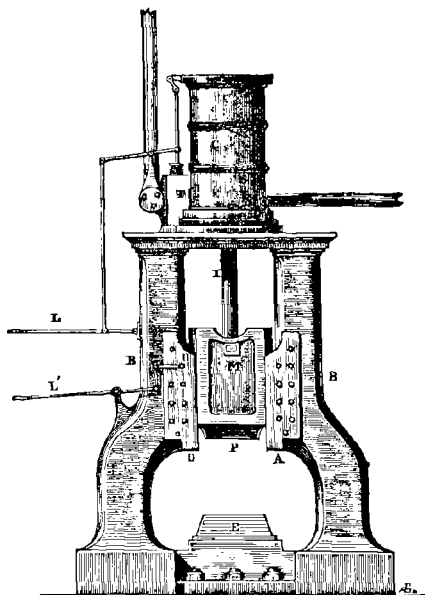


Fig. 100.

Marteau à vapeur.

d'un bloc de fer acieré, auquel on donne une forme en rapport avec l'effet qu'on veut produire. Ce mouton glisse verticalement entre les montants d'un fort bâti BB en fonte, munis de glissières AD, et il est suspendu à la tige I du piston d'un corps de pompe C placé à la partie supérieure du bâti. Un tiroir T sert à régler la distribution de la vapeur; il reçoit celle-ci au moyen d'un tube, qui communique avec une chaudière, et il la renvoie dans l'air, quand elle a terminé son action, par un tube particulier. Enfin, il se manœuvre

à l'aide d'un levier L, dont la poignée est à portée de la main de l'ouvrier. Un second levier L' sert à pousser un verrou O dans un trou latéral du mouton, que l'on peut ainsi arrêter et maintenir soulevé au-dessus de l'enclume E.

2. Pour faire agir le marteau, on introduit la vapeur dans le corps de pompe, sous le piston; celui-ci s'élève aussitôt en entraînant le mouton. Si alors on fait sortir la vapeur admise et qu'en même temps on intercepte la communication avec la chaudière, le piston ne se trouve plus soutenu, et le mouton descend avec toute l'énergie due à la hauteur de sa chute. Les

choses sont tellement combinées qu'on peut faire varier à volonté la force, le nombre et la rapidité des coups; on peut aussi arrêter le mouton à une distance quelconque de l'enclume, au point même de lui faire simplement briser la coquille d'une noix, sans l'écraser.

3. Le marteau à vapeur date de 1842¹. Depuis cette époque, il est devenu d'un usage général dans les ateliers de construction de machines, où il est l'âme de la fabrication des pièces de forge de toutes dimensions. On en a d'ailleurs modifié la forme et le poids d'un nombre infini de manières, afin de l'approprier aux applications les plus diverses.

Marteau à pilots. — La machine ainsi appelée n'est autre chose qu'un marteau à vapeur spécialement destiné à enfoncer les pilots, dans les grands travaux hydrauliques. Pour donner une idée des avantages qu'elle procure, nous citerons seulement ce qui est arrivé à Devonport, en Angleterre, lors de la construction d'un dock. Les ingénieurs chargés de diriger l'exécution de l'entreprise, ayant eu l'idée de remplacer les anciens moutons par des marteaux à pilots, la durée des opérations fut réduite de deux années, et, en même temps, on fit une économie de près d'un million et demi. En 10 heures, un seul marteau enfonçait jusqu'à 32 pilots de 9 à 10 mètres de longueur. Souvent même, un seul coup suffisait pour mettre en place un pilot de 5 à 6 mètres, et la tête de celui-ci était si peu endommagée qu'on pouvait se dispenser de la garnir, suivant l'usage, d'un fort cercle de fer.

1. L'invention du marteau à vapeur est réclamée par deux personnes, un Français et un Anglais : d'une part, par M. François Bourdon, ingénieur à l'usine du Creuzot, dont le brevet est du 19 avril 1842; d'autre part, par M. James Nasmyth, maître de forges à Patricof, près de Manchester, dont la patente est du 9 juin 1842. Ce simple énoncé de dates suffit pour qu'on ne puisse hésiter à résoudre la question de priorité en faveur de notre compatriote. Toutefois, à l'époque où M. Bourdon se fit breveter, l'idée d'employer directement la vapeur pour soulever un marteau était loin d'être nouvelle. En effet, M. François Cavé, mécanicien à Paris, l'avait déjà indiquée dans un brevet du 29 novembre 1836; mais il n'avait tiré parti de ce nouveau mode d'utiliser la vapeur que pour faire fonctionner des machines à percer et cintrer la tôle des chaudières. Il y a plus, c'est que le marteau à vapeur, tel à peu près qu'il fut construit en 1842, avait été formellement décrit dans une patente prise à Londres, le 6 juin 1808, par un ingénieur nommé William Deverell, qui, à ce qu'on assure, s'était borné à faire breveter un principe, et n'avait pu ou voulu réaliser pratiquement ses idées.

CHAPITRE II.

Moteurs à gaz.

Notions préliminaires. — Idée générale des *moteurs à gaz* : machine Lenoir, machine Hugon. — Usage auquel ils sont spécialement propres.

Notions préliminaires. — 1. On appelle **moteurs à gaz** des machines motrices dont le jeu est semblable à celui des moteurs à vapeur, mais qui diffèrent de ces derniers en ce que le mouvement du piston est produit par la combustion d'un mélange gazeux dans l'intérieur du cylindre lui-même. La première idée de ces appareils est plus ancienne que celle de la machine à vapeur. En parlant des origines de cette dernière, nous avons vu, en effet, qu'au xvii^e siècle, plusieurs savants, tels que l'abbé de Hautefeuille (1678), Huyghens (1680), Morland (1685) et Papin (1688), avaient voulu employer la force expansive des gaz de la *poudre* pour produire un travail moteur. Depuis 1790, la même pensée a été reprise par un grand nombre d'inventeurs ; mais, pendant que les uns revenaient simplement à la poudre, les autres proposaient, soit l'emploi du *fulmi-coton* ou d'un *fulminate*, soit celui de l'*hydrogène pur*, du *gaz d'éclairage*, de l'*azote*, de l'*acide carbonique*, du *gaz ammoniac*, de l'*acide chlorhydrique*, de l'*air dilaté* ou *air chaud*, etc.¹. La plupart de ces innovations ont été reconnues inapplicables, et, parmi celles qui ont paru susceptibles d'une réalisation pratique, une seulement a donné, jusqu'à présent, des résultats assez décisifs pour que l'industrie ait pu en tirer parti : c'est celle qui a produit les moteurs à gaz hydrogène, appelés vulgairement et d'une manière générale *moteurs à gaz*².

Moteurs à gaz. — 1. Dans les moteurs à gaz, on emploie

1. On appelle quelquefois **machines à explosion** les moteurs de ce genre, à cause de l'explosion plus ou moins violente qui accompagne l'inflammation des substances qui leur donnent la force ; mais ce nom ne convient réellement qu'à celles de ces machines qui emploient la poudre, le fulmi-coton ou un fulminate.

2. Il y a quelques années, on a fait grand bruit des **machines à air chaud**, appelées aussi **machines calorifiques**. Dans les moteurs de ce genre, la force motrice est produite par une masse d'air constante qui se dilate et se contracte par son contact alternatif avec des surfaces de chauffe et de refroidis-

un mélange d'air et de gaz d'éclairage ; mais en ayant soin que l'air soit toujours en excès, et que l'hydrogène carboné ne forme que les sept centièmes environ du volume gazeux¹. On obtient ainsi, non pas une violente explosion se produisant dans toute la masse, mais une combustion qui s'effectue, pour ainsi dire, par couches successives et à une pression qui ne dépasse pas 5 à 6 atmosphères. Quand une de ces machines fonctionne, le gaz hydrogène et l'air extérieur sont introduits dans le cylindre par l'aspiration même du piston, et, aussitôt que ce dernier arrive à un point déterminé de sa course, le tiroir, qui vient de laisser pénétrer les gaz, ferme complètement l'ouverture d'admission : à ce moment, on enflamme le mélange gazeux, lequel se dilate et produit une pression qui s'exerce sur le piston et le force à se mouvoir. Cette inflammation ne s'obtient pas toujours de la même manière. Ainsi, dans la machine Lenoir, une étincelle électrique, produite par une petite bobine de Ruhmkorff, montée avec deux ou trois éléments de Bunsen, jaillit dans le cylindre au moment précis où le feu doit être mis au gaz. Dans la machine Hugon, l'inflammation est déterminée par deux becs de gaz installés dans des petites cavités qui font partie du tiroir. Chacun de ces becs pénètre dans le cylindre à l'instant même où il faut qu'il agisse, et allume le mélange gazeux ; l'explosion l'éteint, mais il sort aussitôt et va se rallumer à un bec fixe placé à l'extérieur, après quoi il rentre dans le cylindre pour remplir de nouveau son office, et ainsi de suite.

2. Les moteurs à gaz ne sont devenus pratiques que depuis l'apparition, en 1860, de celui de M. Lenoir (*fig. 401*). Ce qui les rend surtout commodes, c'est qu'ils n'exigent ni fourneau, ni chaudière, par conséquent, ni approvisionnement de charbon, ni

sement, et les choses y sont disposées de telle sorte que l'augmentation et la diminution de volume de cet air corresponde à la course d'un piston dans un cylindre. Depuis 1849, époque à laquelle l'ingénieur américain Ericsson essaya d'en répandre l'usage, ces moteurs ont été l'objet de nombreuses recherches ; mais, jusqu'à présent, l'expérience n'a pas prononcé d'une manière définitive sur les avantages qu'ils peuvent présenter. Néanmoins, aux États-Unis, on les emploie assez souvent pour les petites forces.

1. C'est dans une patente anglaise, délivrée le 31 octobre 1791, à John Barber, que l'emploi de l'hydrogène, soit pur, soit carboné, est indiqué, pour la première fois, comme pouvant servir à produire de la puissance motrice. Aussi, fait-on remonter à cette patente l'origine des moteurs à gaz actuellement en usage.

chauffeur, ni appareils de sûreté à surveiller : ils n'ont besoin

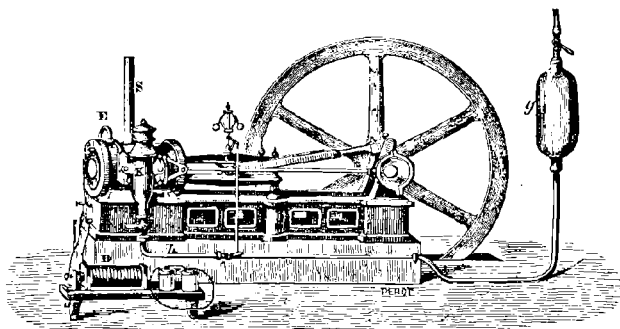


Fig. 101.
Moteur Lenoir.

que d'un simple tuyau partant des conduites à gaz de la rue, et il suffit de quelques minutes pour les mettre en mouvement ou les arrêter, sans qu'on ait de combustible à dépenser dans les intervalles de repos. Ils conviennent donc parfaitement pour les travaux intermittents, et plus particulièrement pour ceux qui n'ont besoin que de petites forces. Dans toute autre circonstance, ils sont inférieurs aux moteurs à vapeur¹.

CHAPITRE III.

Moteurs hydrauliques.

Notions préliminaires. — *Roues hydrauliques* : roues verticales, roues horizontales.

Notions préliminaires. — « L'eau n'agit comme

1. Le **moteur Lenoir** se compose, comme le montre la figure, d'un cylindre horizontal, dans lequel se meut un piston, qui, au moyen d'une bielle, transmet son mouvement à la manivelle de l'arbre moteur. Le gaz arrive par le tuyau *h*, après avoir passé par un réservoir en caoutchouc *g*, dont la fonction consiste à régler l'alimentation. Il est reçu par une tubulure *K*, qui l'amène au tiroir. La pile de Bunsen est en *P* et la bobine de Ruhmkorff en *B*. Le courant électrique est conduit par des fils isolés, jusqu'au distributeur *m*. Les gaz brûlés, après leur action dans le cylindre, s'échappent par le tube *S*. Un autre tube *E* fait sortir l'eau qui sert à refroidir les parois de ce cylindre.

moteur que lorsqu'elle est entraînée par son poids d'un point élevé à un point qui l'est moins. C'est donc la pesanteur qui est son principe d'action. Et elle a d'autant plus de force absolue qu'elle agit en plus grande quantité à la fois, que le poids de la masse agissante est plus considérable, et que la hauteur dont elle descend est plus grande; car plus la chute est grande, plus l'action de la pesanteur s'est exercée sur l'eau motrice¹. »

C'est au moyen d'appareils, appelés **roues hydrauliques**, à cause de leur forme, qu'on utilise généralement la force motrice développée par les cours d'eau. On les divise en deux catégories, savoir : en *roues verticales*, qui ont l'axe horizontal, et en *roues horizontales*, qui ont l'axe vertical.

Roues verticales. — 1. Les **roues verticales** sont probablement les plus anciennes. Elles renferment plusieurs variétés qui datent d'époques différentes. En raison de leur extrême simplicité, les **roues à ailes**, appelées aussi **roues pendantes**, ont dû être connues les premières. On les monte sur un bateau amarré au milieu d'une rivière ou sur une charpente établie non loin du bord, et on les dispose de manière à pouvoir les élever ou les abaisser suivant les variations du niveau de l'eau, afin que leurs ailes ou palettes planes soient toujours immergées dans le courant. Toutefois, comme elles ne peuvent recevoir que des applications très-limitées, on dut se mettre, de bonne heure, à la recherche d'une disposition plus convenable, et l'on fut ainsi amené à imaginer les **roues en dessous**, c'est-à-dire celles qui, placées dans un coursier ou canal rectiligne, sont mues par l'eau qui agit par choc à leur partie inférieure. Les machines de cette espèce étaient fréquemment employées par les Romains, auxquels les autres peuples de l'Europe en durent probablement la connaissance. Plus tard, à une époque impossible à préciser, on inventa les **roues en dessus**, ou **roues à augets**; mais celles-ci se répandirent peu, parce qu'elles ne sont d'un emploi avantageux que dans un très-petit nombre de circonstances.

2. Les trois systèmes de roues qui précèdent ont été seuls en usage jusqu'à la fin du siècle dernier, époque à laquelle l'ingé-

1. Christian : *Mécanique industrielle*.

nieur anglais Smeaton inventa les **roues de côté**. Enfin, une trentaine d'années plus tard, un de nos compatriotes, le général Poncelet, introduisit un perfectionnement capital dans la construction des roues en dessous, en imaginant les **roues à aubes courbes**, qu'on appelle aussi **roues à la Poncelet**, et dont la description fut publiée, pour la première fois, en 1825.

Roues horizontales. — Les **roues horizontales** sont généralement considérées comme moins anciennes que les roues verticales. Toutefois, si le nom de **turbine** qu'on leur donne aujourd'hui est nouveau, leur emploi remonte, en réalité, à une époque très-reculée. On se sert, en effet, de temps immémorial, de roues de cette espèce, pour la mouture du grain, en Lorraine, en Provence, en Languedoc, en Angleterre, jusqu'en Algérie. Dans ces pays, on les construit de deux manières différentes. Les unes, appelées **roues à rouet volant** ou à **cuillers**, reçoivent, dans des ailes ou aubes en forme de cuiller, le choc d'un courant d'eau qui est amené par un petit canal de bois ou par une buse pyramidale. Les autres, nommées **roues à cuve** ou à **réaction**, sont renfermées dans des cuves cylindriques de bois ou de maçonnerie dans lesquelles l'eau arrive tangentiellement à leur circonférence, au moyen d'un coursier qui aboutit au-dessus de la face supérieure de la roue. Ce sont ces dernières qui ont particulièrement attiré l'attention des savants. Au siècle dernier, elles furent, en France, en Angleterre et en Allemagne, l'objet d'une multitude de recherches. Enfin, en 1822, M. Burdin, alors ingénieur des mines à Saint-Etienne, soumit à l'examen de l'Académie des sciences le résultat d'études qu'il avait faites sur ces machines, et à la suite desquelles il avait été amené à leur donner des dispositions infiniment supérieures à celles qui étaient déjà connues. Pour distinguer les roues verticales de son invention, M. Burdin les appela *turbines*, et il chargea un de ses élèves, le mécanicien Fourneyron, du soin de les construire. C'est à l'association de ces deux savants que nous devons la première turbine qui ait donné des résultats très-favorables. Elle fut établie en 1823, et montée, quelque temps après, au moulin de Pont-sur-l'Ognon, dans la Haute-Saône. A partir de ce moment, les machines de ce système n'ont cessé de se répan-

dre, et les perfectionnements de tout genre qu'on n'a cessé d'y apporter en ont fait un des meilleurs moteurs hydrauliques qu'on puisse employer.

CHAPITRE IV.

Moteurs aériens.— Moteurs à air comprimé.— Moteurs électriques.

I. — MOTEURS AÉRIENS.

1. Les **moteurs aériens** sont destinés à utiliser le travail mécanique développé par la pression du vent sur des surfaces mobiles. A première vue, ils paraissent les plus économiques de tous, car le vent ne coûte rien, et il existe partout. Malheureusement, ils sont d'une inconstance extrême, ce qui oblige à ne les employer que lorsqu'on ne peut faire autrement.

2. Les **navires à voiles** offrent le plus ancien exemple de l'emploi de la force motrice développée par le vent; et, ce qui le prouve, c'est que l'usage de la voile a été trouvé par les voyageurs modernes jusque chez les peuplades les plus sauvages de l'Océanie.

3. A diverses époques, on a essayé de se servir de l'action du vent pour faire marcher des voitures; mais cette idée, qui a donné naissance aux **brouettes** et aux **chariots à voile**, n'a eu de succès pratique que dans l'empire chinois et, à ce qu'on assure, dans quelques parties de l'Amérique du Sud. En Chine, les marchands de comestibles et les villageois des environs des grandes villes emploient fréquemment des véhicules de ce genre pour se rendre au marché. Ce sont de petites charrettes de bambou, portées sur une seule roue d'un grand diamètre. Quand le vent est faible, un homme attelé à l'avant traîne la voiture, qu'un camarade pousse par derrière. Quand il est assez fort, on déploie une voile de nattes attachée à deux bâtons, et cette voile rend inutile le travail de l'homme attelé.

4. En Europe, le vent a d'abord été uniquement utilisé pour faire fonctionner les appareils destinés à moudre le grain, ce qui

leur a valu le nom de **moulins à vent**. Cette application du vent paraît avoir été inventée en Orient, d'où elle a été introduite en Europe, non pas à la suite des croisades¹ comme on le croit généralement, mais à une époque bien antérieure, car elle était déjà connue en Hongrie et en Pologne au commencement du **viii^e** siècle². Aujourd'hui, on emploie encore les moteurs aériens à la mouture des céréales. On s'en sert aussi pour mettre en mouvement des moulins à huile, des machines à broyer toute espèce de matières, des scies mécaniques, etc. Toutefois, leur emploi le plus important consiste à faire marcher des pompes, des norias et autres engins propres à l'élévation de l'eau pour les irrigations ou les dessèchements de marais, et on les construit de manière à rendre leur travail aussi avantageux que possible. Ces machines ont leurs ailes verticales, un peu obliques. Quelquefois, on dispose celles-ci horizontalement et on les forme, soit de demi-cylindres, soit de demi-sphères ou de cônes creux tournés dans le même sens; mais les moteurs ainsi construits, et qu'on appelle **moulins à la polonaise**³, produisent beaucoup moins d'effet que les moteurs ordinaires, ou **moulins à la hollandaise**.

II. — AIR COMPRIMÉ.

1. Dans la seconde moitié du **xvii^e** siècle, l'invention de la machine pneumatique⁴ ayant conduit à celle de la **pompe de compression**⁵, on apprit à manier l'air comprimé, par conséquent, on put en bien étudier les propriétés. On fut ainsi amené à comprendre qu'il pourrait être employé pour faire mouvoir des pièces mécaniques. Toutefois, les hommes illustres qui s'occupèrent alors de cette application ne se méprirent pas sur le rôle véritable de l'air comprimé. Ils reconnurent parfaitement qu'il

1. On sait que la première de ces expéditions célèbres eut lieu à la fin du **xi^e** siècle (1096-1099).

2. Voyez la note de la page 3.

3. Quelquefois aussi, on donne le nom de **panémores**, du grec *pan*, tout, et *anemos*, vent, à ceux dont les ailes sont coniques.

4. Voyez la note 5 de la page 432.

5. Comme son nom l'indique, la **pompe de compression** sert à refouler, à faire entrer une grande masse d'air dans un vase hermétiquement clos. L'invention de cet appareil a été la conséquence de celle de la machine pneumatique; car, pour la réaliser, il a suffi de modifier le jeu des soupapes de cette dernière.

ne pouvait produire lui-même de la force motrice, et qu'il était uniquement une espèce de ressort intermédiaire, susceptible de restituer, dans des conditions déterminées, le travail dépensé pour le comprimer.

2. Tout moteur à air comprimé consiste en un vaste récipient dans lequel, par un moyen quelconque, on comprime un volume d'air *considérable*. Un tube d'une longueur convenable dirige ensuite cet air dans un cylindre, où il fait mouvoir un piston, et celui-ci, à son tour, communique le mouvement à l'appareil qu'il s'agit de faire fonctionner, par des artifices semblables à ceux qu'on emploie pour utiliser la vapeur.

3. En 1687, Papin essaya le premier de doter l'industrie d'un moteur à air comprimé¹; mais il ne put réussir à cause de la difficulté, *fort grande alors, d'exécuter des tuyaux convenables*. Au commencement de notre siècle, la même idée fut reprise en Europe et aux Etats-Unis, sans beaucoup plus de succès. Enfin, dans ces dernières années, on est parvenu à la réaliser parfaitement. Aujourd'hui, on emploie les moteurs à air comprimé toutes les fois que les moteurs à vapeur ne peuvent être appliqués avec facilité, comme pour actionner les perforateurs, dans le *perçement des tunnels, ou sans danger, comme pour mettre en mouvement les machines des fabriques de poudre ou effectuer divers travaux dans les mines de houille sujettes au grisou*. Dans toutes ces circonstances, l'air comprimé est d'autant plus précieux qu'il a l'avantage de pouvoir être conduit à une très-grande distance pour faire fonctionner les engins travailleurs.

III. — MOTEURS ÉLECTRIQUES.

1. L'idée d'utiliser les **électro-aimants**² pour produire de la force motrice a dû s'offrir de bonne heure à la pensée des physiciens. On ne pouvait pas voir, en effet, ces appareils s'animer tout à coup d'une puissance capable de soulever des milliers de kilogrammes, sans songer à faire l'application de cette puissance aux besoins de l'industrie. Toutefois, les premiers essais suivis et bien authentiques d'un moteur électro-magnétique ont été exécutés, en 1839, à Saint-Petersbourg, par M. Jacobi. La machine

1. Voyez page 433.

2. Voyez, sur les **électro-aimants**, la Seizième partie, chapitre 1^{er}.

de ce savant fut installée sur un petit bateau muni de roues à aubes et portant douze personnes, et elle lui fit remonter la Néva, malgré un vent assez violent. Le courant était fourni par une pile de 128 grands couples de Grove, et, malgré cela, le travail mécanique ne put atteindre que la valeur de trois-quarts de cheval-vapeur¹.

2. Les expériences de Jacobi eurent beaucoup de retentissement. Les imaginations se mirent en mouvement, et l'on vit éclore en foule les plus gigantesques projets. En France, en Allemagne, en Angleterre, aux États-Unis, il se trouva des hommes assez entraînés par l'ardeur de leurs spéculations pour annoncer que la vapeur avait fait son temps, et que l'invention de Papin ne serait bientôt plus bonne qu'à faire du vieux fer. Ici, la navigation allait prendre un nouvel essor avec des bateaux qui ne coûteraient presque rien; là, le foyer des locomotives allait être remplacé par quelques électro-aimants qui entraîneraient les convois avec une vitesse infiniment plus grande. Qu'est-il résulté de tout ce bruit? C'est qu'on a fait des moteurs électriques excellents pour les cabinets de physique; mais il a été jusqu'à présent impossible de leur faire acquérir une importance assez grande pour qu'ils puissent offrir quelque utilité pratique; il est même permis de croire que, dans l'état actuel de la science, il en sera toujours ainsi. Que veut-on, en effet, dans l'industrie? Produire du travail à peu de frais. Or, c'est ce que l'électricité ne peut faire. Le zinc, nécessaire pour l'entretien des piles, est si cher comparativement à la houille, que la dépense d'un moteur électrique est au moins seize fois plus grande que celle d'une machine à vapeur. Ajoutons que les plus fortes machines électromagnétiques qu'on ait encore faites atteignent à peine la force d'un cheval, et elles pèsent plus de 800 kilogrammes. Quel poids n'auraient-elles pas, si l'on parvenait à leur donner une grande puissance! Ces appareils sont donc loin d'être près de remplacer la machine à vapeur. Néanmoins, ils semblent appelés à rendre des services dans quelques cas particuliers, comme, par exemple, quand il est nécessaire d'avoir de petites forces et de très-grandes vitesses, avec une grande régularité dans les mouvements.

1. Sur ce qu'on entend par **cheval-vapeur**, voyez la note 1 de la page 448.

QUATORZIÈME PARTIE.

LA NAVIGATION.

CHAPITRE I.

La navigation maritime.

Commencements de la *navigation maritime*. — Ce qu'elle fut dans l'antiquité et pendant le moyen âge. — Invention de la *boussole* : elle rend possibles les grands voyages. — Découvertes des Portugais et des Espagnols au xv^e siècle. — Progrès de l'art nautique : invention du *loch* et des *montres marines* ; étude des vents et des courants : le lieutenant Maury.

Commencements de la navigation. — 1. « Considérée dans ses éléments mêmes, la navigation est fort simple ; elle doit être, par conséquent, très-ancienne. La vue de quelque arbre emporté par le cours d'un fleuve en a probablement inspiré l'idée première aux hommes ; le stimulant le plus actif de toutes les inventions, la nécessité, a dû les exciter, dès les temps les plus reculés, à en faire usage, soit pour descendre le cours d'une rivière, soit pour traverser un bras de mer, ou pour échapper aux inondations et aux cataclysmes qui furent si fréquents dans les premiers temps de leur apparition sur la terre. Les facilités de transport que les races primitives trouvèrent en lançant à la mer de simples troncs grossièrement ébauchés à l'aide du feu ou de cailloux aiguisés, durent éveiller en elles l'esprit d'aventure, les engager à émigrer vers les rives nouvelles.

2. » Instrument de salut et d'émigration, tel a été le premier rôle de la navigation. Mais, dès que, devenant plus nombreux, les hommes ont tourné leurs armes contre leurs semblables, elle leur a servi de moyen d'agression. Les insulaires de l'Océanie,

quand ils furent visités par les navigateurs du siècle passé, n'en faisaient point d'autre usage. Puis, à mesure que les hommes se sont formés en sociétés, qu'ils ont cherché à obtenir de la culture de la terre et de l'entretien des troupeaux une nourriture moins précaire que le gibier et les fruits sauvages de la forêt; à mesure qu'ils ont été conduits d'instinct à se venir mutuellement en aide par l'échange des aliments, des vêtements, des métaux, les frêles esquifs lancés sur l'eau ont été employés pour les transports et les relations entre les pays de productions différentes¹. » Alors a commencé le rôle véritablement utile de la navigation, le seul qui peut-être lui restera un jour. Dès ce moment, elle fit une alliance étroite avec l'industrie, et les développements de l'une furent subordonnés à ceux de l'autre.

La navigation dans l'antiquité. — Dans l'antiquité, ce furent les Arabes et les Phéniciens qui monopolisèrent les premiers le commerce maritime; qui, par conséquent, furent les navigateurs les plus hardis et les plus expérimentés. Les premiers exploitaient la mer Rouge et poussaient leurs courses jusqu'aux points les plus reculés de l'Inde. Les seconds fréquentaient tout le bassin de la Méditerranée, et s'aventuraient sur l'Atlantique, jusqu'au Cap-Vert et aux îles Britanniques. Les Carthaginois héritèrent de la science nautique des Phéniciens et ne furent pas moins hardis. Quant aux peuples européens, ceux qui entretenirent des flottes nombreuses n'y virent, en général, qu'un moyen d'attaque ou de défense.

La navigation au moyen âge. — La navigation disparut à peu près complètement avec l'empire romain, et ce ne fut guère qu'à partir du x^e siècle qu'elle commença à se relever. Marseille, Gênes, Amalfi, Venise et quelques autres villes de l'Italie commencèrent alors à couvrir la Méditerranée de leurs navires. Toutefois, l'art de naviguer resta longtemps encore dans l'enfance. En effet, comme ceux de l'antiquité, les premiers marins du moyen âge n'osaient guère perdre le rivage de vue. La connaissance des vents périodiques, l'observation des marées, la marche apparente du soleil, constituaient tout le savoir de

1. Vidalin, *Dictionnaire du Commerce et de la Navigation*.

leurs pilotes, qui, la nuit, se guidaient avec la lune et l'étoile polaire. Se lancer en pleine mer, il ne fallait pas y songer; car, suivant l'expression d'un vieil auteur, « ils manquaient encore de moyens pour adresser leur route sur une chose si vague et si spacieuse comme la mer, où il n'y a ni trace ni chemin. » Ce moyen leur fut donné, au xii^e siècle, par l'invention de la **boussole**¹. La navigation s'enhardit alors; le navire put quitter la terre sans crainte, sûr qu'il était de la retrouver, et bientôt commencèrent les grandes explorations. Les Portugais allèrent aux Açores, aux Canaries, à la côte de Guinée, au cap de Bonne-Espérance, aux Grandes-Indes. Les Espagnols trouvèrent la grande terre que Colomb découvrit et que Vespuce nomma. De 1490 à 1524, le « monde entier se trouva pratiqué. » Ces grands événements excitèrent une émulation générale, et bientôt tous les autres peuples maritimes, Anglais, Français, Hollandais, s'élancèrent à la recherche de nouvelles terres.

La navigation dans les temps modernes. —

1. Au commencement de l'époque moderne, en même temps qu'on courait à la découverte de nouvelles terres, on s'occupa de perfectionner les procédés et les instruments de navigation. Toutefois, les sciences dont relève le métier de la mer étaient encore si peu avancées que le progrès ne put se faire qu'avec une extrême lenteur. Les navigateurs manquèrent même, pendant très-longtemps, de moyens pour déterminer l'orientation précise qu'ils devaient donner au cap du navire pour arriver à un lieu déterminé. Aussi, leur arrivait-il toujours d'être jetés au loin de la route véritable, et n'arrivaient-ils à leur destination qu'après de longs détours.

2. Les cartes qui existaient au xv^e siècle étaient des plus défectueuses, et quoiqu'on les proclamât une « chose admirable, » ne pouvaient être qu'une source d'erreurs. Elles commencèrent à être améliorées, au siècle suivant, d'abord par l'Allemand Mercator, puis par l'Anglais Edward Wright; mais cela ne suffit pas. Comme on s'aperçut que, sur tous les points du globe, l'aiguille de la boussole ne se dirigeait pas d'une manière absolue vers le Nord, il devint nécessaire de pouvoir déterminer à chaque instant la po-

1. Voyez le chapitre suivant.

sition du navire, afin de redresser la route, pour abrégér la distance ou éviter les parages dangereux. Il fallait pour cela estimer la vitesse du bâtiment, et connaître sa latitude et sa longitude.

3. Pour estimer la vitesse, les Anglais inventèrent le **loch**¹. La détermination de la longitude et de la latitude fut plus difficile à trouver. Relativement à la latitude, les pilotes du moyen âge la calculaient par l'observation de l'étoile polaire. Comme cet astre n'est pas visible pendant les nuits nébuleuses, ceux du xv^e siècle préférèrent relever la hauteur du soleil. Ils se servaient pour cela d'un instrument très-simple, qu'ils appelaient **arbalète**, et dont l'idée première était due aux astronomes alexandrins. Au siècle suivant, cet instrument fut remplacé par un autre plus parfait, et c'est de ce dernier que dérivent ceux qu'on emploie aujourd'hui. Toutefois, comme les calculs ne sont pas toujours faciles à la mer, que, d'ailleurs, ils prennent un temps assez long, on comprit de bonne heure l'utilité de tables contenant jour par jour la hauteur du soleil. Les premières tables de ce genre furent rédigées, en 1483, par le Portugais Martin de Bohem, et elles ont été régulièrement continuées depuis par les mathématiciens de tous les pays. Le calcul de la longitude présentait plus de difficultés. On sait qu'elle est donnée par la différence de l'heure du lieu où l'on est, avec celle du lieu d'où l'on est parti. Pour déterminer la longitude du point du globe où se trouve un navire, il faut donc calculer l'heure qu'il est sur ce navire, et connaître celle qu'il est en même temps à son lieu de départ. La première de ces déterminations s'obtient en relevant la hauteur

1. **Loch**. C'est un morceau de bois, ayant la forme d'un triangle isocèle, de 18 à 20 centimètres de hauteur, à la base duquel est clouée une plaque de plomb pour qu'il se tienne debout dans l'eau, la pointe en haut. A chacun des angles de ce triangle est fixé un bout de ficelle d'un mètre environ de longueur, et les extrémités libres des trois ficelles sont réunies entre elles et attachées à un petit cordage d'une grande longueur. Ce cordage est divisé en un certain nombre de parties par des *nœuds*, ou mieux par de petites lanières de cuir, distantes l'une de l'autre de la 120^e partie d'un mille marin de 1852 mètres, c'est-à-dire de 15 mètres 40 centimètres. Pour se servir du loch, on le jette à la mer, puis on laisse filer, pendant une demi-minute, par exemple, le cordage auquel il est attaché; après quoi on compte les nœuds qui ont passé. S'il y en a 10, on en conclut qu'en une demi-minute le navire parcourt, approximativement, 10 fois la 120^e partie du mille marin; qu'en une heure, par conséquent, il parcourt 10 fois le mille marin tout entier, ou 18,520 mètres.

du soleil, mais la seconde ne peut être connue qu'au moyen de montres d'une marche très-régulière : cette dernière partie du problème n'a pu être résolue qu'à la fin du siècle dernier, par l'invention des **montres marines** ¹.

4. Les innovations qui précèdent, jointes aux améliorations introduites dans la confection des cartes nautiques, révolutionnèrent la navigation en lui donnant le moyen d'effectuer les traversées les plus difficiles en moins de temps et avec plus de sécurité, ce qui contribua nécessairement au développement des transports maritimes. Depuis le commencement de notre siècle, des progrès d'une importance non moins considérable ont été réalisés, d'une part, par l'application de la vapeur à la marche des navires, qui a réduit encore la durée des voyages ; d'autre part, par l'emploi, devenu général, des conserves alimentaires ² et de l'eau de mer distillée ³, au grand profit de la santé des équipages et des passagers ; enfin, par d'utiles modifications dans la construction et l'armement des bâtiments, et par une étude plus approfondie des phénomènes météorologiques. Relativement à ce dernier point, les anciens navigateurs avaient bien remarqué qu'il existe, dans certains parages, des courants et des vents qui affectent des directions constantes, soit pendant toute l'année, soit seulement pendant certaines saisons, et ils avaient profité de cette observation pour déterminer les routes à suivre entre les ports d'où ils partaient et ceux où ils voulaient se rendre ; mais ce n'est qu'à

1. Ce qui caractérise essentiellement les **montres marines**, appelées aussi **garde-temps**, c'est qu'elles sont construites de manière à ne pouvoir varier que de quelques secondes dans l'espace d'une année. Les premières ont été faites, vers 1730, par James Harrison, un des plus habiles horlogers de Londres. Quelques années après, Julien Leroi et Pierre Leroi, son fils, tous les deux horlogers à Paris, en fournirent à notre marine, qui étaient au moins égales, sinon supérieures, à celles des Anglais. Depuis le commencement de notre siècle, les savants les plus distingués et les artistes les plus habiles ont épuisé toutes les ressources de leur imagination pour perfectionner l'œuvre de leurs devanciers. Malgré tant d'efforts, on n'est point encore parvenu à établir une montre marine qui soit absolument invariable, c'est-à-dire à laquelle les navigateurs puissent se fier d'une manière absolue.

2. Sur les **conserves alimentaires**, voyez la Première partie, ch. vi.

3. L'eau de mer, en raison des substances étrangères qu'elle renferme, est absolument impropre à servir de boisson. On a cependant compris, de très-bonne heure, qu'il serait possible de la rendre potable par la distillation. Depuis l'antiquité, surtout à partir du xvii^e siècle, cette idée a vivement préoccupé les savants. Néanmoins, ce n'est guère qu'en 1839 qu'elle a été réalisée d'une manière tout à fait pratique.

notre époque que cette partie de l'art nautique a sérieusement attiré l'attention des savants. En étudiant avec soin le régime des vents et des courants dans les mers les plus fréquentées, M. Maury, lieutenant de la marine militaire des États-Unis, est parvenu à modifier les anciennes routes de manière à diminuer considérablement la durée des voyages. C'est ainsi qu'aujourd'hui, grâce aux indications de cet officier, la traversée de New-York à San-Francisco, qui était autrefois de 180 jours, n'est plus que de 100 jours, et que celle d'Angleterre en Australie, qui, précédemment nécessitait 250 jours, se fait en moitié moins de temps. On n'estime pas à moins de 40 millions de francs l'économie annuelle que les travaux du lieutenant Maury ont jusqu'à présent procurée à la seule marine des États-Unis.

CHAPITRE II.

La Boussole.

Ce que c'est que l'*aimant* : aimant naturel, aimants artificiels. — Pôles de l'aimant, leur antagonisme. — L'*aiguille aimantée* : sa propriété directrice. — La *boussole* : date de son invention ; à quelle époque employée en Europe ; sa construction primitive, ses premiers perfectionnements ; origine de son nom.

Aimant. — On sait que l'**aimant** est un minerai de fer qui possède la propriété d'attirer le fer. On sait aussi qu'il est possible de communiquer cette propriété à des barreaux d'acier, et que l'on désigne ces derniers sous le nom d'**aimants artificiels**. L'aimant naturel, ou la *Pierre d'aimant*, comme on l'appelle vulgairement, est tellement commun dans la nature, que la propriété qui le caractérise a dû frapper de bonne heure l'attention des hommes. Aussi en est-il question, dans les annales de tous les peuples, comme d'une chose connue de temps immémorial¹.

1. Chez les Indiens, une tradition qu'on rencontre dans plusieurs autres pays rapportait qu'un berger, parcourant une montagne à la recherche d'une

Aiguille aimantée. — Quand on prend une lame d'acier aimantée, très-mince et taillée en losange, qu'on la suspend par son milieu, soit par un fil, soit par une pointe métallique (fig. 102), aussitôt que cette aiguille est abandonnée à elle-même, en quelque position qu'elle se trouve, elle tourne sur son point d'appui et s'arrête dans une direction constante qui est à très-peu près celle du sud au nord, la même pointe *s*, ou *pôle Sud*, invariablement tournée vers le sud, et la pointe opposée *n*, ou *pôle Nord*, vers le nord. Cet aimant mobile constitue une **aiguille aimantée**.

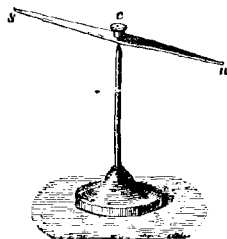


Fig. 102.
Aiguille aimantée.

Boussole. 1. La boussole

n'est autre chose qu'une aiguille aimantée mobile autour de son centre.

Cet instrument est disposé de différentes manières, suivant l'usage particulier qu'on veut en faire ; mais la boussole proprement dite, celle qui a précédé toutes les autres, lesquelles en sont de simples modifications, est la *boussole marine* ou *compas de route*. Elle sert aux marins à s'orienter sur la mer au moyen de la direction que prend l'aiguille aimantée.

2. A bord des navires, la boussole est placée sur le pont, à l'arrière et en face du timonier. Elle est supportée par une boîte

brebis égarée, sentit que ses souliers ferrés et le bout ferré de son bâton adhéraient fortement à certain bloc noirâtre sur lequel ils s'étaient reposé un instant. Or ce bloc n'était autre chose qu'une masse de pierre d'aimant. Aux yeux des Indiens, cette pierre passait pour être capable d'un grand attachement, et ils l'appelaient *tchoubaka*, c'est-à-dire « le baiseur ». Une croyance semblable lui fit donner par les Chinois le nom de *tchu-chy*, « qui aime, » dont notre mot « aimant » n'est qu'une traduction. Cette pierre, dit un écrivain du Céleste-Empire, attire le fer comme une tendre mère fait venir son enfant. » Quant aux Grecs, dont les connaissances passèrent ensuite aux Romains, ils appelaient l'aimant, tantôt *sidéritos*, à cause de son action sur le fer (*sidéros*), tantôt *héraclités*, parce qu'on en trouvait près de la ville d'Héraclée, d'autres fois *magnés*, du nom d'un berger qui, disaient-ils, l'avait découvert sur le mont Ida et au sujet duquel ils racontaient la même anecdote que les Indiens sur leur gardeur de moutons. C'est de ce dernier nom que vient le français *magnétisme*.

rectangulaire (fig. 103), que protège une autre boîte plus grande, nommée *habitable*. Le pivot de l'aiguille se trouve au centre

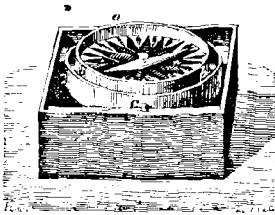


Fig. 103.
Boussole.

d'un cadran transparent divisé en 360 parties égales et portant, en outre, les points cardinaux et leurs intermédiaires, c'est-à-dire ce qu'on appelle les *aires de vent* ou *rumbs*. Ces rumbs sont au nombre de trente-deux, et leur ensemble est désigné sous le nom de *rose des vents* : une étoile marque la place du pôle nord de l'aiguille. Enfin, dans l'in-

térieur de la boîte, sur la paroi dirigée vers l'avant, est un trait vertical, appelé *ligne de foi*, qui passe par le pivot de l'aiguille et par l'axe du bâtiment. Le cadran, entraîné par l'aiguille, se meut devant cette ligne, et, lui présentant successivement les divers points cardinaux, apprend au timonnier quelle direction suit le navire. Pour que celui-ci puisse maintenir le bâtiment dans sa route, il suffit donc qu'à chaque ordre du capitaine, il manœuvre le gouvernail de manière à placer le point indiqué de la rose des vents exactement sur la ligne de foi. Quant au capitaine, instruit du lieu où il se trouve par les indications de la boussole et les observations astronomiques, il reconnaît sur une carte marine la direction qu'il doit suivre, et ordonne, d'après cela, de prendre tel ou tel rumb de vent.

Invention de la boussole. — 1. D'après plusieurs écrivains, la boussole aurait été introduite de Chine en Europe par le voyageur vénitien Marco Polo¹, qui parcourut l'Asie centrale à la fin du XIII^e siècle. D'autres attribuent l'invention de cet instrument à Flavio Gioja, navigateur d'Amalfi, qui vivait vers le même temps. Mais ces deux versions sont inexactes, attendu qu'il est question de l'usage de la boussole dans les mers d'Europe à une époque bien antérieure².

1. Sur ce voyageur, voyez la note 1 de la page 193.

2. A diverses époques, on a prétendu que les anciens connaissaient et employaient la boussole. Ainsi, des écrivains modernes, interprétant avec plus d'imagination que de bon sens un passage du grec Apollodore, ont avancé que, pour aller de la Libye à Gadès, Hercule s'était servi de la boussole.

2. La vérité est que la boussole est d'origine chinoise. En effet, Klaproth a démontré que, dès l'an 2634 avant Jésus-Christ, les Chinois connaissaient non-seulement que la pierre d'aimant attire le fer, mais encore qu'elle prend la direction polaire, quand elle est supportée de manière à se mouvoir librement dans un plan horizontal¹. Toutefois, ce qu'il y a de singulier, c'est que ce

« Cela peut être amusant, dit à propos de cette opinion singulière le docteur Hoefler, mais ce n'est pas sérieux. » Puis il ajoute : « Le texte d'Homère sur les merveilles de la navigation des Phéniciens, et le texte de Jamblique sur une flèche qui portait Aharis dans les airs, n'ont aucun rapport avec la boussole, et Buffon rêve quand il prétend avoir lu dans l'*Odyssée* que les Grecs se servaient de l'aimant pour diriger leur navigation à l'époque du siège de Troie. Plusieurs auteurs ont cru voir la boussole mentionnée dans deux comédies de Plaute, où elle serait nommée *versoria*; mais ce mot signifie la corde qui sert à tourner la voile, et les mots *capere versoriam* s'emploient au figuré, à peu près dans le même sens que notre *virer de bord*, c'est-à-dire changer d'opinion ou de tactique. »

1. Voici, en effet, ce que rapportent les annales de la Chine à une date qui correspond à l'an 2634 avant notre ère : « L'empereur Hoang-ti était inquiété par un parent rebelle, Tchi-Yeou, homme turbulent et chef de province, qui avait fait des lances et des sabres pour opprimer l'empire et contre qui il avait eu déjà trois batailles à livrer. Comme il s'aperçut que des brouillards épais dérobaient l'ennemi à sa poursuite et que ses soldats s'égarèrent, il fit construire un char qui indiquait le sud, pour reconnaître les quatre points cardinaux. De la sorte, il put atteindre Tchi-Yeou, s'emparer de sa personne et le mettre à mort. » Le savant à qui nous devons la connaissance de ce passage fait remarquer la coutume qu'avaient les Chinois de s'orienter, non pas vers le nord, mais vers le sud, qui était pour eux le *nan* ou *thsi-an*, c'est-à-dire le côté antérieur, celui qu'on devait avoir devant soi. Quant au char, on ignore absolument comment il était disposé. Son mécanisme consistait peut-être en un barreau d'aimant naturel placé dans le bras d'une statuette de bois, qui tournait sur un pivot et dont l'index montrait le sud.

Après le service rendu à l'empereur Hoang-ti, la pierre d'aimant entra dans le repos, et il faut arriver à l'an 1110, toujours avant Jésus-Christ, pour la voir figurer de nouveau dans les textes officiels. Cette année donc, des chefs d'un pays, que l'on croit être le Tonquin et la partie nord de la Cochinchine, vinrent visiter la Chine, et, comme ils étaient embarrassés pour retrouver leur chemin, Tcheou-Kong, oncle et premier ministre de l'empereur Tching-wang, leur donna, pour se diriger, cinq chars de voyage, qui étaient construits de façon à indiquer le sud.

On n'avait encore employé que la pierre d'aimant pour la confection des appareils dont il vient d'être question, lorsque, 120 ans avant notre ère, on commença à se servir de l'aiguille aimantée. Il paraît qu'après cette époque, ces appareils tombèrent momentanément en désuétude, mais ils redevinrent à la mode vers l'an 235 de Jésus-Christ. A partir de ce moment, on les voit toujours faire partie des équipages impériaux. En même temps, on trouve souvent dans les textes officiels le nom des artistes qui étaient chargés de les exécuter. Un de ces artistes, qui vivait de l'an 806 à l'an 820, imagina d'y adapter un *odomètre*, c'est-à-dire un compteur destiné à faire connaître le chemin parcouru.

peuple utilisa d'abord la propriété directrice de l'aimant pour s'orienter sur terre; il paraît même qu'il ne s'en servit qu'assez tard pour la navigation ¹. Dans tous les cas, il est certain que les marins chinois employaient l'aiguille aimantée au commencement du moyen âge, et il est probable qu'ils en apprirent l'usage aux navigateurs arabes, qui, à leur tour, le transmirent aux nations maritimes du bassin de la Méditerranée.

3. Le plus ancien témoignage de l'emploi de la boussole dans les mers d'Europe se trouve dans un poème français, composé vers 1190, par Guyot de Provins, et appelé *la Bible*, parce que, dit l'auteur, il ne contient que la vérité. Il en est ensuite question dans une *Histoire de Jérusalem* écrite, vers 1225, par le moine Jacques de Vitry, qui avait assisté à la quatrième croisade.

4. Dans le principe, la boussole était d'une extrême grossièreté. Elle consistait principalement en une aiguille aimantée qu'on faisait flotter, sur deux fétus ou sur un morceau de liège, dans une fiole ou un vase plein d'eau. Un pareil instrument ne pouvait évidemment donner que des indications très-vagues, car le balancement continu du navire enlevait à l'aiguille toute stabilité, et, comme il n'y avait aucune graduation, il était impossible qu'un timonnier pût maintenir exactement le cap de son navire dans une route donnée. Pour remédier à ces inconvénients, on imagina de suspendre l'aiguille sur un pivot; de fixer par-dessous un disque de carton divisé en degrés sur sa circonférence; d'écrire N et S sur les divisions correspondantes aux extrémités de l'aiguille, et E et O sur celles qui étaient marquées 90°; et d'enfermer le tout dans une boîte établie à l'arrière du

1. De l'emploi de l'aiguille aimantée sur les routes à son application à la direction des navires, il semble qu'il n'y avait qu'une courte distance à franchir. Il n'en fut rien cependant, car il s'écoula un temps très-considérable entre ces deux inventions. Suivant les historiens chinois, les navigateurs de leur pays commencèrent, vers l'an 250 de notre ère, à se diriger au moyen de l'aimant. Ils n'apportent, il est vrai, aucune preuve bien précise à l'appui de cette opinion; mais il est impossible d'admettre qu'un peuple qui, depuis tant de siècles, connaissait les propriétés de l'aiguille aimantée, et qui s'en servait pour les voyages de terre, n'ait pas songé de bonne heure à les utiliser pour les courses maritimes. Dans tous les cas, il est certain que les marins chinois employaient l'aiguille aimantée dès le commencement du moyen âge, et c'est à l'aide de ses indications qu'ils s'aventuraient dans les mers de l'Inde, jusqu'à l'embouchure de l'Euphrate et aux côtes de la mer Rouge.

bâtiment, sous les yeux du timonier. Mais qui eut l'idée de ce perfectionnement? Les Italiens l'attribuent à Flavio Gioja, ce marin d'Amalfi dont nous avons déjà parlé, tandis que la fleur de lis qui, chez la plupart des nations maritimes, désigne le nord sur le carton de la rose des vents, a fait croire à plusieurs écrivains qu'elle pourrait bien avoir une origine française.

5. Depuis le XIII^e siècle, où elle a pris sa forme actuelle, la boussole a reçu un grand nombre d'améliorations de détail qui en ont fait un instrument de précision de premier ordre. Dans le principe, nos marins l'appelaient *marinète*, *magnète*, *calamite*, *aiguille de mer*. Le nom qu'on lui donne aujourd'hui est assez moderne. Suivant les uns, il viendrait du bas latin *bussola*, petite boîte; suivant les autres, il dériverait de l'arabe *mouassulu*, la flèche¹.

CHAPITRE III.

Les Phares.

Nécessité des *phares*. — Ce qu'ils étaient dans l'antiquité et pendant le moyen âge; grossièreté de leur éclairage. — Premiers perfectionnements. — Invention des appareils catoptriques: Teulère, Borda. — Invention des appareils lenticulaires: Fresnel. — Application de la lumière électrique à l'éclairage des phares.

Notions préliminaires. — 1. « Il est des ports dans

1. On croyait, dans les premiers temps, que l'aiguille aimantée regardait directement le nord dans tous les lieux de la terre, et l'on rapporte qu'en 1492, lorsqu'il traversait l'Atlantique pour aller découvrir l'Amérique, Christophe Colomb fut très-surpris de la voir ne plus montrer l'étoile polaire et se dévier à l'ouest de plus d'un degré. C'est à cette déviation, également observée en 1500 par le navigateur vénitien Sébastien Cabot, que l'on a donné le nom de *déclinaison*. Une fois connue, on se mit à l'œuvre pour déterminer les changements qu'elle éprouve d'un lieu à un autre. Les premières tables un peu précises destinées à fournir ces renseignements furent publiées en Hollande, en 1599. Vingt-trois ans après, le mathématicien anglais Edmond Gunter, professeur au collège de Gresham, découvrit que la déclinaison varie également dans le même lieu: il trouva qu'en 1622 elle était, à Londres, de 6° 13', tandis qu'en 1580, Robert Norman, célèbre constructeur d'instruments de physique, l'avait trouvée de 11° 15'.

Il y avait déjà longtemps que le fait de la déclinaison était connu, quand on remarqua que l'aiguille aimantée incline l'une de ses pointes sous l'horizon.

lesquels un navigateur prudent n'entre jamais sans pilote ; il en existe où, même avec ce secours, on ne se hasarde pas à pénétrer de nuit. On concevra donc combien il est indispensable, si l'on veut éviter d'irréparables accidents, qu'après le coucher du soleil, des signaux de feu bien visibles avertissent dans toutes les directions du voisinage de la terre ; il faut, de plus, que chaque navire aperçoive le signal d'assez loin pour qu'il puisse trouver, dans des évolutions souvent fort difficiles, le moyen de se maintenir à quelque distance du rivage jusqu'au moment où le jour paraîtra. » (Arago). Ce besoin de signaux de feu pour indiquer l'entrée de certains ports, l'embouchure de certaines rivières, quelquefois même la position de certains points particuliers de la côte, a été compris dès l'origine de la navigation maritime. C'est pourquoi les historiens nous apprennent que, de tout temps, dans tous les pays civilisés, il a été d'usage d'entretenir, pendant la nuit, des feux allumés sur les parties les plus dangereuses du littoral, de les placer dans les positions les plus élevées, et, quand le sol offrait des dépressions trop considérables, de les disposer au sommet de tours en bois ou en maçonnerie. C'est aux feux ainsi destinés à guider la marche des navires qu'on donne le nom de **phares**.

Les phares dans l'antiquité. — 1. Homère ¹ fait plusieurs fois allusion aux phares. Néanmoins, les plus anciennes constructions de ce genre dont les textes nous aient conservé le souvenir sont celles dont parle le poète Leschès, qui vivait au vi^e siècle avant Jésus-Christ : elles étaient au nombre de deux, et on les avait établies au promontoire de Sigée, à l'entrée du détroit des Dardanelles, pour signaler une rade voisine où relâchaient les navires qui passaient de l'Archipel dans la mer de Marmara. Des feux semblables existaient au Pirée, ou port d'Athènes, ainsi que dans la plupart des autres villes maritimes de la Grèce. Les tours de Sestos et d'Abydos, si souvent men-

zon, et plus ou moins, suivant les lieux. Cet autre fait, qui a reçu le nom d'*inclinaison*, fut découvert, en 1576, par Robert Norman, le même artiste dont il vient d'être question. Jusqu'à ce moment, on avait supposé que l'aiguille devait être horizontale, et lorsqu'on s'apercevait qu'il n'en était point ainsi, on s'imaginait que le centre de gravité était mal déterminé.

1. Sur Homère, voyez la note 2 de la page 5.

tionnées par les poètes grecs, étaient des phares : elles se trouvaient sur le détroit des Dardanelles, l'une en Europe et l'autre en Asie. Mais le phare le plus célèbre de l'antiquité fut celui que l'architecte Sostrate de Cnide éleva, 283 ans avant Jésus-Christ, par ordre de Ptolémée Philadelphie, roi d'Égypte, sur l'îlot de Pharos, à l'entrée du port d'Alexandrie. C'était une tour en marbre blanc, haute de 140 mètres, et offrant plusieurs étages qui allaient en se rétrécissant de la base au sommet. La magnificence de sa construction, qui coûta plus de 4 millions de notre monnaie, le fit placer au nombre des sept merveilles du monde¹, et son nom, emprunté lui-même au lieu sur lequel il était bâti, fut adopté pour désigner tous les édifices du même genre.

2. A l'exemple des autres peuples anciens, les Romains élevèrent aussi des phares. On voyait encore, en 1643, les ruines de celui qu'ils avaient établi à Boulogne-sur-Mer pour guider les navires qui traversaient la Manche. Aujourd'hui même, on montre à Douvres, sur la côte anglaise du Pas-de-Calais, les restes d'un monument semblable, qui date de l'époque romaine.

3. Si l'on s'en rapporte aux médailles, les phares des anciens, tels du moins qu'on les construisait dans les derniers temps, consistaient en des tours en maçonnerie, de forme ronde, carrée ou polygonale, et ordinairement composées de plusieurs étages (*fig. 104*). On entretenait sur la plate-forme la plus élevée, des torches allumées ou des feux de bois.

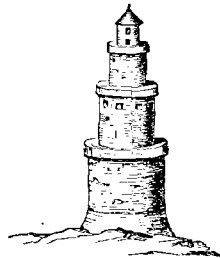


Fig. 104.
Phare romain.

Les phares au moyen âge. — Pendant tout le moyen

1. **Merveilles du monde.** Les anciens désignaient sous ce nom sept grands ouvrages qu'ils regardaient comme les plus remarquables par leurs dimensions, leur magnificence ou leur mérite artistique. C'étaient : 1^o les *pyramides d'Égypte*; 2^o les *jardins suspendus* et les *murs de Babylone*; 3^o le *tombeau du roi Mausole*, à Halicarnasse; 4^o le *temple de Diane*, à Ephèse; 5^o le *Jupiter Olympien*, œuvre du sculpteur Phidias; 6^o le *colosse de Rhodes*, gigantesque statue d'Apollon placée à l'entrée du port de Rhodes; 7^o le *phare d'Alexandrie*.

âge, les phares restèrent au point où les avaient laissés les anciens. Seulement, aux combustibles employés auparavant, on ajouta, dans quelques pays, la houille et la résine, que l'on faisait brûler, tantôt en plein air, tantôt dans une chambre percée de fenêtres. On essaya aussi, mais inutilement, de diversifier les feux échelonnés le long des mêmes côtes, afin que les navigateurs ne pussent les confondre. Au reste, le mode d'éclairage qu'on employait alors était trop défectueux pour qu'il fût possible d'obtenir de bons résultats. Outre qu'il avait peu de portée, il fonction-

nait fort mal, souvent même, par le vent, la pluie ou le brouillard, il ne pouvait rendre aucun service.

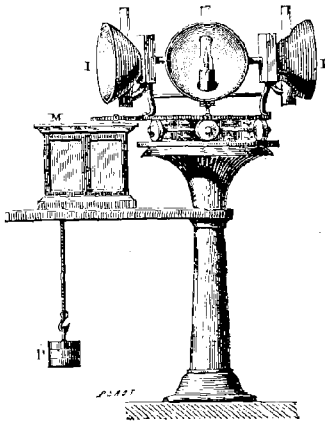


Fig. 105.
Appareil catoptrique.

Perfectionnements modernes. — 1.

Le service des phares n'entra véritablement dans la voie des améliorations que vers le milieu du siècle dernier, et ce fut la France qui donna le signal. Le premier progrès consista dans la substitution aux anciens combustibles d'un certain nombre de chandelles groupées ensemble et enfermées dans une lanterne vitrée. Un peu plus tard, vers

1780, on remplaça les chandelles par des lampes à huile munies de réflecteurs de forme sphérique; mais, à cause de leur construction vicieuse (car le bec d'Argand¹ n'était pas encore inventé), ces appareils se trouvèrent moins bien éclairer que les chandelles. Les réclamations des marins eurent pour effet de provoquer un examen approfondi de la question/Teulère, ingénieur en chef de la province de Guyenne, reconnut que l'éclairage par les lampes ne laisserait plus rien à désirer, si, changeant la courbure des réflecteurs II (fig. 105), on leur donnait une

1. Sur la disposition et le fonctionnement de ce bec, voyez page 371.

forme parabolique. Poussant ensuite plus loin ses recherches, il voulut procurer aux navigateurs un moyen certain de distinguer la lumière d'un phare, d'une étoile de première grandeur¹ située près de l'horizon ou d'un feu allumé par hasard sur le rivage, ou même de distinguer les phares entre eux, pour ne pas prendre l'un pour l'autre, car de semblables méprises n'étaient pas rares, et il en résultait toujours de fâcheux accidents. Il résolut encore ce nouveau problème avec bonheur, en adaptant à la cage vitrée contenant les lampes, un mécanisme d'horlogerie M qui, actionné par un poids C, lui imprimait un mouvement circulaire continu.

3. Teulère exposa son système dans un mémoire qui parut en 1783. C'est donc à lui et non au physicien Jean-Charles Borda, comme on le croit généralement, qu'appartient l'invention des *appareils à réflecteurs paraboliques et à éclipses*. Ce dernier fut simplement chargé par le ministre de la marine d'appliquer les idées de l'ingénieur bordelais, et il remplit sa mission avec tout le soin et tout le succès que son habileté pouvait faire espérer. Il fit placer le premier appareil à l'entrée du port de Dieppe, au commencement de 1784, et, aussitôt que la lampe d'Argand fut connue, il la substitua aux anciennes lampes.

4. L'éclairage des phares à l'aide des réflecteurs paraboliques constituait un progrès trop important pour que son usage se bornât à la France. Aussi, presque toutes les nations maritimes s'empressèrent-elles de l'adopter.

5. En 1819, l'éclairage des phares subit une transformation radicale, qui prit également naissance dans notre pays. Comme on reprochait aux appareils de Teulère, ou *appareils catoptriques*, d'absorber en pure perte une

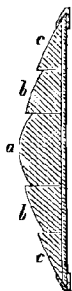


Fig. 106.
Lentille à
échelons.

1. On sait qu'afin de faciliter l'étude des étoiles, on les a classées par groupes ou *constellations*, qui ont reçu des noms particuliers. De plus, pour aider à reconnaître celles qui forment le même groupe, on les a rangées d'après leur *grandeur* ou leur éclat; et l'on dit qu'une étoile est de première, de seconde, de troisième grandeur, suivant que son éclat est plus ou moins considérable. Toutefois, cette classification est assez arbitraire, car il n'existe pas de démarcation bien tranchée entre une grandeur et la suivante. Au delà de la sixième grandeur, les étoiles ne sont guère plus visibles à l'œil simple. On n'en compte que 18 ou 20 de la première grandeur, 65 de la deuxième, 190 de la troisième, etc.

partie notable de la lumière, Augustin Fresnel¹ porta remède à

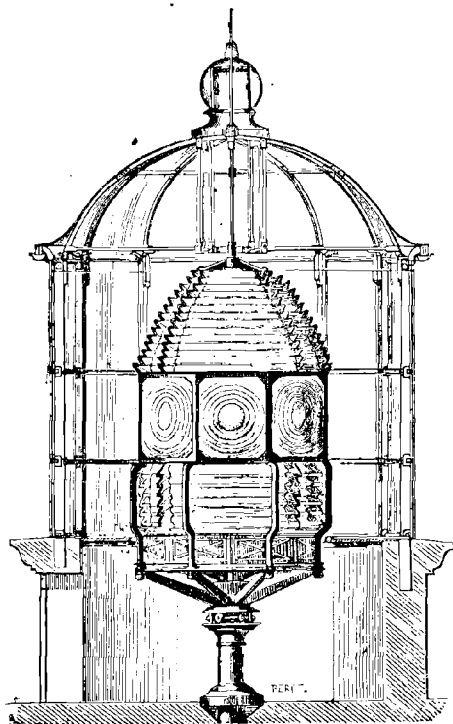


Fig. 107.
Appareil lenticulaire.

cet inconvénient :
1° en munissant les lampes de plusieurs mèches concentriques, ce qui augmenta prodigieusement leur éclat ; 2° en remplaçant les réflecteurs paraboliques par des *lentilles à échelons*². Ces lentilles sont ainsi nommées parce que, ainsi qu'on le voit dans la coupe ci-jointe (fig. 106), elles sont composées d'une partie centrale *a*, qu'entourent des anneaux, ou couronnes, *bb*, *cc*, ajustés de manière à offrir une certaine analogie avec les marches d'un escalier. Ces pièces ont une de

leurs faces plane, et les courbures de la face opposée sont tellement choisies que toutes les parties de la lentille ont le même foyer, en sorte que tous les rayons qui partent de ce foyer et qui tombent sur la face plane sont transformés par celle-ci en un faisceau de rayons parallèle à l'axe.

1. Fresnel (Augustin-Jean), physicien français, né à Broglie (Eure), en 1788, mort en 1827.

2. La plus ancienne tentative pour construire des *lentilles à échelons* pa-

6. Les appareils de Fresnel sont dits *lenticulaires* (fig. 107). Le premier fut placé au phare de Cordouan, en 1822, et la manière dont il fonctionna en fit peu à peu installer de semblables dans tous les phares d'une grande importance, en France et à l'étranger. On n'a conservé les appareils catoptriques que pour les feux secondaires et les feux provisoires.

7. Dans ces dernières années, on a essayé à peu près partout d'employer la **lumière électrique** à l'éclairage des phares ; mais, quoique les expériences aient donné des résultats assez satisfaisants, sous certains rapports, ce système n'a paru ni assez économique ni assez pratique pour qu'on ait cru utile d'en généraliser l'usage. On s'est contenté de l'adopter pour les phares de certaines côtes où les brumes sont fréquentes, parce que, dans les conditions atmosphériques de ce genre, la lumière électrique peut, à cause de son extrême intensité, être bien visible à des distances où celle des appareils ordinaires cesse de l'être.

CHAPITRE IV.

Les Bateaux à vapeur.

Difficultés de la navigation fluviale. Premiers essais de *navigation à vapeur* : Papin ; Jonathan Hulls ; obstacles qu'elle rencontre. — Premières expériences sérieuses : d'Auxiron, Perrier, Jouffroy d'Abbans. — Expériences anglaises et américaines. — Robert Fulton et le *Clermont* : la navigation à vapeur réalisée. — Application des bateaux à vapeur aux voyages maritimes : le *Rob-roy*, le *Savannah*, l'*Entreprise*. — Développements de la navigation à vapeur. — Invention des bateaux à *hélice* : Smith, Ericsson.

Observations préliminaires. — « On sait combien est lent le parcours des fleuves et des rivières dont il faut remonter le courant, et quelle immense force d'hommes et de chevaux il

rait due à Buffon ; mais elle ne réussit pas, parce qu'il s'obstina à vouloir les faire d'une seule pièce. Un peu plus tard, dans son éloge du grand naturaliste, Condorcet annonça qu'on serait peut-être plus heureux en les formant de plusieurs morceaux. Le physicien anglais Brewster fut le premier qui profita de cette précieuse indication ; il s'en servit, en 1811, pour confectionner un verre ardent de 1^m 52 de diamètre, le plus grand que l'on ait fait. Les lentilles à échelons n'étaient donc pas une chose nouvelle à l'époque des recherches de Fresnel ; mais cette circonstance ne diminue en rien le mérite de ce savant, parce que, lorsqu'il les effectua, il ne connaissait pas les travaux de ses prédécesseurs.

faut employer au dur labeur du halage. La navigation sur les grands lacs et sur les mers, rendue plus facile et moins pénible pour l'homme par l'impulsion des vents et le mécanisme des voiles, n'est pas elle-même opérée sans de grandes fatigues ; trop souvent, elle éprouve des obstacles insurmontables durant les tempêtes, et surtout durant les calmes ; elle est toujours lente et pénible, quand règnent les vents contraires. Ainsi, des causes nombreuses et puissantes diminuent l'avantage que présente la force des vents pour la navigation ¹. » A diverses époques, même chez les anciens, on a essayé de vaincre ces difficultés en faisant marcher les bateaux au moyen de **roues à palettes** mues par des hommes ou des animaux (*fig. 108*) ; mais cette innovation

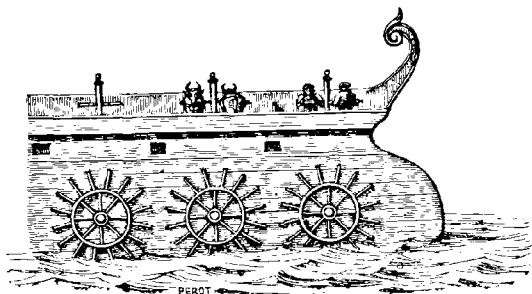


Fig. 108.

Navire romain à roues.

n'a jamais présenté un avantage assez marqué pour être adoptée ². Elle ne pouvait, en effet, donner des résultats satisfaisants

1. CH. DUPIN : *Les arts de la guerre et de la marine à l'Exposition universelle de Londres, en 1851.*

2. L'idée de réunir sur une roue un certain nombre de rames afin d'obtenir un plus grand effet de la force motrice remonte, en effet, à l'antiquité. Dans son *Traité d'architecture*, écrit, comme on sait, à l'époque d'Auguste, Vitruve parle des *roues à palettes* comme d'une chose très-ancienne et dont l'inventeur était inconnu. On possède des médailles romaines qui représentent des navires de guerre munis de roues semblables mues par des bœufs, et, d'après un manuscrit cité par le capitaine de Montgéry, les Romains auraient transporté en Sicile une partie de leur armée, au commencement de la première guerre punique, au moyen de radeaux mis en mouvement de la même manière que ces navires. Les écrivains militaires du xv^e siècle et du

que lorsqu'on serait parvenu à remplacer les moteurs animés, toujours si incertains et d'un travail utile si limité, par la force bien autrement puissante et régulière de la vapeur d'eau. Or, c'est précisément dans cette substitution qu'a consisté l'invention des **bateaux à vapeur**.

Origine des bateaux à vapeur : Papin. — 1. En esquisant l'histoire de la machine à vapeur, nous avons dit que non-seulement Papin avait inventé cette merveille des temps modernes, mais que, de plus, il en avait pressenti et clairement indiqué les diverses applications ¹. « Il serait trop long, écrivait-il en 1690, de rapporter de quelle manière cette machine se pourroit appliquer à tirer l'eau des mines, à jeter des bombes, à *ramer contre le vent*... Je ne puis pourtant m'empêcher de remarquer combien cette force serait préférable à celle des galériens pour aller vite en mer. » Passant ensuite en revue les moteurs animés, « qui occupent un grand espace et consomment beaucoup, lors même qu'ils ne travaillent pas, » il faisait remarquer que sa machine serait moins embarrassante; mais, ajoutait-il, « comme elle ne pourrait pas commodément faire marcher des rames ordinaires, il faudrait employer des rames tournantes, » c'est-à-dire des roues à palettes. Il avait vu des rames semblables fixées aux extrémités d'un arbre horizontal, sur un bateau du prince Rupert, à Londres, et que des chevaux faisaient tourner. Quant à lui, il lui suffirait, pour les faire fonctionner, de transformer le mouvement rectiligne du piston en un mouvement circulaire continu; il obtiendrait ce résultat en taillant sur la tige du piston des dents qui engrèneraient

xv^e parlent souvent de la substitution des roues à palettes, ou *rames tournantes*, aux rames ordinaires, et plusieurs d'entre eux donnent des dessins de bâtiments armés de propulseurs du premier genre que font tourner des hommes ou des animaux. Enfin, du temps de Papin, et plus tard, la même idée fut reprise en France, en Angleterre et probablement ailleurs, sans que les inventeurs qui cherchaient à la faire entrer dans le domaine de la pratique connussent leurs expériences respectives.

1. On a cru, pendant longtemps, qu'en 1543 un capitaine de la marine espagnole, nommé Blasco de Garay, avait fait des expériences de navigation à vapeur dans le port de Barcelone. On sait aujourd'hui que cet officier s'était uniquement contenté de faire marcher un bateau au moyen de roues à palettes mues par des hommes. Son nom doit donc disparaître de l'histoire des navires à vapeur.

avec un pignon monté sur l'arbre des roues, et il emploierait deux corps de pompe, dont « les pistons marcheraient en sens contraire, l'un commençant à descendre quand l'autre serait arrivé au bas de sa course. »

2. Ainsi, dès 1690, Papin avait nettement conçu les principes de la navigation à vapeur. Toutefois, il ne chercha pas alors à faire passer ses idées dans la pratique, parce que sa machine était tellement défectueuse qu'il lui eût été impossible de s'en servir. Nous avons même vu que les critiques dont elle fut l'objet de la part des savants l'avaient découragé au point de lui faire abandonner ses études sur la puissance motrice de la vapeur. Il les reprit cependant, mais dix ans plus tard, et nous allons dire à quelle occasion.

3. En 1705, Papin était établi dans l'électorat de Hesse, quand Leibniz¹, ayant fait un voyage en Angleterre, lui envoya une esquisse et une description de la machine de Savery, qu'il avait eu occasion de voir fonctionner. Il montra la lettre et le dessin au prince électeur, qui l'engagea fortement à reprendre le cours de ses anciennes recherches. Papin se remit donc à l'œuvre et, au bout de peu de temps, il fit construire, pour l'installer sur un petit bateau à roues, une machine qui, d'après ce que nous en savons, ne différait guère de celle du mécanicien anglais. Ce bateau fut essayé dans l'été de 1707, sur la Fulda, à Cassel, et avec un tel succès que Papin conçut le projet de le conduire en Angleterre, où il espérait pouvoir continuer ses expériences sur une plus grande échelle. « Je suis persuadé, écrivait-il à Leibniz le 15 septembre 1707, que si Dieu me fait la grâce d'arriver heureusement à Londres, et d'y faire des vaisseaux qui aient assez de profondeur pour appliquer la machine à feu à donner le mouvement aux rames, je suis persuadé, dis-je, que nous pourrions produire des effets qui paraîtront incroyables à ceux qui ne les auront pas vus. » Dix jours après avoir écrit cette lettre, Papin descendit la Fulda et arriva le même jour à Minden. Il comptait continuer sa route sur le Wésér et atteindre ainsi le port de

1. Leibniz (Godefroy-Guillaume), un des hommes les plus extraordinaires qui aient existé, né à Leipsick (Saxe), en 1642, mort en 1716. Mathématicien, philosophe, jurisconsulte, théologien, philologue, historien, il cultiva et perfectionna presque toutes les branches des connaissances humaines.

Brême, d'où un navire, prenant son bateau à la remorque, l'aurait conduit en Angleterre. Malheureusement, il n'avait pas suffisamment tenu compte des lois qui régissaient la navigation fluviale. Or, une de ces lois interdisait de faire passer un bateau de la Fulda dans le Wésér sans une permission écrite de l'électeur de Hanovre, et c'était à Minden qu'il fallait produire cette pièce. Papin, informé de cette circonstance, avait bien demandé l'autorisation qui lui était nécessaire; mais, dans son impatience de quitter l'Allemagne, il voulut partir avant de l'avoir reçue. Les mariniers de Minden s'obstinèrent alors à lui refuser l'entrée du Wésér, et, comme il insistait, sans doute pour réclamer contre un procédé si rigoureux, ces gens grossiers mirent en pièces son bateau. Ainsi se termina la première tentative qui ait été faite pour appliquer la machine à vapeur à la navigation.

Jonathan Hulls. — Vingt-neuf ans après les essais de Papin, c'est-à-dire en 1736, un mécanicien anglais nommé Jonathan Hulls proposa d'employer la machine à vapeur pour faire marcher un bateau à roues destiné à remorquer les navires à l'entrée et à la sortie des ports. Ce bateau ne fut jamais construit. Du reste, si les plans qui nous ont été conservés sont exacts,

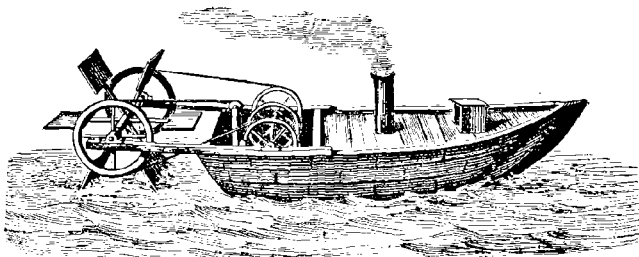


Fig. 109.

Bateau de Jonathan Hulls.

il présentait des dispositions tellement vicieuses qu'il n'aurait pu se mouvoir (fig. 109).

Obstacles insurmontables. — 1. A l'époque où avaient lieu les expériences qui précèdent, on ne connaissait en-

core que la machine à vapeur atmosphérique. Or, cette machine était trop imparfaite pour qu'elle pût être appliquée avec avantage à la propulsion des navires. Aussi, Daniel Bernouilli¹ déclarait-il avec raison, en 1753, que, en supposant même qu'il fût possible de lui donner une force de 20 à 25 chevaux, le navire qui en serait pourvu ne parcourrait guère qu'un mètre par seconde, quelque moyen qu'on employât pour transmettre le mouvement. C'est pour cela qu'un projet de bateau à vapeur, présenté, en 1754, par l'abbé Gauthier, chanoine régulier de Nancy, fut rejeté par notre Académie des sciences.

2. L'application de la force motrice de la vapeur aux besoins de la navigation ne commença à pouvoir être étudiée d'une manière sérieuse qu'après 1770, quand James Watt eut inventé la machine à simple effet, et elle ne devint véritablement réalisable qu'après 1784, lorsque le même mécanicien eut produit la machine à double effet.

Premières expériences sérieuses. — 1. Les premières expériences eurent lieu en France. En 1773, une compagnie se forma à Paris pour établir sur la Seine un système de remorquage à vapeur. Un petit bateau à roues fut construit sous la direction du comte d'Auxiron et essayé pendant l'été de 1774; mais il se comporta si mal que les sociétaires, découragés, renoncèrent à leur projet. Peu de temps après, un jeune officier franc-comtois, le marquis de Jouffroy d'Abbans, qui avait renoncé à la carrière des armes pour s'occuper de recherches scientifiques, entreprit de renouveler l'expérience qui venait d'échouer, et fit partager ses idées à deux de ses amis, le marquis Ducrest et le chevalier de Follenay. Le comte d'Auxiron se réunit également à lui, ainsi que Constantin Périer, l'un des chefs de la plus importante fabrique de machines qu'il y eût alors en France. Les associés se mirent aussitôt à l'œuvre; mais, ne pouvant s'entendre sur les moyens d'exécution, particulièrement sur la force qu'il fallait donner à la machine, ils ne tardèrent pas à se séparer. Deux seulement, Constantin Périer et le marquis de Jouffroy,

1. Bernouilli (Daniel), un des plus illustres mathématiciens du XVIII^e siècle, né à Groningue (Hollande), en 1700, mort en 1782.

persistèrent à poursuivre isolément le but de l'association, le premier à Paris, le second dans son pays natal.

2. Au printemps de 1775, Périer lança sur la Seine un petit bateau à roues, qui put à peine surmonter le courant de la rivière, ce qui le dégoûta de faire de nouveaux essais. Le marquis de Jouffroy fut plus heureux. Il construisit d'abord un bateau de petites dimensions qu'il fit naviguer sur le Doubs, à Baume-les-Dames, aux mois de juin et de juillet 1776, et qui était muni d'espèces de jambes articulées, à peu près disposées comme celles des oiseaux aquatiques, et qui alternativement s'appuyaient sur le fond et se relevaient ¹.

Sept ans après, le 15 juillet 1783, il expérimenta sur la Saône, à Lyon, en présence de plus de dix mille personnes, un second bateau, qui était plus grand et auquel il avait adapté des roues à palettes. Le succès de ce second bateau lui ayant paru assez complet pour qu'il fût possible de tirer industriellement parti de son invention, il demanda au gouvernement le droit exclusif d'exploiter, pendant trente ans, un service de transports à vapeur qu'il se proposait d'établir sur la Saône. Avant de faire droit à sa requête, on voulut l'obliger à se rendre à Paris pour y répéter, à ses frais, les expériences de Lyon; mais l'épuisement de ses ressources ne lui permit pas de se soumettre à cette exigence, et il finit par ne plus s'occuper de la navigation à vapeur. Cet abandon des études auxquelles il s'était livré pendant plus de dix ans, était d'autant plus regrettable que l'invention toute récente de la machine à double effet allait lui permettre de rendre définitivement pratique l'emploi des bateaux à vapeur.

3. A l'époque où M. de Jouffroy se livrait à ses essais, l'application de la machine à vapeur à la navigation préoccupait tellement les esprits qu'elle était, dans plusieurs pays à la fois, l'objet de nombreuses recherches. Nous citerons seulement celles de Guyon (1770) et de l'abbé Arnal (1784), en France; de Patrick Miller (1787), en Écosse; de lord Stanhope (1795) et de Baldwin (1796), en Angleterre, qui, toutes échouèrent, comme le firent

1. Les appareils qui présentent cette disposition sont désignés sous le nom de **propulseurs palmipèdes**. Ils ne sont admissibles qu'en théorie, par la raison qu'ils exigent une très-grande complication de pièces, tandis que, dans la pratique, les machines les plus simples sont toujours les seules qui aient du succès.

un peu plus tard celles de l'Anglais Symington (1804) et de notre compatriote Desblancs (1802). Les choses se passèrent tout autrement aux États-Unis, parce que les circonstances locales firent apporter dans les expériences l'esprit de suite, qui, joint à une connaissance approfondie de la question, pouvait seul conduire au succès.

4. « Avec leur territoire immense dont l'étendue surpassait l'Europe entière, avec leur population très-faible encore et disséminée sur tous les points, dépourvus de tout système de bonnes routes, et sillonnés par de grands fleuves dont les rives couvertes de forêts épaisses étaient inaccessibles au halage, les États-Unis ne pouvaient s'accommoder des moyens de transport usités alors en Europe. L'essor du commerce menaçait donc de s'y trouver promptement arrêté par l'insuffisance des moyens de communication, soit avec l'intérieur, soit avec les autres parties du monde par l'Océan. Les fleuves qui traversent ce vaste pays, la série de lacs immenses qui le bordent au nord, les plus vastes du monde entier, les golfes, les baies abritées et les détroits qui dessinent ses côtes méridionales auraient pu, sans doute, fournir des moyens peu coûteux de communication; mais, enfermés dans les terres et protégés contre l'action des vents, les golfes de l'Amérique et les bras de mer, libres du roulis de l'Océan et ressemblant à des lacs paisibles, n'offrent qu'un moyen assez lent de navigation par l'absence de cet élément auquel les voiles et les manœuvres d'un vaisseau doivent leur effet; et les bords vaseux de ses fleuves, les forêts qui les hérissent rendaient impraticables, avons-nous dit, les procédés du halage. En outre, le gigantesque Mississipi avec ses branches innombrables, du lac Supérieur au golfe du Mexique, est inaccessible, dans une grande partie de son cours, à toute espèce de navires à voiles ou à rames, en raison de la rapidité des courants. Il est donc facile de comprendre de quelle importance devait être pour l'Amérique la navigation par la vapeur qui, sur les fleuves, dispense de tout moyen de halage en triomphant de la rapidité des cours d'eau, et qui, sur les mers, n'ayant pas d'impulsion à demander aux vents, ni de retards à essuyer du calme, lutte heureusement, avançant toujours, même contre la tempête. »

3. En 1784, le gouvernement des États-Unis, voulant amélio-

rer la navigation intérieure du pays, annonça qu'une récompense de 30,000 acres¹ de terre fédérale serait accordée à celui qui trouverait le moyen de faire remonter économiquement les bateaux chargés, contre le courant des rivières. On ne pouvait évidemment remporter le prix qu'en employant la force motrice de la vapeur. Les essais pratiques commencèrent en 1786. Les premiers furent faits par John Ficht, qui, malgré plusieurs années d'efforts assidus, n'aboutit qu'à des déceptions. James Rumsey n'obtint pas un meilleur succès. Robert Livingston fut un peu plus heureux. A la suite d'expériences exécutées sur l'Hudson, avec l'aide de son compatriote Francis Brunel et de l'Anglais Nisbett, il sollicita de l'État de New-York un privilège pour vingt ans, qui lui fut accordé sous la condition de présenter, dans le délai d'une année, un bateau pouvant marcher à raison de 4,800 mètres à l'heure. Ce bateau fut construit; mais il n'eut pas la vitesse vouluë. Livingston se préparait à le perfectionner, lorsqu'il fut obligé de se rendre en France pour y remplir des fonctions diplomatiques. Après son départ, les recherches furent continuées par les mécaniciens John Stevens, Olivier Evans, le capitaine Mac-Keaver et un émigré français nommé Louis de Valcour; elles allaient être couronnées du plus brillant succès, quand les résultats obtenus à Paris par Robert Fulton en rendirent la continuation inutile.

Réalisation pratique : Fulton. — 1. Robert Fulton² était un citoyen des États-Unis, que le désir de compléter son instruction avait conduit en Angleterre (1786). N'ayant pu faire adopter, dans ce pays, diverses inventions dont il était l'auteur, il passa en France, vers la fin de 1796, dans l'espoir d'y être plus heureux. Après quatre ans de démarches sans succès, il allait repartir pour l'Amérique, quand Robert Livingston, qui habitait encore Paris, l'engagea à renoncer momentanément à son projet, pour s'occuper avec lui de la question des bateaux à vapeur, dont la solution devait procurer les plus grands avan-

1. Acre. Mesure agraire employée autrefois en France et dans plusieurs autres pays, mais avec des valeurs différentes. L'acre des États-Unis vaut un peu moins de 51 ares.

2. Fulton (Robert), né à Little-Britain (Pensylvanie), en 1764. mort en 1815.

tages à leur commune patrie. Fulton y ayant consenti, il se fit entre eux un arrangement, aux termes duquel Livingston se chargea de fournir les fonds et Fulton de procéder aux expériences. On était alors dans les derniers mois de 1801 ou dans les premiers de 1802.

2. Fulton se mit aussitôt à l'œuvre. L'examen attentif des nombreux essais qui avaient été faits jusqu'alors lui ayant permis de reconnaître que les échecs de ses prédécesseurs provenaient, pour tous, de l'insuffisance de la force motrice employée, et, pour quelques-uns, de la disposition vicieuse des appareils propulseurs dont ils s'étaient servis, il réussit, par des calculs plus justes et une construction mieux entendue, à éviter ces deux écueils. Toutefois, un premier bateau, se trouvant trop faible pour supporter la machine, se rompit et s'abîma dans la Seine. Un second, beaucoup plus grand et plus solide, fut mis immédiatement sur le chantier, et, le 9 août 1803, il navigua en présence d'un public nombreux, et de plusieurs membres de l'Institut¹, avec une vitesse de 5,760 mètres par heure, c'est-à-dire avec une rapidité beaucoup plus grande que celle qui avait été imposée à Livingston, en 1798. « A six heures du soir, dit un témoin oculaire, Fulton, aidé seulement de trois personnes, mit en mouvement son bateau et deux autres attachés derrière, et, pendant une heure et demie, il procura aux curieux le spectacle étrange d'un bateau mù par des roues comme un chariot, ces roues armées de volants ou rames plates, mues elles-mêmes par une pompe à feu. »

3. Après cette expérience, Fulton, désormais sûr du succès, s'adressa aux ministres de la guerre et de la marine, afin d'en obtenir une subvention pour continuer ses essais sur une plus grande échelle. On lui fit partout bon accueil, mais on lui répondit qu'on ne pouvait rien lui accorder, parce qu'on n'avait point de fonds disponibles. En même temps, il fit prier le premier Consul de soumettre son invention au jugement de l'Académie des sciences, offrant d'en faire hommage à la France, si elle était l'objet d'un rapport favorable, mais il échoua encore de ce côté².

1. Carnot, Prony, Bossut, Pèrier, Volney.

2. Les circonstances qui firent rejeter la demande de Fulton ont été tellement dénaturées que nous croyons devoir, dans l'intérêt de la vérité, les rappeler avec quelques détails.

C'est Louis Costaz, alors président du Tribunal, qui se chargea de trans-

La navigation à vapeur était alors une chose trop nouvelle pour qu'elle pût attirer l'attention publique, et les esprits, tout entiers à l'enivrement que causaient nos succès militaires, étaient peu disposés à se préoccuper des progrès de l'industrie, surtout quand il s'agissait d'une chose dont rien, dans l'état d'imperfection où elle se trouvait, ne pouvait faire pressentir l'importance.

4. Au reste, Fulton eut bientôt pris son parti du refus du gouvernement français. Comme il n'avait entrepris ses recherches qu'en vue d'en appliquer les résultats à son pays, il s'empessa,

mettre verbalement au premier Consul la requête de l'ingénieur américain. Malheureusement, le temps ne pouvait être plus mal choisi. En premier lieu, les esprits, enivrés par de récentes victoires, ne rêaient que gloire militaire. En second lieu, l'expérience du 9 août n'avait eu aucun retentissement; on peut même dire que personne, à l'exception peut-être de Carnot et de Costaz, n'en avait compris l'importance, parce que la nécessité d'une navigation rapide ne se faisait pas encore sentir. Enfin, et c'était là un obstacle d'une excessive gravité, le gouvernement français, qui, depuis longtemps, préparait une descente en Angleterre, était assailli chaque jour de propositions plus ou moins bizarres et toujours irréalisables pour faire passer la Manche à une armée. Fulton lui-même avait mis plusieurs fois sa bienveillance à contribution pour se livrer, dans nos ports et à nos frais, à des essais de machines sous-marines qui n'avaient que très-imparfaitement produit les effets annoncés.

La demande de Fulton courait donc la chance d'être mal accueillie. C'est, en effet, ce qui arriva. Quand Louis Costaz la communiqua au premier Consul, celui-ci n'hésita pas à la repousser. « Il y a, dit-il, dans toutes les grandes capitales de l'Europe, une foule d'aventuriers et d'hommes à projets, offrant à tous les souverains de prétendues découvertes qui n'existent que dans leur imagination. Ce sont autant de charlatans et d'imposteurs qui n'ont d'autre but que d'attraper de l'argent. Cet Américain est du nombre, ne m'en parlez pas davantage. »

Tel fut le résultat de la requête de Fulton, et c'est ainsi que l'invention de ce chercheur ne fut pas soumise à l'examen de l'Institut, lequel, n'ayant pas eu à l'examiner, ne put pas déclarer, comme on le croit vulgairement, « que la navigation à vapeur était une chimère. »

On a dit bien souvent, et beaucoup de personnes répètent encore sérieusement qu'en rejetant l'offre de Fulton, le Premier Consul avait manqué sa fortune et celle de la France. Si, dit-on, les choses se fussent passées autrement, l'armée du camp de Boulogne aurait aisément franchi la Manche, et des conséquences incalculables eussent été la suite de la défaite de l'Angleterre. Ce raisonnement fait après coup n'a rien de sérieux. En effet, d'une part, l'invention de Fulton était encore si imparfaite qu'il eût été impossible d'en tirer immédiatement parti. D'autre part, même si elle se fût présentée dans les conditions les plus favorables, on n'aurait eu ni le temps, ni les moyens de construire l'immense matériel exigé par une si grande entreprise. Où eût-on trouvé les ouvriers et les ateliers capables d'exécuter, en temps opportun, tant de machines à vapeur? A l'exception de l'Angleterre, il n'existait encore dans aucun pays, pas même aux États-Unis, une seule fabrique pourvue d'un outillage convenable.

de concert avec Livingston, d'aviser aux moyens d'établir le nouveau mode de navigation sur les cours d'eau des États-Unis. En conséquence, ce dernier informa la législature de l'État de New-York de ce qui venait d'arriver à Paris. En réponse à cette communication, la législature accorda aux deux associés, pour un espace de vingt ans, le privilège exclusif de naviguer par la vapeur sur toutes les rivières de l'État, sous la seule condition de produire, dans un délai de deux ans, un bateau capable de faire 4 milles (6 kilom. 400 m.) à l'heure, contre le courant ordinaire de l'Hudson. A la réception de l'acte qui conférait le privilège, Livingston écrivit en Angleterre, à James Watt et à Boulton, propriétaires de la célèbre usine de Soho, pour leur commander une machine à vapeur dont il donna le plan et les dimensions, mais sans rien dire de l'usage qu'il voulait en faire. Il partit ensuite pour New-York, où il fut rejoint par Fulton, en décembre 1806, c'est-à-dire à l'époque même où la machine y arriva.

5. Ce fut dans les chantiers de Charles Brown, à New-York, que Fulton et Livingston firent construire le bateau qui devait leur assurer la possession de leur privilège. Ils l'appelèrent *le Clermont*. Ce bateau était long de 50 mètres et large de 5; il portait des roues de 5 mètres de diamètre, et sa machine avait 18 chevaux de force. L'opinion publique lui était si défavorable qu'on ne le désignait que sous le nom de *Folie-Fulton*, et il fallut qu'on le vit à l'épreuve pour changer d'avis; mais alors l'enthousiasme fut aussi grand que le dénigrement avait été excessif.

Le Clermont fut lancé, le 11 août 1807, sur la rivière de l'Est, et le 16 du même mois, il remonta cette rivière pour se rendre à Albany, ville distante de New-York d'environ 60 lieues. Il accomplit le voyage en trente-deux heures et revint en trente heures, ce qui donna une vitesse de plus de 5 milles à l'heure, supérieure, par conséquent, à celle que la législature de l'État de New-York avait imposée. On croyait si peu à la possibilité d'employer les bateaux à vapeur au transport des voyageurs, ou plutôt la peur était si grande, que Fulton ne put trouver aucun passager pour se rendre de New-York à Albany. Mais, au retour, il en rencontra deux, et c'étaient deux Français, le naturaliste André Michaux et un officier nommé Parmentier, qui revenaient

en Europe après avoir rempli une mission scientifique pour le compte du gouvernement de leur pays.

6. Le succès du double voyage de Fulton porta la conviction dans l'esprit de tous ceux qui pouvaient douter encore de la possibilité de la navigation à vapeur. Bientôt après, de puissantes compagnies se formèrent pour répandre ce nouveau mode de communication, qui, en quelques années, se trouva établi sur les principaux cours d'eau des États-Unis.

Propagation de la navigation à vapeur. — 1. La nouvelle de ce qui se passait en Amérique ne tarda pas à se répandre en Europe. L'Angleterre fut la première nation qui entra dans la voie du progrès.

En 1811, le mécanicien Henry Bell construisit, pour naviguer sur la Clyde, un petit bateau appelé *la Comète*, qui, dès l'année suivante, commença un service régulier entre Glasgow et Helensbath. Cette entreprise fut bientôt suivie d'une foule de semblables, en sorte que cinq ans suffirent pour doter de la navigation à vapeur les rivières les plus importantes des Trois-Royaumes.

2. La France commença, dans le courant de 1816, à suivre l'exemple de l'Angleterre; mais les premiers essais furent désastreux, parce que nos mécaniciens et nos ingénieurs ne possédaient pas encore une instruction suffisante. Notre marine à vapeur ne commença même à se développer sérieusement, quoique avec une extrême lenteur, qu'après 1830.

Les bateaux à vapeur et la navigation maritime. — 1. Dans l'origine, on croyait que les bateaux à vapeur n'étaient propres qu'à la navigation fluviale: c'était même en vue de cette application restreinte que Fulton et la plupart de ceux qui l'avaient précédé avaient entrepris leurs recherches. L'expérience apprit bientôt qu'ils étaient également bons pour la navigation maritime.

2. Le premier bateau qui osa s'aventurer sur la mer fut, dit-on, *le Rob-Roy*, du port de 90 tonneaux, qui, pendant l'été de 1815, fit heureusement la traversée de Greenock, sur la Clyde, à Belfast. Dans les derniers mois de la même année, plusieurs

autres bateaux, partis également des bords de la Clyde, furent envoyés sur divers points des côtes d'Écosse et d'Angleterre. Enfin, en 1818, une ligne régulière, composée de deux bateaux, fut établie entre Dublin et Holyhead, par le canal Saint-Georges.

3. L'année 1819 est célèbre dans l'histoire de la navigation à vapeur. Elle vit un navire américain de 350 tonneaux, le *Savannah*, franchir l'Atlantique en vingt-six jours, de New-York à Liverpool, puis continuer sa route jusqu'à Saint-Petersbourg, et revenir ensuite à son point de départ; mais, dans l'état où était alors l'industrie des bateaux à vapeur, ce trajet fut généralement regardé comme un acte de témérité. Il était cependant d'une importance considérable de savoir si le nouveau système de navigation pouvait réellement se prêter aux voyages de long cours. Pour décider cette question, on construisit en Angleterre un navire spécial, du port de 500 tonneaux, que l'on munit de deux machines de 60 chevaux chacune, et auquel on donna le nom de *l'Entreprise*. Ce navire partit de Falmouth, le 16 août 1825, et arriva à Calcutta, le 4 novembre suivant, après une traversée heureuse de cent treize jours, pendant lesquels il avait alternativement employé la voile et la vapeur, et dont huit avaient été passés au Cap, pour renouveler la provision de combustible. Vers la même époque, des négociants hollandais firent partir d'Amsterdam un bateau à vapeur qui, en se servant également de l'action de sa machine et de celle du vent, se rendit sans accident à Curaçao, dans l'Amérique méridionale¹.

4. Le succès des deux traversées qui précèdent imprima un élan inouï à la navigation à vapeur, qui devint dès lors, dans tous les pays, surtout en Angleterre et aux États-Unis, un objet de constantes études dans le but d'y introduire toutes les améliorations dont la pratique ferait reconnaître l'utilité. L'adop-

1. C'est ici qu'il convient de réfuter une historiette ridicule qu'on trouve dans plus d'un ouvrage réputé sérieux. On assure qu'en 1815, comme le *Belléophon* fendait les flots de l'Océan, emportant Napoléon à Sainte-Hélène, on aperçut un jour, à l'extrême horizon, une épaisse colonne de fumée qui sortait d'un navire. On crut d'abord à un incendie; mais, quand la distance eut été suffisamment abrégée, on reconnut que ce prétendu navire en feu était tout simplement un bateau à vapeur. Alors, ajoute-t-on, Napoléon comprit les services que lui aurait rendus l'invention de Fulton, et il se repentit amèrement d'en avoir méconnu la valeur. Nous n'avons pas besoin de faire remarquer qu'il y a là autant d'erreurs que de mots; car, en 1815, aucun bateau à vapeur n'avait encore osé s'aventurer au milieu de l'Océan.

tion des machines à haute pression d'Olivier Evans fut un progrès marqué. Une autre innovation non moins importante fut réalisée, vers 1830, par l'ingénieur anglais Fairbairn, l'inventeur des navires en fer. Enfin, en 1836, la construction des bateaux à vapeur avait atteint un degré de perfectionnement tellement élevé, que les hommes du métier les regardaient comme capables d'entreprendre la navigation la plus prolongée, dans toutes les mers, par tous les temps et dans toutes les saisons. C'est, en effet, de cette époque que datent les développements énormes que présente aujourd'hui l'admirable invention de Robert Fulton.

Bateaux à hélice. — 1. Les bateaux à vapeur ne furent d'abord employés qu'au transport des voyageurs et des marchandises. En voyant les avantages inappréciables qu'en retirait la marine commerciale, les gouvernements comprirent qu'ils pourraient aussi rendre de grands services à la marine militaire. Toutefois, l'impossibilité où l'on était de mettre les roues à l'abri des projectiles ennemis, jointe à quelques difficultés inhérentes à leur système de construction, ne fit d'abord voir en eux qu'un moyen de communication rapide et certaine, et ils ne purent devenir propres au combat que lorsqu'on fut parvenu à remplacer le propulseur à roues par un *propulseur à hélice*.

2. Comme le montre le dessin (fig. 110), l'**hélice** se compose de lames métalliques établies en forme de spirale sur un arbre parallèle à la quille, et tournant dans une ouverture pratiquée à l'arrière, au-dessous de la ligne de flottaison. Quand cette espèce de vis se meut avec rapidité, elle trouve dans l'inertie de l'eau une résistance analogue à celle qu'elle trouverait dans un écrou métallique : de là résulte la progression, le mouvement en avant du navire qui la porte.

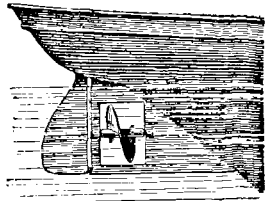


Fig. 110.
Hélice propulsive.

3. La plus ancienne tentative connue pour appliquer l'hélice à la propulsion des bateaux paraît avoir été faite au Havre, en 1693, par un nommé Duquet, qui la renouvela à Marseille, en

1697. Un peu plus tard, deux autres Français, Bouguer, en 1746, et Paucton, en 1768, recommandèrent l'usage de l'hélice et s'efforcèrent, dans leurs ouvrages, d'en développer les avantages. L'Américain Busnhell, en 1777, les Anglais William Littleton, en 1794, et John Shorter, en 1802, adaptèrent à des bateaux des appareils de ce genre mus par des hommes. En 1803, au moment même où Fulton arrivait au terme des recherches qui ont rendu son nom impérissable, un mécanicien d'Amiens, Charles Dallery, proposait, non-seulement de faire marcher les bateaux au moyen de l'hélice, mais encore de se servir de la vapeur pour mettre cette dernière en mouvement. Une nouvelle tentative fût faite aux États-Unis, en 1804, par John Stevens. A partir de 1820, quand la navigation à vapeur commença à se développer, les expériences se multiplièrent à l'infini⁴. Tous ceux qui les exécutèrent obtinrent un certain succès; mais aucun ne put arriver à des résultats pratiques, soit parce qu'ils manquèrent de cette persistance qui est la cause principale du succès, soit parce que leur époque n'était pas encore favorable. Enfin, parurent en Angleterre, et à quelques jours d'intervalle, les systèmes de William Pettit Smith et de John Ericsson, qui résolurent définitivement la question.

4. Smith était un simple fermier d'Hendon, dans le Middlesex. Après quelques études préparatoires faites en 1835, il prit une patente au printemps de 1836, et avec les fonds que lui donna le banquier Wright, il exécuta un bateau-modèle, qu'il essaya d'abord à Hendon, sur un étang, puis à Londres, dans la galerie Adélaïde. Les expériences ayant réussi, les deux associés firent construire un petit navire de six tonneaux à l'arrière duquel ils adaptèrent une hélice de bois à deux tours. Ce navire marcha sur le canal Paddington, le 4^{es} novembre 1836, après quoi on le conduisit dans la Tamise, où il navigua jusqu'au mois de septembre 1837. Dans un de ces voyages, le propulseur éprouva un choc qui brisa une de ses révolutions; mais cet accident ne

4. Alors parurent les essais du capitaine Delisle (1823), de Duhois et Debergue (1823), des frères Bourdon (1834), du colonel Maceroni (1824), de Frédéric Sauvage (1827), en France; de Whystock (1819), en Ecosse; de Jacob Perkins et de Samuel Brown (1825), de Littleton (1828), de Cunnemrow et de William Church (1829), de Bennett Woodcraft (1832), en Angleterre, et d'une foule d'autres.

l'empêcha pas de fonctionner : au contraire, il n'en remplit que mieux son office, et l'on apprit ainsi qu'il était préférable de lui donner un seul pas.

5. Les expériences qui précèdent prouvaient que l'hélice convenait à la navigation des rivières et des canaux ; mais se comporterait-elle aussi bien à la mer ? Pour s'en assurer, Smith, s'embarquant sur son navire, se rendit successivement de Blackwall à Gravesend, puis à Ramsgate, à Douvres, à Folkestone ; il était de retour à Londres le 25 septembre. Dans ces diverses pérégrinations, l'hélice fonctionna admirablement, et les nombreux marins qui, montés sur les hauteurs voisines, furent témoins des évolutions du navire, fondèrent, dès ce moment, la plus grande espérance sur l'emploi du nouveau propulseur.

6. Au mois de mars 1838, l'amirauté anglaise, à qui Smith avait proposé son système, fit répéter les expériences sous ses yeux. Elle reconnut toute la valeur de l'hélice ; néanmoins, avant d'en doter la marine militaire, elle demanda que de nouveaux essais fussent faits sur un navire d'au moins 200 tonneaux. Smith, secondé par l'ingénieur Rennie, fit alors construire l'*Archimède*, du port de 237 tonneaux et de 90 chevaux de force, qui, le 18 octobre 1838, sortit des chantiers de M. Pascoe. L'amirauté devait se déclarer satisfaite, si le bâtiment faisait cinq nœuds à l'heure¹ ; or, il en fit près du double, malgré une mer défavorable, et en devançant presque toujours les navires à roues qui passaient pour les meilleurs marcheurs. Ces résultats engagèrent le gouvernement anglais à adopter l'hélice. Toutefois, le premier navire de guerre du nouveau système ne fut commencé qu'en 1844. A cette époque, il y avait déjà près d'un an que la marine marchande en avait mis plusieurs sur le chantier, dont un, le *Great-Northern*, ne jaugeait pas moins de 1,500 tonneaux.

7. Smith avait pris sa patente le 31 mai 1836. Le 31 juillet suivant, le capitaine suédois John Éricsson, qui vivait à Londres depuis plusieurs années, en obtint une autre pour l'emploi d'une hélice différente de celle du fermier de Hendon, et qui était à peu près semblable à celle que notre compatriote Delisle avait proposée en 1823. Dans le courant de cette même année, il essaya

1. Voyez, sur ce qu'on appelle **nœud**, dans la marine, la note de la page 470.

son appareil sur un très-petit bateau, et le résultat ayant été satisfaisant, il fit construire, pour continuer les expériences, un second bateau de plus grandes dimensions, qu'il appela *le Francis-Ogden*, du nom du consul américain de Liverpool, qui lui avait fourni les fonds nécessaires. Le nouveau bateau fut terminé le 19 avril 1837. Au mois d'août suivant, on le soumit à diverses épreuves, qu'il subit avec le plus grand succès, et pendant lesquelles il fit jusqu'à 10 milles à l'heure. Ericsson invita alors l'amirauté à assister aux expériences; mais, malgré la réussite de celles-ci, les officiers anglais repoussèrent l'appareil du capitaine suédois, parce qu'ils crurent trouver dans son emploi des inconvénients dont la pratique n'avait pas encore appris à triompher. L'inventeur se mit alors en rapport avec le capitaine américain Francis Stockton, puis, confiant à un de ses amis, le comte de Rosen, le soin de ses intérêts en Europe, il partit pour les États-Unis, où, grâce aux efforts de son associé, il eut le bonheur de voir son système adopté avec enthousiasme.

8. L'hélice Éricsson est la première que l'on ait employée en France. Elle fut adaptée, en 1841, à un navire construit au Havre, dans les chantiers de MM. Normand et Barns, pour le service de la poste, et qui, d'abord appelé *le Napoléon*, fut nommé plus tard *le Corse*. Deux ans après, en 1843, l'amiral Mackau, alors ministre de la marine, chargea le comte de Rosen de disposer un propulseur Éricsson à bord de *la Pomone*, frégate de 44 canons, et, l'année suivante, le gouvernement anglais appliqua le même appareil à la frégate *l'Amphion*. Ces deux navires sont les premiers bâtiments de guerre qui aient eu leur hélice entièrement noyée, et, par suite, à l'abri des atteintes des boulets de l'ennemi.

9. « L'invention de l'hélice propulsive, dit l'amiral Paris, a transformé la navigation maritime. Néanmoins, de toutes les applications de cet appareil, la plus importante jusqu'à présent est celle qui a été faite à bord des navires à voiles, application qui, en créant les **navires mixtes**, a révolutionné l'art des constructions navales. Cette innovation, continue l'illustre marin, a une portée immense au double point de vue commercial et militaire. En premier lieu, l'hélice accélérant l'action de la voilure et la remplaçant au besoin, les navires n'ont plus à redouter les

calmes et les vents contraires ; ils peuvent donc exécuter plus de voyages dans le même temps, et, comme les profits augmentent dans une proportion de beaucoup supérieure à l'accroissement des frais occasionnés par l'addition de la machine à vapeur, on peut opérer le transport des marchandises à moindres frais. Sous le rapport militaire, l'adoption de l'hélice a véritablement créé la marine de guerre à vapeur. En effet, les bâtiments à hélice ayant leurs deux flancs dégagés, les rendent à l'artillerie, et l'on peut donner à leurs deux extrémités, des formes fines et bien appropriées aux grandes vitesses. De plus, avec le nouveau propulseur, on se sert des voiles avec avantage, et l'on peut porter de grands approvisionnements de vivres et de munitions, puisque l'hélice, ne servant que dans des circonstances rares, principalement quand le vent n'est pas favorable, on n'a pas besoin de charger autant de combustible. »

CHAPITRE V.

Les Canaux.

Nécessité des canaux. — En quoi ils consistent. — *Canaux latéraux.* — *Canaux à point de partage.* — Histoire des travaux de canalisation. — *Canaux maritimes* : isthmes de Suez, de Panama, de Corinthe.

I. — NOTIONS PRÉLIMINAIRES.

Généralités. — Il existe peu de cours d'eau naturels qui réunissent toutes les conditions nécessaires pour qu'on puisse les appliquer au transport des marchandises. Les uns n'ont pas assez de profondeur. Les autres ont un courant trop rapide, ou bien leur lit présente des sinuosités et des irrégularités qui s'opposent à la marche des bateaux. Enfin, tous sont soumis à des débordements, à des débâcles et à des sécheresses, dont l'époque et la durée sont inconnues, et laissent ainsi planer sur les départs et les arrivages une incertitude très-préjudiciable au commerce. On peut bien quelquefois améliorer le cours des petites rivières, mais on ne peut pas employer le même moyen pour les fleuves d'une

grande importance, parce que, même en dépensant des sommes énormes, on ne serait jamais sûr du succès. Dans ce cas, on est forcé de creuser des *canaux*.

En quoi consistent les canaux. — Les **canaux** sont des cours d'eau établis par la main des hommes, soit pour améliorer les voies navigables données par la nature, soit pour en créer de nouvelles. Suivant leur destination spéciale, ils se divisent en *canaux latéraux* et en *canaux à point de partage*, expressions dont on trouvera bientôt l'explication. Leur construction est toujours une chose considérable, et qui forme une des branches principales de l'art de l'ingénieur. Quant à leurs dimensions, elles dépendent nécessairement de celles des bateaux qu'on veut y faire circuler. Néanmoins, on leur donne habituellement une largeur suffisante pour que deux de ces derniers puissent passer en même temps, et une profondeur qui dépasse seulement de 40 centimètres le tirant d'eau d'un bateau complètement chargé.

Canaux latéraux. — 1. Les **canaux latéraux**, ou **canaux de dérivation**, ont pour objet de remplacer un cours d'eau dont la navigation est mauvaise, irrégulière et trop difficile à améliorer. Ils se construisent latéralement à ce cours d'eau, et dans la vallée même qu'il parcourt. Ils empruntent les eaux dont ils ont besoin, soit à la rivière dont ils tiennent lieu, soit à l'un de ses affluents. On ne les établit que dans les plaines presque de niveau, ce qui permet de les former d'une suite de parties horizontales, réunies par des chutes dont la hauteur ne dépasse pas des limites déterminées, et à chacune desquelles se trouve une *écluse à sas*. Chaque partie ainsi comprise entre deux écluses consécutives est ce qu'on appelle un *bief*.

2. Par **écluse à sas**, on entend une espèce de chambre en maçonnerie S (*fig. 111*), qui occupe le lit entier du canal. Cette chambre, qui se nomme *sas*, est munie à chaque extrémité d'une porte mobile, composée de deux battants, ou *vantaux*, dont l'un présente à la partie inférieure une ouverture fermée par une *vanne V*, qu'on fait mouvoir d'en haut au moyen d'une manivelle. Quand les portes sont fermées, les battants s'appliquent l'un contre l'autre, de manière à former un angle obtus du côté

de l'amont. Dans cette position, ils sont tellement pressés par

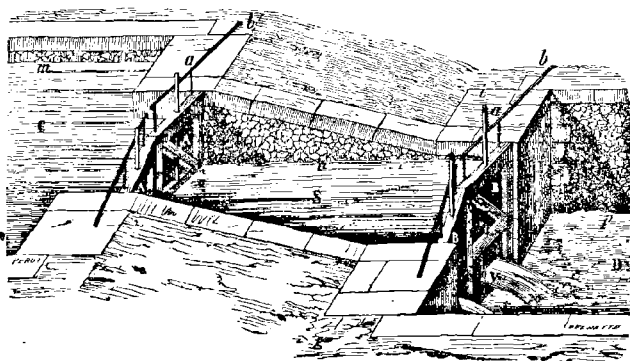


Fig. 411.
Écluse à sas.

l'eau extérieure, qu'on ne pourrait les séparer, même en agissant sur les barres *ab*, qui servent pour cet usage.

Supposons la porte d'amont *AA* ouverte et celle d'aval *BB* fermée. L'eau se trouve ainsi au même niveau dans le bief supérieur *C* et dans le sas. Les choses ainsi disposées, rien n'est plus facile que de faire passer un bateau de ce bief dans le sas. Cet effet obtenu, on ferme la porte d'amont, puis on ouvre non pas la porte d'aval, mais seulement la vanne dont elle est munie. L'eau du sas pénètre, par l'ouverture qu'on lui livre, dans le bief inférieur. Enfin, quand le sas et le bief ont le même niveau, on ouvre la porte d'aval, et l'on introduit le bateau dans le bief inférieur. On exécute la même manœuvre, mais en sens inverse, lorsqu'il s'agit de faire passer un bateau du bief inférieur dans le bief supérieur. On conçoit qu'à chaque passage de bateau, il se perd une éclusée d'eau. Cette perte est quelquefois facile à réparer; mais, dans une foule de circonstances, il en est tout autrement, ce qui force à réduire beaucoup le nombre des passages des bateaux, et par suite l'utilité du canal¹.

1. On a fait un grand nombre de recherches pour éviter cette perte, ou du moins pour la rendre aussi petite que possible. Parmi les moyens proposés

4. Il existe des canaux de dérivation qui courent constamment le long du fleuve sans que les bateaux de l'un puissent communiquer avec ceux de l'autre ailleurs qu'aux deux extrémités de l'ouvrage. Dans d'autres, au contraire, les bateaux du canal peuvent passer dans le fleuve et ceux du fleuve dans le canal sur certains points principaux du parcours. On obtient ce résultat au moyen d'une **descente en rivière**, c'est-à-dire d'un tronçon de canal divisé en plusieurs sections, ou biefs, par des écluses.

Canaux à point de partage. — 1. Les **canaux à points de partage** sont destinés à réunir deux vallées contiguës. Ils sont donc obligés de franchir les chaînes de montagnes ou de collines qui séparent toujours les vallées, et, par suite, d'avoir des pentes en sens opposés. On réussit à faire monter les bateaux sur l'une des pentes, et à les faire descendre sur l'autre à l'aide de nombreuses écluses échelonnées de manière à diviser chaque branche du canal en biefs à pente nulle. En général, on fait passer le canal par le col le plus bas de la chaîne. Quant à son alimentation, on y pourvoit en rassemblant à grands frais, dans des réservoirs immenses, établis sur le col même, les eaux qui descendent des hauteurs voisines.

pour obtenir ce résultat, les plus importants sont : les *plans inclinés* de Reynolds et Fulton, les *écluses à chariot* de Mercadier, les *écluses à sas mobile* de Solage et Bossut, les *écluses à flotteur* de Bétancourt, les *écluses à piston* et *siphon* de Burdin et les *écluses Girard*.

Dans les systèmes de Reynolds, de Fulton et de Mercadier, on effectue la remonte d'un bateau en se servant de l'action de la descente d'un autre bateau, et en les plaçant directement sur des chariots pleins d'eau qui roulent sur des plans inclinés. — Dans les systèmes de Solage et de Bossut, le sas entre les deux biefs est supporté verticalement par un caisson qui plonge dans l'eau d'un puits et dont le mouvement de descente ou d'ascension est produit par une addition ou une soustraction d'eau dans le sas. — Dans le système de Bétancourt, un réservoir est en communication avec le sas, et l'on fait monter et décroître le niveau de l'eau dans ce dernier au moyen d'un flotteur qui s'enfonce et se retire du réservoir avec facilité, attendu qu'il est équilibré, à très-peu près dans toutes les positions, par un autre poids d'un effet variable. — Dans le système de Burdin, le sas communique également avec un réservoir; mais celui-ci est fermé hermétiquement par un couvercle et un piston renversé, et les choses sont disposées de telle sorte que le mouvement du piston agit comme celui d'une pompe aspirante, pour faire entrer dans le réservoir ou en faire sortir tout le volume d'eau que peut contenir le sas, sans que néanmoins le centre de gravité du liquide contenu dans les deux capacités change de niveau. — Le système Girard est une ingénieuse combinaison des systèmes Bétancourt et Burdin.

2. Les canaux à point de partage sont ainsi nommés parce qu'ils franchissent les chaînes de montagnes par l'un des points où les eaux qui découlent de ces chaînes se séparent, les unes sur un versant et les autres sur le versant opposé. La France possède plusieurs ouvrages de ce genre. Le plus remarquable est le *Canal du Midi*, ou *Canal du Languedoc*, qui n'a pas moins de 241 kilomètres de longueur, et dont le bief le plus élevé, situé au col de Naurouse, près de Castelnaudary (Aude), est à 189 mètres au-dessus du niveau de l'Océan. Pour réunir l'eau nécessaire à ce canal, on a été obligé de creuser de nouveaux lits à une multitude de ruisseaux, sur une longueur de plus de 80 kilomètres, et de créer les immenses bassins de Saint-Ferréol et de Lampy, qui ont l'un 67 et l'autre 24 hectares de superficie, avec une profondeur de 38 et 13 mètres.

II. — HISTOIRE DES CANAUX.

Les canaux dans l'antiquité. — 1. L'utilité des canaux de navigation a été reconnue dès la plus haute antiquité. Plusieurs milliers d'années avant notre ère, les Chinois et les Égyptiens en avaient déjà un grand nombre. L'un des canaux construits par ces derniers mettait en communication Alexandrie, le lac Maréotis et le Nil. La circulation y était encore très-active sous les empereurs romains; mais elle diminua peu à peu, faute d'entretien, jusqu'à la fin du siècle dernier, époque à laquelle des travaux, exécutés par ordre du général Bonaparte, lui rendirent une partie de son ancienne prospérité. Un autre canal, encore plus important, était destiné à faciliter les relations entre l'Égypte et l'Arabie : il partait de Bubaste, sur le Nil, et aboutissait à Patymos, sur la mer Rouge. L'idée de cet ouvrage avait été suggérée au roi Psammétichus (656-617 av. J.-C.)¹, par des ingénieurs grecs, et sa construction, commencée par Nécho ou Nécos, fils de ce prince (617-604 av. J.-C.), avait été achevée par Darius I^{er}, roi de Perse (523-425 av. J.-C.). Ce canal fut entretenu avec soin jusqu'au VIII^e siècle de notre ère; mais, les relations de l'Égypte et de l'Arabie ayant alors changé, les souverains égyptiens, constamment en lutte avec ceux des Arabes, le lais-

¹. Voyez, sur ce prince, la note 3 de la page 25.

sèrent dé périr. L'un d'eux, Abou-Djafar-al-Mançour (775-785), finit même par le faire combler, afin d'affamer la Mecque et Médine.

2. Les Grecs furent dispensés, par la disposition particulière de leur territoire, de créer des voies navigables artificielles. Ils se bornèrent à pratiquer quelques coupures pour assainir des vallées marécageuses ou dessécher des lacs. Les Romains n'exécutèrent également que des canaux d'irrigation ou de dessèchement. Ils n'ignoraient pas, cependant, l'utilité des canaux de navigation ; mais les guerres interminables qu'ils eurent à soutenir et diverses autres circonstances ne leur permirent pas de donner suite au petit nombre de projets qu'ils avaient conçus à cet effet.

Les canaux au moyen âge. — Les peuples qui s'établirent sur les débris de l'empire romain ne songèrent d'abord qu'à ouvrir des canaux d'arrosage. Toutefois, en 794, Charlemagne essaya de joindre la mer Noire et la mer du Nord par un canal qui, partant de l'Althmuhl, affluent du Danube, aurait abouti à la Rednitz, qui se jette dans le Mein, affluent du Rhin ; mais les travaux furent abandonnés après sa mort ¹.

Les canaux dans les temps modernes. — 1. L'art des canaux de navigation ne commença à être sérieusement cultivé que dans le courant du xv^e siècle, et ce furent les habitants de la Lombardie qui donnèrent le signal. Bientôt, l'invention des *écluses à sas* ², qui fut faite par les ingénieurs de ce pays, vint imprimer

1. Cette communication a été exécutée en 1845 par le gouvernement bavarois, au moyen du *canal de Louis*, dont le tracé est à peu près le même que celui de Charlemagne.

2. **Ecluses.** Elles doivent leur origine aux *moulins à eau*. En effet, lorsque, vers le v^e siècle, ces derniers commencèrent à se répandre, les cours d'eau furent barrés en différents points, afin de créer les chutes nécessaires pour faire marcher ces usines. Seulement, pour ne pas interrompre la navigation, on pratiqua, dans les barrages, des passages, ou *pertuis*, que l'on fermait avec des poutrelles mises à plat les unes sur les autres, et que l'on ouvrait en enlevant ces poutrelles une à une.

Au lieu donc d'offrir, comme dans leur état naturel, une pente continue à leur surface, les rivières présentèrent alors une suite de bassins, où l'eau, retenue par les barrages, avait plus de profondeur et un courant plus faible, et qui étaient séparés les uns des autres par des cascades ou chutes brusques. On ouvrait les pertuis quand un bateau voulait passer ; mais la chute, déterminée par le barrage, n'était souvent franchie qu'avec danger, même à la descente, et, à la remonte, elle offrait des difficultés si grandes, que, pour

aux entreprises de canalisation artificielle une impulsion qu'elles n'auraient pu recevoir sans cela. En effet, tous les canaux construits ou projetés jusqu'alors étaient à pente continue, en imitation des cours d'eau réguliers, et à écoulement tranquille, ce qui en limitait l'établissement aux pays de plaines, tandis que l'emploi des écluses allait permettre d'en doter également les contrées accidentées.

2. Les écluses à sas furent introduites en France par Léonard de

peu qu'elle fût considérable, l'action des hommes et des animaux avait souvent beaucoup de peine à la faire franchir.

Ces circonstances, qui, à force d'entraver la navigation intérieure, semblaient devoir en amener la ruine, furent cependant ce qui la sauva. En effet, on ne tarda pas à s'apercevoir que, lorsque deux barrages consécutifs étaient très-rapprochés, il était beaucoup plus facile de diriger les bateaux, et de cette observation on tira la conséquence qu'il ne serait pas impossible de faire disparaître la presque totalité des obstacles que ces constructions offraient à la circulation. Il suffisait pour cela de remplacer, par deux chutes très-près l'une de l'autre, formées au moyen de deux barrages à pertuis, la chute unique jusqu'alors employée. Cette disposition permettrait, non-seulement d'utiliser la force motrice des cours d'eau sans gêner la navigation; elle aurait encore l'avantage de rendre propres à une navigation artificielle les rivières trop faibles pour porter bateau ou trop rapides pour être facilement remontées.

Cette idée était fort simple. Néanmoins, elle ne fut réalisée pratiquement que dans le xv^e siècle, et alors furent inventées les écluses à sas. Suivant Tiraboschi, cette invention appartiendrait aux ingénieurs Philippe de Modène et Fioravanti, qui, en 1439, dirigeaient des travaux hydrauliques en Lombardie, pour le compte de Philippe-Marie Visconti, duc de Milan, et un passage d'une vie manuscrite de ce prince par Pierre Candide semble confirmer cette assertion. Suivant Zendrini, au contraire, elle aurait été faite par deux horlogers de Viterbe, Denis et Pierre Dominique, qui, d'après un texte de l'an 1481, s'étaient engagés à faire passer des bateaux d'un canal dans un autre, sans qu'il fût nécessaire de les décharger. Mais ces deux opinions ne sont peut-être pas aussi contradictoires qu'elles le paraissent, car les horlogers de Viterbe auraient bien pu se borner à perfectionner l'œuvre des ingénieurs milanais.

Quoi qu'il en soit, c'est dans le *Traité de l'art de bâtir*, publié à Florence, en 1485, par Léon-Baptiste Alberti, que les écluses à sas se trouvent décrites pour la première fois. Comme aujourd'hui, elles se composaient alors de deux barrages réunis par un sas, et chacun de ces barrages était formé de poutrelles superposées que l'on faisait monter et descendre dans des rainures pratiquées dans la maçonnerie. La manœuvre de ces poutrelles étant longue et incommode, on se mit en quête d'améliorations, et l'on fut ainsi conduit à l'invention des *portes busquées*. Une tradition, à l'appui de laquelle il n'existe aucune preuve, fait honneur de ce perfectionnement capital à Léonard de Vinci. Quoi qu'il en soit, il est certain que ce grand artiste ne s'en servit pas pour la canalisation de l'Ourcq. Le système des poutrelles, sans doute à cause de son économie, fut même presque seul employé en France jusqu'aux premières années de notre siècle.

Vinci¹, entre 1515 et 1519, et essayées, pour la première fois, sur la rivière de l'Ourcq. Quelques années après, Adam de Craponne², un des plus grands ingénieurs français du xvi^e siècle, au lieu de les employer simplement à l'amélioration des canaux en pays de plaines, comme on l'avait fait jusqu'alors, imagina d'en tirer également parti pour mettre en communication les bassins des différents fleuves, et devint ainsi le créateur des *canaux à point de partage*. Il conçut lui-même le projet de joindre la Saône à la Loire et la Méditerranée à la Garonne; mais sa mort, arrivée en 1559, et les guerres civiles qui ne tardèrent pas à désoler la France, empêchèrent la réalisation de ces deux entreprises³.

3. Le plus ancien canal à point de partage qui ait été construit est celui de Briare, dont les travaux, commencés en 1604 par l'ingénieur Hugues Crosnier, ne furent terminés qu'en 1642. Quelques années plus tard, un simple employé des gabelles, Pierre-Paul Riquet⁴, devenu grand ingénieur par le désir d'être utile,

1. Sur Léonard de Vinci, voyez la note 2 de la page 342.

2. Craponne (Adam de), ingénieur provençal d'une famille originaire d'Italie, né à Salon (Bouches-du-Rhône), en 1519, mort en 1559.

3. D'après quelques écrivains, l'idée de creuser un canal entre l'Océan et la Méditerranée aurait successivement préoccupé les empereurs romains et Charlemagne, mais on n'a jamais apporté une preuve à l'appui de cette opinion. La vérité est que le plus ancien projet d'une entreprise de ce genre appartient au règne de François I^{er}. Par ordre de ce prince, deux ingénieurs toulousains, Arnaud de Casanove et Nicolas Bachelier, firent des études, à la suite desquelles ils proposèrent (1539) un plan irréalisable qui consistait à établir, entre Toulouse et Narbonne, un canal de dérivation alimenté par la Garonne, et dans lequel on aurait maintenu l'eau au niveau convenable en lui donnant une profondeur variable avec la configuration du sol.

Le projet d'Adam de Craponne parut quelques années plus tard : il était autrement sérieux. Ce grand ingénieur voulait conduire les eaux de l'Ariège sur le col de Naurouse et les diriger ensuite vers les deux mers, en les soutenant par des écluses, d'un côté, jusqu'à l'Aude, de l'autre, jusqu'à la Garonne.

Sous Henri IV, c'est-à-dire aussitôt que, par la cessation des guerres civiles, le calme fut rétabli dans les provinces, la question du canal du Midi préoccupa de nouveau les esprits, et l'on vit paraître, sous le règne de ce prince et sous celui de Louis XIII, une foule de projets qui furent tous jugés inexécutables. Il était réservé à Riquet de réussir là où tout le monde avait échoué.

4. Riquet (Pierre-Paul), d'une famille originaire de Toscane, né à Béziers, en 1604, mort le 1^{er} octobre 1680. Il habitait, depuis 1650, la terre de Bonrepos, non loin de Revel (Haute-Garonne), quand il conçut la pensée de son canal. La connaissance parfaite qu'il avait du pays lui fit d'abord comprendre que, pour que ce grand travail fût réalisable, il était indispensable,

conçut et fit adopter à Louis XIV le plan du *canal du Midi*, qu'il fut en même temps chargé d'exécuter. Ce grand ouvrage coûta quatorze ans de travaux (1666-1680). Tout le siècle l'admira. Vauban seul, tout en lui accordant les éloges qu'il méritait, regretta qu'une économie mal entendue n'eût pas permis de lui donner des dimensions suffisantes pour qu'il pût recevoir des navires de fort tonnage.

4. C'est de l'ouverture du canal du Midi que datent, non-seulement en France, mais encore dans toute l'Europe, les grandes entreprises de navigation artificielle. L'Angleterre elle-même a puisé dans notre pays l'idée et l'art des grands canaux navigables. Aujourd'hui, presque tous les pays civilisés sont sillonnés par des canaux de navigation qui contribuent puissamment à la prospérité du commerce. Ils sont redevables de ce bienfait inappréciable, d'abord à l'invention des écluses à sas, puis à celle des canaux à point de partage qui a pu seule permettre d'établir, à travers les continents, malgré les chaînes de montagnes, des lignes non interrompues de navigation artificielle.

III. — CANAUX MARITIMES.

Le besoin d'abrégier la durée de la navigation maritime a fait naître l'idée d'ouvrir un passage aux navires en perçant les isthmes qui séparent les différentes parties de l'Océan. Trois entreprises

comme Adam de Craponne l'avait déjà reconnu, de conduire assez d'eau au col de Naurouse, point culminant du tracé, pour la diriger ensuite par des écluses sur l'un et l'autre versants. Mais comment se procurer cette eau? Il ne fallait pas, à l'exemple de l'illustre Provençal, songer à élever l'Ariège ou quelque autre rivière à une pareille hauteur, car la chose était impossible. Un seul moyen pouvait permettre de résoudre le problème : c'était de réunir et d'emmagasiner, dans des réservoirs établis sur le col lui-même, tous les cours d'eau descendant des lieux circonvoisins. Riquet tourna donc ses études dans cette direction, et, quand il les eut suffisamment avancées, il fit lever par un ingénieur d'un rare mérite, nommé François Andréoussy, les plans dont il avait besoin et à l'aide desquels il dressa son projet définitif. Ce fut le 26 novembre 1662 qu'il communiqua ses idées à Colbert; elles excitèrent l'admiration de ce grand ministre, qui s'empressa de les faire adopter à Louis XIV. L'édit de la création du canal ne fut cependant rendu que le 7 octobre 1666, et, le 14 du même mois, Riquet fut chargé de l'exécution des travaux. Dès le commencement de 1672, la partie comprise entre Toulouse et Naurouse se trouva terminée. L'autre partie, de Naurouse à l'étang de Thau, ne le fut qu'à la fin de mars 1681, six mois après la mort de Riquet. Toutefois, diverses circonstances firent retarder jusqu'en 1684 la réception définitive de l'ouvrage.

de ce genre ont eu le privilège d'attirer plus particulièrement l'attention publique; mais une seule, jusqu'à présent, celle de l'*isthme de Suez*, a pu recevoir son accomplissement : les deux autres, relatives à l'*isthme de Panama* et à l'*isthme de Corinthe*, sont toujours à l'état de projet.

Isthme de Suez. — 1. La question de l'isthme de Suez remonte à la plus haute antiquité, mais elle a changé d'aspect suivant les temps. Ainsi que nous l'avons vu plus haut, uniquement préoccupés de faciliter l'écoulement des produits de l'Égypte vers l'Arabie, les Pharaons avaient obtenu ce résultat en reliant la vallée du Nil à la mer Rouge par un canal qui, entretenu avec soin par leurs successeurs, fut en activité jusqu'au VIII^e siècle de notre ère. Les modernes ont fait une œuvre d'un intérêt plus général : ils ont coupé l'isthme qui sépare l'Afrique de l'Asie, afin de mettre la mer Rouge en communication directe avec la Méditerranée, et de permettre ainsi aux navires d'Europe de se rendre dans la mer des Indes sans passer par le cap de Bonne-Espérance.

2. L'idée d'unir directement la mer Rouge et la Méditerranée n'était cependant pas nouvelle. Les anciens l'avaient eue plusieurs fois; mais on ne l'avait toujours énoncée qu'avec terreur. Le niveau de la mer Rouge dépassait, disait-on, de beaucoup celui de la Méditerranée. En la précipitant sur sa voisine, on provoquerait infailliblement un cataclysme épouvantable; l'Égypte, au moins, serait ensevelie sous les eaux. Personne, il est vrai, n'avait constaté cette différence de niveau, elle avait même été contredite par Strabon; mais on y croyait, comme on croyait à tant d'autres choses, sans examen, sans discussion, uniquement parce qu'on y avait toujours cru.

3. A la fin du siècle dernier, pendant l'occupation de l'Égypte par l'armée française, le général Bonaparte, désireux de se créer une route vers l'Inde, chargea un des nombreux savants qui l'accompagnaient, Lepère, directeur des ponts et chaussées, de rédiger un mémoire sur la jonction de la mer Rouge à la Méditerranée. Cet ingénieur proposa de rétablir l'œuvre des anciens rois, avec des modifications qui devaient en augmenter l'utilité. Quant à la coupure directe de l'isthme, elle lui parut une entre-

prise inexécutable, parce que les études de nivellement auxquelles il se livra furent tellement malheureuses qu'elles confirmèrent la croyance populaire¹. Quelques savants, entre autres, Laplace et Fourier, protestèrent bien contre un pareil résultat; mais leur voix se perdit dans le désert. Une sorte d'instinct disait cependant que Lepère s'était trompé, et que l'isthme, fût-il plus large, plus difficile à percer, on en triompherait aisément par le feu et la vapeur, et sans donner lieu à aucune catastrophe. Enfin, vers 1841, à la suite d'études commencées en 1834, et auxquelles prirent part des ingénieurs de presque toutes les parties de l'Europe, il fut définitivement démontré que la fameuse différence de niveau n'existait point ou du moins était inappréciable. Dès ce moment, la question du percement de l'isthme fut mise en avant par M. Linant-Bey, ingénieur en chef du gouvernement égyptien, et, le 30 novembre 1854, après de persistantes démarches, M. Ferdinand de Lesseps, ancien consul de France au Caire, obtint du vice-roi Mohammed-Saïd l'autorisation de constituer une compagnie pour l'exécution et l'exploitation de l'entreprise, qui, personne ne l'ignore, a été accomplie avec un admirable succès.

4. Le canal de Suez a une longueur de 160 kilomètres. Sa largeur varie de 80 à 100 mètres. Son établissement a nécessité l'enlèvement de plus de 75 millions de mètres cubes de terre ou de rocher. Commencé le 25 août 1859, il a été terminé le 16 août 1869, et le 17 novembre suivant, il a été ouvert à la grande navigation. Ces dix années ont suffi pour transformer un pays désert en une contrée que sillonnent maintenant des barques et des vaisseaux de tout tonnage et de toute nation. La population de l'isthme, qui était nulle autrefois, comprend déjà une cinquantaine de mille âmes, dont moitié d'Européens. Enfin, trois villes importantes ont surgi comme par magie : Port-Saïd et Suez, aux extrémités, Ismaïlia au milieu. Grâce à cette œuvre immense, la distance entre les ports de l'Occident et ceux de l'Orient se trouve abrégée de près de 3,000 lieues en moyenne².

1. Le nivellement fut exécuté entre Péluse et Suez. Il dura 323 jours. Lepère en conclut que le niveau de la mer Rouge s'élevait de 9 mètres 9 décimètres au-dessus de celui de la Méditerranée.

2. Voici quelques chiffres à ce sujet, en prenant comme terme com-

Isthme de Panama. — Le problème de la communication de l'océan Atlantique et du Pacifique au moyen d'un canal établi à travers le continent américain a préoccupé les Européens dès le commencement du xvi^e siècle, c'est-à-dire presque dès leur arrivée dans le Nouveau Monde. Il existe même, à ce qu'il paraît, de nombreux documents qui attestent plus qu'une préoccupation persévérante de la part du gouvernement espagnol, à savoir des études approfondies et fréquemment répétées; mais l'on connaît peu de chose encore de ces travaux, qui ont toujours été tenus secrets à dessein, et c'est à M. Alexandre de Humboldt¹ le premier que revient l'honneur d'avoir, au commencement de notre siècle, abordé et traité dans toute leur généralité les différentes questions relatives à ce grand ouvrage. Depuis cette époque, une foule de projets ont été conçus en Europe aussi bien qu'en Amérique; mais l'examen auquel on les a soumis a conduit à cette conclusion que, s'il est possible d'opérer, sur plusieurs points de l'Amérique centrale, entre les deux Océans, des jonctions d'utilité locale, que les autorités du pays ne sauraient trop encourager, ces communications ne pourraient exercer aucune influence sur le commerce général du monde, et que les bénéfices probables qu'on en retirerait n'atteindraient pas 12 millions, somme tout à fait disproportionnée avec l'immensité de l'entreprise. Il a été encore reconnu que la traversée rapide de l'isthme, intérêt exclusivement américain, pouvait être obtenue à bien moins de frais au moyen de bonnes routes ordinaires ou mieux encore de chemins de fer. Dès

| | Distance | | différence |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | par le Cap | par le canal | |
| Constantinople..... | 6,100 lieues | 1,800 lieues | 4,300 lieues |
| Malte..... | 5,840..... | 2,062..... | 3,778 |
| Trieste..... | 5,960..... | 2,340..... | 3,620 |
| Marseille..... | 5,650..... | 2,374..... | 3,276 |
| Cadix..... | 5,200..... | 2,224..... | 2,976 |
| Lisbonne..... | 5,350..... | 2,500..... | 2,850 |
| Bordeaux..... | 5,650..... | 2,800..... | 2,850 |
| Le Havre..... | 5,800..... | 2,824..... | 2,975 |
| Londres..... | 5,950..... | 3,100..... | 2,850 |
| Liverpool..... | 5,900..... | 3,050..... | 2,850 |
| Amsterdam..... | 5,950..... | 3,100..... | 2,850 |
| Saint-Petersbourg..... | 6,550..... | 3,700..... | 2,850 |

1. Humboldt (Alexandre de), naturaliste, voyageur, écrivain de premier ordre, né à Berlin, en 1769, mort en 1859, après avoir passé une grande partie de sa vie en France, sa patrie d'adoption.

ce moment, de nombreux projets de voies ferrées ont succédé aux projets de canaux ; mais, de tous ces projets, un seul jusqu'à présent a réussi : c'est celui du chemin de fer d'Aspinwal, sur le golfe du Mexique, à Panama, sur le Pacifique, qui, depuis 1855, permet de passer en quelques heures d'un Océan à l'autre.

Isthme de Corinthe. — 1. Cet isthme, nul ne l'ignore, joint la partie de la Grèce appelée Morée à la Grèce continentale, et sépare le golfe d'Athènes de celui de Corinthe. Il a une largeur de 5,950 mètres dans sa partie la plus étroite, et de 10,400 dans sa partie la plus large. Obstacle naturel au libre parcours entre les deux mers, l'Adriatique et l'Archipel, il force tous les navires qui viennent des côtes de France, d'Italie, d'Autriche, à doubler le cap Matapan, quand ils se rendent, soit au Pirée, le port d'Athènes, soit à Constantinople, à Smyrne ou à quelque autre point de la Turquie d'Europe et de l'Asie Mineure, soit enfin à Odessa et à tous les autres comptoirs de la mer Noire qui approvisionnent de leurs blés une grande partie de l'Europe centrale.

2. Percer l'isthme de Corinthe, joindre ainsi les deux mers, serait donc ouvrir une nouvelle et utile voie à la navigation ; car, tout en abrégant notablement la route aux navires, on leur éviterait une traversée souvent dangereuse. Dans l'antiquité, Périandre, tyran de Corinthe, eut le premier cette idée, qui fut plus tard reprise par Démétrius Poliorcète, Jules César, Caligula et Néron. Ce dernier, seul, s'occupa sérieusement de la réaliser. Par ses ordres et sous ses yeux, de nombreux ateliers furent organisés sur plusieurs points du tracé, et les travaux poussés avec beaucoup d'activité. Plus de la moitié du canal était déjà terminée, lorsqu'une révolte de la Gaule l'obligea à revenir en Italie, et il n'en fallut pas davantage pour faire abandonner une entreprise, que, contrairement à l'opinion générale, il croyait utilement exécutable. On regardait, en effet, la coupure de l'isthme comme une chose funeste, parce que, disait-on, le niveau du golfe de Corinthe dépassait tellement celui du golfe d'Athènes, que l'Attique et les îles voisines seraient complètement submergées.

3. De nos jours, le succès de l'isthme de Suez a fait remettre à l'étude la question du percement de celui de Corinthe ; mais, jusqu'à présent, tout s'est borné à des nivellements.

QUINZIÈME PARTIE.

LES CHEMINS DE FER ET LES LOCOMOTIVES.

CHAPITRE I.

Les Chemins de fer.

Principe des chemins de fer : leur origine ; leur première destination. — Invention de la *locomotive* ; elle rend possible l'emploi des chemins de fer au transport des voyageurs : extension des chemins de fer. — Idée générale d'un chemin de fer. — Systèmes divers : chemins atmosphériques, chemins à rail central, chemins hydrauliques, chemins électro-magnétiques, chemins funiculaires, chemins à air comprimé, chemins à rail unique.

I. — HISTOIRE DES CHEMINS DE FER.

Principe des chemins de fer. — On a reconnu de très-bonne heure, probablement dès l'origine de la civilisation, que, pour que les voitures puissent circuler sur les routes avec facilité et économie, il est indispensable de faire passer leurs roues sur des surfaces aussi dures, aussi unies et aussi résistantes que possible. C'est pour cela que les Romains exécutaient avec tant de soin le pavage de leurs chemins, et que, peut-être de tout temps, dans les mines et dans les grands ateliers de terrassement, on a recouvert de planches ou de madriers les parties du sol servant au passage des véhicules. Telle est l'idée qui, par suite de perfectionnements successifs, a conduit à l'établissement des **chemins de fer, railways** ou **voies ferrées**, c'est-à-dire du plus admirable instrument de transport que le génie de l'homme ait encore découvert.

Origine des chemins de fer. — Les chemins de fer ont pris naissance en Angleterre, et leur invention a eu pour point de départ l'extension que, vers le commencement du xvii^e siècle,

reçut l'exploitation des houillères de ce pays, surtout celles des comtés du Nord, afin de produire le combustible que les forêts, presque entièrement disparues, ne pouvaient plus fournir. A cette époque, aux mines de Newcastle-sur-Tyne et de Durham, on transportait le charbon, des lieux d'extraction aux lieux d'embarquement, dans des paniers ou dans des sacs placés sur le dos des chevaux. Un peu plus tard, on employa des tombereaux, dont on facilita le roulage en les faisant marcher dans des ornières revêtues de dalles. Cette innovation amena l'agrandissement des véhicules ; en même temps, on les monta sur quatre roues au lieu de deux, et, quand ils eurent reçu ces deux changements, on les appela *wagons*, ou chariots.

Premiers perfectionnements. — 1. Les choses étaient dans cet état lorsque, pour rendre encore plus facile la circulation des chariots, on imagina de placer, le long des chemins, deux files de barres ou de poutrelles qui tantôt furent fixées sur des traverses, et tantôt simplement emboîtées dans les ornières. On rapporte aux environs de 1630 le premier emploi de ces **rails de bois**, et l'on assure qu'il fut imaginé par un ingénieur français, du nom de Beaumont, alors attaché aux mines de Newcastle. Ce système ayant donné les résultats les plus satisfaisants, les propriétaires des autres houillères s'empressèrent de l'adopter, en sorte qu'il se trouva bientôt répandu dans toute l'Angleterre. Roger North, qui écrivait en 1676, parle des sommes considérables que les compagnies payaient aux possesseurs du sol pour avoir l'autorisation de l'établir sur leurs terres.

2. Les chemins à rails de bois diminuaient tellement la résistance au tirage, qu'un cheval pouvait trainer jusqu'à 10,000 kilogrammes sur les parties horizontales. Toutefois, on ne tarda pas à remarquer que les poutrelles s'usaient très-vite, ce qui donnait lieu à de fréquentes réparations, et qu'à mesure qu'elles s'usaient, leur surface devenant raboteuse, il en résultait une plus grande fatigue pour les animaux. Vers 1738, afin de prévenir l'usure des poutrelles, de les rendre plus dures et plus unies, on imagina de les revêtir de bandes de fer fixées au moyen de clous ou de chevilles¹. Un peu plus tard, on munit les bandes

1. On suppose que les premiers rails de cette espèce furent posés à

d'un rebord saillant (*fig. 112*), pour empêcher les roues de les abandonner. On se trouva d'abord très-bien de ce changement; mais on finit par s'apercevoir que la boue et la poussière, en s'accumulant sur les rails, où elles étaient retenues par les rebords, nuisaient beaucoup au tirage et faisaient ainsi disparaître une grande partie des avantages qu'on avait voulu obtenir. On remédia à cet inconvénient en supprimant le

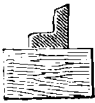


Fig. 112.

rebord des rails, et en le transportant aux roues, c'est-à-dire en créant le système qui a toujours été adopté depuis pour tous les chemins de quelque importance. William Jessop se servit de cette nouvelle forme de rails, en 1789, pour un chemin qu'il construisit à Loughborough, dans le comté de Leicester.

3. Une autre innovation, dont on ne connaît pas la date précise¹, eut pour objet de remplacer les rails de bois revêtu de fer par des **rails en fonte**. Enfin, en 1805, George Stephenson² prépara la prospérité future des chemins de fer en faisant substituer des **rails de fer forgé** aux rails de fonte. Avec ces derniers, en effet, il eût été impossible, à cause de leur fragilité, de se servir de lourdes et puissantes machines, comme aussi de marcher à de grandes vitesses. Or, ce perfectionnement capital arriva juste au moment où l'emploi de la machine locomotive allait révolutionner les **chemins à ornières**, comme on appelait alors les chemins de fer.

Développement des chemins de fer. — 1. Ainsi que nous venons de le voir, les chemins de fer furent uniquement construits, dans le principe, pour le service des mines, c'est-à-dire en vue de transports qui devaient presque toujours être faits dans la même direction. Afin de les approprier à cette destination spéciale, on s'étudiait à les composer de courbes à petit rayon et

Whitehaven, en 1738. Le chemin fut appelé **chemin laminé**, parce que les pièces de fer qui garnissaient les poutrelles avaient été forgées sous forme de lames ou de plaques.

1. Les uns la font dater de 1766, 1767 ou 1770, les autres de 1780. En 1791, les rails de bois n'étaient pas encore entièrement abandonnés à Newcastle. Il y en avait dont la surface supérieure était arrondie en forme de moulure saillante, et les roues des chariots, « faites de fer fondu », étaient évidées comme des poulies afin de pouvoir s'adapter à la moulure des rails.

2. Sur George Stephenson, voyez la note 2 de la page 303.

de pentes rapides, sur lesquelles les chariots chargés descendaient par leur propre poids, pour remonter à vide trainés par des chevaux. Souvent aussi, quand la nature des lieux l'exigeait, c'était par des chevaux que l'on faisait exclusivement traîner les voitures. « Mais, lorsqu'on eut compris que ces voies nouvelles devaient jouer un plus grand rôle dans la civilisation, que par elles devait passer le grand courant des personnes et des choses, des idées et du progrès moral et matériel, les conditions de leur établissement durent être profondément modifiées et donner naissance à une science nouvelle. Aux pentes rapides on substitua un tracé se rapprochant de l'horizontalité, aux courbes à petits rayons des courbes à grands rayons, et, par suite, l'inflexible ligne de fer dut être soutenue par de hardis viaducs, par des ponts, des remblais d'une grande hauteur, ou être menée, à travers les montagnes, à des profondeurs immenses. A la puissance de la gravité qui entraînait les voitures sur les pentes, ou à la force du cheval dont le pas le plus hâté ne faisait pas parcourir plus de 16 kilomètres à l'heure aux marchandises, et dont le pouvoir moteur était d'ailleurs borné, on substitua la **machine locomotive**, cet admirable instrument qui permet de réaliser les merveilles de la locomotion rapide, et sans lequel les chemins de fer manqueraient au rôle qui leur est assigné dans l'avenir ¹. »

2. La première apparition de la machine locomotive eut lieu dans le courant de 1804, sur le chemin de fer de Merthyr-Tydwil, dans le pays de Galles; mais le nouveau moteur ne put rendre de services véritablement utiles qu'à partir de 1829, après l'invention, due à George Stephenson, de la chaudière tubulaire avec tirage par un jet de vapeur ². Avant cette époque, les chemins de fer n'avaient été employés qu'à transporter les produits des mines et des usines aux points d'embarquement; l'adoption de la nouvelle chaudière permettant de marcher avec une vitesse infiniment plus grande que par le passé, on songea à les faire également servir au transport des personnes et de toute sorte de marchandises. Aussitôt qu'elle fut connue, cette idée souleva une opposition générale, et George Stephenson, son promoteur, eut à soutenir une lutte acharnée contre la routine et l'ignorance. Que

1. Perdonnet : *Traité des chemins de fer*.

2. Voyez le chapitre suivant.

d'objections n'y fit-on pas ! Le bruit des locomotives devait éloigner les hommes à une grande distance des voies nouvelles, la fumée détruirait la végétation, les étincelles incendieraient les maisons, les explosions exposerait les voyageurs à de nombreux accidents. Prétendait-on, d'ailleurs, rivaliser avec les voies navigables ? C'était folie. Les chemins de fer seraient donc funestes au pays, ruineux pour les capitalistes.

3. Le premier chemin de fer établi en vue du transport des personnes fut celui de Liverpool à Manchester. On l'inaugura le 15 septembre 1830, en présence d'un concours immense de spectateurs ; mais un douloureux événement attrista la cérémonie. M. Huskisson, un des membres du Parlement pour Liverpool, et qui se trouvait dans le convoi d'honneur, fut blessé mortellement à la suite d'une imprudence que la compagnie avait tout fait pour prévenir. Il fut ainsi la première victime des nouvelles voies de communication. Le transport des voyageurs commença le lendemain de la fête. A partir de ce moment, il se fit constamment avec la plus grande régularité, et en donnant des résultats financiers qui dépassèrent les espérances de la compagnie. Toutefois, l'opinion publique était si fortement prévenue contre cette innovation, qu'on prétendit d'abord que le succès était exceptionnel et dû à des circonstances locales. Il fallut, pour détruire cette erreur, que des faits absolument identiques se reproduisissent sur d'autres grandes lignes, notamment sur celles de Londres à Bristol et de Londres à Birmingham. On comprit alors que les chemins de fer constituent, pour les personnes aussi bien que pour les choses, le moyen de transport le plus rapide, le plus économique et, nous pouvons ajouter, le plus sûr ; et des compagnies se formèrent pour multiplier les voies-ferrées dans toutes les parties de l'Angleterre¹.

Les chemins de fer sur le continent. — 1. Le

1. La conversion fut loin cependant d'être générale, et, longtemps encore, les propriétaires de canaux, les fermiers des routes ordinaires et beaucoup d'hommes appartenant aux classes éclairées, nièrent l'évidence. Le parlement lui-même se montra hostile aux chemins de fer. Croirait-on qu'en 1842 seulement le duc de Wellington se décida à prendre place dans un convoi, et qu'en 1843 la reine Victoria osa, pour la première fois, tenter le nouveau mode de transport.

premier chemin de fer qu'on ait vu sur le continent européen fut construit en France, dans le but de relier le bassin houiller de Saint-Étienne au port d'Andrezieux, sur la Loire. L'autorisation de l'établir fut accordée, le 21 juillet 1824, à M. Beaumier, et il fut ouvert à l'exploitation le 1^{er} octobre 1828. Un peu plus tard, les frères Séguin entreprirent celui de Saint-Étienne à Lyon (1826), et MM. Henry et Mellet celui d'Andrezieux à Roanne (1828). Ces trois chemins ne comptaient qu'une longueur totale de 142 kilomètres, et ils étaient exclusivement destinés au transport de la houille. Le premier ne portait que des wagons trainés par des chevaux. Sur les deux autres, la traction se faisait avec des locomotives, du moins sur une partie de leur parcours. Le transport des voyageurs ne commença qu'en 1832, et ce fut sur le chemin de Saint-Étienne à Lyon.

2. A l'exemple de la France, tous les autres États de l'Europe se mirent à construire des chemins de fer; mais plusieurs d'entre eux, la Belgique notamment, nous dépassèrent, et il en fut de même aux États-Unis.

3. En 1835, l'utilité de ces voies de communication était encore si peu appréciée dans notre pays, qu'un ministre, revenu d'Angleterre où il avait visité le chemin de Liverpool, soutenait à la tribune de la Chambre des députés que les voies ferrées n'étaient bonnes qu'à servir de jouets aux curieux d'une capitale. Quelque temps après, un savant, qui jouissait alors d'une grande popularité, prétendait qu'elles ne servaient « qu'à donner des fluxions de poitrine et des catarrhes aux voyageurs saisis par la froide humidité des tunnels. » Un député des Hautes-Alpes, qui ne connaissait probablement que son département, affirmait que le sol de la France était trop accidenté pour permettre leur établissement. Enfin, un ministre des finances, ignorant que le fer est la moindre dépense de leur construction, assurait que le prix de ce métal, étant plus élevé en France qu'en Angleterre, serait un obstacle invincible à leur développement.

4. C'est à une loi du 11 juin 1842 que les chemins de fer français doivent leurs premiers développements. A cette époque, nous n'en comptons que 564 kilomètres en exploitation, tandis que l'Angleterre en possédait près de 4,000. Le 31 décembre 1847, l'ensemble de nos lignes exploitées ne présentait encore qu'une lon-

gueur totale de 1,821 kilomètres; mais, au 31 décembre 1851, elle s'élevait à 3,541 kilomètres, et au 31 décembre 1861, elle atteignait 9,278 kilomètres. A cette dernière date, on évaluait les dépenses effectuées à 4 milliards 300 millions de francs, et il y avait 7,242 kilomètres en construction ou à l'étude, devant coûter 2 milliards 350 millions. Actuellement (juillet 1870), nous n'avons pas moins de 17,000 kilomètres en cours d'exploitation.

II. — DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

1. Comme les routes ordinaires, les chemins de fer se composent de parties rectilignes, soit horizontales, soit inclinées, réunies par des parties courbes. Leur grand avantage provient de ce que leur surface étant infiniment plus dure, plus unie et plus résistante, on peut y obtenir des vitesses plus grandes avec toute espèce de moteurs, et, comme les frais de traction diminuent en même temps, il en résulte que les transports s'y opèrent, non-seulement avec plus de rapidité, mais encore à moins de frais. Cet avantage est d'autant plus marqué que le moteur qu'on emploie a une puissance plus considérable. Toutefois, pour qu'il puisse se manifester avec tous les développements dont il est susceptible, il faut que la voie ferrée présente des pentes ou rampes peu sensibles et des courbes à grands rayons. C'est pour cela que les chemins à grande vitesse ne sont possibles que dans les plaines ou dans les pays peu accidentés. C'est pour cela aussi qu'ils sont presque impraticables dans les contrées couvertes de hautes montagnes, parce qu'on y rencontre des pentes trop roides, des circuits trop brusques, pentes et circuits qui, en ralentissant leur vitesse, leur feraient perdre la supériorité qu'ils ont sur les routes ordinaires. C'est pour cela enfin que leur établissement nécessite des travaux d'art si nombreux. Ils franchissent les marais sur des **chaussées**, les vallons et les rivières sur des ponts nommés **viaducs**, les légères dépressions du sol dans des coupures dites **tranchées**, les hauteurs importantes dans de véritables souterrains qu'on appelle **tunnels**. Les routes ordinaires offrent bien parfois des ouvrages du même genre; mais ceux des chemins de fer se distinguent toujours par la grandeur de leurs dimensions.

2. Tout chemin de fer est formé de files parallèles de barres ou bandes de fer forgé sur lesquelles roulent les voitures. Ces barres, ou **rails**, ne reposent pas directement sur le sol. Elles sont fixées sur des **traverses** de bois de chêne, et celles-ci, à leur tour, sont séparées du sol par une couche de *ballast*, c'est-à-dire de gros sable ou de gravier. Les rails peuvent beaucoup

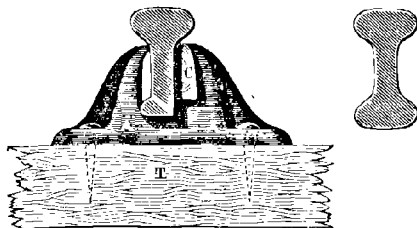


Fig. 113.
Rails à champignon.

varier sous le rapport de la forme, et sur la manière dont ils sont fixés sur les traverses. Les plus usités aujourd'hui sont les rails à *champignon*

(fig. 113), les rails à *patin* (fig. 114) et les rails *Brunel* (fig. 115). Les premiers sont quelquefois à simple, le plus souvent à double cham-

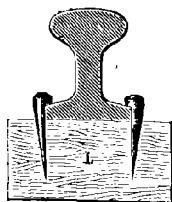


Fig. 114.
Rail à patin.

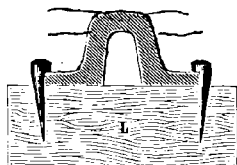


Fig. 115.
Rail Brunel.

pignon. Comme l'indique le dessin, ils sont maintenus, à l'aide d'un coin de bois C, dans une pièce de fonte AA, nommée *coussinet*, laquelle est fixée sur la traverse T. Les rails des autres espèces sont directement placés sur les traverses L.

3. On appelle **voie** l'ensemble de deux files de rails. Certains chemins n'ont qu'une seule voie : ce sont les *chemins à simple voie*. D'autres, au contraire, en ont deux : ce sont les *chemins à double voie*. Ces derniers sont les plus commodes ; aussi, les adopte-t-on sur toutes les lignes un peu importantes. Dans les chemins à simple voie, afin d'empêcher la rencontre de deux

convois qui vont en sens contraire, on établit, sur un point du chemin, tantôt une petite voie latérale où l'un des convois se remise pendant le passage de l'autre; tantôt une double voie, dite **voie d'évitement**, à laquelle on donne une longueur suffisante pour que chacun des convois puisse continuer sa route sans ralentir sa vitesse. Enfin, sous le nom d'**accessoires de la voie**, on désigne les appareils au moyen desquels on fait passer un convoi d'une voie sur une autre. Suivant la manière dont ils sont disposés, ces appareils se nomment *traversées de voie*, *changements de voie*, *croisements de voie* ou *plaques tournantes*.

III. — SYSTÈMES DIVERS.

Les chemins de fer, tels qu'on les construit habituellement, sont loin d'être parfaits. De là les inventions, en quelque sorte innombrables, que l'on a faites et que l'on fait encore pour les améliorer. Quelques-unes ont été soumises à des expériences sérieuses qui en ont démontré l'utilité dans certaines circonstances particulières; les autres ont présenté à première vue des impossibilités d'application d'une telle évidence, qu'elles n'ont pas paru susceptibles d'être essayées; enfin, parmi celles qu'on a cru pouvoir adopter, la plupart ont dû être abandonnées après quelque temps de pratique, parce qu'on a trouvé qu'elles valaient beaucoup moins que le système auquel elles prétendaient se substituer. Nous allons dire quelques mots sur les plus importantes, du moins sur celles qui ont fait le plus de bruit.

Chemins atmosphériques. — 1. Les chemins de fer dits *atmosphériques* ont été ainsi appelés parce que c'est à l'aide de la pression de l'air qu'on y met les convois en mouvement. Néanmoins, dans les divers essais qui ont été faits jusqu'à présent, la vapeur joue un aussi grand rôle que sur les railways ordinaires. Seulement, au lieu de marcher avec le convoi, les machines sont fixes, c'est-à-dire placées à demeure sur un ou plusieurs points du parcours. Malgré cette circonstance, elles n'en sont pas moins le moteur véritable, et la puissance de l'atmosphère n'est qu'un moyen de transmission.

2. L'idée des chemins atmosphériques est fort simple. Suppe-

sons qu'un tube, fermé à ses deux extrémités, soit établi le long de la voie, et que, dans ce tube, glisse à frottement un piston, dont la tige, faisant saillie au dehors par une fente longitudinale, aille se lier à une voiture. Les choses étant ainsi disposées, si, par un moyen quelconque, on fait le vide dans la portion du tube qui est tournée du côté vers lequel on veut se diriger, il est évident que l'air renfermé dans la partie opposée exercera sur le piston une pression suffisante pour le faire avancer et, par conséquent, pour faire mouvoir le véhicule. On obtiendrait le même résultat en accumulant une grande masse d'air sur l'une ou l'autre face du piston, suivant le sens dans lequel on voudrait opérer le mouvement. Le système atmosphérique peut donc être appliqué de deux manières : par aspiration ou par compression ; l'aspiration seule a été pratiquement utilisée.

3. La pensée d'employer la pression de l'air comme agent de locomotion appartient à Denis Papin, l'inventeur de la machine à vapeur, et remonte aux premières tentatives exécutées par ce savant, en 1687, pour doter l'industrie d'un nouveau moteur¹. Elle était complètement oubliée lorsqu'en 1810 Medhurst, ingénieur danois, la fit revivre en proposant de l'appliquer au transport des marchandises, des lettres et des journaux : il voulait placer les paquets dans un petit chariot roulant sur des rails établis dans l'intérieur d'un tube, à l'une des extrémités duquel une machine pneumatique aurait fait le vide. En 1824, c'est-à-dire quatorze ans après, un Anglais, nommé Vallance, exagérant le système, essaya de faire circuler les voyageurs dans un tube semblable, qu'il avait posé aux environs de Brighton. Cette expérience ayant fait quelque bruit, Medhurst reprit ses anciennes études et indiqua, comme pouvant conduire à la solution de la question, de transmettre l'action d'un piston glissant dans un tube, à des wagons placés extérieurement, au moyen d'une tige ou barre de fer se mouvant dans une rainure pratiquée à la partie supérieure de ce tube et d'un bout à l'autre. On était alors en 1827. Dès ce moment, les conditions du problème se trouvèrent nettement posées, et plusieurs ingénieurs entreprirent de faire passer dans la pratique les idées du savant danois. Ce furent

1. Voyez page 433.

MM. Clegg et Samuda, constructeurs anglais, qui réussirent les premiers à vaincre toutes les difficultés (1838). Ils construisirent aussi le premier chemin du nouveau système. Commencé en 1840, cet ouvrage ne fut terminé qu'au mois d'août 1843; il conduisait de Kingston à Dalkey (Irlande), et sa longueur ne dépassait pas 2,722 mètres. Un chemin semblable fut construit en France, quelque temps après, sur la ligne de Paris à Saint-Germain-en-Laye, pour franchir la rampe, longue de 2,500 mètres, qui existe entre cette dernière ville et le pont de Montesson, dans le bois du Vésinet. C'est là tout ce qu'on a fait de sérieux pour appliquer le système atmosphérique. Ces deux chemins n'ont eu, du reste, qu'une existence éphémère; car ils ont présenté tant d'inconvénients, pendant l'exploitation, qu'on a fini par y opérer la traction à l'aide de locomotives¹.

4. Les chemins de fer atmosphériques paraissent surtout convenir au service des pentes d'une grande raideur; mais ils coûtent beaucoup plus que les autres à établir et à entretenir. En outre, ils ne peuvent être appropriés aux exigences d'une circulation très-active. Aussi, malgré les modifications qu'on a proposé d'y apporter, tant en France qu'en Angleterre et en Allemagne, les compagnies ont constamment refusé de les adopter. Toutefois, les ingénieurs les plus compétents pensent qu'il ne serait pas impossible de les employer avec avantage dans certaines circonstances exceptionnelles, par exemple, pour franchir les hautes chaînes de montagnes. On éviterait ainsi la construction de viaducs et de tunnels gigantesques, dont les frais seraient disproportionnés avec les bénéfices probables de l'exploitation par des locomotives.

Chemins à rail central. — 1. Les locomotives marchent autant au moyen de leur adhérence que de leur puissance. L'adhérence est produite par les roues sur les rails; elle suffit et au delà dans les temps ordinaires. A diverses époques, on a proposé de l'augmenter pour gravir les pentes très-inclinées, et c'est aux essais entrepris pour réaliser cette idée que les chemins de fer dits **à rail central** doivent leur origine. Les che-

1. A une époque toute récente, on a repris le système atmosphérique pour l'appliquer au transport des dépêches.

mins ainsi appelés se composent de trois rails, dont un est placé au milieu de la voie, à égale distance des deux autres. Il en existe deux systèmes inventés en France en 1843, l'un par le marquis de Jouffroy, l'autre par le baron Séguier.

2. Dans le système Jouffroy, les roues motrices de la locomotive jouent simplement le rôle de roues porteuses. Le mouvement est donné par une roue motrice unique et de grand diamètre, qui marche sur le rail central, et qui reçoit l'action du moteur, par l'intermédiaire de chaînes, de courroies et de poulies. Pour que l'adhérence soit plus grande, cette roue a les jantes en bois, et le rail sur lequel elle circule est strié transversalement. Ce système a paru tellement vicieux et compliqué qu'aucune compagnie n'a voulu en essayer l'application.

3. Dans le système Séguier, les roues motrices sont également distinctes des roues porteuses. Elles consistent en deux galets horizontaux, placés sur deux arbres verticaux fixés à la machine et dessous, de manière à presser fortement contre le rail central, l'un à droite et l'autre à gauche. Sous l'action de la vapeur, les arbres reçoivent un mouvement de rotation qu'ils transmettent aux galets, et ceux-ci se déplacent le long du rail en fonctionnant comme des cylindres de laminoir. Ce système, ayant été perfectionné en 1863, par l'ingénieur anglais Fell, a été adopté, en 1865, pour construire, sur le mont Cenis, entre Suze, en Piémont, et Saint-Michel, en Savoie, un chemin de fer destiné à transporter les voyageurs et les marchandises, en attendant l'achèvement du grand souterrain et de ses abords. C'est la seule application qui ait encore été faite de l'invention du baron Séguier.

Chemins hydrauliques. — 1. L'idée de ces chemins appartient à un ingénieur français, M. Girard, et remonte à l'année 1852. Leur nom vient de ce qu'on y fait marcher les convois au moyen de la pression de l'eau. Les wagons n'ont pas de roues ; ils reposent sur des patins creux qui glissent sur des rails d'une forme particulière. Un tube muni de nombreux robinets est établi le long de la voie, et communique avec des réservoirs d'eau placés de distance en distance à une plus ou moins grande hauteur. A mesure que le train avance, les robinets

s'ouvrent, et il en sort des jets d'eau qui, frappant des turbines disposées sous les wagons, leur impriment un mouvement de rotation. En même temps, une petite machine à vapeur portée par le train envoie un jet semblable sous les patins.

Sous l'action des robinets d'injection, les wagons se mettent en marche, et la couche d'eau formée sur les rails détruisant presque tout frottement, ils glissent absolument comme des traîneaux. Les robinets s'ouvrent et se ferment d'eux-mêmes à l'aide de mécanismes appropriés. Quant aux turbines, il y en a toujours deux ensemble, l'une tournant dans un sens, l'autre en sens contraire, suivant la direction dans laquelle on veut marcher.

Le système hydraulique n'a servi encore qu'à faire des essais ¹.

Chemins électro-magnétiques. — Les inventeurs des chemins de ce nom se sont proposé de faire marcher les trains en transformant les roues motrices de locomotives spéciales en électro-aimants temporaires. Plusieurs systèmes ont été expérimentés, mais aucun n'a donné de bons résultats.

Chemins funiculaires. — Les chemins de ce système datent des premiers temps des voies ferrées, à l'époque où la locomotive n'existait pas encore. Ils ont été imaginés afin de franchir les rampes dont l'inclinaison dépasse certaines limites. Sur ces chemins, la gravité sert de moteur et ils ont généralement deux voies, l'une pour la remonte, l'autre pour la descente. Au sommet de la rampe se trouve installée une grande poulie horizontale autour de la gorge de laquelle s'enroule un câble de chanvre ou de fil de fer, dont l'une des extrémités est attachée aux wagons pleins et l'autre opposée aux wagons vides. Les wagons pleins partent ordinairement de cette partie du chemin.

¹ 1. Voici ce que dit de ce système M. Perdonnet, un des plus savants ingénieurs de notre époque et l'un des plus compétents en matière de chemins de fer : « L'idée de M. Girard de réduire le frottement par l'interposition de l'eau comprimée, inapplicable, selon nous, à la locomotion, produira au contraire une révolution dans l'art de construire les turbines, les grands paliers glissants, les volants de laminoirs, les hélices de bateaux à vapeur, etc. Déjà elle a été appliquée avec succès à la construction de plusieurs grandes turbines. Le frottement par les axes des grandes hélices des bateaux à vapeur et des grands volants de laminoirs est énorme. L'emploi du système Girard obvierez certainement à cette cause de déperdition de force en réalisant de grandes économies de puissance motrice. »

Quand ils ont reçu leur chargement, il suffit de les pousser légèrement sur le bord de la pente, et, une fois lancés, ils courent sur les rails, par l'effet seul de leur poids, en entraînant les wagons vides. Lorsque, ce qui est rare, leur point de départ est au bas de la rampe, on les fait monter en remplissant d'eau les wagons du train descendant.

Un plan incliné disposé comme nous venons de le dire se nomme *plan automateur*. On n'y a guère recours aujourd'hui que pour le service des mines et des usines. Néanmoins, on s'en sert quelquefois sur les chemins ordinaires de peu d'étendue, comme, par exemple, sur celui de la Croix-Rousse à Lyon, dont la longueur ne dépasse pas 489 mètres.

Chemins américains. — Les chemins de ce nom ont été inventés en Amérique pour le service intérieur des grandes villes. Les voitures sont traînées par des chevaux, et les rails ne font aucune saillie à la surface de la voie, ce qui ne gêne en rien la circulation des autres véhicules. Pour que les roues ne quittent point les rails, leur jante est pourvue d'un rebord saillant, et les rails eux-mêmes présentent une rainure qui reçoit ce rebord. Quelquefois, cependant, c'est le rail qui est saillant et la roue qui porte la rainure. Des chemins disposés suivant l'un ou l'autre de ces systèmes existent dans la plupart des grandes villes des Etats-Unis et de l'Angleterre. Paris en possède un qui va de la place de la Concorde à l'une des extrémités du village de Boulogne ; mais, dans quelques années, elle en comptera un nombre suffisant pour mettre ses principaux quartiers en communication rapide.

Chemins à rail unique. — Les chemins ainsi appelés se composent d'un rail unique placé au milieu de la voie suivie. Les locomotives sont munies de quatre roues, dont deux, placées aux deux extrémités, l'une en avant et l'autre en arrière, servent à donner la direction. A cet effet, elles embrassent le rail par leur jante, qui est taillée en forme de gorge de poulie, et elles sont montées sur pivots comme les roulettes des fauteuils, ce qui leur permet de s'orienter toujours dans le sens du mouvement, quel que soit le rayon de courbure de la voie. Les deux autres roues, dites roues d'équilibre ou roues motrices, sont placées sur les côtés,

l'une à droite et l'autre à gauche, et opèrent la traction. Elles ressemblent aux roues des voitures ordinaires, et, comme celles-ci, roulent indépendamment l'une de l'autre. Pour que la traction soit plus facile, elles portent sur des longrines, sur des files de pavés de bois ou sur des bandes de macadam. Enfin, les choses sont disposées de telle sorte qu'on peut, suivant les circonstances, faire porter tout le poids de la machine, soit sur les roues directrices, soit sur les roues motrices. Dans le premier cas, on a le minimum d'adhérence, celle qui est nécessaire pour circuler sur les parties planes ; dans le second cas, on obtient le maximum, c'est-à-dire l'adhérence dont on a besoin pour franchir les fortes rampes. Les voitures du convoi ont également quatre roues, dont deux reposent sur le rail et deux sur la terre.

Ce système de chemin de fer est quelquefois désigné sous le nom de son inventeur, M. Larmanjat, ingénieur civil. Il est d'une construction très-simple et très-économique. C'est, en outre, le seul qui permette l'usage des locomotives légères sur les voies à grandes pentes et les courbes à rayons très-courts. La traction peut d'ailleurs y être opérée indistinctement, soit par des chevaux, soit par des locomotives. On le regarde comme pouvant convenir d'une manière spéciale pour la circulation dans l'intérieur des grandes villes, ainsi que pour halier les bateaux sur les rivières et les canaux, et enfin pour l'établissement des chemins de fer d'une importance tout à fait secondaire.

CHAPITRE II.

Les Locomotives.

Première idée des voitures à vapeur : Robison, Watt. — *Fardier* de Cugnot. — Invention de la *locomotive* : Trevithick. — Premiers perfectionnements : Blackett ; Séguin. — Stephenson et le concours de Liverpool. — Description sommaire. — *Locomotives routières*.

Origine des voitures à vapeur. — 1. Au siècle dernier, quand la machine à vapeur commença à rendre des services, l'idée vint naturellement de l'utiliser pour faire tourner les roues

des voitures sur les routes ordinaires, car les chemins de fer n'existaient pas encore. En 1759, le docteur Robison, alors simple étudiant à Glasgow, conçut la possibilité de cette application ; mais, probablement découragé par les difficultés du problème, il ne donna pas suite à son idée. Pareille chose arriva à James Watt, en 1784.

2. Presque en même temps que Watt et Robison, un officier suisse, du nom de Planta, et un ingénieur français, appelé Cugnot¹, s'occupaient aussi de la question des voitures à vapeur. Le premier abandonna ses recherches presque au début. Le second, au contraire, eut la persistance de continuer les siennes jusqu'au bout. Cugnot se proposait surtout de construire un chariot propre à faciliter le transport de l'artillerie. Ce fut à Bruxelles, où il était momentanément établi, qu'il essaya de donner une forme pratique à ses idées. En 1760 ou 1761, il exécuta dans cette ville un *cabriot*, sur la disposition duquel on n'a conservé aucun détail. Quelques années après, étant de retour à Paris, il fut chargé par le duc de Choiseul, alors ministre de la guerre, de faire, sur les mêmes principes, une voiture de plus grandes dimensions. Cette voiture fut essayée en octobre et novembre 1769 ; mais elle ne produisit pas le résultat qu'on en attendait. A cause de l'exiguïté de la chaudière, elle ne pouvait marcher que quinze minutes sans s'arrêter, et sa vitesse ne dépassait pas un quart de lieue par heure. Cugnot dut donc se remettre à l'œuvre. Cette fois, il produisit un chariot qui, expérimenté au mois de novembre 1770, fit cinq quarts de lieue en une heure, en portant un poids d'environ dix milliers. Il paraît qu'on le fit circuler dans plusieurs rues, après quoi on renonça à s'en servir davantage parce que l'impossibilité où l'on était de le diriger aurait pu occasionner de graves accidents. Il fait aujourd'hui partie, sous le nom de **fardier à vapeur** (fig. 116), des collections du Conservatoire des arts et métiers². « Le travail de ce chariot est remarquable, dit un auteur anglais, eu égard à l'époque de son exécution ; et, comme première machine construite pour voyager au moyen de la vapeur sur les

1. Cugnot (Nicolas-Joseph), ingénieur et écrivain militaire, né à Void (Lorraine), en 1725, mort en 1804.

2. Sur le **Conservatoire des Arts et Métiers**, voyez la note de la page 104.

routes ordinaires, c'est incontestablement une chose très-curieuse, très-intéressante, et bien digne d'être conservée. »

3. Après Cugnot, plusieurs inventeurs essayèrent de résoudre

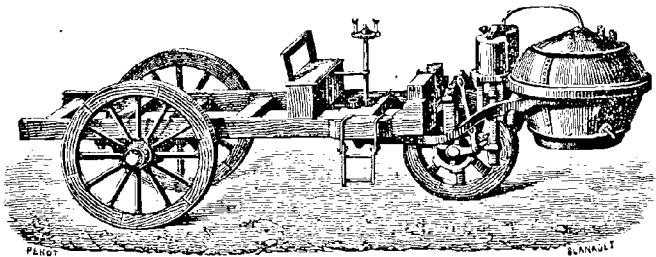


Fig. 116.

Fardier de Cugnot.

le problème de la locomotion par la vapeur. Tels furent Olivier Evans, aux États-Unis (1772); William Symington, en Écosse (1786); William Murdock, l'un des créateurs de l'éclairage au gaz, en Angleterre (1786). A ce dernier pays était réservé l'honneur de réaliser un peu plus tard ce progrès.

Invention de la locomotive. — A la fin du siècle dernier, les houillères anglaises étaient déjà couvertes de chemins à ornières, comme on appelait alors les chemins de fer, et les transports y prenaient une telle importance que les chevaux ne pouvaient plus suffire à la traction. Déjà même, s'agitait la question de savoir s'il n'y aurait pas quelque avantage à faire tirer les chariots par des cordes ou des chaînes mises en mouvement à l'aide de machines à vapeur fixes, placées de distance en distance tout le long du parcours. Les esprits étaient dans cette disposition, lorsque Richard Trevithick, directeur des travaux dans une mine d'étain de Cornouailles et élève de Murdock, inspiré sans doute par les essais de ce dernier, résolut de construire deux voitures à vapeur, l'une pour les routes ordinaires, l'autre spécialement destinée aux chemins de fer. En 1802, afin d'assurer ses droits d'inventeur, il prit une patente, tant en son nom qu'en

celui de son cousin, André Vivian, qui devait fournir les fonds. La voiture pour les routes ordinaires fut exécutée la première. Elle marcha de manière à satisfaire son constructeur, qui la conduisit à Londres, où elle excita vivement l'intérêt général. Néanmoins, il la mit de côté, parce qu'il ne la crut pas capable de pouvoir être employée à un service régulier de transports. La voiture pour les chemins de fer fut construite, dans les derniers mois de 1803, aux forges de Pen-y-Darran, dans le pays de Galles. L'année suivante, elle servit, pendant quelque temps, à charrier le minerai et les produits de l'usine, après quoi on cessa de l'employer, parce que le chemin sur lequel on la faisait circuler, n'ayant pas été établi pour porter un poids si considérable, elle brisait à chaque instant les rails et les crampons qui les unissaient aux traverses. Elle ne remorquait que 10 tonnes de poids utile à la vitesse de 8 kilomètres par heure. Tel fut le sort de la première **locomotive**. Cette machine, on le conçoit sans peine, était très-défectueuse. Comme le montre le dessin (fig. 117), elle n'avait qu'un cylindre. Le mouvement de la tige

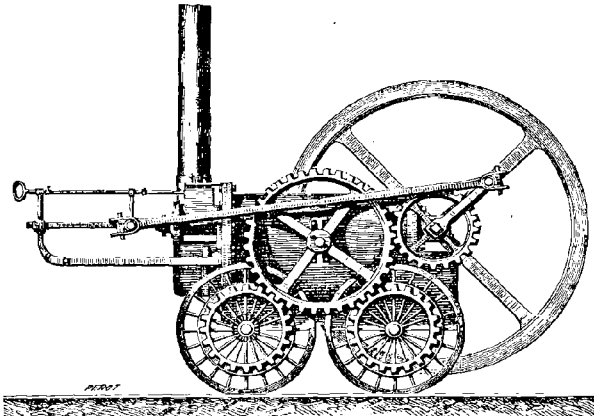


Fig. 117.

Première locomotive.

du piston était communiqué à un engrenage, qui le transmettait

aux roues motrices, et sur le côté duquel fonctionnait un volant. Enfin, le foyer était placé dans l'intérieur de la chaudière, et l'on activait le feu avec un soufflet.

Premiers perfectionnements. — Malgré son existence éphémère, la locomotive de Trevithick avait pourtant vécu assez longtemps pour attirer l'attention. Aussi divers mécaniciens se mirent-ils à étudier avec ardeur le nouveau mode de traction. Une difficulté singulière contraria longtemps leurs travaux. C'était la croyance, alors générale, que la surface des rails et celle des roues étant polie, les roues devaient tourner sur place ou du moins ne pouvaient avancer qu'en glissant. Cette erreur produisit des inventions plus ou moins bizarres, afin de faciliter la progression des roues. Trevithick avait déjà recommandé de garnir la périphérie des roues de rainures transversales ou de clous d'une forme particulière. En 1811, Blenkinsop, de Leeds, disposa, au milieu ou sur l'un des côtés de la machine, une roue dentée qui s'engrenait avec un rail spécial taillé en crémaillère. En 1812, les frères Chapman, de Newcastle, tendirent, d'un bout du chemin à l'autre, une chaîne qui faisait un tour sur un rouleau à rebords établi sous la machine, en sorte que, lorsque ce rouleau tournait, la machine se traînait pour ainsi dire elle-même sur le rail. En 1813, Brunton et quelques autres imaginèrent d'adapter à la locomotive des espèces de jambes que les pistons des cylindres faisaient appuyer alternativement sur le sol. Enfin, dans le courant de cette même année, un propriétaire de mines, Blackett, de Wylam, reconnut l'inutilité de toutes ces complications, et démontra expérimentalement qu'en raison des inégalités de surface que présente toujours le fer, aussi uni que le frottement puisse le rendre, les roues motrices des locomotives trouvent sur les rails un point d'appui suffisant, non-seulement pour entraîner la machine, mais encore pour provoquer la marche de lourds convois, sous la condition cependant que la voie soit sensiblement de niveau ou du moins n'ait qu'une faible inclinaison.

Séguin et Stephenson. — 1. La découverte de Blackett constitua un progrès très-important. Néanmoins, pendant longtemps encore, les locomotives restèrent dans un état d'imperfec-

tion dont rien ne semblait pouvoir les faire sortir. Elles marchaient avec tant de lenteur et traînaient une si petite charge, qu'elles ne présentaient aucun avantage sur l'emploi des chevaux. Leur défaut capital provenait de la disposition de la chaudière qui, étant faite comme celle des machines fixes, n'avait pas, quelque dimension qu'on lui donnât, une surface de chauffe assez considérable. Ce défaut ne disparut qu'en 1828, époque à laquelle un ingénieur français, Marc Séguin, alors directeur du chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon, eut l'idée de remplacer la chaudière ordinaire par une *chaudière tubulaire* à tubes horizontaux. Ce perfectionnement réalisé, une nouvelle difficulté se présenta. Elle résultait de l'impossibilité, due au peu d'élévation de la cheminée, d'obtenir un tirage suffisant à travers les petits tubes. Marc Séguin essaya d'y obvier en plaçant dans le foyer un ventilateur à force centrifuge qui était mis en mouvement par la machine elle-même ; mais cette innovation ne produisit pas un effet satisfaisant. Ce fut George Stephenson¹, devenu de simple ouvrier mineur un des plus habiles ingénieurs de l'Angleterre, qui eut le bonheur de résoudre définitivement la question. Depuis 1814, il s'occupait avec ardeur de la construction des locomotives. Il pensa que ces machines ne laisseraient plus rien à désirer si, adoptant la chaudière tubulaire de notre compatriote, on activait le tirage par un jet de vapeur, c'est-à-dire en lançant dans la cheminée la vapeur qui avait servi à faire mouvoir les pistons. La chaudière pourrait ainsi produire une plus grande quantité de vapeur, ce qui permettrait à la locomotive de traîner des charges plus lourdes et avec des vitesses plus considérables.

2. La première locomotive du nouveau système fut exécutée, en 1829, par Robert Stephenson², sous la surveillance de son père, à l'occasion d'un concours ouvert par la compagnie du chemin de fer de Liverpool à Manchester, et qui eut lieu du 6 au 14 octobre de la même année. On la nomma *la Fusée*, en anglais *the Rocket*. Elle satisfut seule, et au delà, aux conditions imposées. Le prix devait être accordé à la machine qui marcherait à une vitesse moyenne de 40 milles³ à l'heure. Or, sans éprouver aucun

1. Voyez la note 2 de la page 303.

2. Voyez la note de la page 355.

3. Le mille anglais vaut, en négligeant les fractions, 1609 mètres.

dérangement, elle atteignit à une vitesse de 25 milles ; à la fin des expériences, pour montrer ce que pouvait la nouvelle machine, on la fit fonctionner à une vitesse de 35 milles, c'est-à-dire près de quatre fois supérieure à celle que l'on croyait alors être la limite du possible. Ce succès inouï frappa d'étonnement. Il apprit au monde « qu'une puissance nouvelle venait de naître, puissance pleine d'activité et capable d'un travail illimité. » Dès ce moment, la locomotive ne laissa plus rien à désirer ; et les chemins de fer, qui n'avaient encore servi qu'au transport des marchandises, furent également propres au service des voyageurs, et devinrent la plus rapide des voies de communication. Un progrès si extraordinaire était dû uniquement, ainsi que nous venons de le dire, à l'idée, pourtant si simple, d'employer la chaudière tubulaire et de placer dans la cheminée le tuyau d'échappement de la vapeur.

Description sommaire. — Depuis 1829, rien n'a été changé au principe des locomotives. Aujourd'hui, comme à cette époque, elles ont la chaudière tubulaire, et le tirage est produit par un jet de vapeur. Leur puissance seule a été augmentée, parce qu'on est parvenu à les faire plus grandes et que les progrès généraux des arts mécaniques ont permis d'exécuter leurs différentes pièces avec plus de perfection. Toute machine de ce genre comprend trois parties : une *chaudière*, un *mécanisme moteur* et un *chariot*.

1. La **chaudière** est horizontale et en forme de cylindre. Elle comprend (fig. 118) : la *boîte à feu* F, à l'arrière ; la *boîte à fumée* B, à l'avant ; le *corps cylindrique* AA, au milieu. Elle est, en outre, munie de plusieurs appareils, tels que *souppes de sûreté*, *sifflet d'alarme*, *manomètre*, *robinets d'épreuve*, etc., dont le nom indique suffisamment la destination. Une *pompe alimentaire*, ou mieux un *injecteur Giffard*, y remplace l'eau, à mesure qu'elle diminue en se vaporisant ; elle la puise dans le *tender*, espèce de chariot d'approvisionnement attelé à la machine, et qui porte ordinairement 5 à 6,000 litres de liquide, avec une certaine quantité de combustible.

La **boîte à feu** se compose du *foyer* et de son enveloppe. Le foyer consiste en une caisse rectangulaire, en cuivre rouge,

dont la paroi antérieure est percée de trous pour recevoir un égal nombre de petits tubes oo. Cette caisse, est ordinairement sur-

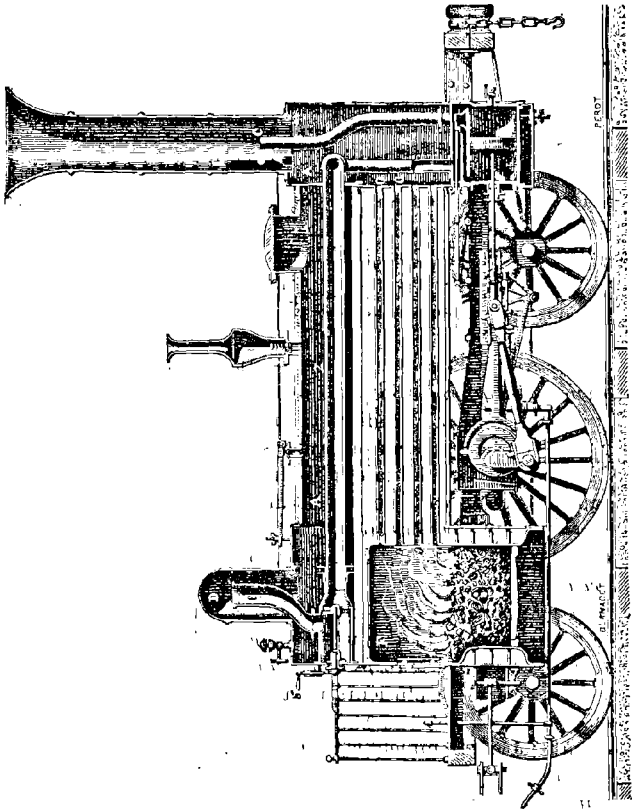


Fig. 118.
Locomotive ordinaire.

montée d'un *dôme* D, et toujours entourée d'une chemise ou enveloppe en tôle de fer, close de toutes parts, à l'exception de la

partie qui correspond à la porte et à celle qui fait face au corps cylindrique.

Le **corps cylindrique** est en tôle épaisse. Il renferme les *tubes*. Ces derniers sont en cuivre, et leur diamètre intérieur varie entre 30 et 50 millimètres. Ils s'ouvrent d'un côté dans le foyer, au-dessus du combustible, et de l'autre dans la boîte à fumée. Il y en a au moins 100 par machine, le plus souvent bien davantage. L'intervalle qui les sépare est de 15 à 20 millimètres. Ces tubes servent à livrer passage aux produits de la combustion, et c'est dans l'espace qui existe entre eux que se loge la plus grande partie de l'eau à vaporiser. Le liquide les couvre entièrement, mais son niveau est réglé de telle sorte que la partie supérieure du corps cylindrique reste vide. Cette partie vide est destinée à recevoir la vapeur à mesure qu'elle se forme : aussi l'appelle-t-on *réservoir de vapeur*. Elle communique avec un tube d'un grand diamètre $e z$, nommé *tube éducteur* ou *de prise de vapeur*, qui a pour usage de conduire la vapeur là où elle doit agir, et dont l'ouverture est munie d'un *régulateur*, c'est-à-dire d'un mécanisme qui l'ouvre et la ferme à volonté, au moyen d'une manivelle placée sous la main du mécanicien.

Comme son nom l'indique, la **boîte à fumée** est destinée à recevoir la fumée. Elle peut être disposée d'une foule de manières; mais elle est toujours munie d'une cheminée, dans laquelle un tube C, dit *d'échappement*, dirige la vapeur quand elle a rempli son office.

2. Sous le nom de **mécanisme moteur**, on désigne les *cylindres*, les *pistons*, les *bielles*, les *manivelles* et leurs accessoires. Il y a toujours deux cylindres, un de chaque côté de la machine et au-dessous de la boîte à fumée. La partie supérieure de chacun d'eux communique avec une *boîte à vapeur*, dans laquelle débouche le tube éducteur du corps cylindrique et joue un *tiroir* semblable à celui des machines fixes. Enfin, leurs pistons sont articulés avec des bielles qui agissent, par l'intermédiaire d'autant de manivelles, sur l'essieu de deux grandes roues, appelées *roues motrices*, parce que ce sont elles qui font marcher la locomotive.

3. Le **chariot** est destiné à porter la chaudière et le mécanisme moteur. Il consiste en un *châssis* ou cadre rectangulaire

de bois ou de fer, qui est monté sur plusieurs paires de roues, dont une seulement, ainsi que nous venons de le dire, donne le mouvement à la machine : les autres sont de simples porteuses.

4. Il est maintenant facile de comprendre le fonctionnement d'une locomotive. Le foyer étant allumé, les gaz provenant de la combustion pénètrent dans les petits tubes, chauffent l'eau contenue dans leurs intervalles et la transforment en vapeur. Celle-ci s'élève dans le réservoir, pénètre dans le tube éducteur et fuit par arriver aux boîtes à vapeur qui, à l'aide des tiroirs, la font passer alternativement sur les deux faces des pistons, puis, quand elle a produit son effet, l'envoient dans le tube d'échappement.

Différentes sortes de locomotives. — Toutes les locomotives présentent les parties qui viennent d'être énumérées ; mais elles diffèrent entre elles sous une foule de rapports, suivant le service spécial auquel elles sont destinées. Néanmoins, quel que soit leur mode de construction, elles se classent toutes dans une des catégories suivantes :

Locomotives à voyageurs ou à grande vitesse ; elles marchent avec une vitesse minimum de 40 kilomètres à l'heure ; mais, le plus souvent, elles atteignent une vitesse de 60 kilomètres, quelquefois même de 80 à 100 kilomètres ;

Locomotives à marchandises ou à petite vitesse ; elles ne font guère plus de 30 kilomètres à l'heure, souvent même elles n'en font que 20 à 25, mais alors en traînant des charges très-lourdes :

Locomotives mixtes, ou à moyenne vitesse ; elles marchent avec une vitesse de 35 à 50 kilomètres à l'heure, suivant le profil de la voie, et le poids de la charge ; on les emploie, soit pour les convois de voyageurs, dits *trains omnibus*, soit pour les convois ordinaires de marchandises, soit pour les trains composés de voyageurs et de marchandises.

Locomotives routières. — Nous savons que la locomotive a dû sa naissance aux essais entrepris, au siècle dernier et au commencement du nôtre, pour faire marcher des voitures par la vapeur sur les routes ordinaires. Depuis 1830, ces essais ont été renouvelés bien des fois en Angleterre, en France, aux États-Unis, en Allemagne, en Italie, et toujours sans succès pratique¹.

1. Voici ce que l'ingénieur Perdonnet écrivait, en 1856, au sujet de cette

On les a repris de nos jours, après une assez longue interruption, et, cette fois, on a réussi d'abord, en Angleterre, vers

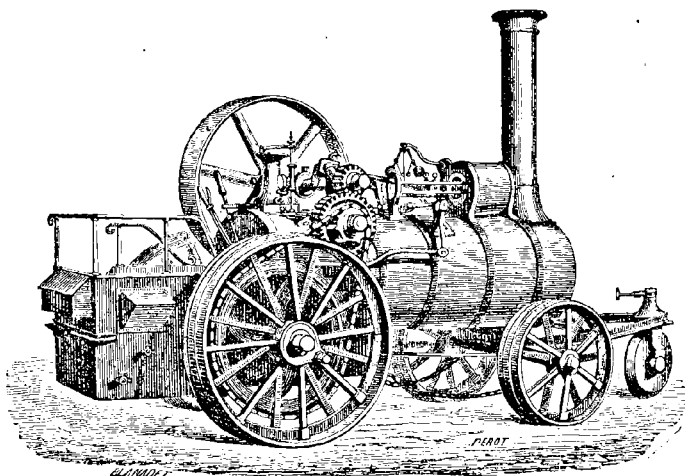


Fig. 419.

Locomotive routière.

1860, puis en France et ailleurs, à obtenir des résultats satisfaisants, parce qu'on a mieux compris les circonstances dans les-

application de la locomotive : « On a tenté un grand nombre d'essais, en Angleterre surtout, dans le but d'employer les locomotives sur les routes ordinaires. On est parvenu, sans de très-grandes difficultés, à les y faire circuler à de grandes vitesses ; mais cela ne suffisait pas, il fallait encore qu'elles pussent marcher avec économie, et la dépense a toujours été excessive.

» Ce résultat était du reste facile à prévoir. En effet, une machine roulant sur une route ordinaire pourra à plus forte raison rouler sur une voie ferrée. Or, elle trainera sur la voie ferrée, en plaine, une charge huit ou dix fois plus considérable que sur la route. Le poids mort sur la route ordinaire, comparée au chemin de fer, sera donc excessif. Ce rapport sera encore bien défavorable sur des pentes de cinq centièmes, comme on en rencontre sur la plupart des routes en France. La charge trainée, même par des machines puissantes, sera très-faible.

» Une seconde objection faite à l'emploi des locomotives sur les routes ordinaires est puisée dans les variations de l'adhérence. Dans toutes les parties de la route sèches et en bon état, il y aura excès d'adhérence ; mais cette

quelles les **locomotives routières** ou **machines de traction**, comme on appelle ces nouveaux véhicules, peuvent être d'un emploi avantageux. Ces machines ne sont pas, en effet, destinées à marcher à de grandes vitesses, par conséquent, à transporter les personnes. Leur rôle véritable est de fonctionner à petite vitesse en trainant de lourds fardeaux. « Elles produisent alors moins d'encombrement que les attelages ordinaires, et peuvent surtout rendre de grands services sur les routes accidentées, où elles peuvent dispenser des chevaux de renfort, et ainsi se suffire à elles-mêmes au moyen d'un accroissement momentané dans l'activité du foyer, sur les points de la route où la résistance est plus grande. Pour empêcher que leur rencontre, ne puisse faire peur aux chevaux, on a tenté divers expédients pour éviter le gonflement du gaz dans la cheminée; mais on n'a pu jusqu'ici parvenir à l'amoinrir d'une manière notable. Au reste, ce n'est pas tant ce bruit que la fumée elle-même qui, quand elle porte sur le sol une ombre mobile, effraye le plus les animaux. Dans tous les cas, l'expérience déjà acquise prouve qu'il n'y a pas à se préoccuper beaucoup de cette impression, qui disparaîtra bientôt lorsque les chevaux auront rencontré quelques voitures à vapeur.

Les inconvénients que peuvent présenter ces appareils finiront par être acceptés, comme ceux de tant d'autres inventions, parce qu'ils sont amplement rachetés par une augmentation de puissance et, par conséquent, par un accroissement de bien-être. D'ailleurs, plusieurs constructeurs sont à l'œuvre, et la question des machines de traction ne peut manquer de recevoir à bref délai les principales solutions qu'elle comporte. » (Trosca) Le dessin éi-joiné (fig. 119) représente la physionomie générale d'une des locomotives routières, celle d'Avelling-et-Porter, qu'on rencontre le plus souvent en Angleterre.

adhérence diminuera beaucoup sur les parties boueuses et dans celles qui auront été rechargées.

» Enfin, les frais d'entretien des locomotives sur les routes seraient énormes. Ils sont déjà très-élevés sur un chemin de fer qui est parfaitement uni; que deviendraient-ils sur une route dont le sol présente toujours des irrégularités plus ou moins sensibles, plus ou moins nombreuses. »

SEIZIÈME PARTIE.

DE L'ÉLECTRICITÉ.

CHAPITRE I.

Notions préliminaires.

Généralités. — *Electricité statique et électricité dynamique.* — Découverte du galvanisme : Galvani. — Invention de la *pile* : Volta. — Piles à courant constant : Daniell, Grove, Bunsen. — *Électro-magnétisme* : Ersted. — *Électro-aimants* : Davy, Ampère. — *Courants d'induction* : Faraday.

1. L'ambre jaune¹, quand il a été frotté, attire les corps placés à peu de distance, de la même manière que l'aimant attire le fer. Les anciens connurent cette propriété plus de 600 ans avant Jésus-Christ; mais ils n'y attachèrent pas plus d'importance qu'à un simple accident de forme ou de couleur. Ils méconnurent l'importance d'une observation qui devait conduire les modernes aux plus brillantes découvertes. C'est du nom grec de l'ambre, *electron*, que dérive le mot **électricité**, par lequel on a désigné d'abord la puissance attractive des corps frottés. Ce même mot s'applique aujourd'hui à une grande variété d'effets ou de phénomènes, dont l'étude constitue une des branches les plus brillantes de la physique.

2. L'électricité connue des anciens, et étudiée par les savants européens, depuis le xvi^e siècle jusque vers la fin du xviii^e, a reçu le nom d'**électricité statique**², parce qu'elle se tient en équilibre à la surface des corps : c'est celle que produisent les corps frottés. Elle avait été soumise aux expériences les plus variées,

1. **Ambre jaune.** C'est une résine fossile qui provient d'arbres de la famille des Pins, dont les espèces ont disparu depuis des siècles. On l'appelle aussi **succin**.

2. Du grec *statô*, se tenir.

lorsque, dans un mémoire publié en 1791, Louis Galvani¹, professeur d'anatomie à Bologne, annonça que le frottement n'était pas indispensable pour obtenir le fluide électrique, que ce fluide se développait aussi par le contact. C'est l'électricité obtenue de cette manière qu'on appelle **galvanisme** ou **électricité galvanique**. On la nomme aussi **électricité dynamique**² ou **à courant continu**, parce qu'elle est en mouvement le long des corps conducteurs. C'est à cette dernière que nous sommes redevables des diverses applications que l'industrie fait aujourd'hui du fluide électrique. Quelques mots sur sa découverte ont donc ici leur place naturelle.

Découverte de l'électricité dynamique.— 1. Depuis plusieurs années, Galvani s'occupait de recherches physiologiques sur le système nerveux. Un soir de l'année 1780, voulant faire une expérience, il prit une grenouille, et lui enleva les membres inférieurs, mais en conservant les nerfs qui les attachaient au corps. Le hasard voulut qu'il posât cette grenouille sur la tablette qui servait de support à la machine électrique³ de son laboratoire. Les choses étant dans cet état, il remarqua que, lorsqu'on approchait la pointe d'un scalpel de chacun des nerfs, au moment où l'on déchargeait la machine, les muscles de l'animal éprouvaient aussitôt des contractions violentes. Galvani comprit parfaitement que ce phénomène était dû à l'électricité, et, bientôt après, il en provoqua plusieurs fois la reproduction, afin d'étudier l'influence du fluide électrique sur les contractions musculaires des animaux.

2. Quelques années plus tard, pendant qu'il se livrait à des expériences suivies sur le phénomène qu'il avait si heureusement observé le premier, Galvani dut à une circonstance fortuite d'être mis sur la voie de la découverte qui a rendu son nom si célèbre. Le 20 septembre 1786, voulant étudier l'action de l'électricité atmosphérique sur les mouvements de la grenouille,

1. Galvani (Louis), médecin et physicien italien, né à Bologne, en 1737, mort en 1798.

2. Du grec *dynamis*, force, puissance.

3. On sait que la **machine électrique** est un appareil destiné à produire de l'électricité statique. Elle a été inventée en 1666 par Otto de Guericke, bourgmestre de Magdebourg (voyez la note 4 de la page 432).

il prépara un de ces animaux comme à l'ordinaire, et, lui passant un crochet de cuivre à travers la moelle épinière, le suspendit à la balustrade de fer de la maison qu'il habitait. Il n'observa rien dans la journée; mais le soir, fatigué d'attendre, il saisit le crochet de cuivre et le frotta vivement contre le fer de la balustrade, afin d'augmenter le contact des deux métaux. Les muscles de la grenouille se contractèrent aussitôt, et cette contraction se reproduisit toutes les fois que le cuivre touchait le fer. Cependant, l'atmosphère était calme, et rien n'accusait la présence de l'électricité extérieure. Les mouvements de l'animal étaient donc indépendants de toute cause externe. Galvani répéta plusieurs fois cette expérience dans son laboratoire, et il remarqua constamment que les membres d'une grenouille décapitée, même depuis plusieurs heures, se contractaient d'une manière très-intense, sans l'intervention d'aucune électricité étrangère, quand il plaçait une lame métallique, ou, mieux encore, deux lames de métaux différents entre un muscle et un nerf.

3. Galvani trouva qu'il y avait une grande analogie entre l'agent du phénomène et l'électricité; mais, au lieu de reconnaître leur identité, il pensa que cet agent était une électricité particulière, qui fut appelée **électricité animale, galvanisme** ou **électricité galvanique**. Cette opinion régna dans la science jusqu'en 1799, époque à laquelle Volta¹, professeur de physique à Pavie, reconnut que l'électricité découverte par son illustre compatriote n'avait pas sa source dans le corps de la grenouille, mais provenait simplement de l'action des deux métaux l'un sur l'autre, et démontra que le contact de deux substances différentes développe de l'électricité toutes les fois qu'il y a une action chimique entre elles, l'une de ces substances se chargeant d'électricité positive et l'autre d'électricité négative².

Invention de la pile. — 1. La production de l'électri-

1. Volta (Alexandre), né à Corne, en 1745, mort en 1827.

2. On sait que, pour expliquer les phénomènes électriques, les physiciens admettent qu'il y a deux électricités de nature diverse, l'électricité positive ou le fluide positif et l'électricité négative ou le fluide négatif. Ces deux fluides préexistent en combinaison dans tous les corps; mais, dans certaines circonstances, ils se séparent et s'accablent l'un d'un côté, l'autre du côté opposé. Leur combinaison constitue ce qu'on appelle l'électricité naturelle ou le fluide neutre.

cité par le simple contact de métaux dissemblables étant une fois constatée, restait à trouver un moyen facile d'augmenter ce genre d'électricité. Volta eut le bonheur de résoudre ce problème en inventant le merveilleux instrument qui a immortalisé son nom, et qui est la cause des diverses applications que le fluide électrique a reçues de nos jours. Il lui suffit pour cela de former une longue colonne (fig. 120), en superposant successivement une rondelle de zinc, une rondelle de cuivre, et une rondelle de drap imbibé d'eau acidulée par de l'acide sulfurique¹, avec la scrupuleuse attention de ne jamais intervenir cet ordre². Qu'attendre de cet empilement dont les extrémités, ou les *pôles*, comme on les appelle, sont nécessairement dissemblables, de telle sorte que s'il y a du zinc Z à la base, il se trouve du cuivre C au sommet, et réciproquement ? La moitié terminée par le cuivre se charge d'électricité négative (—), tandis que la moitié commençant par le zinc se charge d'électricité positive (+), et cet effet persiste tant que les rondelles de drap sont mouillées. En outre, la quantité d'électricité développée est d'autant plus grande que le nombre et l'étendue des *couples*, ou *éléments*, est plus considérable, et l'on appelle ainsi chaque groupe composé d'un cuivre, d'un zinc et d'un morceau de drap. Si alors on réunit les deux pôles par un fil métallique, le fluide positif et le fluide négatif qui s'y trouvent accumulés se précipitent à la rencontre l'un de l'autre et se neutralisent en reconstituant le fluide naturel ou neutre ; mais,

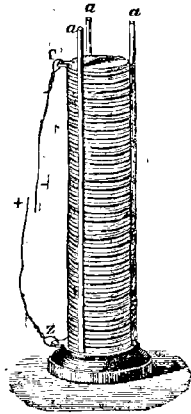


Fig. 120.
Pile de Volta.

1. **Acide sulfurique.** Liquide incolore et inodore, qui est composé de soufre et d'oxygène. On l'appelle vulgairement *huile de vitriol*. C'est le plus important de tous les produits chimiques, et il rend de si grands services à l'industrie que la consommation qui en est faite dans un pays peut, comme celle du fer, donner la mesure de l'activité industrielle de ce pays. En France, la production de cet acide dépasse annuellement 80 millions de kilogrammes.

2. Les lettres *aaa* indiquent trois baguettes de verre qui, fixées dans un support isolant, servent à maintenir la colonne verticale.

comme ils se renouvellent sans cesse, on a dans le fil un mouvement continu d'électricité, qui a reçu le nom de *courant*. On est convenu de regarder ce courant comme allant du *pôle positif* au *pôle négatif*, c'est-à-dire de l'extrémité où le fluide positif s'est accumulé, à celle où se trouve le fluide négatif. Il s'établit aussitôt que les pôles communiquent entre eux, et cesse au moment même où la communication est interrompue. Dans le premier cas, on dit que le *circuit est fermé*; dans le second, qu'il est *ouvert*. Enfin, on appelle *rhéophores*, *electrodes* ou *conducteurs*, les fils qui joignent les pôles; ils servent à conduire l'électricité là où l'on veut la faire agir.

2. L'appareil dont nous venons de parler a reçu le nom de **pile électrique**, **voltaïque** ou **galvanique**. Volta l'inventa en 1799, et il la décrivit, pour la première fois, dans une lettre adressée, le 20 mars 1800, à sir Joseph Banks, président de la Société royale de Londres. Toutefois, comme l'histoire des sciences en offre de nombreux exemples, il n'avait qu'une idée très-imparfaite de son emploi. Ce furent quatre savants anglais, le chirurgien Antony Carlisle, le chimiste Humphry Davy et les physiciens William Nicholson et William Cruikshank, qui découvrirent les propriétés physiques et chimiques de la pile, et, par conséquent, en mirent en lumière les différents usages.

Piles à courant constant. — 1. La pile dont se servit Volta est dite **à colonne**, à cause de sa forme. Dès les premières applications qu'on en fit, on s'aperçut qu'elle présentait plusieurs graves défauts, par suite desquels l'intensité du courant diminuait avec tant de rapidité, qu'au bout de peu de temps, elle devenait presque nulle. Une foule de savants se mirent à la recherche de moyens propres à l'améliorer; mais on n'obtint de résultats satisfaisants que lorsqu'on eut imaginé les piles dites **à courant constant**, lesquelles furent ainsi appelées parce que le courant qu'elles fournissent conserve toujours la même énergie.

2. La première pile à courant constant a été inventée en 1836, par le chimiste anglais Daniell¹. Chacun de ses éléments

1. Daniell (John-Frédéric), né à Londres en 1790, mort en 1845. Quand il inventa sa pile, il était professeur de chimie au King's college de sa ville natale.

(fig. 121) se compose des parties suivantes, qui sont placées les unes dans les autres : 1° un vase extérieur, en verre ou en faïence V, rempli aux trois quarts, soit d'une dissolution saturée de sel de cuisine, soit d'eau commune additionnée d'un peu d'acide sulfurique ; 2° un vase intérieur, en porcelaine dégourdie¹ P, contenant une solution saturée de sulfate de cuivre² ; 3° une lame de cuivre rouge C, enroulée en cylindre, qui plonge dans la dissolution cuivreuse ; 4° une lame de zinc Z, également enroulée en cylindre, qui baigne dans la dissolution saline ou acide. Le cuivre est le pôle positif du couple, et le zinc en est le pôle négatif.

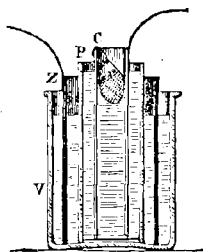


Fig. 121.
Élément de Daniell.

La pile de Daniell est la réunion de plusieurs couples semblables. Pour les mettre en batterie, c'est-à-dire les assembler, on les dispose de façon que deux couples contigus communiquent par leurs métaux hétérogènes, en d'autres termes, que le zinc du premier élément soit relié au cuivre du second, puis le zinc

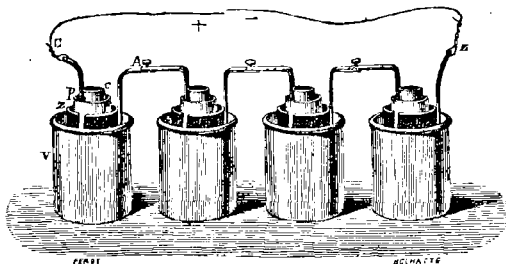


Fig. 122.
Pile de Daniell.

de celui-ci au cuivre du troisième, et ainsi de suite (fig. 122). De cette manière, quand la pile est montée, elle offre un cuivre indépendant à l'une de ses extrémités, et un zinc, également libre, à l'extrémité opposée. Son pôle positif est à l'extrémité

1. C'est-à-dire de porcelaine mate, sans glaçure, et n'ayant subi qu'un commencement de cuisson.

2. Sulfate de cuivre. Voyez, sur ce corps, la note 9 de la page 326.

qui se termine par le cuivre, et son pôle négatif à celle qui se termine par le zinc. La réunion des couples se fait au moyen de bandelettes de cuivre et d'agrafes à vis de pression.

3. La pile de Daniell est d'un usage très-répandu. Il en est de même de celle du chimiste allemand Bunsen¹, dont l'idée première appartient au physicien anglais Grove². Dans cette pile (fig. 123), nous retrouvons un vase extérieur en faïence ou

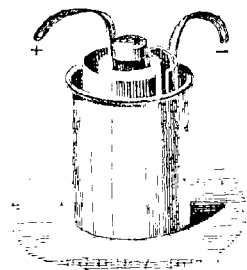


Fig. 123.

Élément de Bunsen.

en verre, un vase intérieur en porcelaine déglacée et une lame de zinc enroulée en cylindre; mais le cuivre est remplacé par un parallépipède de charbon de cornue³. De plus, c'est de l'acide nitrique⁴ qui se trouve dans le vase extérieur, et le vase intérieur contient de l'eau acidulée par l'acide sulfurique.

On forme la pile de Bunsen de la même manière que celle de Daniell, c'est-à-dire qu'on réunit le zinc du premier élément au charbon du second, le zinc de celui-ci au charbon du troisième et ainsi de suite, de telle sorte que l'appareil se termine, d'un côté, par un zinc, de l'autre, par un charbon : le zinc représentant le pôle négatif et le charbon le pôle positif.

Aimants et courants. — Au commencement de 1819, Oersted⁵, professeur de physique, à Copenhague, reprenant des recherches commencées en 1807 sur la corrélation du magnétisme et de l'électricité, reconnut qu'un courant voltaïque circulant dans le voisinage d'une aiguille aimantée, exerce à dis-

1. Bunsen (Robert-Guillaume-Eberard), né à Göttingue, en 1811, professeur de chimie à l'université de Marbourg.

2. Grove (William-Robert), professeur de physique à la London Institution, né à Swansea, en 1811.

3. C'est une espèce de charbon qui se forme au fond et à la partie supérieure des cylindres ou cornues qui servent à la distillation de la houille dans les usines à gaz.

4. **Acide nitrique** ou **azotique**. Liquide blanc et d'une odeur désagréable, qui est formé d'oxygène et d'azote. Étendu d'eau, il constitue l'eau-forte du commerce. C'est un des acides les plus employés dans les arts.

5. Oersted (J.-Chr.), né à Rudkøbing (Danemark), en 1777, mort en 1851.

tance une action puissante sur cette aiguille, et la détourne de sa position naturelle. Il remarqua, en outre, que l'aiguille se met immédiatement en croix avec le courant, et que si on la dérange de cette position, elle y revient par une suite d'oscillations isochrones¹ dont la durée dépend de l'intensité du courant. Cette propriété des courants constatée, on ne tarda pas à observer que les aimants fixes exercent, à leur tour, une action directrice sur les courants mobiles. Enfin, l'étude de ce double phénomène donna lieu à une série de nouvelles découvertes, dont l'ensemble a reçu le nom d'**électro-magnétisme**, et qui conduisirent à l'invention des **électro-aimants**, par conséquent, à la réalisation pratique de la télégraphie électrique et aux autres applications qu'on a faites depuis de ces appareils.

Electro-aimants. — 1. Peu de temps après la découverte d'Oersted, Humphry Davy² remarqua qu'on pouvait aimanter des barreaux ou des aiguilles d'acier en les plaçant perpendiculairement à la direction d'un courant voltaïque. Ampère³ et Arago⁴ trouvèrent presque aussitôt qu'on obtenait une aimantation plus prompte et plus énergique en faisant passer le courant dans un fil enroulé en hélice et enveloppant le barreau. De là l'invention des **électro-aimants**.



Fig. 124.

Electro-aimant simple.

2. L'électro-aimant le plus simple se compose d'un barreau de fer pur, ou fer doux, à la surface duquel on enroule un fil de cuivre. On obtient ainsi une espèce de bobine A, dont le barreau B forme l'axe (fig. 124). Le plus souvent, dans les expériences, on emploie deux appareils semblables, qu'on fixe perpendiculaire-

1. **Isochrome.** Du grec *isos*, égal, et *khronos*, temps. En mécanique et en physique, on donne cette épithète aux mouvements qui se font dans des temps égaux.

2. Arago (Dominique-François), astronome, né à Estagel (Pyrénées-Orientales), en 1786, mort en 1853.

3. Ampère (André-Marie), un des plus illustres physiciens de la France, né à Lyon, en 1775, mort en 1836.

4. Davy, célèbre chimiste anglais. Voyez la note 16 de la page 237.

ment sur une plaque de fer, en disposant les choses de façon que les extrémités libres des barreaux soient des pôles de nom contraire.

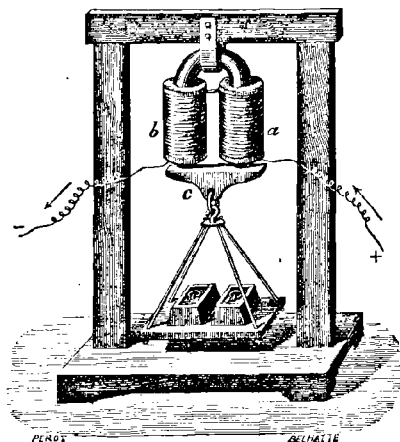


Fig. 125.

Électro-aimant en fer à cheval.

(fig. 125) un électro-aimant *ab* fait d'un gros barreau recourbé en fer à cheval et fixé à un solide bâti en bois.

3. De quelque manière qu'un électro-aimant soit disposé, si l'on attache les extrémités du fil de cuivre aux pôles d'une pile, le barreau devient un aimant d'une énergie extrême, qui attire fortement les masses de fer placées à une petite distance; mais il perd la propriété magnétique aussitôt qu'on interrompt la communication avec la pile. Ainsi (fig. 126), quand le courant passe, la pièce de fer doux *c*, qu'on appelle *armature* ou *contact*, est attirée par l'électro-aimant *e* et prend la position *c'*. Au contraire, quand le courant cesse de passer, cette pièce n'étant plus retenue par l'électro-aimant est ramenée à la position primitive par le ressort *r*. On peut donc aimanter et désaimanter à volonté un électro-aimant, et, ce qu'il y a de remarquable, c'est qu'il n'est pas nécessaire pour cela qu'il soit dans le voisinage de la pile qui fournit le courant.

4. L'aimantation que l'électricité communique au fer a une énergie énorme, car on peut suspendre à l'armature *c* de certains électro-aimants (*fig.* 125) des poids très-

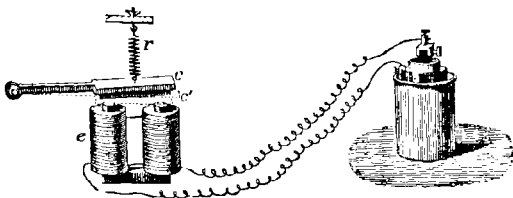


Fig. 126.
Électro-aimant à deux branches.

considérables sans qu'ils se détachent. Un de ces appareils, qui a été construit, en 1831, par le physicien Pouillet¹, supporte une charge de plus de 4,000 kilogrammes, avec un courant produit par une pile de 24 couples.

Courants d'induction. — 1. En 1831, le physicien anglais Faraday² se demanda si, puisque les courants voltaïques possèdent la propriété de développer le magnétisme, les aimants, à leur tour, ne seraient pas capables de faire naître des courants électriques. Le succès le plus complet couronna ses expériences, qui non-seulement conduisirent à la découverte des courants dits *d'induction*, mais encore fournirent à la science la preuve la plus décisive de l'identité d'origine entre les phénomènes magnétiques et les phénomènes électriques.

2. On appelle **courants d'induction** ou **courants induits** des courants électriques qui se développent dans les conducteurs métalliques sous l'influence d'autres courants. Ils produisent des effets analogues à ceux des courants des piles. On peut les faire naître de plusieurs manières; mais on se sert presque exclusivement des courants voltaïques ou des aimants. On emploie à cet effet des appareils diversement disposés, dont nous allons essayer de donner une idée.

1. Pouillet (Mathias), physicien français, né à Cuzancé (Doubs), en 1791, mort en février 1868.

2. Faraday (Michel), illustre physicien anglais, né à Newington-Surrey, près de Londres, en 1791, mort en 1867.

Machines électro-magnétiques. — 1. Sous le nom de **machines électro-magnétiques**, on désigne

les appareils qui produisent de l'électricité par l'action des aimants; la plus ancienne a été inventée, en 1831, par M. Hippolyte Pixii, constructeur d'instruments de physique à Paris: c'est également la plus simple de toutes. Comme le montre le dessin, elle se compose d'un électro-aimant B (fig. 127), vissé à la partie supérieure d'un bâti de bois, et entouré de tours de fil de cuivre très-

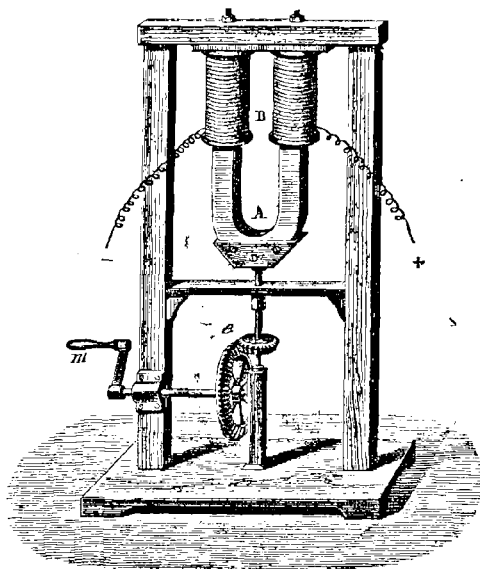


Fig. 127.
Machine de Pixii.

nombreux. Au-dessous de cet électro-aimant se trouve un aimant en fer à cheval A, mobile autour d'un axe vertical, et auquel on peut imprimer un mouvement de rotation à l'aide de l'engrenage e et de la manivelle m. Quand l'aimant tourne, ses deux branches sont amenées successivement, tantôt dans le plan des branches de l'électro-aimant, tantôt dans un plan perpendiculaire. Dans la première position, les barreaux ou noyaux de fer doux s'aimantent; au contraire, dans la seconde, ils se désaimantent. Dans les deux cas, si le circuit des deux bobines est fermé, il naît, dans le fil métallique des courants d'induction de sens opposé.

2. Un appareil, qui est d'un usage général pour produire économiquement la lumière électrique, est la machine de la

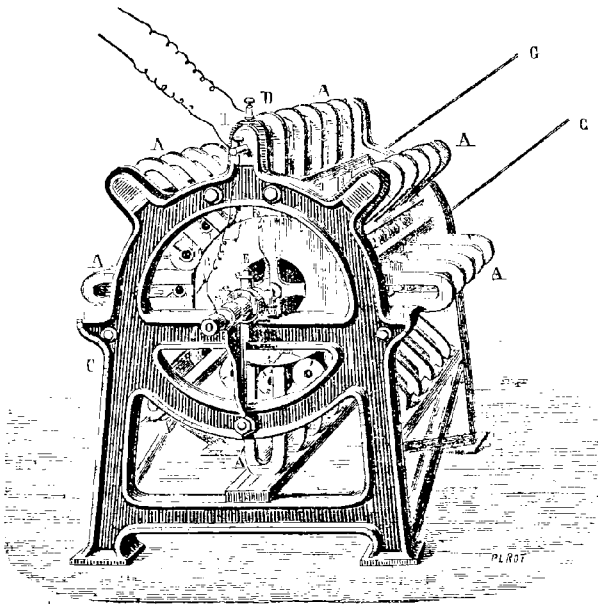


Fig. 128.

Machine de la compagnie l'Alliance.

compagnie l'Alliance (fig. 128). Elle a été inventée par M. Nollet, professeur de physique à Bruxelles, et grandement perfectionnée par l'ingénieur belge Van Malderen. Dans sa forme la plus simple, elle consiste en deux disques de bois verticaux, dont l'un, qui est fixe, porte huit aimants en fer à cheval équidistants, et dont l'autre, qui est mobile autour d'un axe horizontal, est armé de seize bobines. L'ensemble d'un disque fixe et d'un disque mobile constitue ce qu'on appelle un *élément*, et on peut en placer autant qu'on veut, à la suite les uns des autres. Il y en a

huit dans le dessin que nous donnons. AAAA sont les huit séries d'aimants; les bobines sont échelonnées sur le tambour intérieur BB; et le tout est supporté par le bâti C. Une petite machine à vapeur donne le mouvement à l'axe horizontal, par l'intermédiaire de la courroie GG, et lui fait faire plusieurs centaines de tours à la minute. L'un des rhéophores I s'attache au bouton *i*, à l'extrémité de l'arbre de rotation O, et l'autre au bouton D, sur le bâti de la machine.

Bobine de Ruhmkorff. — Un autre appareil d'induction, très-remarquable par l'intensité de ses effets, mais qui

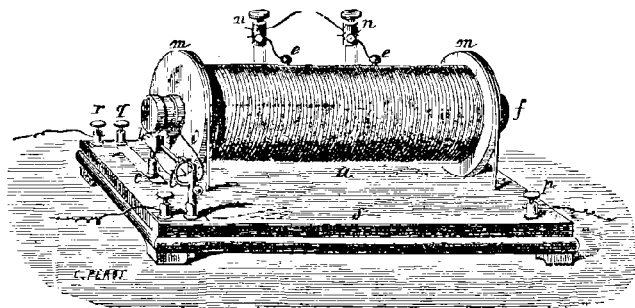


Fig. 129.

Bobine de Ruhmkorff

fonctionne par l'action des courants voltaïques, a été inventé, en 1851, par M. Ruhmkorff, habile constructeur parisien. Il se compose essentiellement (*fig. 129*) de deux bobines entrant l'une dans l'autre. La bobine intérieure est formée d'un gros fil de cuivre faisant environ 300 tours de spire, isolés par des couches épaisses de vernis. Quant à la bobine extérieure, elle est faite d'un fil de cuivre très-fin, d'une très-grande longueur, recouvert de coton ou mieux de soie, et noyé dans une couche de gomme laque. Les bobines sont horizontales et portées par deux disques de verre *mm*, maintenus verticalement. Les rhéophores s'attachent aux colonnettes *nn*, auxquelles aboutissent les deux extrémités du fil de la bobine extérieure, par l'intermédiaire des boutons *ee*. L'appareil est mis en communication avec une pile

par les conducteurs rr , et, pour donner plus d'intensité aux courants qu'il fournit, on place dans l'axe des bobines, un faisceau de gros fils de fer f , qui s'aimantent et se désaimantent successivement, quand le courant de la pile passe ou cesse de passer.

La machine de Ruhmkorff donne des commotions excessivement fortes, des étincelles de plusieurs centimètres de longueur, etc. Elle produit aussi des effets calorifiques très-intenses, et nous verrons bientôt qu'on tire parti de cette propriété pour l'inflammation des mines.

CHAPITRE II.

Applications industrielles.

Applications mécaniques : Chemins de fer, horlogerie, chronoscopes et chronographes, enregistreurs, moteurs, électro-trieurs, métiers électro-fisseurs. — *Applications physiques* : Éclairage, tirage des mines. — *Applications chimiques* : Électro-métallurgie, son principe, sa division en galvanoplastie et électro-chimie, histoire de sa découverte, ses applications.

I. — APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Notions préliminaires. — 1. La découverte de l'électromagnétisme, ayant donné le moyen de créer à distance une force susceptible d'être détruite spontanément à un moment donné, on a immédiatement songé à tirer parti de l'électricité, soit pour simplifier des appareils ou des mécanismes connus, soit pour obtenir des effets nouveaux qu'aucun autre agent ne saurait produire. La première de ces applications a eu pour objet la transmission rapide des correspondances, et sa réalisation pratique a créé la **télégraphie électrique**, à l'histoire de laquelle nous avons consacré une notice spéciale¹, et qui a été le point de départ de toutes les autres. Nous allons faire une revue très-rapide de ces dernières.

Chemins de fer. — 1. Sur les chemins de fer, l'emploi de l'électricité a été proposé bien des fois comme moyen d'éviter

1. Voyez la Dix-septième partie.

es accidents. Pour réaliser cette idée, on a imaginé des centaines de systèmes, parmi lesquels, les uns, et ce sont les seuls rationnels, agissent automatiquement, tandis que les autres ne fonctionnent qu'avec l'intermédiaire d'un personnel spécial. Tous ont pour objet de donner une ou plusieurs des indications suivantes : 1° enregistrer à chaque station les différents points de la voie parcourue par les différents trains ; 2° permettre à deux trains venant à la rencontre l'un de l'autre, ou se suivant de trop près, de s'avertir mutuellement de leur trop grand rapprochement ; 3° prévenir les trains en mouvement avançant vers les stations, que la voie est libre à ces stations ou qu'elle y est fermée ; 4° établir un échange de correspondances entre les stations et les convois, et entre les convois eux-mêmes, de telle sorte que chaque convoi puisse prévenir celui qui le suit ou le précède du point de la voie où il se trouve ; 5° faire savoir si les disques-signaux qui précèdent les stations exécutent bien le mouvement voulu pour représenter le signal envoyé ; 6° mettre en communication les agents d'un train entre eux et avec les voyageurs ; 7° avertir les cantonniers, gardes-barrières, etc., de l'approche des trains.

2. Ces systèmes diffèrent entre eux par la disposition des circuits électriques. Leurs appareils, à leur tour, varient suivant la manière dont ce circuit est formé, ainsi que suivant l'effet spécial qu'on veut produire et le mode d'action qui doit être mis en jeu. En général, chaque système emploie deux sortes d'appareils : les uns fixes, placés aux stations ou sur le bord de la voie, les autres mobiles, portés par les convois ; les premiers se composant ordinairement d'un indicateur, d'une pile, d'une sonnerie et d'un transmetteur ; les seconds, d'une machine à signaux, d'une pile, d'une sonnerie et d'un transmetteur.

3. Nous avons parlé de l'énorme puissance d'attraction que les électro-aimants acquièrent quand un courant les traverse. On a plusieurs fois essayé d'utiliser cette puissance pour construire des freins capables de modérer et d'ancantir la vitesse des convois ; mais aucun des appareils proposés pour cela n'a pu, jusqu'à présent, devenir d'un usage général.

Horlogerie. — Les premiers essais pour appliquer l'électricité aux horloges ont été faits en 1840, par le physicien anglais Wheatstone. On peut se proposer trois objets différents en

horlogerie électrique : 1° construire une horloge ordinaire dont le mouvement soit perpétué à l'aide de l'électricité, en sorte qu'elle puisse fonctionner pendant un temps très-long; sans avoir besoin d'être remontée; 2° communiquer le mouvement d'un régulateur, ou horloge-type, à un certain nombre d'aiguilles marchant sur des cadrans très-éloignés les uns des autres; 3° établir entre deux ou plusieurs horloges, même ordinaires, un synchronisme de marche d'une exactitude rigoureuse de manière qu'elles restent toujours parfaitement d'accord. De là trois catégories d'horloges électriques. Ces appareils sont surtout en usage dans les grandes administrations et dans les établissements publics ou privés dont l'étendue est considérable.

Chronoscopes et Chronographes. — Dans une foule de circonstances particulières, il est nécessaire de mesurer un intervalle de temps excessivement court, par exemple, un millième de seconde. Ainsi, lorsqu'on veut déterminer la promptitude d'inflammation des différentes espèces de poudres de guerre, la vitesse des projectiles et des corps qui ne peuvent, comme la lumière, produire un effet physique instantané à distance, on est forcé de recourir à des mécanismes capables de fournir une mesure infiniment petite, quelquefois même très-inférieure à la fraction de seconde que nous venons d'indiquer. Dans tous ces cas, la plus grande difficulté à surmonter consiste dans l'appréciation précise du point de départ et du point d'arrêt de l'observation; car nos sens sont loin d'être assez sensibles pour une semblable appréciation, que l'électricité seule a pu rendre possible. C'est aux instruments employés dans ce but qu'on donne le nom de **Chronoscopes** ou de **Chronographes**. Wheatstone a imaginé le premier ces instruments, en 1840. Il en existe aujourd'hui un grand nombre d'espèces; mais, quelle que soit leur disposition, leur mode d'action est fondé sur le même principe. Tous, en effet, fonctionnent au moyen de la production électrique de traces dont on peut déterminer la valeur, relativement au temps, par le rapport qui existe entre leur longueur et la vitesse du mobile qui les a produites, vitesse qui peut toujours être connue.

Enregistreurs. — L'électricité donnant le moyen d'enre-

gistrer les temps infiniment petits, à plus forte raison permet-elle d'enregistrer des temps plus ou moins longs et en rapport avec telles ou telles fonctions déterminées. Les appareils dont on fait alors usage sont particulièrement appelés **enregistreurs électriques**. Le nombre en est énorme, et il y en a pour les usages les plus variés. On les emploie pour faire connaître les vitesses différentes des machines aux différentes parties de la journée, la distance parcourue par les navires en mer, les différentes hauteurs de la marée, etc. ; pour enregistrer les indications d'une foule d'instruments de physique, baromètres, thermomètres, anémomètres, etc. On en a même fait pour écrire les improvisations musicales exécutées sur un piano, et constater l'heure et la durée des tremblements de terre.

Moteurs électriques. — Nous avons déjà suffisamment parlé de cette application de l'électricité : il est donc inutile d'y revenir ici¹.

Électro-trieurs. — Certains oxydes métalliques peuvent devenir magnétiques par le grillage ou la réduction, et, dans cet état, il est possible de les séparer mécaniquement des corps étrangers auxquels ils sont unis. Dans les établissements où l'on travaille les métaux, on a souvent des limailles de fer ou de fonte mélangées avec des limailles de cuivre, et qu'on a intérêt à recueillir à part. C'est pour opérer cette espèce de triage qu'ont été inventés les appareils appelés **électro-trieurs** ou **électro-trieuses**. Ces appareils se composent d'une roue verticale *a* (fig. 130), dont la circonférence est garnie d'un certain nombre d'électro-aimants *ee*, et les choses sont disposées de telle sorte que trois de ces derniers au plus reçoivent le courant, quand ils se trouvent dans une position donnée. Aussitôt qu'ils ont abandonné cette position, ils deviennent inactifs et, par conséquent, peuvent abandonner les corps magnétiques qu'ils ont attirés. Cette roue tourne au-dessus d'une toile métallique *tt*, qui, enroulée sur deux cylindres, amène les poussières mélangées qu'on veut soumettre à l'action électro-magnétique. Au moment où ces poussières viennent à passer à portée des électro-aimants actifs,

1. Voyez la Treizième partie, chap. IV, § III, page 465.

ceux-ci attirent toutes les substances magnétiques, les transportent

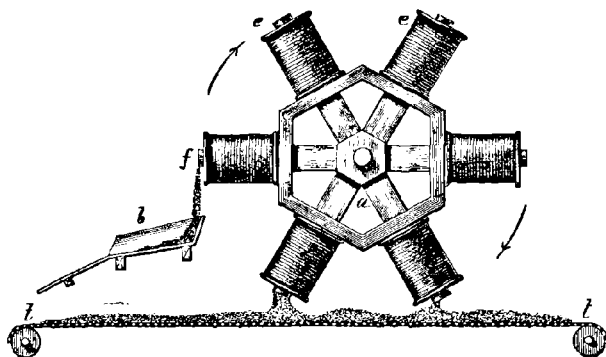


Fig. 130.
Électro-trieur.

jusqu'en *f*, et, comme ils deviennent alors inertes, ils les laissent tomber sur le plan incliné de décharge *b*, tandis que les matières non magnétiques restent sur la toile et sont entraînées par elle. La séparation des diverses poussières s'effectue ainsi d'une manière prompte et continue.

Électro-tissage. — On a donné ce nom à un procédé de fabrication des étoffes façonnées, inventé vers 1852 par M. Bonelli, ingénieur piémontais, et dans lequel les cartons percés du métier Jacquard étaient remplacés par des électro-aimants. Il n'a eu aucun succès pratique, parce que, pour supprimer des mécanismes compliqués et embarrassants, il employait d'autres mécanismes plus compliqués et plus embarrassants.

II. — APPLICATIONS PHYSIQUES.

1. Après l'**éclairage électrique**, auquel nous avons consacré ailleurs une notice particulière ¹, la plus importante application des propriétés physiques de l'électricité est celle qui a pour objet le *tirage des mines*.

1. Voyez la Onzième partie.

Tirage des mines. — 1. L'idée première de se servir de l'électricité pour enflammer la poudre à distance date du milieu du siècle dernier, et appartient à Franklin¹ ; mais elle n'a pu être réalisée pratiquement qu'une centaine d'années plus tard.

2. Aujourd'hui, on communique le feu à la charge des mines, soit en mettant à contribution l'effet calorifique produit par le passage de l'électricité dans un fil très-fin faiblement conducteur, soit en faisant réagir directement l'étincelle elle-même.

3. Le premier moyen est le plus ancien. Conçu, dès 1805, par un officier français nommé Gillot, il n'est cependant devenu d'une application facile qu'après 1845, quand l'emploi de la gutta-percha a permis d'isoler parfaitement les fils conducteurs. On n'y a recours que pour les petites distances. On pourrait bien l'employer également pour porter le feu très-loin ; mais il faudrait alors donner à la pile une puissance énorme. Ainsi, le 13 novembre 1852, jour de l'inauguration du télégraphe sous-marin de Douvres à Calais, pour faire partir un canon d'une rive à l'autre du détroit, on fut obligé de se servir d'une batterie de 20 piles formant ensemble 240 éléments de Bunsen.

4. Le second moyen a été imaginé, en 1853, par don Gregorio Verdu, colonel du génie espagnol, qui était alors en mission à Paris. Cet officier se proposa de remédier à l'inconvénient du procédé usuel pour les grandes distances, et il y réussit complètement en combinant l'emploi de la pile ordinaire avec celui de la machine de Ruhmkorff. Grâce à cette combinaison, on peut, avec une pile très-faible, obtenir des étincelles très-puissantes et qui, en outre, se produisent par tous les temps et perdent fort peu de leur énergie avec la longueur du circuit. Toutefois, comme

1. Voici en quels termes Franklin, dans une lettre datée du 29 juin 1751, a parlé de l'emploi de l'électricité pour enflammer la poudre : « Je n'ai pas appris qu'aucun de vos électriciens d'Europe ait encore réussi à enflammer la poudre à canon par le feu électrique. Nous le faisons de cette manière. On remplit une petite cartouche de poudre sèche, que l'on bourre assez fortement pour en écraser quelques grains ; on y enfonce ensuite deux fils d'archal pointus, un à chaque bout, en sorte que les deux pointes ne soient éloignées que d'un demi-pouce au milieu de la cartouche ; alors on place la cartouche dans le cercle d'une batterie : quand les quatre vases se déchargent, la flamme, sautant de la pointe d'un fil d'archal à celle de l'autre, dans la cartouche, au travers de la poudre, l'enflamme, et l'explosion de cette poudre se fait au même instant que le craquement de la décharge. »

l'action de ces étincelles ne serait pas suffisante pour assurer l'inflammation de la poudre, on en rend l'effet inmanquable en les faisant passer à travers une fusée spéciale, inventée par l'ingénieur anglais Stateham.

5. Le procédé Verdu est employé partout aujourd'hui pour faire jouer les mines militaires. Il rend aussi de grands services à l'art des constructions, car il permet d'exécuter, avec une grande économie de temps et d'argent, des travaux considérables qui, par les anciens moyens, seraient d'une entreprise très-difficile, sinon impossible.

III. — APPLICATIONS CHIMIQUES.

Notions générales. — Les applications chimiques de l'électricité ont eu pour point de départ une découverte capitale que firent, au commencement de ce siècle, deux savants anglais, le chirurgien Anthony Carlisle et le physicien William Nicholson. Le 2 mai 1800, peu de temps après que Volta eut construit son célèbre appareil, ces savants parvinrent à décomposer l'eau en y plongeant deux fils métalliques (*fig. 131*), dont l'un communiquait au pôle positif et l'autre au pôle négatif d'une pile : l'oxygène se rendit au pôle positif et l'hydrogène au pôle négatif. Cette belle expérience fut répétée partout, et l'on ne tarda pas à reconnaître que tous les sels sont décomposables par le fluide électrique, quand ils se trouvent à l'état liquide, ce qui permit d'analyser une multitude de combinaisons qui avaient résisté jusqu'alors à tous les moyens d'investigation.

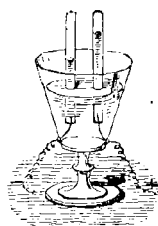


Fig. 131.
Décomposition
de l'eau.

Électro-métallurgie. — 1. De toutes les applications chimiques de l'électricité, la plus importante, au point de vue industriel, est celle qui a donné naissance à l'**électro-métallurgie**. On sait qu'on appelle ainsi l'art d'extraire, par l'action d'un courant galvanique, un métal dissous dans un liquide, pour le précipiter sur un objet conducteur ou *rendu conducteur* de l'électricité. Si l'on veut obtenir un dépôt d'une certaine épaisseur, cohé-

rent et susceptible de se détacher du corps qui a servi de moule, l'opération prend le nom de *galvanoplastie*. Si, au contraire, on veut se borner à recouvrir un objet d'une couche continue et adhérente, l'opération constitue l'*électro-chimie*.

2. Ainsi que nous venons de le dire, l'électro-métallurgie a son origine dans l'invention de la pile, dont on peut la regarder comme une des plus admirables conséquences. Tous les procédés qu'elle emploie reposent, en effet, sur le principe suivant, que nous nous contenterons d'énoncer très-brèvement : *quand on soumet la dissolution d'un sel métallique à l'action d'une pile, cette dissolution se trouve bientôt réduite en ses éléments, de telle sorte que le métal vient se déposer au pôle négatif*. Ce principe a été connu dès 1800 ; mais il a fallu plus de trente ans pour qu'il ait pu devenir le point de départ d'applications industrielles ; et cependant, dans cet intervalle, plusieurs savants s'étaient trouvés sur la voie. Ainsi, en 1802, Louis Brugnatelli, élève et collaborateur de Volta, avait réussi à dorer des médailles d'argent « dans des ammoniures d'or nouvellement préparés et bien saturés. » En 1825, M. de la Rive, physicien suisse, s'occupant de recherches dans le but de rendre moins dangereux le travail des doreurs au mercure, eut l'idée de faire passer le courant d'une forte pile dans une dissolution de chlorure d'or ; mais il ne put obtenir aucun bon résultat. Plus tard, le même savant et le chimiste anglais Daniell, en étudiant les phénomènes de la pile, remarquèrent qu'un dépôt de cuivre, formé sur la plaque métallique placée au pôle négatif, offrait une copie fidèle des éraillures que cette plaque portait ; ils signalèrent le fait, mais sans en tirer aucune conséquence. Les choses étaient dans cet état lorsque, dans le courant de 1837, la galvanoplastie fut inventée, à quelques mois d'intervalle et dans deux pays à la fois : d'une part, en Russie, par le physicien Jacobi ; d'autre part, en Angleterre, par le physicien Thomas Spencer. Les recherches auxquelles on se livra aussitôt dans toute l'Europe ne tardèrent pas à conduire à la réalisation pratique de l'électro-chimie, et alors l'industrie se trouva en possession des deux branches de l'électro-métallurgie.

Galvanoplastie. — Nous venons de voir que l'invention de la **galvanoplastie** a été faite en Angleterre et en Russie,

dans le courant de 1837. Disons quelques mots des circonstances qui lui donnèrent naissance.

1. Au mois de septembre 1837, M. Spencer, à Liverpool, faisait des expériences avec une petite pile dont l'unique élément était composé d'un disque de cuivre uni par un fil de même métal à un disque de zinc. Le cuivre plongeait dans une dissolution de sulfate de cuivre ¹, et le zinc dans une dissolution de sel de cuisine. Quand l'appareil fut mis en action, il arriva que le métal réduit vint, en se déposant sur le disque négatif, s'arrêter sur les bords de gouttes de cire à cacheter qui étaient tombées accidentellement sur le disque de cuivre. M. Spencer comprit aussitôt qu'il était en son pouvoir de guider à volonté le dépôt cuivreux et de le couler en quelque sorte dans les lignes creusées sur une plaque de cuivre vernie. Il prit donc une plaque de cuivre, la recouvrit à chaud d'un mélange de cire jaune, de résine et d'ocre rouge, puis, avec une pointe, il y traça des lettres et des dessins absolument comme s'il avait voulu faire de la gravure à l'eau-forte ². Ayant alors soumis cette plaque à l'action d'une pile, il vit ses prévisions se réaliser, car le cuivre provenant de la décomposition du bain cuivreux vint remplir les sillons produits dans le vernis par le passage de la pointe et former des caractères en relief susceptibles d'être imprimés par les procédés de la typographie.

Quelque temps après, un hasard heureux lui fit entrevoir sa découverte sous un jour tout nouveau. Ayant besoin d'une plaque de cuivre pour former un de ses petits couples voltaïques, et ne trouvant point sous la main de disque de cuivre, l'idée lui vint d'employer à la place une pièce de monnaie. Il réunit donc cette pièce à une rondelle de zinc par un fil métallique. Le couple fut disposé comme à l'ordinaire et le dépôt ne tarda pas à commencer. Au bout de quelques heures, trouvant que l'expérience ne marchait pas suivant son désir, il démonta l'appareil et arracha par fragments le cuivre réduit qui recouvrait l'élément négatif. Alors, à sa grande surprise, il observa que tous les détails de la pièce étaient reproduits sur ces fragments de cuivre avec une fidélité rigoureuse. Il répéta aussitôt la même expérience, mais en se servant d'une médaille de cuivre dont le relief était consi-

1. Voyez, sur le sulfate de cuivre, la note 9 de la page 326.

2. Voyez, sur ce genre de gravure, la Sixième partie.

dérable, et il y fit déposer une croûte de cuivre d'un millimètre d'épaisseur environ. Ayant ensuite détaché cette croûte avec précaution, il vit qu'elle était un fac-simile mathématiquement exact de la médaille. Après une telle observation, la galvanoplastie était inventée. Il est inutile de dire, en effet, que M. Spencer ne se contenta pas de mouler en creux des monnaies et des médailles; il se servit aussi de ces moules pour en obtenir des contre-épreuves qui étaient les copies parfaites de l'original.

2. Pendant que M. Spencer découvrait ainsi la galvanoplastie, M. Jacobi, à Dorpat, arrivait par une autre voie à des résultats semblables. En février 1837, comme il se livrait à des expériences sur l'électro-magnétisme, il trouva, sur une plaque métallique, des empreintes de cuivre du dessin le plus régulier. Il voulut alors connaître le mode de formation de ces empreintes et, en même temps, pouvoir les reproduire. A cet effet, il soumit à l'action de courants électriques d'une faible intensité des lames de cuivre sur lesquelles il avait fait graver des lettres et des figures, et, comme M. Spencer, il obtint des dépôts de cuivre qui reproduisaient exactement en relief les traits gravés en creux sur les planches. Il reconnut aussi que des contre-épreuves de ces dépôts pouvaient être obtenues à l'aide du même procédé, en sorte qu'il était possible de multiplier à l'infini les exemplaires de la planche originale.

3. En poursuivant leurs essais, Spencer et Jacobi remarquèrent que, pour produire un dépôt d'une certaine épaisseur, cohérent et susceptible de se détacher du corps qui lui avait servi de moule, il fallait que le courant eût une faible intensité et une force constante. Jacobi fit une autre découverte non moins importante. Il remarqua que la dissolution du sel métallique devait toujours être parfaitement saturée, afin que son pouvoir conducteur, restant le même, elle laissât constamment passer la même quantité de fluide électrique, et il trouva que, pour remplir cette condition, il suffisait de mettre dans la dissolution des cristaux du sel qui la saturait, ou bien de prendre pour pôle positif une plaque du métal qui se déposait au pôle négatif. Ce sont les plaques de ce genre qu'on appelle *électrodes* ou *anodes solubles*, parce que, à mesure qu'il se fait au pôle négatif un dépôt métallique aux dépens de la dissolution saline, elles se dissolvent dans le liquide à

peu près dans la même proportion, en sorte que la saturation de ce dernier ne varie pas sensiblement.

4. L'invention de la galvanoplastie fut immédiatement rendue publique. Ceux qui l'avaient faite n'eurent même pas l'idée de l'exploiter à leur profit. Toutefois, les applications de l'art nouveau furent d'abord peu nombreuses, à cause de l'obligation où l'on se trouvait de n'employer que des moules métalliques. Cet obstacle exista jusque vers le milieu de 1840, époque à laquelle M. Boquillon, en France, et M. Murray, en Angleterre, découvrirent presque simultanément qu'il était possible de communiquer la propriété conductrice de l'électricité aux substances qui ne la possédaient pas, en les recouvrant d'une couche pulvérulente de plombagine, corps éminemment conducteur. Dès ce moment, il fut possible de remplacer les moules de métal par des moules de plâtre, de cire à cacheter, de gélatine, de gutta-percha, etc., et la galvanoplastie put recevoir les destinations les plus diverses. En même temps, au lieu d'opérer seulement sur le cuivre, comme faisaient Spencer et Jacobi, on chercha des moyens de réduction pour les autres métaux et l'on réussit pour les plus utiles, ce qui permit d'étendre encore davantage le champ des opérations.

5. Quelques mots suffiront pour donner une idée des procédés galvanoplastiques. Parlons d'abord des appareils. Ils peuvent avoir les formes et les dimensions les plus diverses ; mais ils offrent toujours l'une des deux dispositions suivantes : ou le courant galvanique se produit dans l'intérieur même du vase où le dépôt a lieu ; ou bien, il prend naissance en dehors de ce vase. L'appareil est simple dans le premier cas, et composé dans le second.

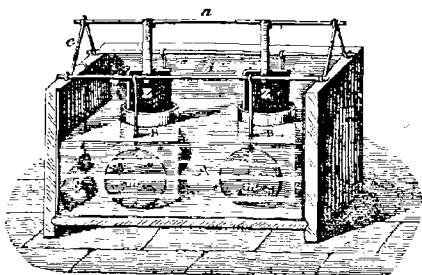


Fig. 132.

Appareil galvanoplastique simple.

La fig. 132 représente un appareil simple. Le vase A est en

bois doublé intérieurement de gutta-percha, mais il peut être aussi en verre ou en faïence; il renferme le *bain*, c'est-à-dire la dissolution saline dont on veut précipiter le métal, et que nous supposons être un bain de sulfate de cuivre. BB sont des vases poreux analogues à ceux d'une pile; ils contiennent de l'eau acidulée, et dans cette eau plongent des lames de zinc ZZ, suspendues à une tringle de cuivre *a*. Les moules *mm* sont placés devant ces vases, et des fils de cuivre *bc* les réunissent à la tringle qui supporte les zincs. Aussitôt que le circuit est fermé, il se produit un courant par suite duquel les zincs deviennent le pôle positif et les moules le pôle négatif. En même temps, la dissolution saline est décomposée: l'acide sulfurique et l'oxygène se portent sur les zincs, qui se dissolvent; l'hydrogène de l'eau décomposée réduit alors le cuivre, qui se dépose sur les moules. A mesure que le bain s'appauvrit, il est régénéré par des cristaux de sulfate de cuivre placés dans le sac S.

La fig. 133 montre un appareil composé. Trois couples de

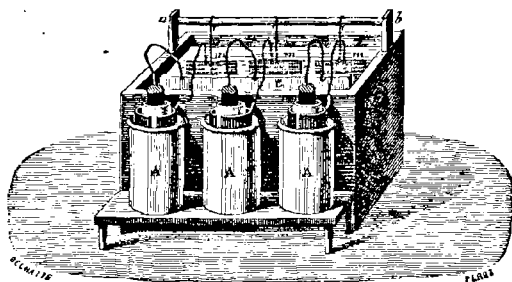


Fig. 133.

Appareil galvanoplastique composé.

Daniell ou de Bunsen AAA sont en dehors du vase qui contient la dissolution de sulfate de cuivre. Les moules *mmm*, suspendus à la tringle *ab*, sont placés vis-à-vis

d'une plaque de cuivre *c*, qui sert à la fois d'électrode positive et d'électrode soluble. Les charbons ou les cuivres des couples sont reliés avec cette plaque par des fils de cuivre, tandis que les zincs communiquent de la même manière avec les moules.

6. Depuis son origine, la galvanoplastie est employée partout

pour reproduire les œuvres de la sculpture avec une économie considérable et une fidélité qui défie la main de l'artiste le plus habile. Elle rend également des services inappréciables à l'imprimerie et à la gravure, auxquelles elle donne le moyen, soit de multiplier à peu de frais les planches et les bois gravés, soit de fabriquer des planches de cuivre à l'usage des graveurs, soit enfin de graver directement, et ce sont les procédés qu'elle emploie, dans ces diverses applications, qu'on désigne sous les noms d'**électrotypie** ou **clichage galvanique**, d'**électrographie** ou **galvanographie**¹.

Électro-chimie. — L'électro-chimie comprend plusieurs branches distinctes ; mais les plus importantes sont : d'une part, la *dorure* et l'*argenture* ; d'autre part, la *galvanisation*.

1. La **dorure** et l'**argenture galvaniques** ont pour objet, comme leur nom l'indique, de donner aux métaux communs l'aspect et les propriétés des métaux précieux. L'invention de l'une et de l'autre a été la conséquence de celle de la galvanoplastie. En effet, aussitôt que celle-ci fut connue, l'idée de se servir de l'électricité dynamique pour dorer et argenter vint à l'esprit des savants et des industriels. Le problème fut résolu, en Angleterre, dans l'été de 1840, par MM. Henri et Richard Elkington, de Birmingham. Ces inventeurs y parvinrent en remplaçant par des liqueurs alcalines les liqueurs acides employées jusqu'alors, et en se servant des composés de cyanogène et autres sels doubles qui ne sont pas décomposés par les métaux électro-positifs. Quelques mois plus tard, un de nos compatriotes, M. Henri de Ruolz, arriva de son côté aux mêmes résultats, et par des moyens à peu près semblables. Ce dernier n'a donc pas inventé l'orfèvrerie électro-chimique, ainsi qu'on le croit généralement ; il a seulement, et c'est déjà un titre de gloire considérable, formulé nettement les règles à suivre pour que l'opération puisse avoir un succès complet.

Les bains sont formés de cyanure d'or ou d'argent dissous dans du cyanure de potassium. Quant aux appareils, ils sont gé-

1. Pour la description de ces procédés, voyez notre ouvrage intitulé : **ARTS ET MANUFACTURES.**

néralement composés. La fig. 134 montre les dispositions qu'on

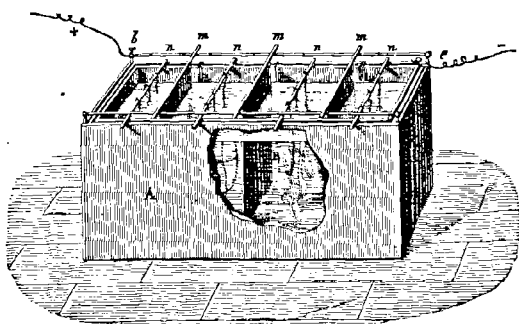


Fig. 134.

Dorure et argenture galvaniques.

donne le plus souvent à ceux qui doivent recevoir un grand nombre de pièces à la fois. La cuve A est divisée, dans sa longueur, par des tringles de cuivre auxquelles

sont suspendues des plaques d'or ou d'argent servant d'anodes solubles, et qui sont reliées entre elles par un châssis de cuivre *mmm* communiquant au pôle positif *b* de la pile. Entre les anodes, d'autres tringles de cuivre, jointes ensemble par un châssis particulier *nnn*, semblable au précédent, mais un peu plus bas, communiquent au pôle négatif *e* de la pile. C'est à ces dernières tringles que l'on suspend, au moyen de fils de cuivre, les objets *c* que l'on veut dorer ou argenter. On comprend que, lorsque l'appareil est en marche, le cyanure d'or ou d'argent étant décomposé, le métal se dépose sur les objets placés sur l'électrode négative, tandis que le cyanogène se porte sur l'électrode positive et dissout la plaque d'or ou d'argent qui s'y trouve.

2. La **galvanisation** a pour but de prolonger la durée des objets fragiles ou oxydables en les recouvrant d'une couche métallique assez mince pour ne pas altérer la pureté des lignes et la délicatesse des détails, et cependant assez résistante pour les mettre complètement à l'abri des causes d'altération ou de destruction venant de l'extérieur. Il est superflu d'ajouter que lorsqu'ils ne sont pas conducteurs de l'électricité, on leur communique cette propriété en les plombaginant, après quoi on les place dans la dissolution métallique en les suspendant à l'électrode négative. C'est ainsi qu'on revêt d'une pellicule d'or ou d'argent

des statuètes et des vases de plâtre ou de bois, des fruits, des fleurs, jusqu'à des cadavres. C'est également au moyen du même procédé que, depuis plusieurs années, on soustrait aux ravages de l'oxydation les statues, les fontaines et les autres monuments de fonte qui décorent les places publiques, en les recouvrant d'une couche continue de cuivre rouge, ce qui constitue le **cuivrage galvanique**.

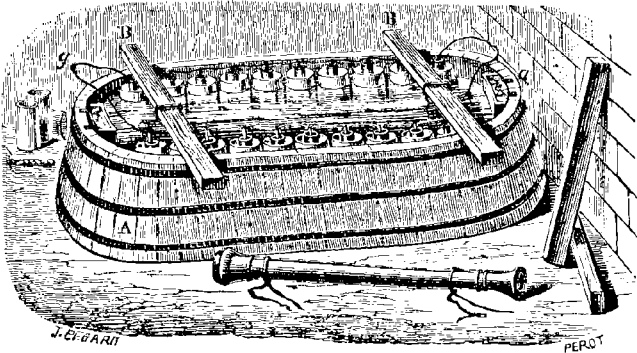


Fig. 135.

Cuivrage de la fonte.

La fig. 135 indique comment on procède, dans ce dernier cas, quand les pièces ont des dimensions considérables. On se sert de grandes cuves A, contenant parfois plusieurs tonnes de sulfate de cuivre. Ici, c'est un candélabre à gaz qu'il s'agit de galvaniser. Il est suspendu à des poutrelles BB, et entouré de vases poreux renfermant l'eau acidulée et les zincs. Ces derniers sont reliés ensemble par des fils métalliques, et le dernier fil est attaché au candélabre. Enfin, des morceaux de sulfate de cuivre, destinés à entretenir le bain convenablement chargé, sont placés dans des boîtes à jour *aa*, disposées contre les parois de la cuve.

DIX-SEPTIÈME PARTIE.

TRANSMISSIONS TÉLÉGRAPHIQUES.

Télégraphie aérienne. — Télégraphie électrique. — Télégraphie acoustique.

CHAPITRE I.

Télégraphie aérienne.

Origine de la *télégraphie aérienne*. — Ce qu'elle était dans l'antiquité. — Ce qu'elle est devenue dans les temps modernes ; Amontons, Claude Chappe. — Pourquoi abandonnée.

Invention de la télégraphie. — Il est certain que, de tout temps, les hommes ont dû communiquer entre eux à des distances éloignées. Ainsi, l'histoire nous apprend que, dès la plus haute antiquité, on s'est servi de feux, d'étendards et même de sons, pour annoncer les mouvements des armées, la prise des forteresses, la mort des personnages importants ; mais ce n'est pas là qu'il faut chercher l'origine de la télégraphie. En effet, des signaux convenus à l'avance et qui ne doivent servir qu'à un moment déterminé pour faire connaître un événement prévu, ne peuvent pas constituer un système télégraphique. La télégraphie n'a existé réellement que lorsqu'on a pu communiquer une nouvelle quelconque à une distance plus ou moins grande, avec une vitesse plus ou moins considérable, et sans déplacement de personnes ou de choses. Ce projet fut réalisé, dans la seconde moitié du III^e siècle avant notre ère, par Cléoxène et Démoclyte, ingénieurs de Philippe V, roi de Macédoine. Pour cela, ils divisèrent les lettres de l'alphabet en cinq groupes ou colonnes, puis, les représentant par des fanaux, ils imaginèrent un télégraphe de nuit d'une

admirable simplicité. Avait-on une dépêche à faire passer, le guetteur qui devait commencer levait deux fanaux, et le guetteur suivant en levait deux autres, ce qui indiquait qu'il était prêt. Le premier levait alors, à sa gauche, un nombre de fanaux désignant la colonne où se trouvait la lettre qu'il fallait prendre, et, à sa droite, un nombre de fanaux indiquant le rang de cette lettre dans la colonne. On continuait ainsi pour chacune des lettres dont se composait chaque mot de la dépêche. Ce procédé était d'une excessive lenteur puisque les transmissions ne pouvaient être faites que lettre par lettre ; mais, d'un autre côté, il offrait une précision parfaite. Dans tous les cas, la télégraphie proprement dite était trouvée, et il n'y avait plus qu'à la perfectionner. Il paraît même que ces perfectionnements eurent lieu, si l'on en juge par le grand nombre de mots que les Grecs consacrèrent à la langue des signaux ; mais il n'en est point question dans les textes qui nous sont parvenus.

Antiquité. — Ce qui précède montre ce qu'était la télégraphie aérienne dans l'antiquité, à l'époque de son plus grand perfectionnement. On admet assez généralement que les Romains connurent le système macédonien à l'époque de la seconde guerre punique¹ ; plusieurs auteurs pensent même qu'elle leur fut communiquée par le Grec Polybe². Quoiqu'il en soit, ils ne manquèrent pas d'en faire usage et, à mesure que leur domination s'étendit, ils s'empressèrent de relier les principales villes par des lignes de tours au sommet desquelles des guetteurs faisaient des signaux de feu.

Temps modernes. — Pendant le moyen âge, l'art télégraphique tomba complètement en désuétude. En 1589, le physicien Porta³ essaya vainement de le faire revivre, en imaginant un système qui n'était, à proprement parler, qu'une simple modification de celui des ingénieurs macédoniens. En 1684, le doc-

1. On sait que la seconde guerre punique eut lieu en 219-201 avant Jésus-Christ.

2. Polybe, grand historien grec, né entre 210 et 200 avant Jésus-Christ, mort vers 122, passa une partie de sa vie à Rome et s'y lia avec tout ce que cette ville avait alors de plus éclairé.

3. Sur Porta, voyez la note 1 de la page 39.

teur anglais Robert Hooke¹ fit une tentative semblable, qui ne fut pas plus heureuse. En 1690, un de nos compatriotes, le physicien Amontons² proposa un système dans lequel, ce dont personne n'avait encore eu l'idée, les instruments d'optique étaient employés à l'observation des signaux³. Toute la théorie de la télégraphie aérienne, telle qu'elle fut, cent ans plus tard, mise en pratique, se trouvait dans ce système. Néanmoins, l'invention fut négligée, parce que le besoin de correspondances rapides ne se faisait pas encore sentir. La même raison fit rejeter d'autres systèmes qui furent inventés par la suite, notamment en 1702, 1778 et 1783. Il ne fallut pas moins que les grandes guerres de la Révolution pour donner un autre cours aux idées.

Système Chappe. — 4. En 1792, la France se trouvant en lutte avec toute l'Europe, il était d'une extrême importance que le gouvernement pût transmettre ses ordres le plus rapidement possible aux diverses armées qui étaient aux prises avec l'ennemi. Aussi, la Convention accueillit-elle avec empressement un système télégraphique qui lui fut présenté par l'abbé Claude Chappe⁴, et, sur la proposition d'un de ses membres, elle vota des fonds pour l'expérimenter immédiatement. Ces expériences furent faites, du 13 au 15 juillet 1793, sur une petite ligne de 35 kilomètres de longueur. Elles réussirent si complètement que, sur le témoignage

1. Hooke (Robert), un des plus célèbres physiciens de l'Angleterre, né dans l'île de Wight, en 1635, mort en 1703.

2. Amontons (Guillaume), né à Paris, en 1663, mort en 1705.

3. Voici ce que dit de ce système l'académicien Fontenelle, dans l'éloge qu'il nous a laissé d'Amontons :

« Peut-être prendra-t-on pour un jeu d'esprit, mais du moins très-ingénieux, un moyen qu'il imagina de faire savoir tout ce qu'on voudrait à une très-grande distance, par exemple de Paris à Rome, en très-peu de temps, comme en trois ou quatre heures, et même sans que la nouvelle fût sue dans les postes intermédiaires... Le secret consistait à disposer dans plusieurs postes consécutifs des gens qui, au moyen de lunettes de longue-vue, ayant aperçu certains signaux du poste précédent, les transmettaient au suivant, et toujours ainsi de suite; et ces différents signaux étaient autant de lettres d'un alphabet dont on n'avait le chiffre qu'à Paris et à Rome. La plus grande portée des lunettes faisait la distance des postes, dont le nombre devait être le moindre possible; et, comme le second poste faisait les signaux au troisième à mesure qu'il les voyait faire au premier, la nouvelle se trouvait portée de Paris à Rome presque en aussi peu de temps qu'il en fallait pour faire les signaux à Paris. »

4. Chappe (Claude), né à Brulon (Sarthe), en 1763, mort en 1805.

des représentants Daunou, Lakanal et Arbogast, qui avaient été chargés de les suivre, la Convention décréta la construction d'une grande ligne entre Paris et Lille. Cette ligne fut inaugurée le 1^{er} septembre 1794 par l'annonce d'une victoire sur les Autrichiens. En effet, dans la séance de ce jour, la Convention reçut cette simple dépêche : « Condé est restitué à la République : la reddition a eu lieu ce matin à six heures. » Dès ce moment, le sort de la télégraphie aérienne se trouva définitivement assuré, et des mesures furent prises pour mettre au plus tôt nos principales places frontières en communication avec Paris. Plus tard, sous le Directoire, on imagina de construire des télégraphes portatifs à l'usage des armées, et l'on assure que Napoléon I^{er} dut la réussite de plus d'une combinaison stratégique aux appareils de ce genre, qu'il établissait entre son quartier-général et celui de ses lieutenants.

2. Le succès obtenu en France par le télégraphe de Claude Chappe engagea les gouvernements étrangers à doter leurs Etats de cette merveilleuse invention ; mais ce ne fut en général qu'après y avoir introduit des modifications plus ou moins heureuses. En même temps, il excita l'émulation d'une foule de chercheurs, tels que Bréguet et Bettancourt (1798), Schwenger (1800), Edelcrantz (1800), Saint-Haouen (1820), etc., dont les systèmes, parfois très-ingénieux, ne purent devenir pratiques.

3. Une ligne établie d'après le système de Chappe se composait d'une suite de postes, placés sur des lieux élevés et distants de 12 à 15 kilomètres. De chaque poste (*fig. 136*), on voyait très-distinctement, à l'aide de longues-vues, celui qui précédait et celui qui suivait. Chacun d'eux était surmonté d'un mât A, haut de 4 à 5 mètres, à l'extrémité duquel se trouvait un fléau BB mobile,

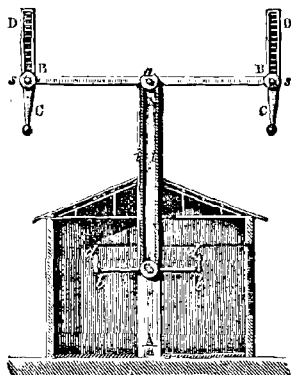


Fig. 136.
Télégraphe Chappe.

par sa partie moyenne, sur une poulie *a*. Ce fléau, qu'on appelait *régulateur*, pouvait décrire un cercle complet sur son axe horizontal, par conséquent prendre, relativement au mât, toutes les inclinaisons possibles, soit à droite, soit à gauche. A chacun de ses bouts était un bras *CD*, nommé *indicateur*, qui tournait également au moyen d'une poulie *s*, et pouvait prendre, par rapport à lui, un grand nombre de positions. Pour mettre l'appareil en mouvement, on se servait d'un système de cordes *ii* et de poulies communiquant, dans l'intérieur du poste, à une manivelle *bd* disposée près du siège du guetteur. C'étaient ces différentes positions relatives du régulateur et des deux indicateurs qui constituaient le langage télégraphique. Ces positions formaient 192 figures qu'on avait combinées de manière à donner 36,864 signes, les uns représentant des syllabes isolées, les autres correspondant à des phrases convenues. A l'exception de quelques signes réglementaires, que tous les employés connaissaient, les dépêches n'étaient comprises que par deux traducteurs placés aux extrémités de la ligne. On pouvait d'ailleurs changer à volonté la signification des signaux, quand on supposait qu'elle avait été devinée ou divulguée. Pour donner une idée de la rapidité avec laquelle le télégraphe fonctionnait, nous dirons qu'à Paris on recevait des nouvelles de Lille (222 kilomètres) en 2 minutes, de Brest (596 kilomètres) en 6 minutes 50 secondes, et de Toulon (840 kilomètres) en 13 minutes 50 secondes.

4. En 1846, époque de son plus grand développement, notre télégraphie aérienne se composait de cinq grandes lignes qui, partant toutes de Paris, aboutissaient à Strasbourg, Lille, Brest, Toulon et Bayonne. Ces lignes comprenaient un nombre total de 534 stations et mettaient 29 villes en communication directe avec Paris. Des estafettes à cheval étaient ensuite chargées de porter les dépêches dans les villes intermédiaires.

5. L'invention de Chappe avait cependant deux défauts d'une excessive gravité : c'est que, d'une part, elle ne pouvait servir pendant la nuit, et que, d'autre part, pendant le jour, l'état de l'atmosphère empêchait d'apercevoir les signaux pendant une très-grande partie de l'année. Une foule de chercheurs entreprirent de remédier à ce double inconvénient ; plusieurs d'entre

eux, surtout MM. Château, en 1843, et Gonon Ennemond, en 1844, étaient au moment de résoudre le problème, quand l'invention de la télégraphie électrique vint rendre inutile la continuation des recherches.

CHAPITRE II.

Télégraphie électrique.

Premiers essais de télégraphie électrique : Marshal, Lesage, Lomond, etc.; cause de leur insuccès. — Découverte de l'électro-magnétisme : son influence sur l'avenir de la télégraphie : Ampère, Ronalds, Schilling, Gauss, etc. — Réalisation pratique de la télégraphie électrique : Wheatstone, Steinheil, Morse. — Principes généraux de la télégraphie électrique : télégraphes à aiguilles, à cadran, écrivants, imprimants, autographiques; télégraphie sous-marine.

Premiers essais. — 1. L'idée de la possibilité d'établir un système de télégraphie à l'aide de l'électricité est née, on peut le dire, aussitôt que les physiciens eurent découvert l'instantanéité de la transmission du fluide électrique. Quant aux moyens employés pour résoudre le problème, ils forment trois groupes distincts, dont chacun correspond à l'une des trois grandes découvertes opérées depuis un siècle dans cette branche de la science. Or, comme jusqu'aux premières années du XIX^e siècle, on n'a connu que l'électricité statique, c'est-à-dire l'électricité produite par le frottement et dégagée par les machines électriques ordinaires, les premiers inventeurs de télégraphes électriques ne purent employer d'autre agent. Leurs systèmes de signaux furent donc fondés sur les réactions propres à cette sorte d'électricité, et particulièrement sur les attractions et les répulsions manifestées par la pendule électrique.

2. Le document le plus ancien où la possibilité de la télégraphie électrique se trouve nettement formulée est une lettre publiée, le 1^{er} février 1753, dans un journal écossais, par Charles Marshal, savant physicien de l'époque. L'appareil proposé se composait d'autant de fils métalliques qu'il y a de lettres dans l'alphabet, et ces conducteurs correspondaient à autant de petits

électromètres formés d'une balle de sureau suspendue à un fil de soie. En mettant une machine électrique en rapport avec tel ou tel de ces fils métalliques, la balle de sureau correspondante était repoussée, et le mouvement désignait la lettre de l'alphabet à laquelle cette balle était affectée. Des systèmes analogues furent imaginés par la suite, à Genève, par Louis Lesage (1774) ; en France, par Lomond (1786) ; en Espagne, par Bettancourt (1787) et Salva (1796) ; en Allemagne, par Reiser (1794), etc. ; mais toutes ces recherches ne pouvaient conduire à aucun résultat sérieux, parce que l'électricité statique, la seule que l'on connût alors, n'est bonne qu'à faire fonctionner des télégraphes de cabinet et ne saurait être employée pour des transmissions sur une grande échelle.

3. Au commencement de ce siècle, la découverte, par Volta, de l'électricité à courant continu, fit entrer les études de télégraphie électrique dans une voie nouvelle. Les physiiciens, désormais en possession d'un agent plus facile à produire et à diriger, demandèrent à l'électricité dynamique la solution du problème que l'électricité statique ne pouvait leur donner. Toutefois, les premiers qui s'essayèrent dans la nouvelle voie ne furent pas heureux. Tel fut le cas de Coxe, en Angleterre (1810), et de Scemmering, en Allemagne (1811), dont les télégraphes, fondés sur les propriétés décomposantes de la pile, furent reconnus ne pouvoir servir, comme ceux de leurs devanciers, qu'à faire des expériences dans les cours de physique.

4. En 1819, OErsted, professeur de physique à Copenhague, fit faire un grand pas à la question en constatant la déviation de l'aiguille aimantée par le courant électrique¹. La possibilité d'appliquer cette découverte à la réalisation pratique de la télégraphie électrique se présenta aussitôt à l'esprit de tous les savants. L'illustre Ampère, entre autres, s'en expliqua clairement dans un mémoire présenté à l'Académie des sciences le 2 octobre 1820. « On pourrait, dit-il, au moyen d'autant de fils conducteurs et d'aiguilles aimantées qu'il y a de lettres, et en plaçant chaque lettre sur une aiguille différente, établir, à l'aide d'une pile placée loin de ces aiguilles, et qu'on ferait communiquer alternativement par

1. Voyez page 546.

ses deux extrémités à celles de chaque fil conducteur, une sorte de télégraphe propre à écrire tous les détails qu'on pourrait transmettre, à travers quelques obstacles que ce soit, à la personne chargée d'observer les lettres placées sur les aiguilles. En établissant sur la pile un clavier dont les touches porteraient les mêmes lettres et établiraient la communication par leur abaissement, ce moyen de correspondance pourrait avoir lieu avec assez de facilité et n'exigerait que le temps nécessaire pour toucher d'un côté et lire de l'autre chaque lettre. »

5. Dans ce passage se trouve nettement énoncé le principe de la télégraphie actuelle ; mais l'appareil proposé par Ampère était trop compliqué pour passer dans la pratique. D'ailleurs, avec leur intensité rapidement décroissante, les piles alors connues n'auraient pu répondre aux exigences d'une correspondance suivie. Malgré les recherches auxquelles on se livra de toutes parts, près de dix-sept années devaient encore s'écouler avant que la télégraphie électrique pût devenir pratique. C'est alors que parurent les systèmes de Ronalds, en Angleterre (1823), du baron Schilling, à Saint-Petersbourg (1833), de Gauss et Weber, en Allemagne (1834), de Ritchie et Alexander, à Edimbourg (1836), etc. Les appareils de ces inventeurs étaient généralement très-ingénieux ; mais, comme celui de notre illustre compatriote, ils présentaient tous le défaut d'une extrême complication. La plupart exigeaient autant de fils que de signaux à transmettre. Ainsi, pour les 25 lettres de l'alphabet, il fallait 25 fils, plus un fil de retour pour compléter les différents circuits.

Réalisation pratique. — 1. En 1837, la solution du problème fut trouvée dans trois pays à la fois : en Angleterre, par M. Wheatstone¹ ; en Bavière, par M. Steinheil² ; aux États-Unis, par M. Morse³. Cet événement eut un retentissement immense. Partout on se mit à l'œuvre pour appliquer et améliorer

1. Wheatstone (Charles), professeur de physique au King's college, à Londres, né à Gloucester, en 1802.

2. Steinheil (Charles-Auguste), professeur de physique à l'Université de Munich, né à Ribeauvillé (Haut-Rhin), en 1801.

3. Morse (Samuel-Finley-Breese), professeur de littérature et de beaux-Arts à l'Université de New-York, né à Charlestown (Caroline du Sud), en 1791, mort en avril 1872.

un moyen de communication qui permettait de transmettre, à des distances quelconques, les nouvelles les plus compliquées, avec une rapidité instantanée, sans intermédiaires, et, ce qui était encore inappréciable, malgré la pluie, le brouillard et la nuit, c'est-à-dire dans les circonstances où la télégraphie aérienne était absolument inutile.

2. Les premières lignes furent établies en Angleterre et aux États-Unis. Grâce aux efforts persévérants de Wheatstone et de Morse, ces deux pays en étaient même pour ainsi dire déjà couverts que les autres nations se livraient encore à des essais. La plus ancienne ligne qu'il y ait eu en France est celle de Paris à Rouen, construite en exécution d'une ordonnance royale du 23 novembre 1844. D'autres lignes semblables furent créées par la suite. Toutefois notre réseau n'a reçu des développements sérieux, en d'autres termes n'est devenu ce que nous le voyons aujourd'hui, que depuis un décret rendu le 6 janvier 1852, par l'empereur Napoléon III. En 1871, il se composait de 41,248 kilomètres de lignes aériennes et de 571 kilomètres de câbles sous-marins, et son établissement avait coûté plus de 53 millions. Dans le principe, il était exclusivement à l'usage du Gouvernement. C'est une loi du 20 novembre 1850 qui a donné au public la faculté de s'en servir.

Principes généraux. — Nous allons maintenant faire une exposition sommaire des principes généraux de la télégraphie électrique.

1. Deux fils de métal joignent les deux stations qui doivent correspondre, et que nous supposons être Paris et Toulouse ; ils sont isolés de manière à ne communiquer électriquement ni avec le sol ni entre eux, et, dans chaque ville, une pile voltaïque puissante est à portée de leurs extrémités.

2. Supposons qu'à Paris on mette le pôle positif de la pile en communication avec l'un des fils et son pôle négatif avec l'autre. Si tout se borne là, le courant ne s'établit pas ; car, à Toulouse, le circuit se trouve ouvert, puisque les extrémités des deux fils ne communiquent pas entre elles. Mais si, à Toulouse, on fait la même opération qu'à Paris, c'est-à-dire si l'on joint les deux fils, le circuit est fermé, le courant s'établit aussitôt et le fluide élec-

trique circule d'une manière continue dans toute l'étendue des fils et dans tous les appareils employés pour réunir leurs extrémités. On dit alors que le courant va, de Paris à Toulouse, par le fil qui communique avec le pôle positif de la pile, et qu'il revient de Toulouse à Paris par le fil qui communique avec son pôle négatif; mais ce second fil, qu'on appelle *fil de retour*, n'est pas nécessaire : il peut être remplacé par la terre elle-même. Dans ce cas, un seul fil est étendu entre les deux stations ; à Paris, son extrémité communique avec le sol par une large plaque de métal plongeant dans la Seine ou simplement dans l'eau d'un puits ; à Toulouse, le pôle négatif de la pile communique aussi avec le sol par une autre plaque de métal qui plonge dans la Garonne ou dans un puits. Les choses ainsi disposées, si, à Paris, le pôle positif de la pile est mis en contact avec l'extrémité du fil, le courant s'établit comme ci-dessus et va de Paris à Toulouse; mais, au lieu de retourner de Toulouse à Paris par le second fil, qui n'existe plus, il effectue son retour par le sol. La terre fait ainsi partie du circuit, et l'on évite la dépense qu'occasionnerait l'achat et la pose du fil de retour.

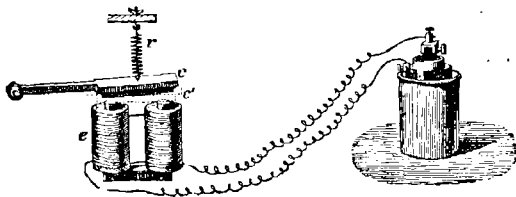


Fig. 137.

Principes de télégraphie électrique.

3. Mais le fluide qui passe d'une manière permanente dans un circuit formé par deux fils ou par un seul fil et la terre, est peu propre par lui-même à produire des signaux. Il est donc nécessaire de tirer du courant des effets variés que l'on puisse combiner de façon à satisfaire aux besoins de la correspondance la plus complète. On y parvient en interrompant le passage du fluide pour le rétablir ensuite, et en disposant les choses pour que ces alternatives donnent naissance à un mouvement de va-et-vient plus ou moins rapide. A cet effet, on place dans le circuit, à chaque station, un électro-aimant *e* (fig. 137) qui devient aimant

quand le fluide passe, et qui cesse de l'être aussitôt que le courant est interrompu. Tout le temps qu'il est aimant, il attire son armature *c*, et, à l'instant où il ne l'est plus, un ressort *r* rappelle celle-ci. L'armature est donc obligée d'osciller entre l'action de l'électro-aimant et celle du ressort. Rien n'empêche alors d'utiliser ces oscillations pour produire des signaux.

4. La télégraphie électrique comprend trois opérations distinctes, chacune exigeant un appareil spécial : la transmission du courant, la production des signaux au poste de départ, la reproduction de ces mêmes signaux au poste d'arrivée.

L'appareil de transmission du courant, ou *circuit* électro-dynamique, se compose de fils de fer galvanisé qui relient les deux postes en correspondance, et qui, tantôt sont suspendus en l'air, et tantôt sont placés dans le sol ou au fond des cours d'eau, après avoir été enfermés dans une enveloppe de gutta-percha.

L'appareil de production des signaux avec lequel on forme la dépêche, et qui se trouve à la station de départ, s'appelle *manipulateur* : il varie dans sa forme, et dans son mécanisme, suivant les systèmes.

L'appareil de reproduction des signaux, avec lequel on lit la dépêche et qui se trouve à la station d'arrivée, porte le nom de *récepteur* : il présente les mêmes variations que le manipulateur.

Systèmes divers. — Les signaux peuvent être produits de plusieurs manières, et c'est à cette circonstance qu'on doit les différentes sortes de télégraphes, savoir : les *télégraphes à aiguilles*, les *télégraphes à cadran*, les *télégraphes écrivants*, les *télégraphes imprimants*, et les *télégraphes autographiques*.

1. Dans les **télégraphes à aiguilles**, les signaux sont formés par la déviation d'aiguilles aimantées : le plus ancien est celui de Wheatstone, et date par conséquent de 1837. On ne s'en sert plus aujourd'hui, parce qu'ils ont le grave inconvénient de ne conserver aucune trace des dépêches.

2. Les **télégraphes à cadran** permettent de transmettre les dépêches en se servant des lettres ordinaires, lesquelles sont gravées sur un cadran, et indiquées successivement par une aiguille mobile. Wheatstone a inventé le premier, en 1840. Les appareils de ce genre présentent le même défaut que les précé-

dents; mais, comme ils sont d'un maniement très-facile, les administrations des chemins de fer en font généralement usage pour les besoins de leur service. Un des meilleurs est celui de M. Bréguet, constructeur d'instruments de physique à Paris. Le manipulateur de ce télégraphe se compose (*fig. 438*) d'un cadran B sur lequel on a gravé les 25 premiers nombres et les 25 lettres de l'alphabet, plus deux croix pour marquer la séparation, l'une des nombres, l'autre des mots. A chaque lettre correspond une petite échancrure. Une manivelle *m*, libre de tourner autour du centre, porte une dent qui peut entrer successivement dans chaque échancrure et s'y arrêter momentanément. Sur l'axe de cette manivelle est fixé un disque de cuivre A, qui présente une

rainure sinu-
se *r*, dont les parties saillantes et les parties rentrantes sont en nombre égal à celui des lettres. Enfin, dans cette rainure entre un bouton *i* qui termine le levier *b*, en sorte que, lorsqu'on fait tourner le disque A, ce bouton est poussé à droite ou ramené à gauche, ce qui im-

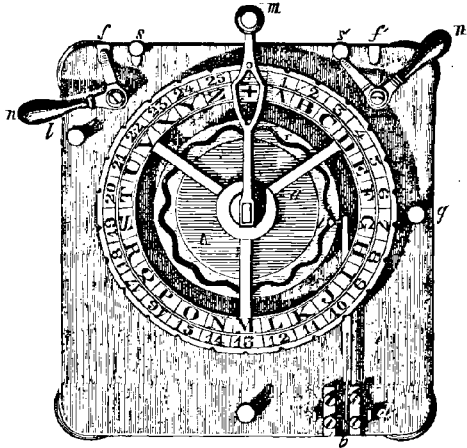


Fig. 438.
Télégraphe de Bréguet.

prime un mouvement de va-et-vient au levier *ib*. Alors celui-ci vient toucher alternativement la borne ou buttoir *c*, qui, par le bouton *C*, communique avec le pôle positif d'une pile, et la borne ou buttoir *d*, qui, par le bouton *g*, communique avec le récepteur du poste de départ. Le récepteur consiste en un cadran vertical qui présente les mêmes signes que celui du manipulateur,

et sur lequel se meut une aiguille actionnée par un électro-aimant et un mécanisme d'horlogerie. Chaque fois qu'on avance d'une lettre la manivelle du manipulateur, le levier *ib* vient presser l'une des deux bornes. Or, comme il est lui-même relié métalliquement à la ligne, il en résulte que, lorsqu'il appuie sur la borne *c*, il envoie sur la ligne le courant de la pile, et il y a transmission. Au contraire, quand il presse sur la borne *d*, il relie le récepteur à la ligne, et il y a réception, si toutefois il existe un courant sur la ligne. Supposons qu'il en existe un. Dans ce cas, l'aiguille du récepteur, mue par l'électro-aimant dont l'armature est attirée, avance d'une lettre, et le chemin qu'elle fait est exactement le même que celui qui est parcouru par la manivelle du manipulateur qui envoie le courant. Elle s'arrête également toutes les fois et partout où l'on arrête cette manivelle. Cette correspondance rigoureusement exacte des mouvements du manipulateur et du récepteur a lieu, du reste, dans tous les appareils télégraphiques.

3. Les **télégraphes écrivants** offrent l'immense avantage de conserver la dépêche, ce qui met à l'abri d'une foule d'erreurs et donne un moyen de contrôle très-utile dans beaucoup de circonstances. Toutes les grandes lignes n'en emploient pas d'autres. Avec ces appareils, les dépêches sont tracées sur une bande de papier à l'aide de points ou de petits traits qui forment une écriture de convention. Steinheil et Morse les ont inventés en 1837 ; mais l'appareil de Morse est le plus usité. Nous allons essayer de le décrire tel qu'il a été modifié par M. Digney.

Le récepteur (*fig. 439*) consiste en un électro-aimant vertical *A*, qui reçoit le courant du fil de ligne. Au-dessus se trouve un contact en fer doux *b*, qui est porté par un levier horizontal, mobile autour de l'axe *o*. Un ressort *ed* le tient éloigné de l'électro-aimant, et deux vis *cf*, formant buttoirs, limitent sa course en haut et en bas. L'extrémité *a* du levier porte une pointe mousse. Elle est voisine d'un petit galet *i* qui tourne en frottant contre un galet plus large *s*, recouvert d'encre d'imprimerie. Une bande de papier enroulée sur le tambour *B*, passe sur une poulie de renvoi *t* et s'engage entre deux galets *hg*, serrés l'un contre l'autre et tournant en sens inverse. Ces galets attirent le papier, et le font se dérouler entre le galet encre *i* et la pointe *a*, sans

qu'il touche à aucune de ces pièces. Un mouvement d'horlo-

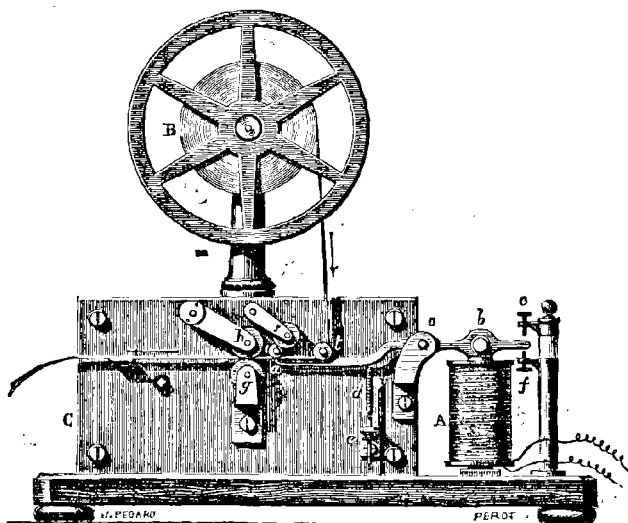


Fig. 139.

Télégraphe Morse (récepteur).

gerie, enfermé dans la boîte C, fait tourner le tambour B, ainsi que les galets *igh*. Supposons qu'un courant arrive dans l'électro-aimant. Aussitôt, le contact *b* est attiré, le levier bascule, la pointe *a* se relève et force la bande de papier à s'appliquer contre le galet encré *i*. Il se forme ainsi sur le papier, qui se déroule, une ligne noire dont on peut limiter à volonté la longueur. Veut-on ne produire qu'un simple point? on fait passer le courant et on l'interrompt presque à l'instant. Au contraire, veut-on un trait? on laisse passer le courant plus longtemps. Or, ce sont les points et les traits ainsi obtenus qui, ainsi que nous l'avons dit, constituent l'écriture télégraphique.

Le manipulateur est encore plus simple que le récepteur. Il

se compose, en effet (*fig. 140*), d'un levier AB, mobile autour du

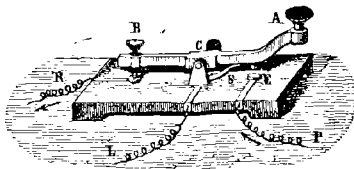


Fig. 140.

Télégraphe Morse (manipulateur).

point C, qui communique avec le fil de ligne L. Quand ce levier est au repos, et c'est le cas que présente le dessin, il met en rapport le fil de ligne avec le récepteur, par l'intermédiaire de la vis B et du conducteur R. Au contraire, quand on appuie

avec la main sur son extrémité A, il s'abaisse et s'applique sur le bouton ou enclume E, qui est relié avec la pile par le fil P. Le courant est alors transmis d'une station à l'autre, et il n'est interrompu que lorsqu'on cesse de presser sur le levier, parce que l'action du ressort S le relève et l'empêche ainsi de toucher l'enclume. Il suffit donc, pour faire passer un signal, d'appuyer sur la manette A, et l'on maintient le contact du levier avec l'enclume plus ou moins longtemps, suivant qu'on veut obtenir un trait ou un point à la station d'arrivée.

4. Les **télégraphes imprimants** ont cela de particulier qu'ils impriment les dépêches sur une bande de papier en caractères typographiques ordinaires. Sous ce rapport, ils sont donc supérieurs aux appareils écrivains, puisque la lecture de leurs signaux peut être faite par tout le monde. Ils ont, en outre, l'avantage d'être infiniment plus expéditifs. Un des plus ingénieux, le seul même qui soit devenu pratique, a été inventé, en 1860, par le docteur Hughes, professeur de physique à New-York. Pour en avoir une idée, il suffira de savoir qu'un mécanisme assez compliqué HK, etc. (*fig. 141*), actionné par des poids PQ, fait tourner très-rapidement une roue E, sur la tranche de laquelle sont gravées les lettres, et qu'un clavier T, semblable à celui d'un piano et portant aussi les lettres, est placé sur le passage d'une pièce en relation directe avec cette roue des lettres. Quand le mécanisme est en mouvement, si l'on appuie sur l'une des touches du clavier, il se produit une émission de courant électrique qui, en attirant le barreau de fer doux placé au-dessus de l'électro-aimant A, fait buter contre la roue des lettres

un galet *j*, lequel entraîne avec lui une bande de papier *m m* et la force à recevoir au passage l'impression de la lettre placée en face à ce moment-là. Or, cette lettre est justement celle qui est indiquée par la touche du clavier. La base du télégraphe Hughes

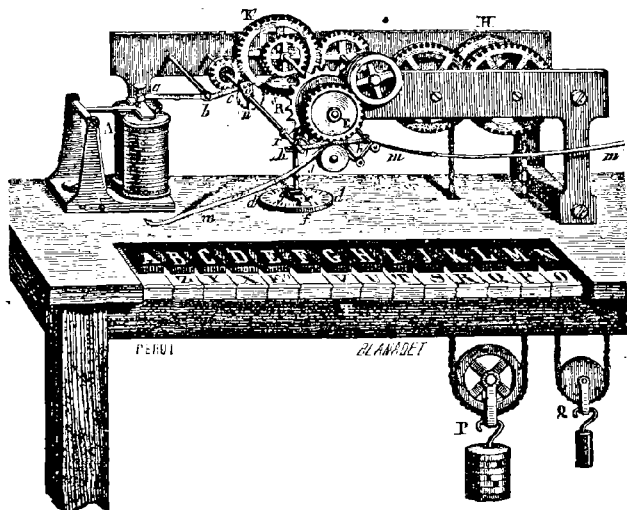


Fig. 141.
Télégraphe Hughes.

étant le synchronisme le plus parfait, si deux appareils semblables sont reliés par un fil conducteur, la même opération se fait sur chacun d'eux en même temps, et les signes imprimés à la station de départ le sont aussi à celle d'arrivée; car la perte du synchronisme se traduit immédiatement par une perturbation dans l'ordre des lettres, et la moindre attention suffit pour faire apercevoir l'erreur.

5. Les **télégraphes autographiques** sont incontestablement les plus remarquables de tous. Comme leur nom l'indique, ils transmettent l'écriture de l'expéditeur, et cette transmission se fait avec une exactitude mathématique. Ils transmettent de la même manière la musique, les dessins, les

plans, aussi compliqués qu'ils puissent être. Aucune erreur ne peut donc se glisser dans les dépêches par le fait de la télégra-

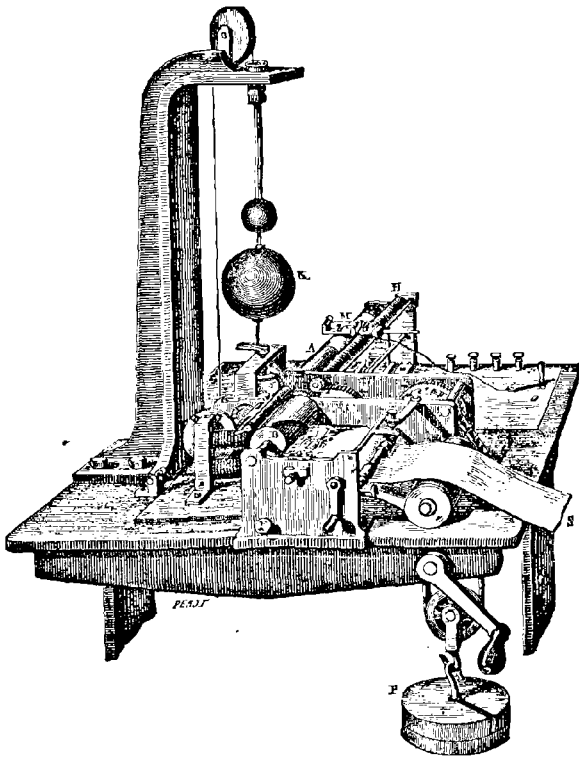


Fig. 142.
Télégraphe Meyer.

phie. Le premier appareil de ce genre a été inventé en 1838, par l'abbé Caselli, savant Florentin, qui lui a donné le nom de **pantélégraphe** ; mais celui qu'on regarde avec raison

comme le plus parfait a été réalisé, en 1869, par M. Bernard Meyer, alors simple employé de l'administration française des télégraphes. Nous allons décrire sommairement ce dernier, tel qu'il sort des ateliers de l'ingénieur Hardy, à qui la construction en a été exclusivement confiée : c'est, du reste, celui qu'on emploie actuellement.

La dépêche, écrite ou dessinée par l'expéditeur lui-même sur un papier métallique et avec une encre isolante, est reproduite aux deux appareils de transmission et de réception, sur de larges bandes de papier ordinaire par une impression au moyen d'encre à tampon usuelle. Dans chaque appareil (fig. 142), un mécanisme d'horlogerie, mû par un poids P, est placé entre deux cylindres AB, auxquels il communique une même vitesse de rotation. Le mécanisme du poste expéditeur et du poste récepteur marchent en accord parfait à l'aide d'un pendule conique d'une construction spéciale et à boules très-lourdes K.

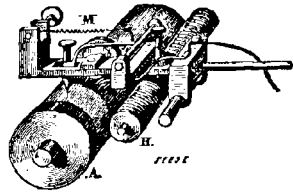


Fig. 143.

Le cylindre expéditeur A (fig. 143) est isolant, et sert à l'enroulement de la dépêche écrite à l'avance sur papier métallique. A côté se trouve une vis sans fin H, qui, mise en mouvement par le rouage, entraîne, parallèlement à l'axe du cylindre, un chariot M armé d'un pinceau de fils métalliques et d'un style frotteur. Ce pinceau et ce style sont isolés l'un de l'autre et s'appuient constamment sur le papier métallique de la dépêche. Pour chaque tour du cylindre A, le chariot se déplace d'un quart de millimètre, en sorte que tous les points de ce cylindre viennent successivement en contact avec le style, lequel

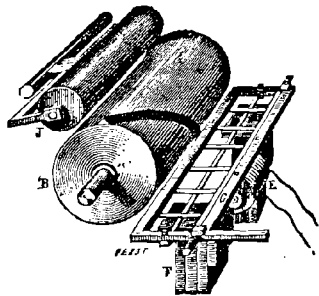


Fig. 144.

communiqué toujours avec la terre. Enfin, au poste de départ, le pôle positif de la pile de ligne est en communication constante, d'une part, avec le pinceau et la surface métallique de la dépêche ; d'autre part, avec le fil de ligne.

Le cylindre récepteur B (*fig. 144*) porte sur sa surface une nervure hélicoïde triangulaire, qui fait un tour entier autour de ce cylindre et frotte continuellement contre un tampon J imbibé d'encre. De plus, en avant et un peu au-dessous de cette nervure, qui est métallique, un châssis G, également métallique, est disposé de manière à exécuter des mouvements de bascule de très-faible étendue, de sorte que son arête vienne au contact de l'hélice ou s'en éloigne d'une petite quantité. Enfin, la bande de papier S, sur laquelle la dépêche doit se reproduire, est pliée sur l'arête du châssis, et entraînée lentement d'un mouvement continu. On peut l'amener à toucher l'hélice, qui y marque un point. Si l'on prolonge la durée du contact pendant que cette dernière tourne, le point de contact, glissant le long de l'arête du châssis, trace sur le papier une ligne droite transversale. Au bout d'un tour entier, l'hélice recommence sur le papier une nouvelle ligne parallèle à la première, mais distante d'un quart de millimètre par suite de l'avancement du papier.

A la face inférieure du châssis G, est fixé un petit électro-aimant E, dont les extrémités du barreau de fer doux font saillie sur la bobine et sont placées en face des pôles d'un aimant permanent en fer à cheval F. Quand cette bobine est traversée par un courant, elle est repoussée, le châssis bascule et son arête ne touche plus le filet de l'hélice. Au contraire, quand le courant est interrompu pendant un temps plus ou moins long, l'aimant attire le barreau de fer doux, fait basculer tout le système en sens inverse, et le papier, se trouvant plus ou moins en contact avec l'hélice, reçoit l'impression d'un point ou d'une hachure.

Du moment que le synchronisme est établi, l'hélice du cylindre B présente, dans chaque appareil, à l'arête du châssis G, un point dont la position correspond exactement à celle du style du cylindre expéditeur A, c'est-à-dire que si le commencement de la dépêche manuscrite passe sous ce style, le point indiqué par l'hélice se trouve au bord de la bande de papier. Quand le cylindre A a tourné d'un millimètre, par exem-

ple, afin que le style passe du premier trait de la dépêche au second, le point du cylindre B s'est déplacé lui-même d'un millimètre, et ainsi de suite. On voit donc que tous les points de la dépêche manuscrite qui passent sous le style sont reproduits fidèlement par l'hélice sur le papier. Quand le style appuie sur la surface métallique de la dépêche, le circuit de la pile de ligne est fermé par cette pointe, par le pinceau et par la terre ; en même temps, le barreau de la bobine est repoussé, la bande de papier est éloignée de l'hélice, et il n'y a pas d'impression. Au contraire, quand le style passe sur un trait de l'écriture, le courant passe sur la ligne, la bobine E est attirée, et le papier s'applique sur l'hélice qui y imprime une courte hachure.

Télégraphes sous-marins. — A l'origine, la télégraphie électrique fut exclusivement établie sur terre. Toutefois, dès 1870, M. Wheatstone reconnut la possibilité de lui faire franchir les mers et indiqua les moyens qu'il fallait employer pour obtenir de bons résultats. Cette idée passa inaperçue, parce qu'on ne se préoccupait alors que de construire des réseaux télégraphiques entre les grands centres de commerce et d'industrie. La question n'était pas encore assez mûre pour qu'on essayât de la résoudre ; mais on y revint huit ans plus tard. Une expérience faite, le 20 février 1849, en Angleterre, dans le port de Folkestone, par l'ingénieur Walker, ayant parfaitement réussi, un autre ingénieur de la même nation, M. Jacob Brett, entreprit aussitôt de faire correspondre, à l'aide de l'électricité, la France et l'Angleterre. Un premier câble posé, sous sa direction, le 28 août 1850, entre Douvres et Calais, se rompit peu de jours après par suite du mouvement des flots sur les rochers du rivage. Un second fut immergé le 25 septembre 1851 ; néanmoins, divers accidents l'empêchèrent de fonctionner régulièrement jusqu'au 13 novembre, où la ligne fut solennellement inaugurée. Dans les années qui suivirent, on fit communiquer de la même manière les divers Etats de l'Europe avec les îles voisines ; mais toutes ces entreprises furent dépassées quand on eut l'idée de relier l'ancien monde au nouveau au moyen de l'électricité, idée grandiose qui, après divers insuccès, n'a pu être définitivement réalisée qu'en 1866.

CHAPITRE III.

Télégraphie acoustique.

Ancienneté de la *télégraphie acoustique*. — Ce qu'elle était chez les anciens. — Procédés modernes : dom Gauthey. — Usages de la télégraphie acoustique. — Systèmes divers : téléphonie, télélogue.

Antiquité. — Les historiens rapportent que les Gaulois, nos ancêtres, communiquaient au loin à l'aide de cris répétés de distance en distance par un certain nombre d'individus. On sait aussi que, pendant les guerres médiques, les souverains de la Perse avaient eu recours au même moyen : des sentinelles, échelonnées le long de la route, se transmettaient les nouvelles avec une assez grande rapidité pour qu'on pût savoir à Suze, en quarante-huit heures, ce qui se passait à Athènes. Ce procédé peut être regardé comme le premier essai de la **télégraphie acoustique**, ou **télégraphie pneumatique**, c'est-à-dire de l'art de transmettre les nouvelles à l'aide des sons. Tous les peuples de l'antiquité l'ont probablement connu et pratiqué.

Temps modernes. — 1. La télégraphie acoustique moderne est fondée sur la propriété que possèdent les tuyaux de propager le son. Cette propriété ne paraît pas avoir été inconnue des anciens ; néanmoins, l'idée d'en tirer parti pour établir une correspondance entre deux localités éloignées ne remonte pas au delà de la fin du siècle dernier, et tout le monde s'accorde à l'attribuer à Dom Gauthey, moine bénédictin de l'ordre de Cîteaux. Le 1^{er} juin 1782, ce religieux soumit à l'Académie des sciences un mémoire dans lequel il annonçait qu'il serait possible de faire passer des avis verbaux d'un lieu à un autre en se servant de tubes métalliques ajustés bout à bout entre deux postes successifs. Une expérience qui eut lieu à Paris, par ordre de Louis XVI, sur une longueur de 800 mètres, dans un des conduits de la pompe de Chaillot, ayant complètement réussi, l'inventeur

demanda qu'on la répétât sur une plus grande échelle, assurant qu'avec 300 tuyaux de mille toises chacun, il ferait passer, en moins d'une heure, des dépêches à 150 lieues de distance; mais le gouvernement recula devant l'énormité de la dépense.

2. Les physiciens de notre époque ont reconnu que non-seulement les tuyaux cylindriques transmettent parfaitement le son, mais qu'ils en augmentent encore la puissance; ils ont même constaté que le bruit extérieur n'entrave pas les communications. Jusqu'à présent, les tubes acoustiques n'ont trouvé d'application que dans les ateliers et dans les administrations d'une certaine importance, où ils servent à la transmission des ordres entre les divers étages.

Téléphonie. — Dans ces dernières années, il a été souvent question d'un système de télégraphie acoustique consistant à établir une correspondance entre deux personnes éloignées, au moyen de sons musicaux, faciles à reconnaître et combinés de manière à former un alphabet de convention. Ce système a été imaginé, vers 1817, par M. Sudre, alors professeur de musique au collège de Sorèze, qui l'a nommé **téléphonie**, et l'a proposé pour servir à la transmission des ordres dans l'armée. A partir de 1827, il a été l'objet d'un grand nombre de perfectionnements et d'expériences; mais jusqu'à ce jour on n'a pas cru devoir l'adopter.

Télélogue. — Au lieu de transmettre les sons au moyen de tuyaux, on a quelquefois essayé, mais toujours sans succès, d'obtenir le même résultat à l'aide de corps opaques. Sur ce principe était fondé le **télélogue** inventé, au commencement de ce siècle, par le frère aîné de l'abbé Claude Chappe, pour remplacer le télégraphe aérien, dans les circonstances où celui-ci ne pouvait fonctionner. L'appareil se composait de files de tringles de fer sur les extrémités desquelles on frappait un certain nombre de coups, et ces coups étaient groupés de manière à former une langue de convention.

DIX-HUITIÈME PARTIE.

INDUSTRIE HOUILLÈRE.

La houille connue de tout temps. — Pourquoi peu employée autrefois. — Importance de sa consommation actuelle ; quelle en est la cause. — Les houillères sont-elles inépuisables ?

Découverte de la houille. — 1. La **houille** est si répandue dans la nature qu'elle a dû être employée de très-bonne heure, peut-être même de tout temps, pour la consommation locale, dans les pays où elle se montre à la surface du sol¹.

2. Le plus ancien document qui constate d'une manière certaine l'exploitation de ce combustible dans l'Europe occidentale appartient à l'Angleterre. C'est un acte de l'an 853 en vertu duquel l'abbaye de Peterborough concède certaines terres moyennant diverses redevances annuelles dont une se compose de soixante voitures de charbon de terre. Dans le xi^e siècle, on voit Guillaume le Conquérant partager à ses compagnons les mines de Newcastle. Dès la fin du xiii^e siècle, il est fréquemment question des houillères de l'Écosse et du pays de Galles. Au commencement du siècle suivant, les houillères de Newcastle exportaient déjà une partie de leurs produits. Il est, en effet, question, dans un document daté de 1315, d'un navire, appartenant à un habitant de Pontoise, qui apportait à Newcastle du blé de France et en revenait avec une cargaison de combustible minéral. Ainsi, ce système d'échange de notre blé contre la houille anglaise, échange qui a pris de nos jours un si grand développement, existait déjà dès le règne de Louis le Hutin.

1. Suivant Théophraste, qui vivait 315 ans avant Jésus-Christ, les forgerons de la Grèce se servaient d'un combustible minéral qu'ils tiraient de l'Elide, et qu'il appelle *lithanthrax* ; mais ils durent avoir peu d'imitateurs, car les forêts étaient alors si abondantes qu'elles suffisaient amplement à tous les besoins.

3. Si l'on en croit les historiens belges, les houillères de leur pays auraient été exploitées un peu plus tard que celles de l'Angleterre. D'après une légende, les premiers gisements auraient été découverts aux environs de Liège, en 1049, 1098 ou 1100, par un forgeron du village de Plénevaux, à qui une vision miraculeuse en aurait révélé l'existence. Dans le Hainaut, on fait remonter la découverte des mines de houille au XIII^e siècle : c'est un paysan qui, creusant un puits, aurait rencontré par hasard une tête de couche, et ayant remarqué la combustibilité du minéral amené de la sorte à la lumière, se serait mis à l'exploiter. Toutefois, le Hainaut est tellement voisin du pays de Liège, et les dépôts de houille y sont également si rapprochés de la surface, qu'il est à croire que l'exploitation de la houille, une fois commencée dans ce dernier pays, a dû presque aussitôt devenir commune au premier.

4. En France, les documents connus ne remontent pas au delà du XIV^e siècle. Le plus ancien est un acte public du 18 février 1324, duquel il résulte qu'à cette époque les célèbres houillères de Saint-Etienne étaient en pleine exploitation. D'après un autre titre semblable, celles de Brassac, en Auvergne, passaient, en 1489, pour avoir été exploitées de temps immémorial.

5. Il est à remarquer que, sauf les légendes belges, qu'il est impossible de prendre au sérieux, aucun des témoignages que nous venons de citer ne s'applique à une première découverte de la houille ; mais que tous, au contraire, supposent une habitude déjà ancienne de se servir de ce combustible. L'exploitation de la houille semble donc avoir commencé à une époque bien plus reculée qu'on ne croit communément. Beaucoup de gîtes, ainsi que nous venons de le dire, ont même dû être connus de toute antiquité, car ils viennent apparaître à la surface, ils *affleurent*, comme disent les mineurs. Quoi qu'il en soit, ce n'est pas la date plus ou moins ancienne à laquelle a commencé telle ou telle exploitation qu'il faut considérer, mais l'exploitation elle-même, le chiffre de l'extraction. « La noblesse des mines de houille ne se mesure pas au temps, comme celle des mines métalliques : elle ne se mesure qu'à l'abondance de la production. À ce point de vue, les mines de houille sont nées d'hier. Ce qu'il importait, en effet, ce n'était pas de connaître la houille, c'était de l'appliquer

en grand, comme on le fait aujourd'hui, à la fabrication du fer et de tous les autres métaux, au chauffage des chaudières à vapeur, fixes, locomotives, locomobiles, fluviales, marines. » (Simonin.)

La houille dans les temps modernes. — 1. La véritable histoire de la houille ne commence réellement qu'au xviii^e siècle. « Et voyez comme tout s'enchaîne ! c'est dans les mines de houille que la machine à vapeur est inventée. En Angleterre, des chantiers profonds sont inondés dans les houillères de Newcastle. On doit d'abord retirer les eaux si l'on veut continuer à extraire le charbon ; mais la pompe, restée la même depuis l'antiquité, ne suffit plus : il faut un engin plus puissant. Savery, Newcomen, Watt, arrivent successivement : la *pompe à feu*, la **machine à vapeur** est trouvée¹. Watt en arrête presque définitivement les principales dispositions, et désormais ce n'est plus l'eau seulement, c'est la houille que la machine extraira des profondeurs du sol, et cela en quantités si considérables qu'elles soient. Ce n'est pas tout. Le charbon, matière lourde et encombrante, se vend à bas prix. Il ne suffit pas de l'arracher aux entrailles du sol : il faut encore le transporter économiquement, souvent à de très-grandes distances. Qui rend le transport difficile, coûteux ? L'état des chemins. On modifie ces chemins sans se douter de la portée immense du résultat qu'on va bientôt obtenir. On imagine les ornières de bois sur lesquelles les roues glissent avec facilité. On les applique d'abord dans les galeries souterraines, puis aux voies de la surface. Mais le bois bientôt s'altère, se pourrit. On remplace les ornières de bois par des ornières de fonte, d'abord creuses, puis plates, avec un rebord latéral. Le fer ne tarde pas à être substitué à la fonte ; le ruban de métal ou rail est trouvé, et avec lui le **chemin de fer**². Attendez, l'invention n'est pas encore parfaite. Le Gallois Trevithick a construit une **locomotive**³ avec une simple chaudière cylindrique comme celle des machines fixes. La surface chauffée, la production de vapeur, le tirage ne sont pas suffisants. La vitesse

1. Voyez la Treizième partie, chap. I^{er}.

2. Voyez la Quinzième partie, chap. I^{er}.

3. Voyez la Quinzième partie, chap. II.

est moindre que celle d'une charrette trainée par des chevaux. Est-ce à dire que l'invention va être perdue ? Le génie humain ne s'arrête pas dans ses découvertes. C'est, en Angleterre, le grand ingénieur George Stephenson, un ancien mineur ; c'est l'illustre Marc Séguin, en France, qui complètent la locomotive. Désormais la locomotive est complète ; comme dans la machine de Watt, on n'en modifiera plus que les détails.

2. » Voilà la véritable histoire de la houille ; voilà ce qu'a produit le combustible minéral. Il a fallu pour cela tout le XVIII^e siècle et les trente premières années de celui-ci ; mais aussi quelle conquête ! La machine à vapeur, qui ne devait servir qu'à extraire des mines l'eau et le charbon, s'est partout introduite ; partout elle a substitué son travail à celui de l'homme ; et le mot d'Aristote s'est confirmé, « qu'il n'y aurait plus d'esclaves le jour où le fuseau et la navette marcheraient seuls. (Simonin.) » En même temps, le **travail des métaux**, auquel est si profondément liée la marche de la civilisation, a été de tous points modifié. En effet, l'emploi de la houille a complètement renouvelé la fabrication de la fonte, du fer et de l'acier, en donnant le moyen de les obtenir dans des conditions de quantité et de bon marché inconnues auparavant. Enfin, dans les premières années de notre siècle, ce même combustible a doté les rues de nos villes et nos édifices du plus brillant **éclairage** qu'on ait pu jusqu'à présent se procurer économiquement, et nous avons vu que, dans ces derniers temps, cette application est devenue le point de départ d'une foule de découvertes dont les arts n'ont pas manqué de faire leur profit¹.

Épuisement des houillères. — En produisant la chaleur, la force et la lumière, la houille est devenue d'une importance capitale pour l'économie actuelle des sociétés. Aussi, en emploie-t-on des quantités énormes chaque année, trois cents millions de tonnes environ. A la vue d'une consommation si prodigieuse, et qui va toujours en augmentant, quelques esprits se sont préoccupés de la durée probable des exploitations houillères, et se sont demandé si le précieux combustible ne vien-

1. Voyez la Onzième partie, chap. III.

drait pas à nous manquer. Sans doute, il est incontestable que la houille, ne se formant plus de nos jours, finira par s'épuiser ; mais on peut se rassurer. Toute crainte à cet égard est chimérique et prématurée pour notre génération et celles qui la suivront, puisque, dans les hypothèses les plus raisonnables, et malgré l'épuisement déjà prochain de quelques mines importantes, l'approvisionnement en combustibles minéraux est certainement assuré à l'humanité pour un grand nombre de siècles. Les calculs les plus modérés, dit à ce sujet un éminent ingénieur, prouvent qu'en rapprochant le chiffre de la masse de houille connu avec celui de la consommation annuelle, il y en a encore pour plus de 30,000 ans. L'homme, ajoute un autre, n'a donc pas à s'effrayer en se reportant par la pensée à l'époque où commencera à tarir la source de la plus grande force motrice qu'il ait su produire. D'ailleurs, et cela n'est douteux pour personne, avant que les combustibles minéraux lui fassent défaut, il aura trouvé d'autres moyens de produire de la chaleur. Les sciences physiques et chimiques ne cessent de progresser, et en voyant ce qu'elles ont accompli de nos jours, il est impossible de fixer une limite à leurs découvertes futures.

DIX-NEUVIÈME PARTIE.

INDUSTRIE DE L'HORLOGERIE.

L'horlogerie chez les anciens : *cadrans solaires, clepsydres, sabliers*. — L'horlogerie chez les modernes : *horloges à poids, pendules, montres*.

Notions préliminaires. — Les *cadrans solaires*, les *clepsydres* et les *sabliers* servaient, chez les anciens, à mesurer la durée. Ces instruments étaient certainement fort simples ; mais ils ne pouvaient donner que des indications plus ou moins approximatives. Les modernes les ont remplacés par des appareils beaucoup plus exacts, les *horloges*, les *montres* et les *pendules*, dont la fabrication constitue aujourd'hui une industrie très-importante.

Cadran solaire. — 1. On sait que les **cadran solaire** indiquent l'heure par la coïncidence de l'ombre d'une tige métallique, ou *style*, avec des lignes tracées sur une surface. Diogène Laërce en attribue l'invention au mathématicien Anaximandre, de Milet, mort 527 ans avant Jésus-Christ, et Pline au philosophe Anaximène, l'un des disciples de ce savant ; mais Hérodote, qui paraît mieux informé, dit positivement que les Grecs tenaient ces instruments des Chaldéens. Ce qui vient à l'appui de l'opinion de ce dernier, c'est que les cadran solaire étaient déjà employés par les Juifs au moins deux cents ans avant le temps d'Anaximandre, car la Bible parle de celui du roi Achaz, qui vivait en 775 avant notre ère. Il est également certain que les Égyptiens s'en servaient de temps immémorial. Dans tous les cas, les cadran solaire étaient communs en Grèce à l'époque d'Eudoxe de Cnide, 370 ans avant Jésus-Christ. Quant aux Romains, ils ne les possédèrent que très-tard.

2. Suivant la plupart des historiens, le premier cadran qu'il y eut à Rome fut construit, l'an 293 avant Jésus-Christ, par

les soins de Lucius Papirius Cursor, qui le fit placer devant le temple du dieu Quirinus¹. Plus tard, les Romains multiplièrent les instruments de cette sorte. Ils en mirent partout, principalement sur la façade des temples et des basiliques. Ils en firent aussi de très-petits, qu'on pouvait transporter en voyage et qui tenaient lieu de nos montres.

3. Les cadrans solaires n'ont pas été moins employés pendant le moyen âge que dans l'antiquité. Dans les temps modernes, ils ont perdu peu à peu leur utilité, à mesure que l'industrie a pu produire à bas prix les montres et les horloges. Sauf quelques rares exceptions, on n'en rencontre guère aujourd'hui que dans les pays les plus pauvres et les plus arriérés.

Clepsydes. — 1. Les **clepsydes** marquaient l'heure au moyen de l'écoulement de l'eau. A la différence des cadrans solaires, qui n'étaient d'aucune utilité quand il n'y avait point de soleil, elles servaient la nuit aussi bien que le jour. Dans le principe, elles se composaient d'un vase quelconque, au bas duquel une très-petite ouverture laissait passer l'eau goutte à goutte. Celle-ci, à mesure qu'elle s'échappait, tombait dans un réservoir inférieur dont les parois portaient une échelle graduée, et c'était en atteignant successivement les divisions de cette échelle qu'elle indiquait les différentes parties du jour et de la nuit. Plus tard, pour rendre les indications plus visibles et, en même temps, pour donner plus d'élégance à l'appareil, on imagina de mettre dans le réservoir un petit flotteur de liège, muni d'un index, qui, s'élevant à mesure que l'eau s'écoulait, montrait l'heure sur une colonnette. Plus tard encore, on disposa ce flotteur de manière à faire mouvoir une aiguille sur un cadran.

1. D'autres font honneur de cette innovation à Marcus Valérius Messala, qui, pendant la seconde guerre punique, vers l'an 232, fit transporter dans sa ville natale et fixer sur une colonne, devant la tribune publique, ou *rostris*, un cadran qu'il avait enlevé à Catane, en Sicile. Mais, ajoutent-ils, comme ce cadran avait été fait pour une latitude différente de celle de Rome, il ne pouvait servir dans cette ville sans certaines précautions inconnues des Romains; aussi, ne donnait-il que des indications inexactes, qui ne cessèrent que lorsque le censeur Marcus Philippus l'eut remplacé par un autre établi pour le méridien du lieu.

2. Mais, de quelle façon qu'elles fussent construites, les clepsydres ne pouvaient donner que des indications peu exactes, parce que la vitesse de l'écoulement diminuant avec la hauteur de la colonne liquide, il était impossible que des quantités égales d'eau sortissent dans des temps égaux. Malgré un défaut si grave, ces instruments étaient d'un usage très-répandu chez tous les peuples de l'antiquité. En Égypte et en Chaldée, les savants s'en servaient pour leurs observations astronomiques. En Grèce, on les employait habituellement dans les tribunaux pour mesurer la longueur des plaidoiries, et, par allusion à cette coutume, on donnait le nom d'eau au temps pendant lequel les avocats pouvaient parler. Les clepsydres furent aussi utilisées à Rome, et les historiens nous apprennent que 159 ans avant notre ère, Publius Scipion Nasica, alors censeur, en fit placer une sur le Forum, afin de remédier à l'inconvénient des cadrans solaires, qui ne pouvaient être utiles que pendant le jour.

3. L'inexactitude des renseignements fournis par les clepsydres fit naître plusieurs inventions destinées à y remédier, ou du moins à l'amoinrir. Ctésibius, ingénieur mécanicien d'Alexandrie, qui vivait 135 ans environ avant Jésus-Christ, s'occupa beaucoup de ce genre de recherches. Il paraît même qu'il obtint des résultats très-satisfaisants au moyen de certaines dispositions dont la nature n'est pas parfaitement connue. Le même artiste adapta aux clepsydres des systèmes d'engrenages qui lui permirent d'obtenir des effets mécaniques d'une variété infinie¹. Ces clepsydres à rouages, ou **horloges à eau**, comme on les appelait, jouirent d'une grande vogue pendant la durée de l'empire romain et pendant les premiers siècles du moyen âge. Elles exercèrent surtout l'émulation des mécaniciens arabes, qui se plurent à les compliquer de toutes les façons. Au vi^e siècle, Boèce en fit faire une pour Gondebaud, roi des Bour-

1. La description sommaire d'une de ces clepsydres compliquées nous a été conservée par Vitruve. Un flotteur, en s'élevant, poussait une règle garnie de dents. Les saillies de cette règle s'engrénèrent dans celles d'une roue dentée, et celle-ci communiquait le mouvement à d'autres roues semblables qui servaient à faire jouer divers instruments ou à produire des effets plus ou moins singuliers. Quant aux heures, elles étaient gravées sur une petite colonne, et une statue d'enfant, qui montait à mesure que le niveau de l'eau s'élevait, les indiquait avec une baguette qu'elle tenait à la main.

guignons. Le pape Paul I^{er} en envoya une autre à Pépin le Bref. Nous citerons encore celle dont Haroun-al-Raschid, calife de Bagdad, fit présent à Charlemagne et qui fut regardée comme une merveille par la cour de ce prince¹.

Sablier. — Les **sabliers**, ou **horloges de sable**, étaient construits sur le même principe que les clepsydres. Ils se composaient de deux vases à goulot très-étroit, qui étaient placés l'un au-dessus de l'autre, de manière que l'ouverture du goulot supérieur se trouvât exactement en regard de celle du goulot inférieur. Le vase de dessus étant rempli de sable fin, celui-ci s'écoulait jusqu'à son épuisement, et mesurait par ses variations de hauteur dans le vase de dessous, une portion convenue du jour. Ces instruments fournissaient des indications peut-être encore moins exactes que celles des clepsydres. Aussi l'usage en était-il peu répandu. En général, on s'en servait presque exclusivement pour déterminer un intervalle de temps fixe et donné d'avance, par exemple, celui accordé à orateur qui devait parler dans une assemblée publique. Aujourd'hui encore, on les emploie de la même manière, dans quelques circonstances particulières, notamment dans la marine, pour calculer, au moyen du loch, le chemin parcouru par un navire².

Horloges modernes. — 1. Les horloges actuelles ou **horloges à poids** dérivent des clepsydres à rouages des anciens, dont elles sont un admirable perfectionnement. L'invention de ces instruments date du jour où un homme de génie a eu l'idée de mettre en mouvement le mécanisme des clepsydres, non plus au moyen d'une crémaillère poussée par un flotteur, mais par la descente d'un *poids* P attaché à l'aide d'une corde, à l'arbre de la roue principale (fig. 143)³. On

1. Les historiens nous ont conservé la description de cette clepsydre célebre. Les heures étaient indiquées, sur un cadran, par une aiguille. A chaque heure, de petites boules de bronze tombaient sur un timbre qui résonnait autant de fois, et, lorsque les douze heures étaient écoulées, douze cavaliers sortaient par autant de portes. « Il y avait aussi, dit un témoin oculaire, beaucoup d'autres choses qu'il serait trop long de rapporter. »

2. Voyez la note de la page 470.

3. Indépendamment de la roue principale qui, tournant sous l'action du poids moteur P, communique le mouvement à toutes les autres parties

l'attribue généralement à un moine du x^e siècle, Gerbert d'Aurillac, un des plus savants hommes de son temps, et qui, plus tard, devint pape sous le nom de Sylvestre II.

2. Comme la plupart des choses qui commencent, les premières horloges étaient d'une construction très-grossière. En outre, elles n'avaient point de *sonnerie*; elles indiquaient simplement l'heure, que des hommes criaient ensuite dans les rues et sur les places. Toutefois, la nécessité d'un mécanisme capable de faire connaître au loin et de lui-même les indications de l'aiguille était trop bien sentie, surtout dans les couvents où chaque membre de la communauté devait prier à heure fixe, pour qu'il n'y fût pas bientôt satisfait. On résolut la question en adaptant aux horloges un rouage spécial, correspondant à un marteau qui frappait sur une cloche les heures marquées par le cadran. L'auteur, le lieu et la date de cette innovation sont inconnus. On sait seulement qu'elle existait en France au commencement du xiii^e siècle, car il en est question dans les statuts de l'abbaye de Cîteaux rédigés, comme on sait, vers 1220. « Le sacristain, trouve-t-on dans ces instructions, réglera l'horloge de manière qu'elle sonne et l'éveille avant les matines. » On lit dans un autre passage que la lecture devra être prolongée « jusqu'à ce que l'horloge sonnera. »

3. Pendant tout le moyen âge, les horloges restèrent des ins-

du mécanisme, la fig. comprend les pièces qui servent à rendre régulière la marche de cette roue, savoir : l'échappement ABCDR, et le pendule K, ce dernier commandé par la fourchette T.

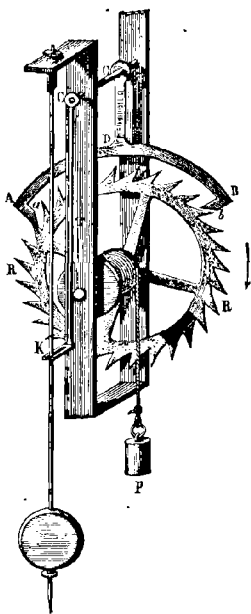


Fig. 145.
Horloge à poids.

truments très-imparfaits. De plus, elles différaient, sous beaucoup de rapports, de celles d'aujourd'hui. Ainsi, les deux rouages, celui du mouvement et celui de la sonnerie, ne comprenaient que deux roues chacun, au lieu de cinq, comme cela se pratiqua à partir du xvi^e siècle. Quant à *l'échappement*, c'est-à-dire au mécanisme servant à régulariser la descente du poids moteur, il consistait en une petite verge armée de palettes qui s'engageaient dans les dents d'une roue analogue à ce qu'on appelle une roue de rencontre, et l'extrémité de cette verge était armée d'une barre terminée à chaque bout par une boule de plomb ou de cuivre.

4. Malgré l'imperfection de toutes leurs parties, les horloges furent considérées, après l'invention de la sonnerie, comme répondant suffisamment à tous les besoins, et, au lieu de les perfectionner pour les rendre plus exactes, on ne chercha qu'à les compliquer de surprises et d'enfantillages. Ainsi, en 1324, le moine anglais Wallingford fit, pour l'abbaye de Saint-Alban, une horloge sonnante qui, entre autres choses, indiquait le quantième du mois, les jours de la semaine, les mouvements planétaires, le flux et le reflux de la mer, etc. En 1344, Jacques de Dondis, appelé vulgairement Jean des Horloges, en construisit une autre, encore plus merveilleuse, pour Padoue, sa ville natale. Parmi les horloges célèbres du xiv^e siècle, nous citerons encore celle de Courtrai, que Philippe le Bon, duc de Bourgogne, fit transporter à Dijon, en 1363. Sept ans plus tard, en 1370, l'horloge du Palais à Paris, la première qu'il y ait eu dans cette capitale, fut construite par un habile artiste, appelé Jean de Vic, que le roi Charles V avait fait venir de Lorraine. Enfin, en 1380, Jean de Jouvence exécuta celle du château de Montargis, que l'on regardait comme une des plus remarquables. Notons, en passant, que la mode des **carillons** commença dans les premières années du xiv^e siècle¹.

5. Dans le principe, les horloges avaient toujours de grandes dimensions. Aussi, étaient-elles uniquement destinées à orner

1. « A cette époque, dit un auteur contemporain, il y avait dans l'église de Sainte-Catherine, près de Rouen, une horloge qui jouait l'hymne *Conditor alme siderum*, de telle sorte qu'on pouvait l'entendre à plus d'une lieue. »

l'extérieur des édifices. Il est cependant à présumer qu'on imagina de bonne heure d'en faire d'assez petites pour être placées dans l'intérieur des habitations. Il y avait déjà de ces **horloges de chambre**, comme on les appelait, sous le règne de Philippe le Bel (1285-1314)¹; mais elles ne commencèrent à se répandre qu'un siècle et demi plus tard. On les suspendait ordinairement contre les murs des appartements, surtout dans les chambres à coucher. Quelquefois aussi, on les plaçait sur des piédestaux en bois sculpté, qui étaient vides intérieurement, afin de laisser le passage libre aux poids.

6. Un perfectionnement considérable, introduit dans l'art de l'horlogerie vers le commencement du règne de Louis XI (1461-1483), donna une grande extension à la fabrication des horloges de chambre : ce fut l'emploi d'un ressort d'acier tourné en hélice (fig. 146), et qui, enfermé dans un barillet, ou tambour, remplaça le poids moteur seul employé jusqu'alors². On en attribue l'invention à un horloger parisien nommé Carovage³. Ce *ressort-moteur*, comme on le nomme, pouvant se mouvoir facilement dans un espace étroit, rendit possible l'exécution d'horloges portatives des formes les plus variées, ce qui permit de les placer sur les meubles, sur les cheminées, partout enfin où leur ancienne forme et la présence des poids les avaient fait exclure.

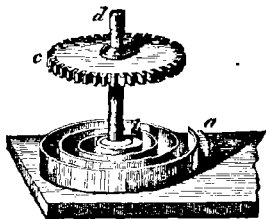


Fig. 146.
Ressort-moteur.

1. Nous en avons la preuve dans un inventaire du mobilier du roi Charles V, où il est fait mention d'un appareil de ce genre qui avait appartenu à Philippe le Bel : « Ung reloge d'argent tout entièrement sans fer, qui fut du roy Philippe le Bel, avec deux contre-poix d'argent remplis de plomb. »

2. Comme le montre la fig. 146, l'une des extrémités du ressort-moteur est fixée au bâti *a* de l'horloge, et l'autre à une tige *bd* qu'on peut faire tourner avec une clef, et qui, en outre, porte la roue motrice *c*. On conçoit que, lorsqu'on fait tourner la tige *bd* dans un sens convenable, les spires du ressort se resserrent et celui-ci se tend. Quand, au contraire, on cesse d'agir sur la clef, les spires tournent en sens inverse pour se desserrer et, entraînant la tige *bd*, la font tourner ainsi que la roue.

3. On attribue aussi à cet horloger l'invention du mécanisme du **réveille-matin**.

7. A partir de ce moment, il y eut deux sortes d'horloges : les *grosses horloges*, qui étaient toujours à poids, pour l'extérieur des édifices ; et les *horloges portatives* ou *horloges de chambre* qui, suivant l'emplacement qu'elles devaient occuper dans les appartements, étaient à poids ou à ressort. Pendant tout le xvi^e siècle, le mécanisme de ces dernières fut compliqué à l'infini par les horlogers français, allemands, italiens, et ce fut à qui produirait les plus extraordinaires. Les plus simples renfermaient une sonnerie et un réveil. Les autres présentaient les complications les plus variées, et beaucoup étaient de vrais chefs-d'œuvre de mécanisme ¹. Toutes ces horloges singulières étaient à ressort-moteur. Du reste, la même manie de complication existait aussi, comme aux siècles antérieurs, dans les ateliers de grosse horlogerie. Nous citerons seulement l'horloge de la cathédrale de Strasbourg, si renommée sous ce rapport, qui fut construite en 1580, sur les plans du mathématicien Conrad Dasypodius, et qui, arrêtée en 1790, a été remise en mouvement en 1842, par le mécanicien Jean-Baptiste Schwilgué.

8. Le xvii^e siècle vit s'opérer une révolution profonde dans l'horlogerie. Au lieu de s'évertuer à produire des curiosités, on s'occupa de faire des instruments utiles, et, pour la première fois, cet art fut soumis à des règles véritablement scientifiques. Enfin, la substitution, en 1656, du **pendule** (fig. 143) au balancier horizontal employé jusqu'alors, vint donner à la marche des instruments une régularité qu'elle n'avait jamais eue auparavant. Toutes les horloges, grandes ou petites, reçurent le nouveau régulateur, ce qui leur valut le nom d'*horloges à pendule*, par abréviation *pendules* ; mais, afin de les distinguer entre elles, l'usage s'introduisit de réserver ce nom abrégé de **pendule** aux horloges de chambre, et d'appeler simplement **horloges** les grosses horloges des édifices, bien que celles-ci fussent, comme les autres, des appareils à pendule ².

1. Quelques-unes, parmi celles qui nous ont été conservées, indiquent, outre l'heure et les fractions d'heure, l'année, le mois, le quantième, le jour de la semaine, les fêtes de l'Eglise, les phases de la lune, les mouvements des planètes. Les plus curieuses ont été fabriquées en Allemagne, surtout à Nuremberg et à Augsbourg. Carovage lui-même en fit de très-remarquables, une, entre autres, pour le jurisconsulte Alciat, qui était à réveil et qui, à l'heure voulue, battait le briquet et allumait une bougie.

2. La découverte des propriétés du **pendule** a donné lieu à des discussions

9. Une fois le pendule adapté aux horloges, on ne tarda pas à s'apercevoir que les changements de température, faisant varier la longueur de la tige de cet appareil, altéraient la régularité de sa marche. On remédia à cet inconvénient en imaginant les pendules dits *compensateurs* ou à *compensation*. Le premier pendule de ce genre fut construit, en 1721, par l'horloger anglais Graham : c'est celui qu'on appelle *pendule à mercure*. En 1736, un autre horloger de la même nation, John Harrison, inventa le *pendule à grille*, qui fut, deux ans après, heureusement perfectionné par l'horloger parisien Julien Leroy : c'est celui qui est aujourd'hui le plus communément employé¹ (fig. 147).

Montres. — 1. Après avoir fourni le moyen de faire des horloges de dimensions réduites pour l'intérieur des habitations, l'invention du ressort-moteur conduisit à la fabrication d'instruments encore plus petits, que les uns appelèrent **horloges de poche**, parce qu'ils étaient destinés à être portés par la personne, dans un gousset, et auxquels les autres donnèrent le nom de **montres**, qui est resté, parce qu'ils avaient pour objet de montrer, de faire connaître l'heure à leur possesseur, en tout temps et en tout lieu. On s'est livré à beaucoup de recherches pour découvrir le lieu, la date et l'auteur de cette innovation, mais sans jamais pouvoir y réussir. Tout ce qu'il est permis de savoir, c'est qu'on faisait déjà des montres à Paris, à Nu-

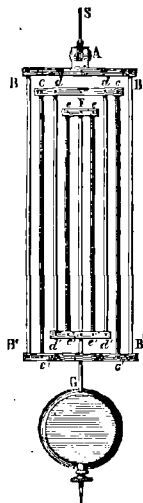


Fig. 147.
Pendule à grille.

qui ne sont pas encore terminées. On l'a attribuée, tantôt aux astronomes arabes du moyen âge, tantôt au médecin italien Sanctori^{us} (1612), le plus souvent à l'illustre Galilée (1583). La vérité est que, quel que soit celui qui l'a faite, l'idée de l'appliquer à la régularisation de la marche des horloges n'est devenue pratique qu'à partir de 1636, à la suite d'expériences exécutées par le mathématicien hollandais Christian Huyghens.

1. Dans cette fig., BB' et dd' sont des cadres d'acier, et cc', ee', des cadres de zinc. La lentille G est suspendue au cadre ee' par une tige d'acier FG. Une tige de même matière SA, qui est fixée sur la traverse supérieure du cadre BB', suspend le système tout entier au mécanisme moteur. Voyez, pour le reste : Gripon, *Cours élémentaire de physique*, 2^e partie. E. Belin, éditeur.

remberg, et probablement ailleurs, au commencement du xvi^e siècle, peut-être même à la fin du xv^e.

2. Dans l'origine, les montres varièrent prodigieusement sous le rapport de la forme et des dimensions. Relativement à la forme, elles étaient cylindriques, globulaires, octogonales, ovales, rondes, cruciformes, etc. Celles qu'on fabriquait à Nuremberg étaient ordinairement ovoïdes, ce qui leur fit donner, dans le langage vulgaire, le nom d'*œufs de Nuremberg* : on en possède encore plusieurs qui ont été exécutées, vers 1500, par l'horloger Peters Hèle. A peu près partout, afin qu'on pût voir le mécanisme, on l'enfermait dans des cuvettes de cristal de roche, ou bien on découpait les boîtes à jour. Quant aux dimensions, les premières montres furent généralement très-grosses et très-massives. On en faisait bien aussi quelquefois d'une petitesse extrême ; mais elles constituaient de simples objets de curiosité.

3. Comme aujourd'hui, le ressort-moteur des premières montres était attaché par un bout au tambour tournant, ou barillet, et par l'autre à l'arbre autour duquel l'action de la clef le fait enrouler ; mais il n'était pas accompagné de la pièce conique que l'on appelle **fusée**. Aussi, ces instruments marchaient-ils d'une manière très-irrégulière et ne marquaient-ils l'heure qu'approximativement. Bientôt cependant, commencèrent les perfectionnements. Le premier eut précisément pour objet l'invention de la fusée. Il fut réalisé vers le milieu du xvi^e siècle ; on n'a jamais su dans quel pays ni par quel artiste. Dans tous les cas, il eut pour résultat de rendre à peu près uniforme l'action du ressort-moteur sur le rouage. Toutefois, la fusée ne produisit pas d'abord un effet bien satisfaisant, parce qu'elle était liée au barillet par une cordelette de boyau, qui avait l'inconvénient de se détendre quand le temps était humide et de se resserrer quand il était sec. Ce défaut exista jusqu'en 1674, époque à laquelle un horloger genevois, nommé Gruel, qui était établi à Londres, le fit disparaître en remplaçant le boyau par la chaînette d'acier qu'on emploie encore aujourd'hui.

4. Au xvii^e siècle, quand l'horlogerie devint scientifique, la fabrication des montres se ressentit des améliorations qui furent alors introduites dans toutes les branches de l'art. La plus importante que reçurent les montres fut celle qui eut pour objet

l'adaptation du **régulateur à ressort spiral** (fig. 148) ¹. Cette innovation dans la construction de ces instruments opéra une révolution analogue à celle que l'adoption du pendule avait faite dans la fabrication des grosses horloges et des **horloges de chambre**. On admet généralement qu'elle eut lieu en 1675, et l'on en fait honneur à Christian Huyghens, célèbre mathématicien hollandais, à qui l'idée première en fut vivement disputée par le physicien anglais Robert Hooke et l'abbé Hautefeuille, d'Orléans. L'année suivante, parurent à Londres les **montres à répétition**, qui furent inventées presque en même temps par trois horlogers différents, Quare, Tompion et Barlow. La première qu'on vit en

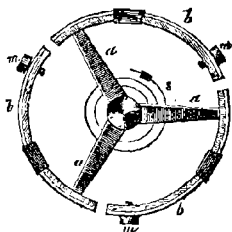


Fig. 148.
Ressort spiral.

France fut envoyée à Louis XIV par Charles II, roi d'Angleterre.

5. Au xviii^e siècle, la fabrication des montres fut portée à un degré de perfection qu'on n'avait encore jamais atteint. Les Anglais Graham et Harrison, le Suisse Louis Bréguet, les Français Pierre et Julien Leroy, Jean-Baptiste Lepaute, Louis et Ferdinand Berthoud, furent ceux qui contribuèrent le plus à ce résultat. L'on doit à Graham les montres dites à **cylindre**, que Julien Leroy introduisit en France en 1758. Vers 1736, Harrison créa les **montres marines**, ou **garde-temps**, que Julien Leroy fit encore connaître à notre pays ². Bréguet remplaça le timbre au moyen duquel les montres à répétition sonnaient les heures par le **ressort-timbre**, dont on s'est toujours servi depuis. Parmi les innovations nombreuses de notre siècle, nous citerons seulement celle qui a produit les **montres plates**, et qui est due à l'horloger parisien Lépine.

1. La fig. 148 représente le balancier compensé tout entier, dans lequel *bbb* sont des arcs formés de rubans d'acier et de zinc soudés ensemble, munis de masses pesantes *mmm*, et portés par des branches de laiton *aaa*: *s* est le spiral.

2. Voyez page 471.

VINGTIÈME PARTIE.

LE CAOUTCHOUC ET LA GUTTA-PERCHA.

Notions générales. — Un grand nombre de végétaux renferment un suc particulier qui s'écoule en gouttelettes quand les parois qui l'emprisonnent viennent à se rompre. Au sortir de la plante, ce suc a généralement l'aspect du lait ; mais, au contact de l'air, il perd peu à peu de sa fluidité, et acquiert bientôt la couleur, l'apparence et la consistance du cuir. Le *caoutchouc* et la *gutta-percha* sont des produits de ce genre.

Caoutchouc. — 1. Le **caoutchouc** est fourni par des végétaux de plusieurs familles, toutes propres aux parties les plus chaudes de l'ancien monde et du nouveau. Les Européens ne l'ont connu que dans la première moitié du siècle dernier, tandis que, dès les temps les plus reculés, il a été appliqué à une foule d'usages par les habitants des lieux de production.

2. C'est à l'occasion d'un voyage fait au Pérou par une commission de notre Académie des sciences, pour y mesurer cet arc du méridien dont la longueur devait servir à fixer la forme de la terre ¹, que l'Europe eut connaissance du caoutchouc. En 1736, dans une lettre adressée à ses amis de Paris, La Condamine, membre de cette commission, signala pour la première fois ce singulier produit. En parcourant la province de Las Esmeraldas, il avait vu les naturels se servir pour l'éclairage de bâtons d'une résine élastique, qui, roulés dans des feuilles de banianier, constituaient des flambeaux improvisés d'un emploi assez commode. Quelques années plus tard, en 1751, dans une seconde lettre, le même savant entra dans de plus grands détails. On sut alors que le caoutchouc était connu de temps immémorial au Pérou, où

1. Voyez la note 2 de la page 264.

l'on en faisait les applications les plus diverses. On l'employait surtout pour confectionner des chaussures et des vêtements imperméables, des jouets, des tuyaux, des vases. Chaque nation le désignait par un nom particulier, et celui de *cahu-chu*, d'où nous avons fait « caoutchouc, » était un mot de la tribu des Maïnas, qui signifiait « suc d'arbre. » Quant au végétal ou plutôt à l'arbre qui le produisait, on l'appelait « hévé, » dans la province de Las Esmeraldas, tandis que les colons portugais du Brésil le nommaient « Pao di xiringua, » c'est-à-dire « arbre à seringue, » parce que, à l'imitation des Indiens Omaguas, ils en faisaient des poires creuses et minces qui leur tenaient lieu de l'instrument hygiénique si connu. La Condamine annonça, en même temps, que cet arbre venait d'être découvert dans les forêts de la Guyane française par un habitant de Cayenne, appelé Fresneau.

3. Les propriétés du caoutchouc furent d'abord peu appréciées en Europe. Les quantités importées étaient d'ailleurs beaucoup trop faibles pour qu'on pût se livrer à des essais industriels de quelque importance. Les chimistes, entre autres, Macquer et Hérissant, se contentèrent de chercher un moyen de le dissoudre, et, en 1779, un sieur Bernard tira parti de leurs travaux pour confectionner des petits tubes à l'usage de la chirurgie. Sauf cette application, le caoutchouc ne servit d'abord qu'à faire des balles à jouer, pour les enfants, et à effacer les traces du crayon de plombagine. C'est même de ce dernier emploi que vient le nom d'*India rubber*, « effaceur indien, » sous lequel il est désigné en Angleterre.

4. Vers 1780, les arrivages étant devenus un peu plus importants, on ne manqua pas d'en profiter pour étendre les usages du caoutchouc. Dès 1790, on réussit à faire des ligatures extensibles, des espèces de ressorts. L'année suivante, le Français Grassart imagina de confectionner des tubes au moyen de lanières tournées en hélice, et fortement pressées sur des cylindres de verre. En 1793, un autre Français, Besson, essaya d'imperméabiliser des tissus et ne put y parvenir, tentative qui fut renouvelée, sans plus de succès, en 1810, par un nommé Champion. Des résultats un peu satisfaisants ne purent être obtenus, dans cette direction, qu'en 1820, quand on eut trouvé, pour dissoudre le caout-

chouc, des procédés plus simples et moins dispendieux que ceux qu'on avait employés jusqu'alors. C'est à cette époque que Charles Mackintosh, de Glasgow, et Thomas Hancock, de Newington, près de Londres, réussirent à fonder la fabrication économique des étoffes et des vêtements rendus imperméables par le caoutchouc. Presque en même temps, un autre industriel, nommé Nadler, trouva le moyen de découper le caoutchouc en fils assez déliés pour être propres au tissage. Vers 1830, MM. Rattier et Guibal, commerçants à Paris, introduisirent en France le procédé de Mackintosh, et, soit par leurs soins, soit par ceux de plusieurs autres industriels, tels que MM. Tresson, Daubrée, Paturel, Vacheron; etc., le travail du caoutchouc reçut, en quelques années, de si nombreux et de si grands perfectionnements, que cette substance put être employée à une multitude d'usages que les premiers fabricants n'avaient pas soupçonnés. Outre des tissus de toute espèce, on en faisait surtout des cordages, des tuyaux, des cannes, des fouets, des chaussures, des lanières, des appareils de chirurgie, etc.

5. En 1839, l'industrie du caoutchouc avait été exploitée de tant de manières, en Europe et en Amérique, qu'elle semblait aussi florissante que possible. Cependant, malgré cette prospérité, elle était menacée d'une ruine prochaine, parce que le caoutchouc possède des défauts naturels, auxquels on ne savait pas encore remédier, et qui enlevaient aux objets confectionnés une grande partie de leur utilité. En effet, dans son état naturel, le caoutchouc exhale une mauvaise odeur, se ramollit et s'étend par la chaleur, se durcit et se contracte par le froid, se déchire et perd son élasticité par la traction. Ces défauts, négligés d'abord ou inaperçus, avaient fini par frapper tout le monde. Aussi, commençait-on à rejeter les vêtements imperméables comme malsains, les instruments chirurgicaux comme fonctionnant imparfaitement, etc. La fabrication des objets de caoutchouc entraînait donc en décadence, quand la découverte de la *sulfuration* vint non-seulement la sauver, mais encore lui ouvrir des voies nouvelles.

6. Aux Etats-Unis, où la fabrication des chaussures de caoutchouc était l'objet d'efforts persévérants, on cherchait à les débarrasser de la dureté qu'elles acquéraient par le froid, ce qui rendait leur usage peu commode. Charles Goodyear, de New-

Haven, dans le Connecticut, cherchait, depuis 1836, la solution de ce problème; il parvint à la trouver, au commencement de 1839, en sulfurant le caoutchouc, c'est-à-dire en y incorporant du soufre, et, le 24 février de la même année, Goodyear prit une patente en Amérique, tant en son nom personnel qu'à celui de Hayward, son associé. En 1842, les produits de sa fabrique étaient déjà abondants sur le marché de Londres, où on les recherchait avec empressement à cause de leur élasticité illimitée, permanente, et qui résistait à l'action du froid. Goodyear vint lui-même en Europe; mais, au lieu d'y faire constater légalement son invention, il essaya de l'exploiter en la présentant comme un procédé dont il avait seul le secret. Or, il arriva que M. Thomas Hancock, de Newington, qui s'occupait d'améliorer le traitement du caoutchouc, remarqua qu'une bande de cette substance, trempée dans du soufre fondu, puis soumise à une certaine température, acquérait des propriétés nouvelles qui étaient précisément celles que possédaient les chaussures américaines. Il appela cette transformation opérée par le soufre **volcanisation**, afin de rappeler l'origine volcanique de l'agent qui la produisait. En outre, afin de s'en assurer la découverte, il demanda une patente, qui lui fut accordée le 24 novembre 1843. Quelques jours plus tard, Goodyear, mieux inspiré et ignorant ce qui venait d'arriver, voulut remplir la même formalité; mais il fut obligé de reconnaître qu'il avait été devancé. Il put cependant, au commencement de l'année suivante, prendre un brevet d'invention en France, où il autorisa MM. Ratier et Guibal à faire usage de son procédé.

7. C'est à la découverte de la volcanisation, complétée par l'invention d'ingénieuses machines, que l'industrie du caoutchouc doit l'extension énorme, et, pour ainsi dire, sans limites assignables, qu'elle a prise dans les vingt dernières années. Le caoutchouc ordinaire sert toujours à faire des fils, des lanières, des tubes, des colles, des mastics, des tissus imperméables, etc.; mais, avec le caoutchouc sulfuré, on fabrique des cordes sans fin pour les tours, des tampons pour les voitures des chemins de fer, des ressorts pour toute espèce d'usages, des appareils de chirurgie, des vases de tout genre, des chaussures, des instruments de physique et de chimie, des accumulateurs de

force pour lever les fardeaux, des bandes de billards, des rouleaux pour les imprimeurs, des rondelles et des soupapes pour les machines, des jouets, des bateaux et des ceintures de sauvetage, etc. De plus, en augmentant la proportion du soufre, on est arrivé à donner au caoutchouc la rigidité et la consistance du bois, mais d'un bois plastique et susceptible de recevoir par le moulage les formes les plus variées. Ce **caoutchouc durci**, comme on l'appelle, a été inventé par Goodyear en 1848, et introduit par lui en Europe en 1850. Il est susceptible d'une foule d'applications utiles. On l'emploie surtout pour faire des peignes, des manches de couteaux, des boîtes, des coffrets, des boutons, des garnitures d'éventail, des buses pour les corsets, des plaques pour la reliure des livres, des navettes pour les tisserands, des règles graduées qui possèdent la précieuse qualité d'être peu dilatables, etc. Enfin, sous les noms de **vulcanite**, d'**ébonite**, de **parkesine**, on en fait une foule de menus objets de bijouterie, particulièrement des chaînes, des broches, des bracelets, et tous les articles de deuil pour lesquels on se servait autrefois du jais ou de la verroterie noire. La tabletterie et l'ébénisterie y ont aussi recours pour remplacer l'ivoire, la corne, l'écaille et les bois durs.

8. Dans le principe, on ne connaissait que le caoutchouc du Nouveau Monde. Quand la consommation de cette matière est devenue considérable, l'Amérique n'a pu suffire aux besoins de l'industrie, et force a été de s'adresser aux contrées tropicales de l'ancien continent. En 1861, on estimait la production du monde entier à 4,000,000 de kilogrammes, dont 2,000,000 provenaient de l'Inde; 1,200,000 du Brésil; 750,000 des anciennes possessions espagnoles; et 50,000 du pays de Gabon, sur la côte occidentale d'Afrique. Pour se faire une idée de la progression qu'a suivie la consommation du caoutchouc, il suffira de savoir qu'en France la quantité importée annuellement à l'état brut qui, de 1827 à 1836, ne dépassa pas une moyenne de 23,000 kilogrammes, s'éleva à 91,000 kilogrammes dans la période décennale de 1837 à 1846, à 440,000 kilogrammes dans celle de 1847 à 1856, et qu'aujourd'hui elle atteint près d'un million et demi. Or, si cette augmentation continue, il est certain, quoiqu'il y ait encore de vastes forêts à exploiter, que les pays de

production finiront par se trouver en défaut. C'est en prévision de ce fait que la plupart des nations européennes cherchent à naturaliser les arbres à caoutchouc dans celles de leurs colonies dont le climat peut se prêter à la culture de ces végétaux.

Gutta-percha. — 1. La **gutta-percha**, ou **guttania**, est le suc laiteux du *Percha* ou *Niato*, arbre magnifique que l'on rencontre surtout aux environs de Singapore, à l'extrémité de la presqu'île de Malacca, et, en général, dans presque toutes les îles de la Malaisie. Par quelques-uns de ses caractères, la gutta-percha rappelle le caoutchouc, dont on l'a d'abord considérée comme une simple variété; mais elle possède d'autres qualités qui lui sont propres.

2. De très-bonne heure, la gutta-percha a été utilement employée dans les pays qui la fournissent. Comme elle se ramollit par une légère chaleur, et reprend par le refroidissement une rigidité analogue à celle du bois, les indigènes l'ont surtout utilisée pour faire des manches de fouets et d'outils, des vases et des ustensiles. C'est en 1842 qu'elle a été signalée à l'industrie européenne. Des échantillons en avaient bien déjà été apportés en Angleterre, vers 1650, et plus tard; mais on n'y avait vu qu'un objet de curiosité, que l'on plaçait dans les cabinets d'histoire naturelle sous le nom de *plyable, mader wood*, « bois plastique pour faire des coupes. » En 1842 donc, le docteur W. Montgomery, qui habitait Singapore, ayant vu employer la gutta-percha par les indigènes, pensa qu'elle pourrait aussi recevoir des applications en Europe, et en fit passer quelques spécimens au bureau médical de Calcutta et à la Compagnie des Indes. L'année suivante, de concert avec M. José d'Almeida, négociant portugais, il en adressa un envoi d'une certaine importance à la Société des arts de Londres. Enfin, en 1844, il publia une notice dans laquelle il exposa, sur la manière de recueillir et de travailler la gutta-percha, tout ce qu'un séjour de vingt ans dans la Malaisie lui avait permis d'apprendre. C'est de cette année que datent, en Angleterre, les commencements de l'industrie de la gutta-percha. Elle fut introduite en France vers la même époque, mais directement de l'Inde, et à l'occasion que nous allons dire.

3. Dans les premiers jours d'août 1844, en se rendant à leur

poste, les délégués commerciaux attachés à l'ambassade Lagrenée que le gouvernement de Louis-Philippe envoyait en Chine, remarquèrent à Singapore des vases, des cannes et des ustensiles en gutta-percha, et, à leur retour, ils ne manquèrent pas de se procurer des échantillons de cette matière, qui leur parut pouvoir être utilisée dans plusieurs branches de l'industrie parisienne. Ces échantillons furent distribués par le gouvernement aux principaux fabricants de caoutchouc, et trois de ces derniers, MM. Cabirol, Alexandre et Duclos, prévoyant le grand parti qu'il serait possible de tirer de la nouvelle gomme élastique, comme on disait, s'empressèrent de prendre un brevet d'invention, qui leur fut délivré le 28 juillet 1846.

4. Dès son arrivée en Europe, la gutta-percha trouva les fabriques de caoutchouc admirablement disposées pour elle, et put immédiatement, et presque sans modifications, être travaillée suivant les méthodes et avec les machines inventées pour ce dernier produit. C'est ce qui explique l'extension énorme que son emploi reçut en peu d'années, surtout en Angleterre. Non-seulement, elle fut appliquée à presque tous les usages du caoutchouc; mais les propriétés spéciales qu'elle possède la firent bientôt employer à de nouveaux usages. Personne n'ignore qu'elle est imperméable à l'eau, non conductrice de la chaleur et de l'électricité, inattaquable par la plupart des acides et des alcalis. On sait aussi qu'elle se ramollit à une faible température, qu'elle se prête admirablement au moulage, qu'elle acquiert une très-forte résistance par le laminage et l'étirage, qu'enfin elle conserve rigoureusement les formes les plus délicates qu'une compression énergique lui a données. De là les applications de la gutta-percha aux objets suivants : enveloppes de fils métalliques pour la télégraphie sous-marine et l'inflammation des mines, courroies pour transmission de mouvement dans les ateliers très-humides, plaques pour semelles de chaussures, moules pour la galvanoplastie, feuilles et mastics pour préserver de l'humidité, vases, bassins, tuyaux, récipients de toute espèce, pour contenir les liqueurs acides, corrosives ou alcalines, etc.

5. En 1845, l'Angleterre ne reçut que 9,000 kilogrammes de gutta-percha. Aujourd'hui, elle en reçoit annuellement et en met en œuvre près de 4,200,000 kilogrammes, c'est-à-dire beau-

coup plus que tout le reste de l'Europe ensemble. La fabrication française en emploie à peine 55,000 kilogrammes. Dans la crainte que, par suite de l'épuisement des forêts de la Malaisie, la gutta-percha ne finisse par manquer à l'industrie, les Anglais s'efforcent, depuis plusieurs années, de multiplier, dans leurs possessions indiennes, l'arbre qui fournit cette substance. Afin de l'économiser, on cherche aussi à la remplacer, du moins pour certains usages, par d'autres produits d'une nature analogue, parmi lesquels nous citerons seulement la *gutta-terbole*, des Indes anglaises, la *gomme de Kell*, du pays de Gabon, la *sève de balata* et la *gomme extensible* de la Guyane.

TABLE DES MATIÈRES.

PRÉFACE..... I

PREMIÈRE PARTIE.

Substances alimentaires.

Pain. — Sucre. — Boissons fermentées. — Alcool. — Chocolat. — Conserves. — Conservation des grains.

CHAPITRE I^{er}. — *Le pain*. — Ce que c'est que le *pain* : son origine; premier emploi de la farine; découverte de la fermentation; le pain chez les anciens, chez les peuples modernes; panification perfectionnée : pétrins mécaniques, fours aérothermes; procédés Mége-Mouriez, Dauglish..... 1

CHAPITRE II. — *Le sucre*. — Abondance du *sucre* dans la nature; plantes qui le fournissent. — *Sucre de canne* : comment connu des anciens; introduction de la canne en Europe, aux Açores, aux Canaries, en Amérique; développement des sucreries américaines; extension de l'emploi du sucre. — *Sucre de betterave*; sa découverte; Margraf; sa fabrication industrielle; Achard, Delessert, Crespel-Delisse; résultats qu'a donnés cette fabrication..... 12

CHAPITRE III. — *Les boissons fermentées*. — Ancienneté des *boissons fermentées*; effets qu'elles produisent. — Le *vin* : où inventé; son histoire chez les Hébreux, les Égyptiens, les Perses, les Grecs, les Romains; vins français au moyen âge et dans les temps modernes. — La *bière* chez les anciens; l'emploi du houblon est moderne. — Le *cidre* et le *poiré*. — Fabrication des boissons fermentées... 23

CHAPITRE IV. — *L'alcool et la distillation*. — Ce qu'on entend par *alcool*, *esprit* et *eau-de-vie*; origine de la *distillation* : Aristote, les Arabes, Arnaud de Villeneuve. — Différentes sortes d'alcools. — Appareils distillatoires : Pline, Zozime, Porta, etc. — Alambic ordinaire, ses défauts : Argand, Édouard Adam. — Alambic continus : Cejlier Blumenthal, Derosne. — Alcool artificiel : Berthelot... 32

CHAPITRE V. — *Industrie du chocolat*. — Notions préliminaires : le *cacao*. — Origine du *chocolat*; son introduction en Europe; sa fabrication. — Observations finales..... 49

CHAPITRE VI. — *Industrie des conserves*. — Altération des substances alimentaires : nécessité de la prévenir. — *Conservation par le froid* : son efficacité. — *Conservation par la dessiccation* : carne dulce, tasajo, poudre de viande, extrait de viande, bouillon concentré, lait condensé. — *Conservation par la soustraction de l'air* : Appert; enrobages divers; conservation des œufs. — *Conservation par les antiseptiques* : emploi du sel, du vinaigre, de l'acide pyroligneux, de l'acide sulfureux, de la créosote, du charbon; injection des viandes..... 53

CHAPITRE VII. — *Conservation des grains*. — Altération des grains; ses causes. — *Préservatifs contre l'humidité* : ensilage, greniers-glacières, silos mobiles. — *Préservatifs contre les insectes* : étuvage, pelletage, greniers-aérateurs, tarare - brise-insectes, tue-teignes, greniers-conservateurs. — Moyettes..... 67

DEUXIÈME PARTIE.

Industrie des Tissus.

Matières textiles. — Filature. — Tissage. — Teinture. — Impression des tissus. — Tricot, dentelle, tulle. — Broderie, tapis, tapisseries, châles. — Draperie.

CHAPITRE I^{er}. — *Les matières textiles.* — Matière des premiers vêtements. — Usage de la laine : temps anciens ; moyen âge : création de la race mérino ; temps modernes. — Le chanvre et le lin. — Origine chinoise du travail de la soie : le ver à soie en Europe ; propagation de l'industrie des soieries. — Le coton : son emploi dans l'antiquité et pendant le moyen âge ; origine anglaise de l'industrie cotonnière dans les temps modernes ; son importance actuelle. — Textiles divers : jute, china-grass, poil de chameau, alpaca, cachemire... 75

CHAPITRE II. — *La filature.* — Notions préliminaires. — *Filature à la main* : quenouille, fuseau, ronet. — *Filature mécanique* : son origine ; filature du coton : la spinning-jenny : Highs, Kay, Hargreaves ; le throstle : Highs, Kay, Arkwright ; la mull-jenny : Crompton ; filature de la laine ; filature du chanvre et du lin : Philippe de Girard ; filature de la soie : Borghesano Lucchesi, Vaucanson, Gensoul, Hollenverger..... 96

CHAPITRE III. — *Le tissage.* — Objet du tissage ; son ancienneté. — *Tissage manuel* : premier métier à tisser ; invention de la navette, des lames, des ensouples, du battant, des marches ; métier à marches ; métier à la tire. — *Tissage mécanique* : étoffes unies : de Gennev, Vaucanson, Cartwright ; étoffes façonnées : Claude Dagon, Garon, Bouchon, Falcon, Vaucanson, Jacquard, Breton ; étoffes brochées : Prosper Meynier et le battant-brocheur..... 109

CHAPITRE IV. — *La teinture.* — Origine de la teinture ; son état dans l'antiquité et au moyen âge ; matières employées ; découverte de l'Amérique et du cap de Bonne-Espérance ; influences des progrès de la chimie au XVIII^e siècle ; transformation de la teinture contemporaine..... 124

CHAPITRE V. — *L'impression des tissus.* — Objet de l'impression des tissus. — Origine asiatique des toiles peintes ; leur introduction en Europe ; Beaulieu, S. Kœchlin, J.-H. Dolfus, J.-J. Schmaltzer, A. Frey, Oberkampf ; extension de l'indienne contemporaine : quelles en sont les causes. — Anciens procédés de l'industrie des toiles peintes ; procédés modernes : impression au bloc, à la planche plate, au rouleau, à la perrotine, au métier à surface..... 133

CHAPITRE VI. — *Le tricot, la dentelle, le tulle.* — Le tricot ; son origine ; invention du métier à bas : William Lee, J. Strute ; métiers tricoteurs. — La dentelle ; son origine ; ses développements en Europe ; Colbert et le point d'Alençon. — Le tulle ; son origine anglaise : Hammond, Crane, Linley, Heatcoat..... 143

CHAPITRE VII. — *La broderie, les tapis et les tapisseries, les châles, la draperie.* — La broderie : son origine ; ce qu'elle était chez les anciens et au moyen âge ; broderie mécanique. — Les tapis et les tapisseries : notions préliminaires ; les tapisseries dans l'antiquité, au moyen âge, dans les temps modernes. — Les châles : Leur origine orientale ; leur introduction en Europe. — La draperie : son origine ; ce qu'elle était dans l'antiquité et au moyen âge ; ce qu'elle est dans les temps modernes..... 152

TROISIÈME PARTIE.

L'Art du Potier et la Verrerie.

CHAPITRE I^{er}. — *L'art du potier*. — Haute antiquité des *poteries*. — *Poteries vernissées* : leur caractère essentiel ; elles sont d'origine orientale ; comment introduites en Europe. — *Poteries émaillées* : elles sont aussi d'origine asiatique ; par qui introduites en Europe ; Luca della Robbia ; les potiers des Romagnes et la majolica ; Bernard Palissy ; Conrade et la faïencerie nivernaise. — *Porcelaine* : caractère distinctif de cette poterie ; son origine chinoise ; premières tentatives pour l'imiter en Europe ; la porcelaine française ; Bottger et la vraie porcelaine. — *Faïence fine* : son origine anglaise ; Josiah Wedgwood. — *Grès* : leur caractère distinctif ; connus dans l'ancienne Égypte. 465

CHAPITRE II. — *La verrerie*. — Invention fabuleuse du *verre* : circonstances probables qui l'ont amenée. — *La verrerie dans l'antiquité* : fabriques égyptiennes et phéniciennes ; première importation du verre à Rome ; habileté des verriers de l'antiquité, leurs procédés ; usages du verre chez les anciens. — *La verrerie chez les modernes* : la verrerie de luxe au moyen âge ; verriers maures et byzantins ; fabriques vénitiennes ; verreries de la Bohême ; progrès généraux de la verrerie dans toute l'Europe ; coulage des glaces : Abraham Thévert ; origine anglaise du cristal ; verres pour l'optique : Guinand. 483

QUATRIÈME PARTIE.

Industrie du Papier.

Matières employées pour recevoir l'écriture. — Le *papyrus* : son origine ; ses usages dans l'antiquité et au moyen âge ; quand disparu. — Le *perchemin* : où inventé ; origine de son nom ; son emploi chez les anciens et au moyen âge : papilimpestes. — Le *papier* : sa matière première ; premières papeteries européennes ; procédés généraux de fabrication ; invention du papier mécanique : Louis Robert, Didot Saint-Léger, Dickenson ; nouvelles matières à papier. 200

CINQUIÈME PARTIE.

L'Imprimerie.

Les *livres* chez les anciens et dans les temps modernes. — *Invention de l'imprimerie* ; circonstances qui y ont conduit : les cartes à jouer et la gravure sur bois ; impression xylographique ; Gutemberg, Faust, Schoeffer ; premier livre imprimé typographiquement ; propagation de l'imprimerie ; comment elle pénétra en France : Jenson, Jean de la Pierre, Guillaume Fichet. — *Perfectionnements modernes* : presses mécaniques ; clichage ; machines à composer. — *Inpressions diverses* ; chromotypie ; livres pour les aveugles. 214

SIXIÈME PARTIE.

La Gravure et les Estampes.

Objet de la gravure; son origine; différentes sortes de gravures. — *Gravure en creux*: gravure au burin; gravure à l'eau-forte; gravure mécanique. — *Gravure en relief*: gravure sur bois; gravure par les acides..... 237

SEPTIÈME PARTIE.

La Lithographie.

Idée générale de la *lithographie*. — Son invention: Senefelder. — Premiers efforts pour en répandre l'usage; son introduction en France. — Ses progrès depuis 1830: chromo-lithographie, autographie, litho-typographie, litho-chalcographie, zincographie, améliorations apportées au tirage..... 248

HUITIÈME PARTIE.

Les Métaux.

Notions préliminaires. — Métaux précieux. — Métaux communs. — Métaux rares.

CHAPITRE I^{er}. — *Notions préliminaires*. — Découverte des métaux. — Métaux découverts par les modernes. — Métaux actuels..... 255

CHAPITRE II. — *Métaux précieux*. — L'or. — L'argent. — Le platine..... 259

CHAPITRE III. — *Métaux communs*. — Le cuivre. — L'étain. — Le plomb. — Le fer. — Le mercure. — Le zinc..... 266

CHAPITRE IV. — *Métaux rares*. — L'aluminium. — L'antimoine. — Le nickel. — Le bismuth. — Le palladium. — L'iridium. — Le magnésium..... 286

NEUVIÈME PARTIE.

Les Mines.

Objet et importance de l'*exploitation souterraine*. — Ce qu'étaient les mines dans l'antiquité: condition des ouvriers, procédés de travail, éclairage, épuisement de l'eau, gaz irrespirables. — Les mines au moyen âge. — Les mines dans les temps modernes: emploi de la poudre, fusées de sûreté, perforateurs; machines d'extraction: bennes et cages guidées, parachutes; circulation des personnes: fahrkunst; éclairage: le grisou, les lampes de sûreté: Stephenson, Davy; lampe photo-électrique..... 292

DIXIÈME PARTIE.

L'Art des Constructions.

Mortiers et ciments. — Extraction des pierres. — Conservation des matériaux. — Travaux sous-marins. — Fondations tubulaires. — Ponts et tunnels. — Appareils de montage et de levage.

| | |
|--|-----|
| CHAPITRE I ^{er} . — <i>Mortiers et Ciments</i> . — Constructions sans mortier ni ciment. — Ce qu'on entend par <i>mortiers</i> . — Prétendue supériorité de ceux des Romains. — Cause de la bonté des mortiers. — Recherches de Smeaton, Parker, etc. — Travaux de Vicat. — Origine de l'hydraulicité des chaux. — <i>Blocs artificiels</i> : leur usage. <i>Constructions monolithes</i> | 312 |
| CHAPITRE II. — <i>Extraction des pierres</i> . — Méthodes générales d'exploitation. — <i>Emploi des coins</i> : description sommaire. — <i>Emploi de la mine</i> : son origine, sa description ; perfectionnements modernes : fusées de sûreté, perforateurs, mines chambrées ; poudres nouvelles : fulmi-coton, nitro-glycérine, dynamite, dualins, lithofracteur..... | 318 |
| CHAPITRE III. — <i>Conservation des matériaux</i> . — <i>Conservation du bois</i> : notions préliminaires, inventions diverses : pinceautage, immersion, injection, flambage. — <i>Conservation des pierres</i> : silicatisation..... | 323 |
| CHAPITRE IV. — <i>Travaux sous-marins</i> . — Notions préliminaires. — Industrie des plongeurs. — Appareils servant aux travaux sous-marins : cloches, bateaux à air, scaphandres. — Éclairage sous-marin..... | 334 |
| CHAPITRE V. — <i>Fondations tubulaires</i> . — Origine indienne des <i>fondations tubulaires</i> . — Leur importation en Europe. — Brunel et le tunnel de la Tamise. — Perfectionnements divers : emploi des tubes métalliques, enfoncement par aspiration. — Système <i>Triger</i> | 346 |
| CHAPITRE VI. — <i>Les ponts et les tunnels</i> . — Les <i>ponts</i> : notions préliminaires ; ponts de bois, ponts en maçonnerie, ponts métalliques, ponts suspendus. — Les <i>tunnels</i> : définition ; tunnels de l'antiquité ; tunnels du moyen-âge ; tunnels modernes : moyens d'exécution..... | 349 |
| CHAPITRE VII. — <i>Montage des matériaux</i> . — Moyens employés dans l'antiquité pour soulever les lourds fardeaux. — Moyens employés par les modernes : machines perfectionnées, substitution du travail mécanique au travail manuel, montage et lançage des ponts métalliques..... | 363 |

ONZIÈME PARTIE.

Industrie de l'Éclairage.

| | |
|--|-----|
| Éclairage par les huiles végétales. — Éclairage par les corps gras solides. — Éclairage au gaz. — Éclairage par les huiles minérales. — Éclairages éblouissants. | |
| CHAPITRE I ^{er} . — <i>Éclairage par les huiles végétales</i> . — Antiquité de l'éclairage à l'huile. — Lampes chez les anciens : Héron d'Alexandrie ; défauts de ces appareils ; premiers perfectionnements. — Lampes modernes ; <i>bec à double courant d'air</i> : Argand, Lango, Quinquet ; mécanismes divers : <i>lampe lycnomène</i> : Carcel ; <i>lampe à modérateur</i> : Franchot..... | 363 |
| CHAPITRE II. — <i>Éclairage par les corps gras solides</i> . — <i>Suif</i> : ancienneté de son emploi. — <i>Cire</i> : son application à l'éclairage. — <i>Acides gras</i> : par qui découverts ; création de l'industrie stéarique : Chevreul, Cambacères, de Milly, Motard. — <i>Paraffine</i> . — <i>Blanc de baleine</i> | 380 |
| CHAPITRE III. — <i>Éclairage au gaz</i> . — Notions préliminaires. — Invention de l'éclairage au gaz : Philippe Lebon, Murdock, Winsor. — Idée de la fabrication | |

du gaz. — *Gaz à l'eau* : Donavan, Jobard, Girard. — *Gaz portatif* : Houzeau-Muiron. — Produits secondaires de la fabrication du gaz..... 385

CHAPITRE IV. — *Éclairage par les huiles minérales*. — Notions préliminaires. — *Alcoolats* : gazogène, hydrogène liquide, etc. — *Huiles minérales* : huile de schiste, pétrole..... 394

CHAPITRE V. — *Éclairages éblouissants*. — *Lumière électrique* : Humphry Davy, Léon Foucault, Deleuil; ses applications. — *Lumière oxyhydrique*. — *Lumière au magnésium*..... 397

DOUZIÈME PARTIE.

Industrie du chauffage.

Chauffage par rayonnement direct. — Chauffage par l'air chaud. — Chauffage par circulation d'eau chaude. — Chauffage par la vapeur. — Chauffage au gaz. — Chauffage au pétrole.

CHAPITRE I^{er}. — *Chauffage par rayonnement direct*. — *Cheminées* : leur invention, leur construction primitive; premiers perfectionnements : Savot, Gauger, Humford; dispositions modernes. — *Poêles* : leur origine, leur construction. — *Cheminées-poêles* : leur disposition, leur origine, appareil Désarnod..... 404

CHAPITRE II. — *Chauffage par l'air chaud*. — Idée du *chauffage par l'air chaud* : son origine. — Ses applications..... 411

CHAPITRE III. — *Chauffage par circulation d'eau chaude*. — Principe du *chauffage par circulation d'eau chaude* : Bonnemain, de Chabannes; ses applications. 414

CHAPITRE IV. — *Chauffage par la vapeur*. — Idée du *chauffage par la vapeur* : James Watt; ses applications..... 418

CHAPITRE V. — *Chauffage au gaz*. — Idée du *chauffage au gaz* : son invention; ses applications : cuisines, poêles, cheminées au gaz; bec Bunsen, chalumeau acétylène, chalumeau oxyhydrique..... 420

CHAPITRE VI. — *Chauffages divers*. — *Chauffage par les puits artésiens* : ses applications. — *Chauffage par le frottement* : machine thermogène. — *Chauffage par les huiles minérales* : goudron de houille, pétrole..... 425

TREIZIÈME PARTIE.

Les Moteurs.

Moteurs à vapeur. — Moteurs à gaz. — Moteurs hydrauliques. — Moteurs aériens. — Moteurs à air comprimé. — Moteurs électriques.

CHAPITRE I^{er}. — *Machine à vapeur*. — Notions préliminaires. — Origine de la *machine à vapeur* : Sênèque, Anthémios, Rivault, Salomon de Caus, Branca, Worcester, Papin. — Premières machines à vapeur : Savery, Newcomen, Cawley. — James Watt : machines à simple effet, à double effet. — Machines diverses : à haute pression, à détente, oscillantes, verticales, horizontales, rotatives, locomobiles. — Chaudières. — *Outils à vapeur* : marteau-pilon, marteau à pilots..... 428

| | |
|---|-----|
| CHAPITRE II. — <i>Moteurs à gaz.</i> — Notions préliminaires. — Idée générale des <i>moteurs à gaz</i> : machine Lenoir, machine Hugon. — Usage auquel ils sont spécialement propres..... | 458 |
| CHAPITRE III. — <i>Moteurs hydrauliques</i> : roues verticales, roues horizontales : turbines..... | 460 |
| CHAPITRE IV. — <i>Moteurs aériens.</i> — <i>Moteurs à air comprimé.</i> — <i>Moteurs électriques</i> | 463 |

QUATORZIÈME PARTIE.

La Navigation.

Navigation maritime. — Boussole. — Phares. — Bateaux à vapeur. — Canaux.

| | |
|--|-----|
| CHAPITRE I ^{er} . — <i>La navigation maritime.</i> — Commencements de la <i>navigation maritime.</i> — Ce qu'elle fut dans l'antiquité et pendant le moyen âge. — Invention de la <i>boussole</i> : elle rend possibles les grands voyages. — Progrès de l'art nautique : invention du <i>loch</i> et des <i>montres marines</i> ; étude des vents et des courants : Maury..... | 467 |
| CHAPITRE II. — <i>La boussole.</i> — L' <i>aimant</i> : aimant naturel, aimants artificiels ; pôles de l'aimant, leur antagonisme. — L' <i>aiguille aimantée</i> : sa propriété directrice. — <i>La boussole</i> : date de son invention ; à quelle époque employée en Europe ; construction primitive, premiers perfectionnements..... | 472 |
| CHAPITRE III. — <i>Les phares.</i> — Nécessité des <i>phares.</i> — Ce qu'ils étaient dans l'antiquité et pendant le moyen âge ; grossièreté de leur éclairage. — Perfectionnements : appareils catoptriques : Teulère, Borda ; appareils lenticulaires : Fresnel. — Application de la lumière électrique à l'éclairage des phares.. | 477 |
| CHAPITRE IV. — <i>Les bateaux à vapeur.</i> — La navigation fluviale, ses inconvénients. — Premiers essais de la navigation à vapeur : Papin ; Jonathan Hulls ; obstacles qu'elle rencontre. — Premières expériences sérieuses : d'Auxiron, Perrier, Jouffroy d'Abbans, etc. — Réalisation pratique : Robert Fulton. — Application des bateaux à vapeur aux voyages maritimes : le <i>Rob-roy</i> , ¹ la <i>Savannah</i> , l' <i>Entreprise</i> . — Développement de la navigation à vapeur. — Bateaux à <i>hélice</i> : Smith, Ericsson..... | 483 |
| CHAPITRE V. — <i>Les canaux.</i> — Nécessité des <i>canaux</i> ; en quoi ils consistent. — <i>Canaux latéraux</i> ; <i>canaux à points de partage.</i> — Histoire de la canalisation. — <i>Canaux maritimes</i> : isthmes de Suez, de Panama, de Corinthe..... | 501 |

QUINZIÈME PARTIE.

Les Chemins de fer et les Locomotives.

| | |
|--|-----|
| CHAPITRE I ^{er} . — <i>Les chemins de fer.</i> — Principe des <i>chemins de fer</i> : leur origine ; leur première destination. — Invention de la <i>locomotive</i> ; ses conséquences. — Extension des chemins de fer. — Idée générale d'un chemin de fer. — Systèmes divers : chemins atmosphériques, chemins à rail central, chemins hydrauliques, chemins électro-magnétiques, chemins funiculaires, chemins à air comprimé, chemins à rail unique..... | 514 |
| CHAPITRE II. — <i>Les locomotives.</i> — Première idée des voitures à vapeur : Ro- | |

bison, Watt. — *Fardier* de Cugnot. — Invention de la *locomotive* : Trevithick. — Premiers perfectionnements : Blackett, Séguin. — Stephenson et le concours de Liverpool. — Description sommaire. — *Locomotives routières*..... 528

SEIZIÈME PARTIE.

De l'Électricité.

CHAPITRE I^{er}. — *Notions préliminaires*. — Généralités. — *Electricité statique et électricité dynamique*. — Découverte du *galvanisme* : Galvani. — Invention de la *pile* : Volta. — Piles à courant constant : Daniell, Grove, Bunsen. — *Électromagnétisme* : Oersted. — *Électro-aimants* : Davy, Ampère. — *Courants d'induction* : Faraday..... 540

CHAPITRE II. — *Applications industrielles*. — *Applications mécaniques* : chemins de fer, horlogerie, chronoscopes et chronographes, enregistreurs, moteurs, électro-tricurs, métiers électro-tisseurs. — *Applications physiques* : éclairage, tirage des mines. — *Applications chimiques* : électro-métallurgie : son principe, sa division en galvanoplastie et électro-chimie, histoire de sa découverte, ses applications..... 553

DIX-SEPTIÈME PARTIE.

Transmissions Télégraphiques.

Télégraphie aérienne. — Télégraphie électrique. — Télégraphie acoustique.

CHAPITRE I^{er}. — *Télégraphie aérienne*. — Origine de la *télégraphie aérienne*. — Ce qu'elle était dans l'antiquité. — Ce qu'elle est devenue dans les temps modernes : Amontons, Claude Chappe. — Pourquoi abandonnée..... 568

CHAPITRE II. — *Télégraphie électrique*. — Premiers essais de *télégraphie électrique* : Marshal, Lesage, Lomond, etc.; cause de leur insuccès. — Découverte de l'électro-magnétisme son influence sur l'avenir de la télégraphie : Ampère, Ronalds, Schilling, Gauss, etc. — Réalisation pratique de la télégraphie électrique : Wheatstone, Steinheil, Morse. — Principes généraux de la télégraphie électrique : télégraphes à aiguilles, à cadran, écrivains, imprimants, autographiques; télégraphie sous-marine..... 573

CHAPITRE III. — *Télégraphie acoustique*. — Ancienneté de la *télégraphie acoustique*. — Ce qu'elle était chez les anciens. — Procédés modernes : dom Gauthey. — Usages de la télégraphie acoustique. — Systèmes divers : téléphonie, télélogue..... 588

DIX-HUITIÈME PARTIE.

Industrie houillère.

La *houille* connue de tout temps. — Pourquoi peu employée autrefois. — Impor-

tance de sa consommation actuelle; quelle en est la cause. — Les houillères sont-elles inépuisables?..... 590

DIX-NEUVIÈME PARTIE.

Industrie de l'Horlogerie.

Horlogerie chez les anciens : *cadrans solaires, clepsydres, sabliers*. — Horlogerie chez les modernes ; *horloges à poids, pendules, montres*..... 595

VINGTIÈME PARTIE.

Le Caoutchouc et la Gutta-Percha.

Le *caoutchouc* et la *gutta-percha*. — Notions générales. — Le *caoutchouc* : pays qui le produisent; quand connu en Europe; ses usages. — La *gutta-percha* : pays qui la produisent; son importation en Europe; ses usages..... 606

FIN DE LA TABLE.