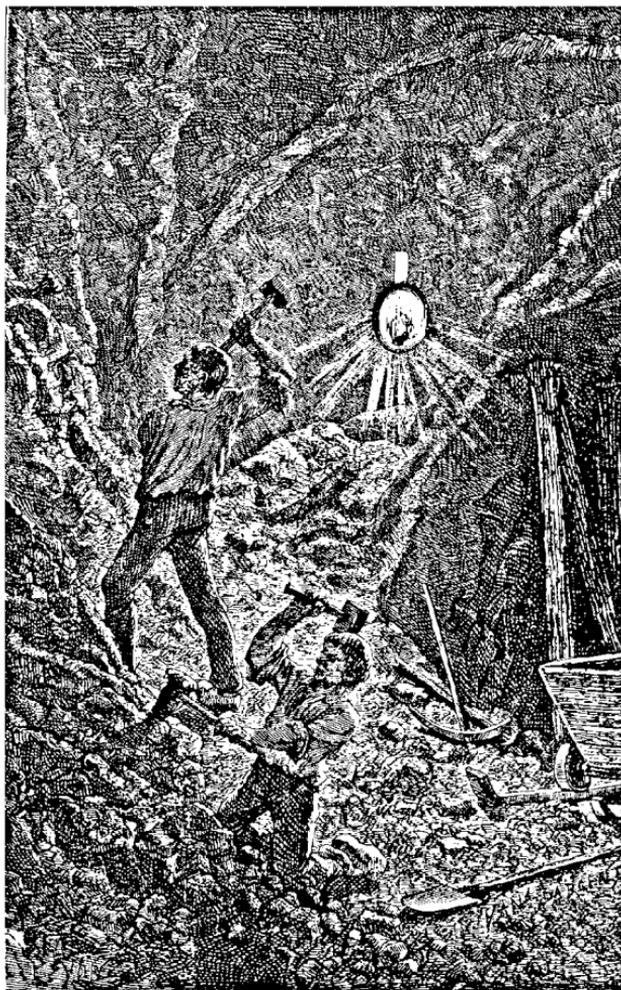




VARIÉTÉS
INDUSTRIELLES

PETIT IN-8° ILLUSTRÉ

PROPRIÉTÉ DES ÉDITEURS



Extraction de la bouille.

VARIÉTÉS

INDUSTRIELLES

PAR

M. A. MINGARD



TOURS

ALFRED MAME ET FILS, ÉDITEURS

—
M DCCC LXXXVI

L'ÉCLAIRAGE

I

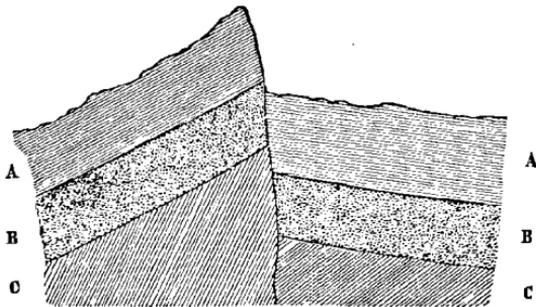
LE GAZ D'ÉCLAIRAGE

Premières observations sur les gaz inflammables. — Expériences faites en Angleterre. — Philippe Lebon. — Le thermolampe. — Début de l'éclairage au gaz en Angleterre. — Murdoch. — Winsor. — Importation de cette industrie en France. — Ses progrès. — Son état actuel.

Avant que la chimie parvint à déterminer la composition et la propriété des gaz combustibles, leur existence s'était dès longtemps révélée par des phénomènes naturels. Nous citerons, entre autres, ceux qu'on observe à Bariggazzo et à Pietra-Mala, en Italie; sur la Fontaine-Ardente du Dauphiné; aux environs des cimetières et des marécages; en un mot, partout où se trouvent enfouis, à une médiocre profondeur, des débris d'animaux et de végétaux.

On sait aujourd'hui que les phénomènes connus sous le nom de *feux follets* sont dus à la présence d'un gaz (l'hydrogène phosphoré) qui se dégage des matières organiques putréfiées, et s'enflamme spontanément au contact de l'air. On sait aussi que le *grisou*, ce fléau des houillères, n'est autre chose qu'un carbure d'hydrogène, qui, avant

la belle invention de Davy, s'enflammait à la lampe des mineurs, et causait souvent d'effroyables catastrophes. Ce dernier gaz fut étudié pour la première fois en 1664, par James Clayton, physicien anglais. Clayton avait remarqué qu'en approchant un flambeau des fissures d'une mine on en faisait jaillir des jets de flamme. Il en conjectura que si une certaine quantité de vapeur combustible était naturellement produite par des masses de charbon de terre,



Couches houillères.

on pourrait, en chauffant quelques parties de cette dernière substance, en extraire une proportion de gaz bien plus considérable. Il soumit, en conséquence, des fragments de houille à la distillation; il obtint comme produits du goudron, de l'huile, de la vapeur d'eau, et enfin un gaz qui, enflammé à l'extrémité d'un tube, brûla avec une vive clarté. Il donna à ce gaz le nom d'*esprit de houille*. Des expériences analogues furent répétées plus tard par Haler, puis par le docteur Waston. Le premier reconnut que le charbon de terre calciné fournit environ les deux tiers de son poids de matières inflammables. Le second obtint un résultat à peu près semblable, non seulement avec le charbon, mais encore avec le bois. Cependant on était bien loin alors de songer à utiliser le produit volatil de cette distillation. C'est ainsi que, dans l'usine établie

en 1786 par lord Dundonald pour la fabrication du goudron, le gaz était éconduit comme un hôte inutile et dangereux, et allait se perdre dans l'atmosphère extérieure. Une fois pourtant des ouvriers s'avisèrent de l'allumer au sommet d'une cheminée; la flamme répandit sur les environs une lumière intense; on crut d'abord à un incendie, et l'on accourut de toutes parts : puis, les terreurs calmées, on s'amusa de l'expérience, qui fut ensuite renouvelée plusieurs fois, à la grande satisfaction des voisins. Peu de temps après, un Allemand nommé Diller la reproduisit en petit, et la montra au public de Londres, comme tour de physique amusante, sous le nom de *philosophical light* (lumière philosophique).

On s'étonnera sans doute que ces premiers essais, si concluants quant aux propriétés éclairantes de gaz hydrogène carboné, n'aient pas tout d'abord inspiré au génie mercantile des Anglais l'idée d'une application industrielle. C'est pourtant à un Français que revient l'honneur d'avoir le premier indiqué les conséquences pratiques de la découverte laissée par nos voisins à l'état de théorie scientifique.

Le 6 vendémiaire an VIII (28 septembre 1799), Philippe Lebon, ingénieur des ponts et chaussées, dont les premières expériences remontaient à 1791, adressa à l'Académie des sciences un mémoire qui fut publié peu de temps après, et qui avait pour titre : *THERMOLAMPES, ou poêles qui chauffent, éclairent avec économie, offrent, avec plusieurs produits précieux, une force motrice applicable à toutes sortes de machines.*

L'invention, il faut l'avouer, était loin de tenir toutes les promesses du programme dans lequel Lebon décrivait avec détails son appareil. Nous nous abstenons de le suivre dans cette description, qui n'offrirait plus aujourd'hui qu'un médiocre intérêt. Philippe Lebon n'employait que du bois, bien que, dit-il dans son mémoire, ce combustible pût être remplacé par de la houille ou par des matières grasses. Pour se débarrasser de produits inutiles

et ne répandre dans l'appartement que la lumière et la chaleur, il fallait brûler le gaz au milieu d'un globe de cristal dans lequel un premier tuyau amenait le gaz inflammable, et un second l'air atmosphérique. Les gaz résultant de la combustion étaient conduits au dehors par un troisième tuyau. L'emploi du *thermolampe* dans les habitations devenait donc plus gênant que commode, en raison de la complication de cet appareil et des travaux nécessaires pour l'installer convenablement. A la vérité, Lebon ne négligea rien pour le perfectionner et le simplifier. Il chercha à utiliser tous les produits de la distillation du bois, et fit, dans les jardins de l'hôtel Seignelay, qu'il habitait à Paris, des expériences sur le gaz de la houille. Il parvint même à établir au Havre plusieurs thermolampes, et l'on songea un instant à appliquer son système à l'éclairage du phare de cette ville; mais ce projet n'eut pas de suite, et les *poêles chauffant et éclairant* furent bientôt abandonnés.

Lebon, découragé par le peu d'appui qu'il trouvait auprès des différents ministres auxquels il s'adressa, finit par renoncer à l'espoir qu'il avait conçu d'établir en grand son thermolampe, considéré comme appareil à éclairage. Il tourna alors ses vues d'un autre côté. Il établit à Versailles une usine où il préparait simultanément, par la distillation du bois en vase clos, du goudron et de l'acide pyroligneux (vinaigre de bois). Le résidu du charbon était livré au commerce comme combustible. Ce procédé, fondé sur les mêmes principes que le précédent, eut infiniment plus de succès : il est encore employé aujourd'hui pour la fabrication du charbon de bois, et on l'a généralement adopté de préférence à l'ancien procédé, qui consistait à brûler des branches d'arbres en plein air.

Philippe Lebon était doué, on le voit, d'une intelligence profonde, d'une vive sagacité et d'une infatigable activité : il réunissait, en un mot, toutes les qualités qui font les hommes utiles. La France fit donc une perte sensible lorsqu'il périt, en 1804, victime d'un assassinat dont la cause

et l'auteur sont restés inconnus. Il n'était âgé que de trente-sept ans.

Malgré le peu de succès qu'elles avaient obtenu en France, les tentatives de Lebon ne laissèrent pas de produire en Angleterre une certaine sensation. Un ingénieur nommé Murdoch, qui en avait eu connaissance, avait exécuté quelques expériences du même genre. Il établit en 1798 à Soho, près de Birmingham, dans la fabrique de James Watt, un appareil analogue à celui de Lebon, et qui ne fut d'abord appliqué qu'au bâtiment principal; mais en 1802, lorsque la paix d'Amiens fut conclue entre l'Angleterre et la France, toute la façade de l'établissement fut illuminée par deux grosses flammes de gaz, et en 1805 James Watt adopta définitivement pour sa fabrique ce nouveau mode d'éclairage. Son exemple ne tarda pas à être suivi par MM. Philips et Lee, propriétaires d'une vaste filature à Manchester.

D'autre part, un Allemand, nommé Winsor, avait traduit et publié le mémoire de Lebon sur le thermolampe; il avait dédié ce travail au duc de Brunswick, et avait fait à la cour de ce prince des expériences d'éclairage par le gaz extrait des bois de chêne et de sapin; puis, après avoir colporté ses appareils et ses brochures dans les villes de Brême, de Hambourg, d'Altona, il s'était rendu à Londres. Là il se mit en rapport avec Murdoch, et, d'après les conseils de celui-ci, il substitua la houille au bois dans ses nouveaux essais. Peu à peu il conçut sur l'avenir de cette découverte de si belles espérances, qu'il prit un brevet et s'occupa de fonder une société industrielle pour l'exploiter. Il ne se dissimulait pas les difficultés énormes qu'il aurait à vaincre, les obstacles que lui susciteraient les industries rivales, la résistance que lui opposeraient les préjugés et la timidité du public : rien ne l'arrêta. Winsor était un de ces hommes entreprenants, audacieux, que l'obstacle irrite au lieu de les effrayer; il était d'ailleurs décidé à réussir, partant peu scrupuleux sur le choix des moyens, et ne se faisant point faute d'éblouir, de

tromper même le public par un charlatanisme effronté.

Il publia un prospectus où il promettait un revenu annuel de 12,450 francs à quiconque prendrait une action de 100 francs dans son entreprise; encore ce revenu n'était-il, selon lui, qu'un léger acompte sur le gain à venir, et ne devait-il pas tarder à être décuplé. Quant aux objections élevées contre les inconvénients du gaz à éclairer, Winsor les résolvait toutes avec une assurance prodigieuse. Il ne craignait pas d'affirmer, par exemple, que ce gaz, loin d'avoir, comme le prétendaient les malveillants, une odeur infecte et une action délétère, était doué, au contraire, d'une odeur suave; que ses vertus hygiéniques et curatives avaient été constatées, proclamées par les meilleurs médecins, et qu'un jour, loin de redouter les fuites qui pourraient se produire dans les tuyaux de conduite, on y pratiquerait tout exprès de petites ouvertures, afin de pouvoir respirer à l'aise ce parfum délicieux et salubre. Il parvint enfin à réaliser un capital de 1,250,000 fr. Cette somme, loin de rapporter aucun bénéfice aux souscripteurs, fut entièrement absorbée par les expériences, qui, soit dit en passant, étaient fort loin de répondre aux promesses pompeuses de notre industriel. Un autre que Winsor eût perdu contenance. Lui convoqua ses actionnaires, dont il obtint un nouveau capital de 480,000 fr. Il écrivit au roi, au parlement; il força ses adversaires à déposer en sa faveur. Renvoyé par le roi à la chambre des communes et repoussé par celle-ci, il s'adressa à la chambre des lords, qui, après une enquête, accorda le bill d'autorisation qui lui était demandé par la compagnie Winsor. Cette compagnie obtint alors du roi Georges le privilège exclusif de l'éclairage au *gas-light*, et son capital fut fixé à cinq millions.

On put dès ce moment perfectionner considérablement les moyens d'épuration et de distribution du gaz; mais les travaux à exécuter pour établir un tel système d'éclairage dans une ville comme Londres occasionnèrent des dépenses qui eussent peut-être ruiné la compagnie, si Winsor, re-

doublant d'audace et d'intrigue, n'eût en quelque sorte arraché au parlement et au roi un nouveau bill définitif, en date du 1^{er} juillet 1816, par lequel la société était autorisée à prendre le titre de *Compagnie royale* et à doubler son capital. Ce capital fut porté plus tard à vingt-deux millions. Trois grandes usines furent établies dans le quartier de Westminster, et plusieurs dans les faubourgs de Londres et dans d'autres villes de l'Angleterre. Peu à peu d'autres compagnies se formèrent; toutes rendirent des services au public, et réalisèrent d'importants bénéfices. Dès 1823, le *gas-light* était généralement adopté par l'empire britannique, et les tuyaux à gaz circulaient partout sous le pavé des rues. La compagnie royale en avait posé, pour sa part, 200,000 mètres.

En 1815, Winsor, déjà sûr du succès en Angleterre, vint chercher en France un nouveau champ d'exploitation. Il obtint sans peine du roi Louis XVIII un brevet d'importation; mais le public parisien montra pour ses antiques réverbères un attachement des plus tenaces. Savants, industriels, journalistes, gens de lettres se liguèrent contre le novateur: ce fut à qui maudirait Winsor et son *importation*. Cette réprobation générale tenait sans doute au peu de sympathie qu'inspiraient alors en France les Anglais et tout ce qui venait d'eux. Ingrats et oublieux qu'ils sont, nos concitoyens ne reconnurent plus, dans la vaste industrie de Winsor, l'embryon sorti naguère du cerveau de Philippe Lebon; personne n'en voulut entendre parler, et le *Traité de l'éclairage au gaz* de M. Accum, qui parut en français, *augmenté par F.-A. Winsor, auteur du système d'éclairage par le gaz en Angleterre, etc.*, ne fut même pas lu. Il n'est, dit le proverbe, de pire sourd qui ne veut entendre. Winsor le comprit, et changea ses batteries. On n'avait voulu ni l'écouter ni le lire; il pensa que les yeux des Français seraient peut-être moins aveugles que leur esprit. Il loua une boutique dans le passage des Panoramas, et l'éclaira au *gas-light*. Le public, malgré l'obstination de son incrédulité, ne put résister à l'évi-

dence d'un fait, et la cause du nouveau procédé fut gagnée devant lui. Une offre d'association fut faite à Winsor, sous la condition toutefois qu'il exécuterait préalablement une expérience plus décisive et plus complète, en éclairant à sa façon tout le passage des Panoramas. Winsor s'y engagea sans peine; et, en effet, au mois de janvier 1817, le passage était entièrement et splendidement éclairé par son système. Aussitôt le Palais-Royal voulut être éclairé de même, et le public passa tout à coup de sa malveillance première à un enthousiasme extrême. Un capital de 1,200,000 fr. se trouva réalisé en quelques jours. Winsor avait vaincu; mais, comme Annibal, s'il savait vaincre, il ne savait pas profiter de la victoire. Au bout de deux ans, la compagnie, obérée, se mit en liquidation, après avoir seulement établi l'éclairage du théâtre de l'Odéon et celui du Luxembourg. Son matériel fut acheté au prix de 167,000 fr. par M. Pauwels, qui forma une nouvelle société. Celle-ci ne fut d'abord pas plus heureuse que la précédente; mais elle parvint ensuite à se relever, et, autant que nous sachions, elle fut longtemps florissante sous le nom de *Compagnie française*.

Lorsque la compagnie Winsor s'était dissoute, Louis XVIII, voulant se constituer le protecteur et le propagateur de l'éclairage au gaz, qu'il considérait avec raison comme une précieuse découverte, avait, à ses frais, fait continuer les travaux laissés inachevés par cette société. Aussitôt les personnages les plus distingués et les plus riches s'empresèrent, *regis ad exemplar*, de se cotiser pour soutenir une industrie honorée de la faveur du prince, et ils formèrent une compagnie qui prit le nom de *Compagnie royale*. Celle-ci acheta au rabais l'usine construite par les soins du roi, et s'installa à la barrière des Martyrs. Elle vécut peu, et ses débris se fondirent avec une autre entreprise, la Compagnie Manby-Wilson.

Depuis 1830, l'éclairage au gaz a fait chez nous de rapides progrès. Il n'est guère en France de ville qui ne possède au moins un gazomètre. A Paris, les compagnies qui

se partageaient le service des divers quartiers furent d'abord au nombre de huit. Mais les difficultés qui surgirent, dans la suite, entre elles, surtout relativement au parcours des conduits souterrains, accélérèrent leur fusion en une seule, qui prit le nom de *Compagnie parisienne*. Cette fusion eut lieu le 25 décembre 1855; et, depuis cette époque, elle a seule le monopole de l'éclairage des rues de Paris.

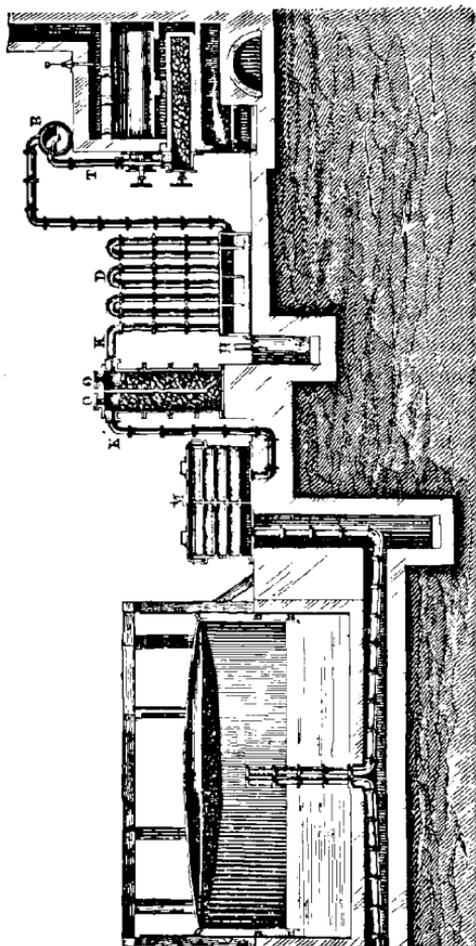
II

Substances d'où l'on peut extraire le gaz à éclairer. — Extraction du gaz de l'huile, — de la houille. — Gaz portatif. — Gaz liquide ou gazogène. — Gaz extrait de l'eau. — Gaz du bois. — Gaz de liège. — Lampe à sulfure de carbone et à oxyde d'azote.

SUBSTANCES D'OU L'ON PEUT EXTRAIRE LE GAZ A ÉCLAIRER. — La plupart des corps dont la combustion est accompagnée d'un dégagement de lumière doivent cette propriété au gaz *hydrogène bicarboné*, qui entre dans leur composition. Quelques-uns en sont presque entièrement formés : ceux-là donnent une belle clarté, et l'on trouve tout avantage à les consommer tels qu'ils nous sont présentés par la nature, c'est-à-dire à l'état solide ou liquide, après les avoir débarrassés de leurs impuretés. De ce nombre sont les huiles végétales, la cire, le suif, etc. Dans d'autres, telles que l'huile de poisson, les graisses rances, les résines, l'hydrogène carboné se trouve uni à des matières qui altèrent l'éclat de sa flamme, et donnent naissance, en brûlant, à des produits infects. Enfin il est des substances végétales et minérales, le bois, la tourbe, la houille ou charbon de terre, qui, quoique contenant une forte portion de gaz, ne pourraient en aucune façon être directement appliquées à l'éclairage. On peut joindre aux substances de cette catégorie le *bog head*, d'origine étrangère. C'est un corps bitumineux fournissant un gaz doué d'un pouvoir éclairant extraordinaire ; mais son prix élevé, joint à sa rareté, ne permet d'en faire usage que pour des cas spéciaux. C'est donc de ces derniers ordres de composés qu'on a songé à extraire l'hydrogène bicarboné, afin de lui rendre, en l'isolant, les propriétés auxquelles il doit toute sa valeur.

Mais encore n'est-il pas indifférent de le puiser à telle ou telle des sources que nous venons d'indiquer. Ainsi le bois, auquel on eut recours dans le principe, ne tarda pas à être abandonné, tant en raison de son prix de revient trop élevé, qu'à cause de la nature complexe des produits de sa distillation. Les huiles, les graisses, les résines fournissent un gaz très pur, et qui, sous le même volume, donne une quantité bien plus grande de lumière que ne fait, par exemple, le gaz de houille, puisqu'un mince bec brûlant en une heure 140 litres du second, n'en brûle que 54 du premier. Le gaz d'huile a surtout réussi de l'autre côté du détroit, grâce à l'habile initiative de M. Taylor, qui a su construire ses appareils avec toute la perfection possible, et grâce aussi au peu de faveur dont les lampes jouissent en Angleterre, où elles sont, il faut le dire, assez mal fabriquées. En France, quelques industriels ont établi avec succès des usines à gaz d'huile. M. Darcet, entre autres, a trouvé le moyen de tirer parti des eaux de savon rejetées par les fabriques de draps : il en a séparé la graisse en saturant leur base alcaline par l'acide sulfurique ou chlorhydrique, et l'a soumise à la distillation par les procédés ordinaires. Toutefois on préfère généralement épurer les matières grasses pour les consacrer aux divers usages de l'économie domestique et industrielle, et demander à la houille le gaz qu'elle renferme en quantité notable. La houille offre, en effet, des avantages immenses, évidents : elle est abondamment répandue autour de nous, s'acquiert à bon marché, et s'exploite aisément ; le gaz qu'elle fournit est d'aussi bonne qualité qu'on le puisse désirer ; enfin la plus grande partie des produits secondaires et le résidu de sa distillation trouvent dans le commerce et dans les arts un écoulement et un emploi avantageux. Les produits secondaires sont des gaz acide carbonique et acide sulfhydrique, des sels ammoniacaux, de l'huile empyreumatique et du goudron. Eh bien, les deux premiers seuls sont perdus ; les sels ammoniacaux, dissous dans les eaux de lavage, sont vendus aux fabri-

cants de produits chimiques; l'huile empyreumatique sert à dissoudre le caoutchouc pour la préparation des étoffes



Coupe d'une usine à gaz.

Foyer et cornues. — Tube montant (T). — Beriliet (B). — Condenseur (D). — Siphon déversant dans la fosse à goudron les produits condensés (H). — Tube ascendeur (K). — Tube abducteur (K'). — Colonne à coke (OO). — Epurateurs (M). — Cazomètre.

imperméables; le goudron peut, mélangé avec de la résine, devenir lui-même une source de gaz, ou bien contribuer, comme combustible, à la distillation de nouvelles quantités de charbon; il entre d'ailleurs, comme on le

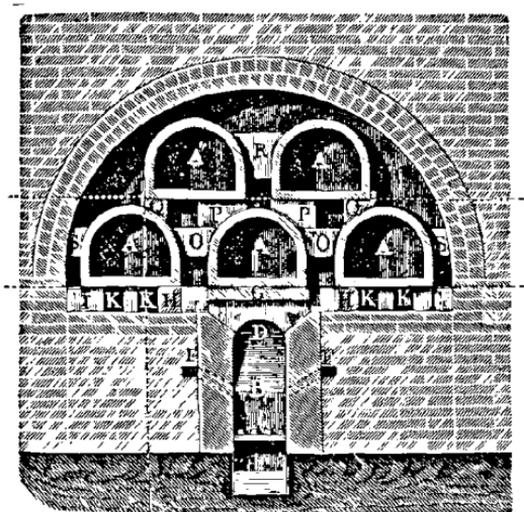
sait, dans la composition du mastic des trottoirs, et sert, dans la marine, à brayer et à callater les navires. Enfin l'on en retire, en le brûlant, du noir de fumée. Quant au résidu de la distillation de la houille, c'est un charbon léger, friable et poreux, bien connu sous le nom de *coke*, et constituant un excellent moyen de chauffage.

Soit qu'on ait recours à l'huile ou à la houille pour obtenir le gaz d'éclairage, celui-ci s'en retire toujours par distillation; néanmoins les manières d'opérer diffèrent assez quant aux détails, pour qu'il convienne de les exposer ici séparément.

EXTRACTION DU GAZ DE L'HUILE. — On remplit de fragments de coke un cylindre en fonte ou en terre réfractaire, placé horizontalement dans un fourneau en briques. On y fait arriver par un tuyau l'huile contenue dans un réservoir où le niveau du liquide est maintenu à l'aide d'un autre tube alimenté par un robinet qui déverse incessamment une quantité d'huile égale à celle qui coule dans le cylindre. Les fragments de coke sont chauffés au rouge cerise, température à laquelle l'huile se décompose. Le gaz se dégage alors par un troisième tube. Ce dernier, courbé en siphon, se rend dans le réservoir dont nous avons parlé, et plonge de deux centimètres dans l'huile, en sorte que le gaz est forcé de la traverser et d'y déposer les particules non décomposées qu'il a entraînées avec lui. Il passe de là dans le gazomètre, appareil sur lequel nous reviendrons tout à l'heure, sa construction étant la même dans toutes les usines à gaz. Un deuxième réservoir reçoit les gouttelettes d'huile que le gaz a pu emporter dans ce nouveau trajet.

Le coke mis dans le cylindre est destiné à multiplier les surfaces de chauffe, et à favoriser ainsi la décomposition du liquide. L'opération doit être conduite avec soin, et la température du fourneau maintenue toujours au même degré: une chaleur trop faible vaporiserait l'huile sans la décomposer; si, au contraire, elle était trop intense, le gaz

contiendrait une trop forte proportion d'hydrogène, ce qui diminuerait son pouvoir éclairant; et le charbon, subitement rendu à l'état solide, engorgerait le cylindre et les conduits. Quelques précautions que l'on prenne du reste, il se forme toujours à la longue un dépôt charbonneux, et les interstices du coke finiraient par se boucher si l'on n'avait soin de le renouveler de quinzaine en quinzaine.

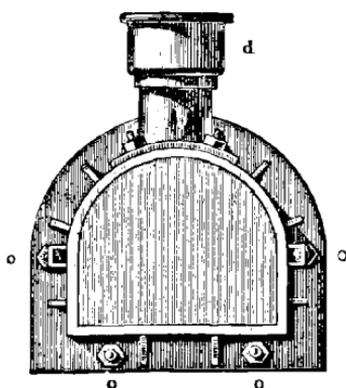


Disposition des cornues dans une usine à gaz.

EXTRACTION DU GAZ DE LA HOUILLE. — La houille d'où le gaz s'extrait le plus abondamment et avec le plus d'avantage est la houille *compacte* ou *demi-grasse*. Les houilles *grasses* se boursoufflent, se distillent avec difficulté, et donnent trop de goudron; les houilles *maigres* sont peu riches en hydrogène carboné, et le coke qu'elles laissent pour résidu est trop friable.

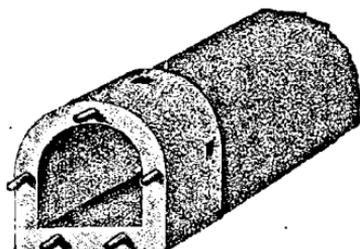
Les usines à gaz du Nord et de l'Ouest sont principalement alimentées par les mines d'Anzin, de Commentry, de Douchy et de Mons. Le *stenu* de Mons est estimé presque

à l'égal du *channel-coal*, dont les Anglais font avec raison tant de cas. Les usines du Midi, du Centre et de l'Est reçoivent leur matière première du bassin de Saint Étienne.



Cornue à gaz fermée.

Les principaux engins, servant à la production, à la distribution et à l'emploi du gaz, sont au nombre de huit. Nous allons les décrire successivement, et nous indique-

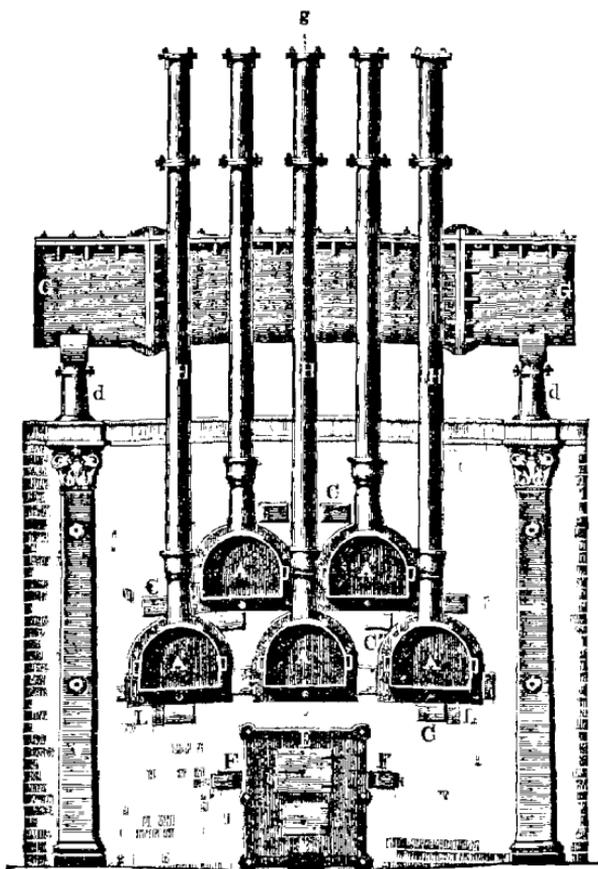


Cornue à gaz ouverte.

rons en même temps le rôle que joue chacun d'eux dans l'ensemble de l'opération.

1^o Les *fourneaux* sont en briques : celles qui forment les parois du foyer doivent être très réfractaires, à cause de la température élevée qu'elles ont à supporter conti-

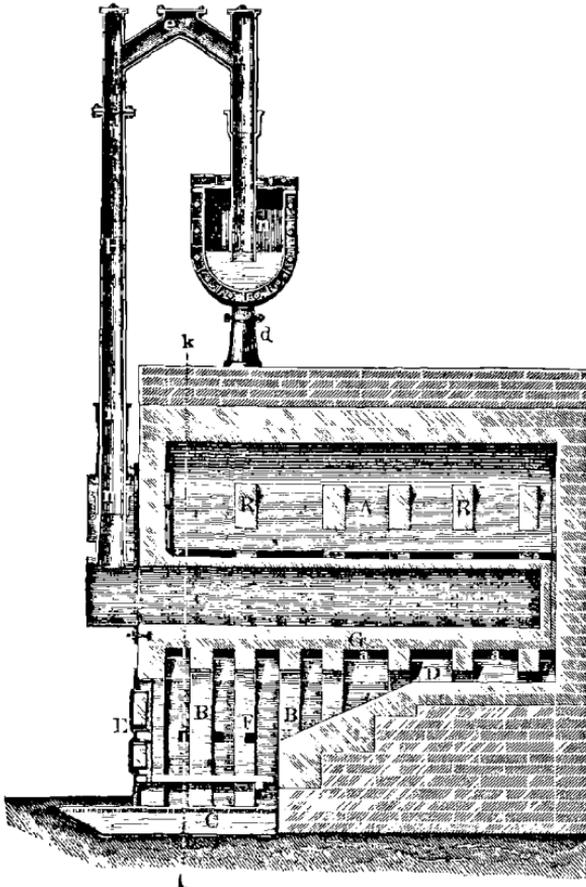
nuellement. Les foyers sont ordinairement au nombre de trois. Les flammes s'en échappent par des ouvertures pra-



Une batterie de cinq cornues à gaz (A) avec son fourneau (E) et les tubes de dégagement ou montants (H) menant le gaz dans le collecteur (G).

tiquées à la partie supérieure, enveloppent les cornues, puis viennent se réunir au-dessus de la voûte du fourneau, dans un espace libre, d'où elles vont se perdre dans la cheminée, qui doit être commune à tous les fourneaux.

2° Les *cornues* sont des cylindres en fonte, ou mieux en terre à creuset très réfractaire, terminés en forme de



Coupe d'une cornue à gaz (A), du fourneau (EBF) et des tubes de dégagement (mII) menant le gaz dans le collecteur ou barillet (nd).

calotte sphérique à celle de leurs extrémités qui plonge dans le fourneau. Elles sont disposées horizontalement en groupe de cinq ou de sept, placés chacun au-dessus d'un des foyers. Leur orifice, extérieur et parallèle à l'ouverture

du fourneau, se ferme hermétiquement lorsqu'elles sont chargées. Au-dessus et un peu en arrière de l'orifice, une ouverture livre passage à un tube de dégagement appelé *tuyau montant*. C'est dans les cornues que s'opère la distillation. On les chauffe au rouge, puis on les remplit, à moitié seulement, de fragments de houille, afin de laisser au coke la place qu'il doit occuper en se boursoflant. L'opération dure de quatre à cinq heures; la chaleur est produite par la combustion du coke ou de goudron provenant de distillations antérieures. Il faut environ 75 litres de coke pour épuiser le gaz d'un hectolitre de houille.

3° Le *barillet* est un vase contenant de l'eau dans laquelle plongent les *tuyaux montants*, en sorte que chaque cornue est isolée des autres ainsi que du reste de l'appareil. Cette disposition a pour but de prévenir les accidents qui pourraient résulter des fuites de gaz, des interruptions de travail, etc., ou du moins d'empêcher que les effets de ces accidents ne se propagent et ne compromettent l'existence des ouvriers ou la solidité des appareils.

C'est aussi dans le barillet que se déposent, en partie, le goudron et les sels ammoniacaux entraînés, au sortir de la cornue, par le gaz.

4° Le gaz passe du barillet dans les *condenseurs*, tubes réfrigérants qu'arrose sans cesse un courant d'eau froide. Dans les condenseurs, le gaz se débarrasse du reste de son goudron, de l'huile empyreumatique et d'une partie des eaux alcalines, qui se *condensent* par le refroidissement et s'écoulent au dehors. Pour éviter ici toute fuite de gaz, il est indispensable que les tubes plongent de quelques centimètres dans l'eau.

5° Mais toutes les matières étrangères entraînées par le gaz ne peuvent se déposer dans le barillet et les condenseurs. Ce sont surtout des particules de substances diverses qui nuisent considérablement à la pureté et au pouvoir éclairant de la flamme. Pour en débarrasser le gaz, on le force à traverser, au sortir du condenseur, des corps solides, offrant une surface considérable et toutes

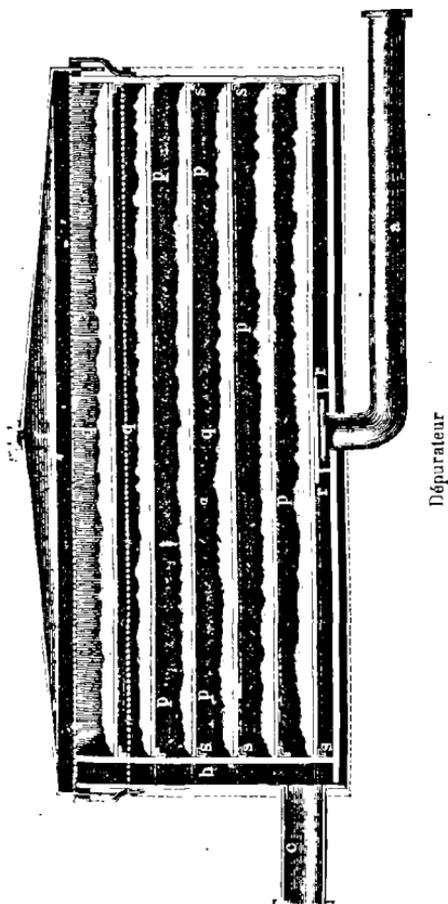
sortes d'aspérités, où viennent s'arrêter tous les globules étrangers. L'appareil qui produit cet effet, nommé *colonne à coke*, consiste en un grand cylindre en fonte rempli de coke concassé. Le gaz y arrive par la base, et ne se rend aux *épurateurs* ou *dépurateurs* qu'après avoir glissé et filtré au travers des nombreux interstices des fragments du charbon.

6° Dans les grandes usines, on condense de plus les produits ammoniacaux et les vapeurs à l'état globulaire que retient encore le gaz en le faisant arriver dans une grande caisse en tôle, à demi pleine d'eau, sous une plaque horizontale criblée de trous, fixée elle-même presque au niveau du liquide.

7° Les *dépurateurs* ou *épurateurs* sont des caisses en fonte partagées en compartiments horizontaux par deux ou trois plaques de tôle percées de trous; les compartiments sont remplis de mousse ou de foin barbouillé de chaux éteinte. Le gaz est conduit dans les caisses au moyen de tuyaux qui aboutissent à la partie inférieure; il en sort par un autre tube adapté à la partie supérieure; il traverse donc forcément l'espèce d'éponge de chaux que nous venons de décrire, et s'y débarrasse de son acide carbonique et de son acide sulphydrique. On ajoute aujourd'hui à la chaux, dans plusieurs usines, du chlorure de manganèse, qui absorbe les sels ammoniacaux.

Depuis quelques années la chaux n'est plus en usage comme agent épurateur, parce qu'elle ne débarrasse pas entièrement le gaz des substances nuisibles. On l'a remplacée par des dissolutions aqueuses de sels de peu de valeur, tels que le sulfate de fer ou le chlorure de manganèse. Le gaz vient se laver dans ces liqueurs et s'y débarrasse de son hydrogène sulfuré, de son acide carbonique et de son ammoniaque. L'opération s'exécute de cette manière. La dissolution est placée dans trois vases communiquant entre eux par un tube. Mais les dissolutions sont de force inégale, les deux premières ayant déjà servi précédemment à épurer le gaz et la troisième entièrement

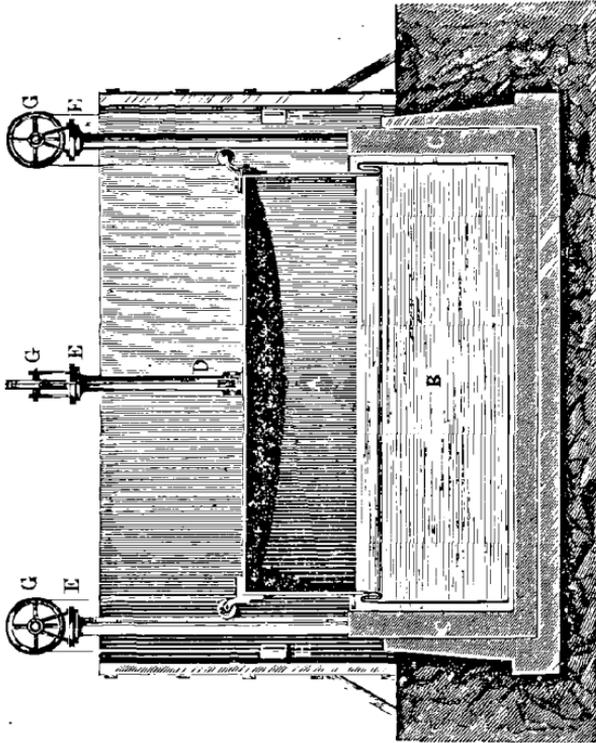
neuve. Quand l'opération est terminée, c'est-à-dire quand la saturation est achevée dans le premier vase, on en retire le liquide, on le remplace par celui du second rempli à son



tour par l'eau du troisième, lequel reçoit enfin une nouvelle quantité de sulfate de fer ou de chlorure de manganèse. On fait aussi servir le plâtre à l'épuration du gaz; mais dans ce cas, pour le dépouiller de l'hydrogène sulfuré, il

faut le faire passer dans un deuxième épurateur contenant de la chaux.

Un autre moyen d'épuration du gaz, employé aujourd'hui presque exclusivement à Paris, a été imaginé en Angleterre. Il consiste à faire usage, sous forme sèche,

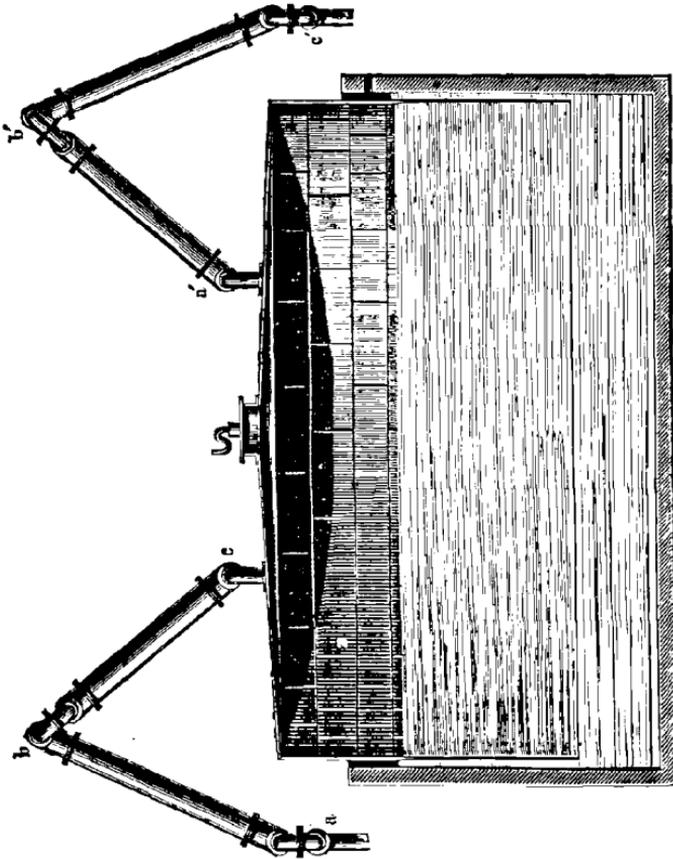


Gazomètre télescopique.

d'oxyde de fer et de chlorure de calcium, qui se régénèrent après chaque épuration. Le gaz arrive dans un premier épurateur contenant du chlorure de calcium et s'y débarrasse du carbonate d'ammoniaque. Dans le deuxième épurateur, renfermant un mélange d'oxyde de fer et de carbonate de chaux divisé par de la sciure de bois, l'hydrogène sulfuré transforme l'oxyde de fer en sulfure ; au contact

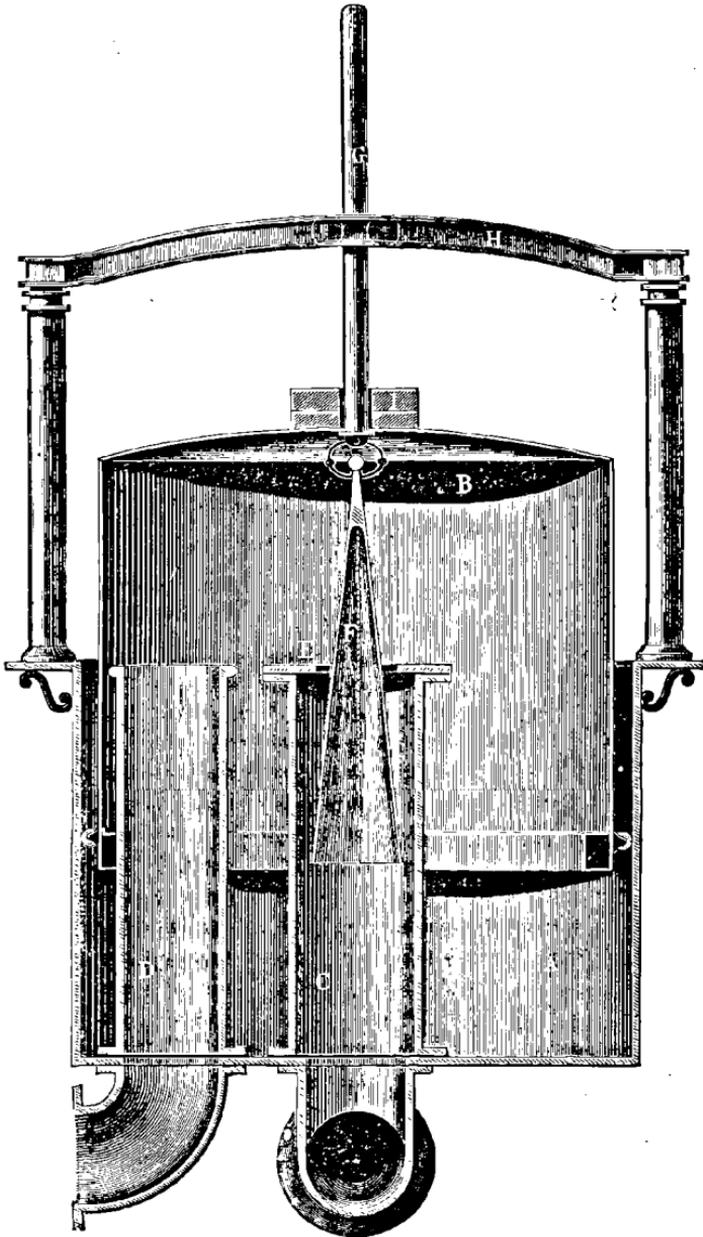
de l'air ce dernier s'y change en sulfate, et, à son tour décomposant le carbonate de chaux, le transforme en sulfate et revient lui-même à l'état d'oxyde.

8° Pour décharger la cornue de la grande pression occa-



Gazomètres à tubes articulés.

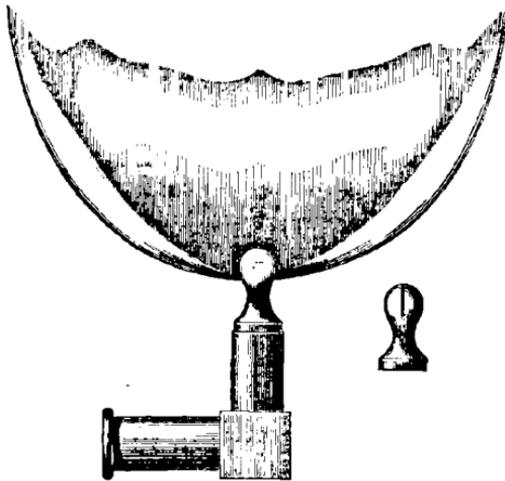
sionnée par l'immersion des tubes dans le barillet, les frottements et les immersions dans les condenseurs, et celle qui résulte du poids du gazomètre que le gaz doit soulever, on a eu l'idée d'aspirer par des moyens mécaniques le gaz dans le condenseur, pour le renvoyer de là dans les autres appa-



Autre système de gazomètre.

reils. L'opération consiste simplement dans l'établissement d'une pompe à vapeur ou *extracteur* qui aspire le gaz dans une capacité et le refoule dans l'autre. C'est Pauwels qui le premier a imaginé ce moyen ; mais son procédé n'est applicable que pour les petites usines.

9° Le *gazomètre* est une immense cloche formée de pla-



Bec de gaz.

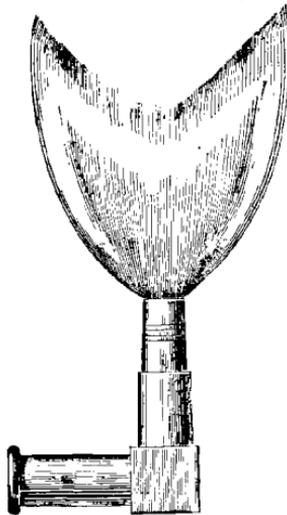
ques de tôle goudronnée, et assemblées au moyen d'une clouure solide et assez serrée pour ne pas laisser d'interstices entre les plaques. Cette cloche plonge dans un bassin rempli d'eau, construit soit en maçonnerie, comme cela est d'usage en France, soit en fonte, comme en Angleterre.

La capacité de ces énormes récipients varie suivant la consommation du gaz dans les villes. Il y en a qui sont de 10,000 et même de 25,000 mètres cubes.

Le gazomètre est suspendu à des chaînes glissant sur des poulies, et portant un contrepois qui l'empêche de peser trop fortement sur le gaz et sur le liquide. Cette disposition tend à disparaître. Dans ceux que l'on construit à présent, le gaz est introduit par le moyen d'un tube articulé dans

le haut du gazomètre, et il en ressort par un tube analogue, poussé seulement par le propre poids de la cloche.

Un premier tube communique avec les dépurateurs, et amène le gaz dans le gazomètre; un second tube est l'artère principale qui doit conduire le gaz dans les innombrables canaux destinés à le distribuer. L'un et l'autre



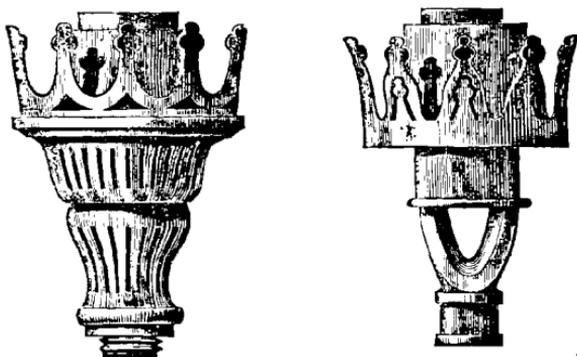
Autre forme de bec de gaz.

sont garnis de robinets; lorsqu'on remplit le gazomètre, le robinet du premier tube est ouvert, celui du second est fermé: c'est le contraire qui a lieu lorsqu'on veut faire sortir le gaz; alors aussi on lève le contrepoids, afin que le gaz, comprimé par la cloche, soit poussé dans les canaux distributeurs.

10° Les tuyaux ou canaux de conduite qui servent à distribuer le gaz dans les rues et dans les édifices sont de deux sortes: les uns, en fonte et d'un gros calibre, circulent sous le sol; les autres, en plomb et d'un petit diamètre, communiquent avec les premiers et sont fixés le long des murs et

des plafonds, ou dans les colonnes creuses qui supportent les lanternes.

11° Les *becs* qui terminent les conduits sont en cuivre, de formes diverses, percés de trous ou de petites fentes, par lesquels le gaz s'échappe lorsqu'on tourne un robinet adapté à quelques centimètres au-dessous. Ce sont là les foyers où s'opère la combustion : ils sont, pour l'éclairage



Formes de becs de gaz qui doivent recevoir un verre de lampe.

des maisons, souvent comme les lampes ordinaires, munis d'un verre cheminée dont la hauteur ne doit pas dépasser 20 centimètres, la flamme étant maintenue dans les limites de 6 à 8.

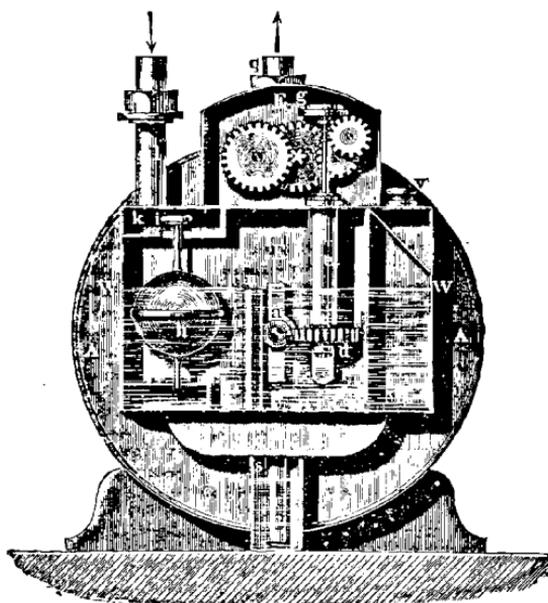
Chacun, des becs qui éclairent la ville de Paris brûle à peu près 140 litres de gaz par heure. Dans ces dernières années on leur a adapté un petit *régulateur* automatique, qui, quelle que soit la pression, ne laisse jamais passer que la quantité déterminée de gaz et donne toujours, par conséquent, une flamme égale, douée, quand la fente du bec est suffisamment élargie, d'un pouvoir éclairant plus grand.

La lumière que donne un bec de gaz est considérée comme égale à une fois et demie celle d'une lampe Carcel. Le mètre cube de gaz vendu au compteur se paye en moyenne 30 centimes à Paris.

Voici du reste ce que coûtent, par heure, les différents modes d'éclairage actuellement les plus usités.

A la chandelle des 6	2 cent. $\frac{4}{5}$.
A la chandelle des 8	2 —
A la bougie de cire	4 — $\frac{3}{8}$.
A la bougie stéarique	3 — $\frac{1}{2}$.
A l'huile dans les meilleures lampes	4 — $\frac{4}{5}$.
Au gaz	3 —

Puisque le gaz est vendu d'après le volume de matière

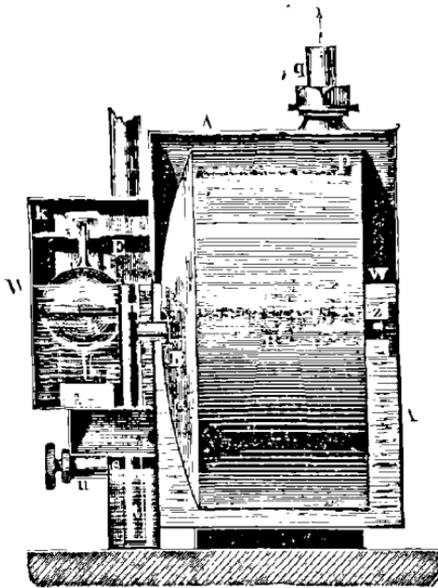


Compteur à gaz (coupe, vue de face).

brûlée, il faut déterminer exactement ce volume. Tel est l'objet de l'appareil connu sous le nom de *compteur*. C'est à Samuel Clegg qu'on en doit l'invention. Il varie beaucoup de forme, mais il consiste essentiellement en une capacité de dimensions déterminées se remplissant de gaz et se vidant alternativement. Dans ce but un tuyau conduit

2*

le gaz dans l'auget d'une roue plongeant dans l'eau. Cet auget en se soulevant laisse le gaz se répandre dans la partie supérieure de l'appareil, d'où il s'échappe par un tube qui le conduit aux becs. En même temps un deuxième auget se remplit de la même manière, pendant que le premier se replonge dans l'eau. Le nombre des tours de cette roue est

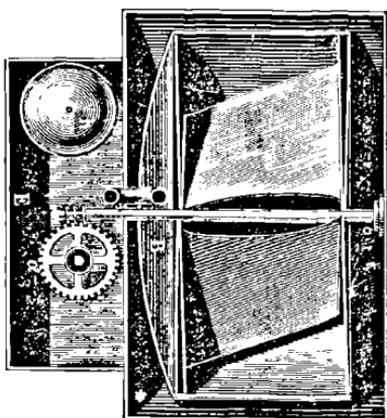


Compteur à gaz (coupe, vue de profil).

indiqué au dehors par une série de cadrans se commandant l'un l'autre.

GAZ PORTATIF. — Les frais de canalisation souterrain à travers les rues d'une ville telle que Paris sont énormes; ce mode de distribution donne d'ailleurs lieu à des fuites et à des explosions qui occasionnent quelquefois des accidents funestes; enfin les administrations des usines à gaz ont eu à se plaindre de la mauvaise foi de quelques consommateurs qui, n'ayant qu'à tourner le robinet de leur

tuyau pour donner issue au gaz, ne restaient pas toujours dans la limite de consommation déterminée par leur marché. On a pensé à remédier à ces divers inconvénients en comprimant le gaz au moyen d'une pompe, dans de grands cylindres en tôle montés sur un train à roues, et en le portant ainsi à domicile. On n'a pas tardé à reconnaître que la construction de ces appareils, fort compliqués, réalisait une médiocre économie, et cette circonstance, jointe à la

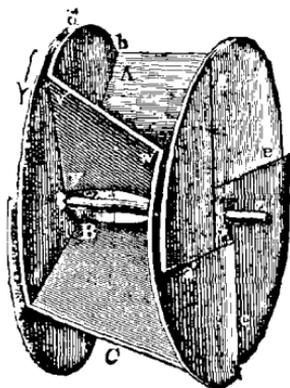


Angets du compteur.

difficulté de régler la sortie du gaz hors des cylindres, les a fait abandonner, d'autant qu'une concurrence redoutable a surgi contre le gaz portatif comprimé. M. Houzeau-Muiron, de Reims, a substitué aux cylindres des sacs imperméables, dont on exprime le gaz au moyen d'une manivelle qui serre des courroies enveloppant cette espèce de ballon. Le gaz portatif non comprimé de M. Houzeau-Muiron était avantageux comme moyen provisoire d'éclairage, dans les maisons où l'on n'avait pas encore pu faire arriver des tuyaux de conduite.

Malheureusement ce gaz, outre l'emplacement énorme qu'il exige chez le consommateur pour l'établissement des réservoirs, présente encore d'autres inconvénients qui

l'ont fait abandonner presque partout. On a eu beau revenir au gaz comprimé à onze atmosphères dans une série de cylindres qui permettent de donner une pression plus uniforme dans les gazomètres des particuliers, il en sera toujours du gaz portatif comme de l'eau portée à domicile à bras d'homme. « L'économie, dit M. Dumas dans son *Traité de chimie*, revient à peu près à celle qu'on pourrait attendre en remplaçant par des porteurs d'eau les tuyaux principaux de conduite que l'on établit à grands frais dans toutes les rues. »



Disposition des augets du compteur.

GAZ LIQUIDE OU GAZOGÈNE. — On a donné le nom impropre et contradictoire de *gaz liquide* à un mélange d'alcool et d'essence de térébenthine, qu'on a appelé depuis plus raisonnablement *gazogène* (*qui engendre le gaz*). Ces deux corps sont l'un et l'autre volatils et très combustibles; mais le dernier, très riche en carbone, brûle avec une flamme rougeâtre et fuligineuse qui éclaire mal, en raison de la grande quantité de particules charbonneuses qu'elle dégage sans pouvoir les brûler, et qui obscurcissent sa lumière loin d'en augmenter l'éclat. Le second, au contraire, très riche en hydrogène, donne par sa combustion une chaleur intense; mais sa flamme bleuâtre éclaire à peine,

faute de ce même charbon qui surabonde dans l'essence de térébenthine. On conçoit donc que tous deux étant réunis dans des proportions convenables, l'un corrige la défectuosité de l'autre, et réciproquement. C'est ce qui arrive en effet. Le *gazogène*, employé dans des lampes à double courant d'air, donne une lumière d'une éclatante blancheur. Le réservoir de ces lampes offre ordinairement la figure d'une poire renversée; il est traversé du haut en bas par un tube où l'on introduit une longue mèche en coton non tressée; cette mèche fait monter le liquide jusqu'à un bec circulaire en cuivre percé de trous. Lorsqu'on veut allumer la lampe, on approche du bec une petite éponge métallique en forme de fer à cheval, imbibée d'alcool enflammé; au bout de quelques instants, le mélange d'alcool et d'essence de térébenthine, dont la mèche est imprégnée, se transforme en une vapeur qui s'échappe par les trous, et s'enflamme à son tour.

Les lampes à gazogène présentent l'avantage d'une élégance et d'une propreté qu'on obtient difficilement avec les lampes à huile les mieux construites; mais le mélange qu'on y doit brûler est coûteux et d'un maniement dangereux; aussi l'usage ne s'en est-il pas répandu.

GAZ EXTRAIT DE L'EAU. — Les procédés d'extraction et de distribution, et l'emploi du gaz de la houille, du bois et de l'huile n'ont subi depuis l'origine que des modifications sans importance et portant uniquement sur les opérations secondaires. Mais il s'est produit, il y a déjà un certain nombre d'années, des tentatives dont nous croyons devoir dire quelques mots, attendu qu'elles tendaient non pas à perfectionner le système actuellement en vigueur, mais à le remplacer par un autre.

Le célèbre chimiste anglais Humphrey Davy a démontré que les gaz en combustion ne sont point lumineux par eux-mêmes, et que leur flamme, quel que soit le dégagement de chaleur dont elle est accompagnée, ne peut devenir éclairante que si elle contient des particules d'un corps so-

lide fixe ; ce sont ces particules qui, portées au rouge blanc, produisent une lumière dont l'intensité dépend du rapport qui existe entre la quantité de ces particules et l'élévation de la température. De là vient que, comme nous l'avons fait observer un peu plus haut, l'essence de térébenthine brûle avec une flamme rougeâtre. Cette substance, en effet, contient plus de carbone qu'elle n'en peut rendre incandescent ; le carbone n'arrive qu'au rouge sombre, il obscurcit la flamme et se perd en grande partie sous forme de *noir de fumée*, sans avoir été brûlé. L'alcool, au contraire, brûle avec une flamme pâle et bleuâtre : il ne contient pas assez de carbone. Le gaz hydrogène pur enfin produit en brûlant une flamme qui se voit à peine, même dans l'obscurité : c'est ici qu'il y a absence totale de particules solides. On conçoit néanmoins qu'il soit facile d'utiliser ce gaz pour l'éclairage, en lui fournissant d'une manière artificielle l'élément lumineux qui lui manque. C'est ce que M. Selligie avait réalisé, il y a quelque temps, dans son usine aux Batignolles. Le gaz hydrogéné était produit par la décomposition de l'eau à l'aide du charbon de bois ; puis, au sortir des cornues, il se mélangeait avec des vapeurs d'huile de schiste, corps riche en carbone, qui rendait sa flamme aussi lumineuse que celle du gaz de houille. Il paraît toutefois que ce procédé ne donna pas alors des résultats économiques très satisfaisants, car M. Selligie y renonça. Son idée a été reprise et modifiée par M. Gillard, qui, au lieu de chercher à *carburer* l'hydrogène, l'amenait, tel qu'il était fourni par la décomposition de l'eau, jusqu'au bec où devait s'opérer sa combustion. Seulement le bec était circulaire, et au centre se trouvait un *corbillon* ou cylindre formé de fils de platine entrelacés. Le réseau métallique, porté au rouge blanc par la flamme du gaz, remplaçait parfaitement les particules de charbon et répandait une clarté très vive, toujours égale, et que les courants d'air ne faisaient point vaciller. Remarquons en outre que le gaz hydrogène extrait de l'eau n'était mélangé d'aucune des vapeurs infectes ou corrosives dont on ne

parvient jamais à débarrasser complètement le gaz de la houille. Aussi le procédé de M. Gillard a-t-il été d'abord adopté pour l'éclairage des ateliers de dorure et argenture galvanique de M. Christoffe. L'appareil générateur, qui tenait peu de place, était installé dans l'intérieur de l'établissement. Voici en quoi consistait cet appareil :

Une chaudière en forme d'alambic ou de cornue contenait de l'eau qu'on maintenait à l'ébullition. A mesure que la vapeur se produisait, elle passait dans un cylindre en terre réfractaire, contenant du charbon de bois. Ce cylindre était engagé dans un fourneau et chauffé au rouge vif. La vapeur d'eau, en passant sur le charbon, lui abandonnait son oxygène ; l'hydrogène restait libre et se dégageait en même temps que l'acide carbonique résultant de la combustion du charbon. Le mélange de ces deux gaz passait par un vase rempli de lait de chaux, qui absorbait l'acide carbonique seulement, et laissait passer l'hydrogène. Celui-ci arrivait à peu près pur dans le tuyau, et de là au bec où s'opérait la combustion. Mais les frais de cet éclairage étaient si élevés, qu'on a généralement abandonné ce procédé.

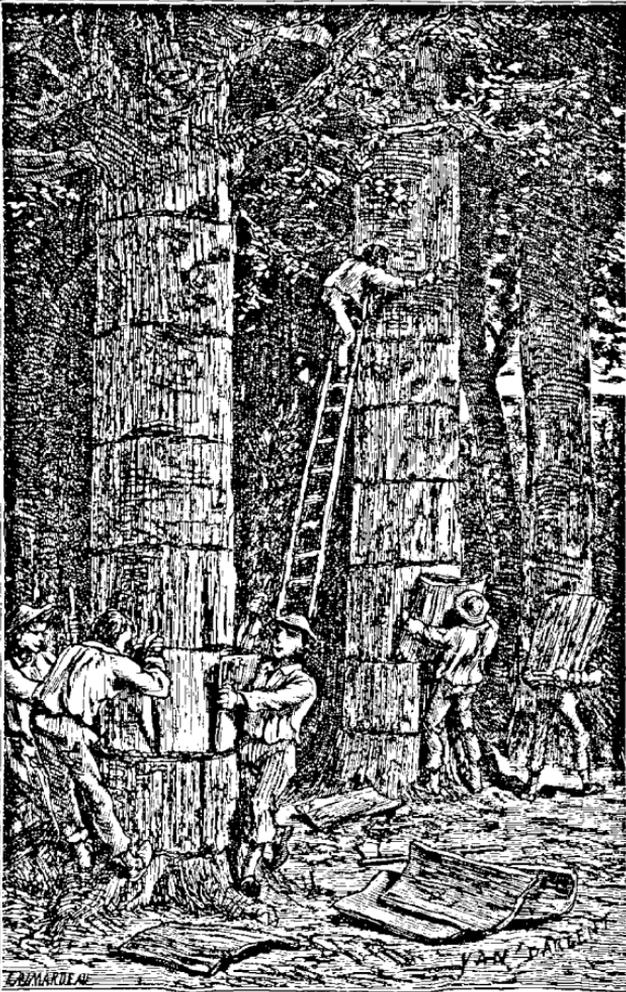
Un prêtre belge, l'abbé Nollet, qu'une mort prématurée a enlevé à son ministère et à la science, et après lui M. Shepard, ont réussi à décomposer l'eau par l'électromagnétisme ; mais ils ont produit plutôt un phénomène curieux au point de vue scientifique qu'une invention susceptible de rendre, au moins dans l'état actuel, des services à l'industrie. Quoi qu'il en soit, l'éclairage par le gaz de l'eau est incontestablement une découverte digne de fixer l'attention des personnes qui s'intéressent au progrès des arts utiles. La seule chose qui puisse encore à ce sujet faire hésiter les hommes compétents, c'est que le prix de revient de ce nouveau luminaire est plus élevé que celui de l'éclairage au gaz de houille.

GAZ DU BOIS. — Il est à remarquer que le premier inventeur d'une chose ou d'un procédé l'a presque toujours

trouvé avec ses perfectionnements, ou du moins qu'il les a prévus. Lors de l'apparition du gaz d'éclairage, c'est du bois que Philippe Lebon l'extrayait. Ses procédés étaient imparfaits, cela est incontestable ; mais avec l'esprit actif qui le caractérisait, il est indubitable qu'il les aurait modifiés et rendus plus praticables. En Angleterre, où ses expériences ont été reprises presque aussitôt après sa mort violente et prématurée, c'est par la distillation de la houille qu'on arriva au but qu'il avait atteint. La nouvelle industrie ne fit que croître de jour en jour, et il semblait impossible qu'on revînt en arrière. Cependant voilà qu'en Allemagne depuis 1869, l'extraction du gaz de bois a été reprise. Un chimiste renommé, M. Pettenkoffer, de Munich, a reconnu que le bois carbonisé à une basse température ne donne que des gaz peu éclairants, tandis que, si l'opération se fait en vase clos au *rouge cerise*, les hydrocarbures provenant de la décomposition des vapeurs, lorsqu'ils sont purifiés, sont plus lumineux, dans le rapport de 6 à 5, que le gaz de la houille.

Toutes les espèces de bois sont bonnes pour la production du gaz, mais il faut que ce bois soit très sec, et alors 100 kilogrammes donnent 33 à 40 mètres cubes de gaz purifié. On dessèche le bois par la chaleur perdue des fours, en les plaçant dans des chambres maçonnées construites derrière ces fours. On l'y laisse séjourner au moins vingt-quatre heures, et ce n'est qu'au bout de ce temps qu'on l'enlève pour en remplir les cornues. Ces cornues sont en fonte, et leurs dimensions permettent de les charger de 50 à 75 kilogrammes de bois. Chaque vingt-quatre heures elles fournissent de 200 à 300 mètres cubes de gaz. Les foyers, semblables à ceux employés pour la houille, ont seulement une plus grande surface de grille. Au bout d'une heure et demie la distillation est terminée ; on en retire le charbon, et on *l'élouffe* dans des caisses de tôle qu'on ferme immédiatement.

Au sortir des cornues, le gaz passe dans un barillet, où il se débarrasse de son goudron et de son acide pyroli-



Récolte du liège.

gneux. Il traverse ensuite les appareils réfrigérants et se rend aux *purificateurs*. L'épuration se fait avec de la chaux éteinte, qui absorbe l'acide carbonique et retient, en outre, de l'acide acétique et du phénol.

Le grand inconvénient de cette fabrication est l'énorme quantité de chaux nécessaire à l'épuration, puisqu'il en faut 1 kilogramme pour 1 mètre cube. La densité du gaz ainsi obtenue étant plus forte que celle du gaz de houille, afin que l'air en pénétrant la flamme ne diminue pas son pouvoir éclairant, il est nécessaire d'employer les *bees papillons* avec une largeur de 9 dixièmes de millimètre.

Le gaz du bois ne contient aucune parcelle de gaz sulfuré, si abondant dans celui de la houille; aussi ne noircit-il pas les peintures à base de plomb et n'a-t-il aucune mauvaise odeur.

GAZ DE LIÈGE. — Dernièrement, en 1880, MM. Combe d'Alma et Charles Martin ont obtenu d'expérimenter, au théâtre de l'Opéra, un nouveau gaz tiré de la distillation du liège. L'expérience, qui eut lieu le 7 novembre, réussit parfaitement. Le gaz obtenu brûle avec une belle flamme, ne contient pas de sulfures et revient, paraît-il, à un prix très minime. La purification se fait par son simple passage à travers un laveur à eau et une colonne de chaux. Mais ce procédé, nous semble-t-il, à cause de la rareté relative de la matière première, n'est pas appelé à un grand avenir dans nos pays septentrionaux.

LAMPE A SULFURE ET CARBONE ET A OXYDE D'AZOTE. — Encore une lampe d'un usage peu pratique, mais qui procure une des flammes les plus brillantes que l'on connaisse. C'est peut-être, de toutes les lumières artificielles, celle qui jouit du pouvoir photogénique le plus grand, et dont le prix de revient est le plus minime. On en doit la connaissance à MM. Delachanal et Mesenet, qui, en 1875, l'ont proposée les premiers. Elle est le résultat de la combustion du bioxyde d'azote mélangé à la vapeur de sulfure de carbone.

Pour produire ce puissant et nouvel éclairage, on se sert d'un flacon à deux tubulures, pouvant contenir 500 centimètres cubes. On le remplit avec des morceaux de pierre ponce ou de coke imbibés de sulfure de carbone. Dans la tubulure centrale on place un tube qui s'arrête à 5 millimètres du fond du flacon. Dans l'autre tubulure est fixé un autre tube de 20 centimètres venant toucher un vrai bouchon de paille de fer fortement tassée qui l'obstrue complètement. Cette paille de fer est destinée à jouer le rôle de toile métallique de sûreté, pour empêcher le retour de la flamme et prévenir les explosions. On introduit ensuite le bioxyde d'azote dans le flacon, et le mélange gazeux qui se produit alors, sortant par la deuxième tubulure, est dirigé vers un bec privé de la prise d'air, et rempli lui-même de paille de fer. La flamme de cette lampe n'est pas intermittente et a une étendue qui permet d'éclairer de grandes surfaces.

III

LES HUILES MINÉRALES

Huile de schiste. — Huile tirée du *bog-head*. — *Vive essence*. — Huile de pétrole.

HUILE DE SCHISTE. — L'hydrocarbure qui a d'abord remplacé le gazogène est l'huile de schiste. Cette huile fournit, sous le rapport de l'économie, un véritable avantage. Sa flamme est très brillante, et son prix est relativement modéré; aussi l'a-t-on employée, dans certaines petites villes, à l'éclairage des rues. Pendant un certain temps son usage même est resté répandu dans les fabriques et les ateliers.

Les schistes bitumineux, d'où on l'extrait, se trouvent principalement dans le bassin d'Autun. On les fait distiller dans des cornues pendant un espace de temps variant de douze à dix-huit heures. Il faut ensuite soumettre l'huile brute à une série de rectifications successives. C'est Selligie, le premier, qui eut l'idée d'appliquer à l'éclairage l'huile de schiste, qui ne peut brûler que dans une lampe spéciale, à cause de la facilité avec laquelle elle se volatilise. Il fit élever l'huile par la simple capillarité d'une mèche de coton. Au bec d'Argant, à double courant d'air, il ajouta un disque métallique horizontal destiné à étaler et à amincir la flamme, en multipliant assez le contact des vapeurs combustibles avec l'oxygène de l'air pour que toutes soient brûlées entièrement.

HUILE TIRÉE DU BOG-HEAD. — Après l'huile de schiste, on peut citer encore l'huile extrêmement éclairante, et d'un usage très économique, obtenue par la distillation du *bog-*

head dans un bain de plomb et par l'intermédiaire d'un courant de vapeurs traversant l'appareil. On s'en est servi pendant quelques années en Allemagne.

VIVE ESSENCE. — On peut de plus mentionner, parmi les essais d'éclairage tentés dans ces dernières années, les expériences faites dans les Landes sur la *vive essence*, c'est-à-dire le produit de la distillation de la colophane. La mèche d'une lampe ordinaire s'imbibe sans difficulté de cette essence, qui brûle avec une très belle flamme et sans fumée. On dispose, dans ce but, autour de la mèche deux courants d'air sous forme de lames.

Il est utile de faire remarquer, en finissant, que l'emploi des hydrocarbures est très dangereux. Ce sont des huiles très volatiles, s'enflammant instantanément et qui souvent sont l'occasion d'accidents terribles. On ne saurait donc trop prendre de précautions lorsqu'on est forcé de s'en servir.

HUILE DE PÉTROLE. — Après avoir parlé du gaz d'éclairage et des différents hydrocarbures d'où on a essayé de l'extraire, il faut nécessairement dire un mot du pétrole, cette huile minérale dont l'apparition est venue opérer, dès 1863, une véritable révolution dans l'art de l'éclairage.

C'est véritablement une chose étonnante que cette huile, connue dès la plus haute antiquité, n'ait été utilisée d'une manière vraiment profitable que de nos jours. Son histoire pourrait remonter bien avant le déluge. Répandu en grande abondance dans toutes les parties des continents, c'est au pétrole qu'on pourrait attribuer une grande partie des bouleversements qu'a subis notre globe, comme nous le montre l'épouvantable catastrophe qui a eu pour résultat le changement de la *vallée Sylvestre* en une véritable mer, et la destruction des villes coupables, lors de l'embrassement de Sodome et de Gomorrhe. Un écrivain de nos jours a trouvé, en effet, que c'était probablement au jaillissement soudain et nouveau d'une source de pétrole en-

flammée fortuitement qu'est dû cet effroyable cataclysme. Nous ne pouvons, en effet, que nous incliner devant la science de ce savant, dont les suppositions sont si bien en rapport avec les données des livres saints, puisque la vallée Sylvestre ou des Bois, où se trouve maintenant, dit Moïse, *la mer de sel*, renfermait de nombreux puits de bitume (V. GENÈSE, ch. XIV, v. 3 et 10), auxquels un orage terrible mit le feu, en répandant de tous côtés une odeur affreuse de soufre et de poix. Dans toute cette contrée de l'Asie Mineure, en effet, qui s'étend de la Caspienne au golfe Arabique, et de là à la Méditerranée, on rencontre de fréquentes sources de pétrole et de bitume. Lors de la folle entreprise de la construction de la tour de Babel, les hommes n'avaient pas d'autre ciment que le bitume. Plus tard, pour la construction des murs de Ninive et de Babylone, comme l'affirment les plus récentes découvertes, on employait la même matière pour lier les pierres entre elles. Les Égyptiens connaissaient le pétrole, et ils s'en servaient, non seulement en guise de remède contre le ténia, très commun dans la vallée du Nil, mais aussi dans les embaumements, comme le prouve l'odeur caractéristique qu'exhalent encore les bandelettes des momies.

Le pétrole et le bitume semblent être un produit spécial aux terrains volcaniques, et c'est pour cela qu'Hérodote signalait leur présence dans les sources de l'île de Zacyntho (*Zante*), et Pline et Dioscoride près d'Agrigente, en Sicile, où les habitants les utilisaient pour l'éclairage. En Chine, les sources de pétrole sont connues de toute antiquité. Les puits artésiens qui les amènent à la surface de la terre laissent constamment écouler depuis des siècles une huile inflammable, que rien ne semble devoir épuiser.

C'est encore de nos jours un divertissement pour les habitants des bords de la Caspienne, cette mer si peu profonde et où viennent jaillir maintes sources de pétrole, de mettre le feu à l'huile qui s'est répandue sur les eaux, afin de se procurer un spectacle réjouissant et peut-être unique dans le monde. De tout temps, du reste, ils ont connu cette

étonnante propriété de cette huile minérale, et il est à remarquer que ce pays est la patrie du culte du feu.

Il existe dans la presqu'île de Java des sources toutes semblables, et depuis fort longtemps on en a signalé dans l'Amérique, et surtout aux États-Unis.

Notre vieille Europe n'en est pas dépourvue. On peut citer, entre autres, la *Fontaine-Ardente*, en Dauphiné, qu'une société entreprend en ce moment d'exploiter; la source de Gabian, près de Pézenas (Hérault); celle de Schwabwiller (Bas-Rhin); celles d'Amiano, près de Gênes; de Montechiaro, près de Plaisance; de Lamperslock, en Suisse; de Sehne, sur la frontière de Hanovre; les feux de *Pietra-Mala*, non loin de Florence, et ceux de Barigazzo, près de Modène. On en a aussi trouvé en 1659 dans le Lancashire, en Angleterre. On peut encore signaler, comme contenant du pétrole, les sources de bitume liquide de l'Auvergne.

Il existe en Asie et en Afrique des lacs plus riches encore en asphalte ou bitume, provenant de l'évaporation de l'huile de pétrole. Mais la contrée la plus riche en ce produit naturel paraît être, jusqu'à présent, l'Amérique. Alexandre de Humboldt y avait déjà indiqué nombre de points où les sources bitumeuses sortent de terre. Dans un grand nombre de ces îles connues sous le nom d'Antilles et de Bahama ou de Lucayes, fermant en quelque sorte l'immense golfe du Mexique, qui semble le point central des grandes révolutions volcaniques, l'huile de pétrole se répand facilement sur le sol ou dans la mer, où parfois on la trouve couvrant d'énormes espaces jusqu'à trente lieues des côtes, comme à l'île de la Trinité. Ce phénomène se reproduit aussi non loin du cap Vert et près de l'île de Terre-Neuve.

Souvent, jusqu'à la découverte des sources d'huile de l'Amérique du Nord, on essaya de se servir du pétrole pour l'éclairage ou le chauffage; mais toujours son odeur insupportable le fit rejeter, tout aussi bien que son extrême inflammabilité. On tenta bien de l'épurer; mais les procédés

employés étaient si imparfaits, qu'on dut bientôt et à peu près l'abandonner pour ne plus l'employer que comme remède. C'est ainsi qu'il était surtout connu sous le nom d'*huile de Seneca*.

Quelques sondages avaient amené à la surface du sol des nappes jaillissantes s'enflammant au contact du feu; mais on n'avait vu là qu'un spectacle intéressant et curieux, sans y apporter grande attention. Cependant, vers 1853, le docteur Brewer conçut le projet extraordinaire d'employer à l'éclairage l'huile de Seneca. Les essais, d'abord infructueux, furent dans la suite couronnés de succès. Cependant ce n'est qu'en 1856 que les Américains finirent par comprendre qu'il y avait une idée dans l'exploitation des riches sources d'huile minérale dont leur sol était parsemé. Des recherches furent entreprises, et bientôt on eut l'assurance que les sources de pétrole abondaient dans l'Amérique du Nord. En 1858, un nommé Drake, fermier de l'État de Pensylvanie, faisait faire des fouilles dans la petite vallée connue aujourd'hui sous le nom d'*Oil-Creek*, dont le ruisseau est tributaire de l'*Alleghany*. Depuis plusieurs jours sa sonde active, arrivée à 20 mètres de profondeur, ne lui avait amené aucun résultat. Loin du bord de la mer, probablement recherchait-il l'eau salée qui pût lui procurer le sel, que l'absence des chemins et l'insuffisance des communications rendaient fort rare dans cette contrée. Tout à coup la sonde tomba brusquement, et un jet d'une violence inouïe arriva si subitement frapper les cinq ou six travailleurs qui se trouvaient là, qu'ils furent renversés et faillirent être asphyxiés. Revenus de leur frayeur, ces pauvres gens, encore tout étourdis de leur chute, se relèvent et sont frappés de l'odeur extraordinaire du liquide sortant de leur puits. Ils s'approchent et reconnaissent, à n'en pouvoir douter, qu'au lieu de l'eau qu'ils espéraient, ils avaient une source d'huile minérale, dont le débit était d'au moins 4,000 litres d'huile par jour.

. Le bruit de cette découverte se répandit avec la rapidité

d'une trainée de poudre enflammée. De tous côtés on afflua vers les terrains pétrolifères si inopinément découverts. Bien des fortunes se firent alors ; mais aussi combien de déceptions ne trouva-t-on pas ! Souvent, à la place de l'huile qu'on attendait, on n'avait que de l'eau salée ; d'autres fois, le puits donnait des résultats magnifiques, mais la perforation d'un puits voisin en arrêtait net le rendement. La sonde aussi bien souvent se perdait dans des couches d'où elle n'amenait au jour que des débris de terre ou de pierre. Mais ces premières recherches, faites dans la Pensylvanie, en firent entreprendre dans tous les autres États. Au Canada, c'est en 1862 que la première source jaillissante fut mise à jour. Voici comment le rapporte le *Toronto Globe* du 5 février :

« Dans un certain puits profond, dit le *Toronto Globe*, près Victoria, sur le lot dix-huit de la seconde concession de la ville d'Ennis-Kilen, un certain John Shaw avait concentré pendant des mois toutes ses espérances. Il creusait péniblement, forait péniblement et pompait péniblement, et épuisait sa force musculaire sur sa tâche laborieuse sans qu'il trouvât signe d'huile. Les puits de ses voisins débordaient, et lui seul ne participait pas au courant du pétrole.

« Vers le milieu du mois de janvier dernier, Shaw était un homme ruiné, sans avenir, raillé par ses voisins, les poches vides, ses vêtements en lambeaux, et, comme disent nos voisins des États-Unis, *dead broken*, ruiné à tout jamais. La rumeur veut qu'un jour du mois de janvier il s'est trouvé dans l'impossibilité de continuer son travail vu que ses restants de bottes abandonnaient ses pieds, et il lui en fallait absolument une paire neuve pour pouvoir patiner dans l'eau et dans la boue. Craintif et tremblant, comme nous pouvons le supposer, John Shaw se dirigea vers la boutique voisine et, étant sans le sou, demanda, ô dure nécessité ! une paire de bottes à crédit. Il ne nous a pas été donné de constater si le refus a été bienveillant, ou si, au contraire, il laissait percer le dédain du négoc-

ciant opulent vis-à-vis de son humble voisin; toujours est-il que les bottes furent refusées à John Shaw, qui dut retourner à son puits l'esprit plus contristé que quand il le quitta, protestant qu'il abandonnerait son travail ce jour même, si ses efforts n'étaient pas couronnés de succès, et qu'il décroterait la boue d'Ennis-Kilen de ses vieilles bottes, et s'orienterait vers des parages plus propices à sa destinée.

« Morne et abattu, il reprend son outil perforateur et le frappe dans le roc, quand tout à coup un son liquide arrive jusqu'à ses oreilles, bouillonnant et sifflant à la sortie de sa prison séculaire; et le courant, loin de diminuer, augmente en volume à chaque minute, il remplit le tuyau, il comble le puits, et encore il ne cesse de monter. Cinq minutes, dix minutes, en quinze minutes il a atteint le sommet du puits, il déborde, il remplit une bêche qui finit par déborder aussi, et tous les efforts pour contenir l'intensité de ce courant sont vains; surmontant toute résistance, il se jette comme une rivière abondante dans le Black-Creek, où il est entraîné par les eaux vers le Saint-Clair et les lacs. Il serait impossible de décrire en ce moment l'émotion qu'éprouvait John Shaw. On aurait excusé toute démonstration extravagante dans un pareil moment. Nous sommes d'avis que, comme un philosophe yankee, il a dû se mettre en besogne pour récolter l'huile.

« Mais le bruit du puits jaillissant se répandit comme l'éclair, et le « territoire de John Shaw » devint bientôt un centre d'attraction. Le matin de cet heureux jour, il s'appelait encore le vieux Shaw; mais après il était salué partout *monsieur* Shaw. Il recevait des avalanches de félicitations, et, pendant qu'il se tenait devant son puits tout couvert d'huile et de boue, arrive le marchand qui lui avait refusé ses bottes. L'homme de commerce sut apprécier la situation; il s'inclina devant ce soleil levant, et embrassant presque ce lumineux fangeux, il dit: « Mon cher monsieur Shaw, n'y aurait-il pas quelque chose dans mon

magasin dont vous avez besoin ? Je vous prie, ne vous gênez pas pour le dire ! » Quel heureux moment pour Shaw ! Le puits jaillissait déjà à une vitesse qu'il eût été impossible de constater avec précision ; il produisait 2 fûts, de chacun 180 litres, en une minute et demie, lequel, à raison de 1 fr. 40 cent. l'hectolitre (le cours le plus bas), produirait 3 francs 36 cent. par minute, 201 fr. 60 cent. par heure, 4,838 fr. 40 cent. par vingt-quatre heures, et 1,500,000 fr. 60 cent. par an, abandon fait des fractions et sans compter les dimanches. »

Un autre journal, *the Oil-Trade-Review*, raconte que, le 4 avril de l'année suivante 1863, un tuyau s'étant rompu, John Shaw se fit descendre dans son puits au moyen d'une chaîne jusqu'à la profondeur de 4 mètres 50 cent. ; mais il fut pris d'étourdissement, tomba à la renverse et disparut dans le pétrole qui avait été la source de sa richesse.

A l'origine de l'exploitation, le pétrole brut valait sur les lieux 15 centimes le litre ; il est descendu dans la suite à 5 centimes. Mais ce qui en augmente considérablement le prix, c'est d'abord le transport et ensuite l'épuration. Le transport s'est fait, malgré les dangers que ce mode entraîne avec lui, pendant longtemps dans des barils de bois, qui ne pouvaient plus être utilisés, même pour l'emmagasinage de l'huile épurée, à cause de l'odeur désagréable qu'ils avaient contractée. On a cherché longtemps un moyen de les suppléer, et un des plus ingénieux est celui qu'a trouvé M. David Cope, de Liverpool. C'est un baril métallique dont tous les angles sont protégés par une ingénieuse combinaison, de façon à amortir tous les chocs.

Avant d'être livrée à la consommation, l'huile de pétrole doit être purifiée. Elle contient, en effet, divers composés plus ou moins inflammables, plus ou moins odorants, qui en rendent l'usage à peu près impossible. Il faut donc la séparer de ces corps étrangers. Pour arriver à ce résultat, on place l'huile brute dans une chaudière ou

cornue en fonte, dont la forme générale est un cylindre terminé en haut et en bas par deux calottes sphériques. De la calotte supérieure, munie d'un entonnoir et d'un robinet pour l'introduction de l'huile, part un tube garni d'un manchon dans lequel circule un courant d'eau froide destiné à refroidir les vapeurs qui se dégagent de la chaudière. Ce tube aboutit à un réservoir où se condensent ces vapeurs, qui finissent par se liquéfier dans un vaste serpentin renfermé dans le réservoir et constamment entouré d'eau fraîche, et viennent se déverser dans un récipient particulier. On fait ensuite passer l'huile dans des cuves, où on l'agite successivement avec de l'acide sulfurique et une dissolution de carbonate de soude, afin de la débarrasser des matières colorantes et des odeurs étrangères. Cette dernière opération se nomme le *lavage*.

Le pétrole brut est d'une couleur foncée, et quelquefois même tout à fait noire, qu'il doit à l'asphalte et au charbon qu'il tient en suspension. Souvent même il garde une partie de l'eau avec laquelle il se trouve mêlé dans le sein de la terre. Outre ces matières, il contient de l'hydrogène protocarboné et bicarboné, de l'huile de *naphte*, de la benzine, de la naphthaline et de la paraffine; on obtient ces deux dernières en continuant la distillation de l'huile lourde, impropre à l'éclairage, qui reste dans la chaudière après la distillation. Ce sont des substances solides, blanches et translucides, avec lesquelles on fabrique des bougies diaphanes, dont le prix relativement élevé n'a pu encore faire de sérieuse concurrence à la stéarine.

Lampes. — La lampe à pétrole est en tout semblable à celle usitée dans l'éclairage à l'huile de schiste, sauf l'emploi du disque destiné à étaler la flamme et demandant la mèche ronde du bec d'Argant. Pour qu'elle brûle bien, il est nécessaire, ou du moins fort important, que la distance entre le niveau de l'huile et la flamme n'excède pas 10 centimètres, parce qu'alors la capillarité de la mèche ne pourrait faire monter la quantité suffisante d'huile pour l'entretien de la flamme. Un niveau plus élevé aurait pour conséquence

d'en amener trop au bec, et une partie ne serait pas brûlée.

Comme dans les lampes à schiste, le verre est très renflé à la base, afin d'éviter une dilatation trop brusque lorsqu'on allume la lampe. Dans le système Boital, la mèche, d'abord plate, s'engageant dans un tube légèrement conique, s'arrondit progressivement, arrive à la partie supérieure du bec entièrement cylindrique. Ce système ingénieux permet donc, grâce à un orifice pratiqué à la base du bec, d'avoir le double courant d'air du bec d'Argant. Le verre de ces lampes, fortement étranglé, active l'action de l'air, qui, en brûlant toutes les vapeurs sans fumée, donne une flamme longue et blanche, d'un grand pouvoir éclairant.



Verre de
la lampe Boital.

Quand l'huile de pétrole est suffisamment épurée, elle ne présente aucun danger. La grande inflammabilité, dont on la croit en général douée, provient des huiles volatiles dont nous avons déjà parlé. C'est là plutôt, dans l'emploi de ces huiles, que gît le véritable péril, car leurs vapeurs s'enflamment au simple contact avec le feu. Cependant, malgré les expériences qui ont été faites et qui ont démontré l'innocuité de l'huile de pétrole, comme il est à peu près impossible de constater, dans l'usage quotidien de la vie, son degré de rectification, et comme souvent malheureusement elle peut encore retenir quelques essences légères, on ne saurait trop user de précautions lorsqu'on l'emploie.

L'éclairage au moyen du pétrole léger est employé dans une des rues de Jersey-City, aux États-Unis. L'huile, renfermée dans de grands réservoirs placés sous le sol, monte aux becs par la pression de l'air comprimé. Les becs sont disposés de façon qu'une partie de l'huile, en brûlant sous une petite cornue, volatilise l'autre. Le gaz produit, mêlé dans les tubes à la quantité d'air convenable, arrive ensuite

au bec. L'avantage de ce système est de supprimer les grandes conduites du gaz ainsi que les compteurs, puisque les réservoirs sont jaugés et contiennent une provision suffisante pour un temps déterminé, qui peut s'étendre jusqu'à six mois.

On emploie aussi assez communément l'essence de pétrole, qui est éminemment inflammable. Pour la brûler, on emploie diverses lampes, entre autres celle dite *lampe sans liquide* ou à gaz Mille. Le liquide y est versé dans un récipient en forme de poire garni d'une éponge, excepté dans la partie centrale réservée par un petit treillis de fil de fer. Quand ce vase est plein et que l'éponge est imbibée, on reverse l'huile, de façon que celle-là seule, qui remplit l'éponge, reste. L'air arrive par le pied du support, se charge, en passant dans le récipient, des vapeurs de l'essence, et vient brûler à l'extrémité d'un tube placé à la partie supérieure.

D'autres lampes, faites sur le même principe, ont supprimé l'appel de l'air par le pied, et ont placé dans le tube servant de bec une mèche qui assure mieux l'arrivée du gaz inflammable.

Parmi les autres usages auxquels on a appliqué le pétrole, il faut signaler l'essai qui en a été fait pour servir au chauffage des machines à vapeur, mais qui paraît avoir eu jusqu'ici peu de succès.

LUMIÈRES ÉBLOUISSANTES

Éclairage oxyhydrique. — Magnésium. — Lumière électrique.

ÉCLAIRAGE OXYHYDRIQUE. — Avant d'aborder l'histoire de ce que l'on peut appeler l'éclairage de l'avenir par l'électricité, il est bon de dire un mot de cet autre éclairage oxyhydrique qui fit tant de bruit, il y a quelques années, de 1868 à 1871. Trop exalté par les uns et prôné

au-dessus de tout ce que l'on connaissait, trop décrié par les autres, il a eu pour résultat, du moins, de faire entrer dans la pratique certains procédés en usage jusque-là dans les laboratoires seulement. Peut-être même trouverait-on la raison, si on la cherchait bien, qui a poussé beaucoup de gens à changer leurs louanges en dénigrements. Pendant un instant, l'introduction du nouvel éclairage a fait trembler les actionnaires de la Compagnie parisienne du gaz. Les plus hauts patronages ne lui ont pas manqué; cependant il a dû céder devant l'influence, bien autrement puissante, du nombre de ceux qui le combattaient *pro aris et focis*. Il y avait certainement dans cette application en grand d'une des plus belles expériences de la chimie et de la physique, une grande et fructueuse idée. Mais, en France, il en a toujours été ainsi: l'encouragement n'est donné qu'au succès, et toute innovation, surtout quand elle met en jeu les intérêts, est sûre d'être bafouée et de tomber.

L'éclairage oxyhydrique consiste à brûler le gaz hydrogène avec un courant d'oxygène. Tout le monde sait qu'on appelle *lumière de Drummond* la lumière produite par la combustion de ces deux gaz. Son intensité est si grande, qu'elle vient au troisième rang, après celles du soleil et de l'arc électrique.

Drummond était un officier de la marine anglaise, qui fit ses premières expériences au commencement de ce siècle. Au camp de Boulogne, Napoléon I^{er}, frappé par l'avantage que semblait offrir ce nouveau mode de communication au loin, en fit faire l'essai; mais le danger que le manie- ment de ce mélange explosif présentait força de les interrompre. Cette découverte en amena bientôt une autre. On s'aperçut qu'un corps étranger, fixe et infusible, placé au centre de la flamme, surtout un morceau ou globule de chaux, donnait à la lumière un éclat extraordinaire. Ce corps devient lumineux et se change en un foyer étincelant. M. Carlevaris, professeur à Turin, voulant remédier à l'inconvénient que présente la chaux en éclatant souvent, surtout en

se refroidissant, la remplaça par la magnésie, qui donne à la lumière plus d'intensité et de fixité.

À plusieurs reprises, diverses expériences tendant à introduire le gaz oxyhydrique dans l'éclairage public furent tentées, mais toujours sans grand résultat, car le prix élevé de l'oxygène constitue le principal obstacle à la mise en pratique des nouveaux procédés. Dans les laboratoires, la préparation de ce gaz, ne s'effectuant qu'au moyen de la décomposition, par le feu, du bioxyde de manganèse, le prix de revient était trop considérable. Il fallait trouver un procédé plus économique, si on voulait le faire entrer dans l'industrie. M. Boussingault, ayant décomposé par la chaleur le bioxyde de baryum, et l'ayant réoxydé au moyen d'un courant d'air à une plus basse température, et cela plusieurs fois de suite, fit faire un pas immense à la question. La voie était ouverte dans la production de l'oxygène avec économie.

Cependant le bioxyde de baryum présentait certaines difficultés. M. Tessié du Motay, en expérimentant sur le manganate de soude, trouva que ce composé, placé dans les mêmes conditions que le bioxyde de baryum, fournissait un moyen plus éminemment économique d'extraire l'oxygène de l'air. M. Tessié du Motay a, en effet, prouvé que si l'on place dans une cornue de fonte, chauffée à 450°, du manganate de soude, et qu'on la fasse traverser par un courant de vapeur d'eau, l'acide manganique abandonne une partie de son oxygène, que l'on peut recueillir. Quand la décomposition est achevée et que le manganate de soude est devenu de l'oxyde de manganèse, pour le reconstituer à l'état de manganate il suffit de faire traverser de nouveau la cornue par un courant d'air chaud. L'oxyde de manganèse s'empare de l'oxygène de l'air, et le corps revient à son état primitif. Cette série d'opérations peut se prolonger indéfiniment.

Tel est le procédé qui a permis au nouvel éclairage de devenir définitivement pratique, car le gaz hydrogène pur y est remplacé par le gaz de la houille ordinaire.

Une autre amélioration a été aussi apportée aux matières réfléchissantes que l'on place au milieu de la flamme. MM. Tessié du Motay et Maréchal, de Metz, ont fabriqué des crayons cylindriques avec un mélange de charbon et de magnésie. Ces crayons, sous l'influence de plusieurs jets du gaz oxyhydrique, se changent en véritables cylindres de feu éblouissants, et peuvent servir pendant plus d'une semaine. Pendant l'hiver de 1868, la place de l'hôtel de ville fut véritablement illuminée, deux mois durant, par quatre grands candélabres à six becs du nouveau système d'éclairage.

MM. Tessié du Motay et Maréchal avaient installé leur appareil dans les sous-sols de l'hôtel de ville. La décomposition du manganate de soude s'opérait dans sept grandes cornues de fonte, chauffées au rouge. Une chaudière à vapeur y envoyait le courant de vapeur d'eau nécessaire. L'oxygène et l'excédent de cette vapeur d'eau étaient conduits dans un réfrigérant, où cette dernière se condensait, tandis que le gaz se rendait dans un gazomètre. La recomposition du manganate se faisait par le moyen d'un ventilateur, mû par une machine; avant son introduction dans les cornues, l'air était, au préalable, débarrassé de son acide carbonique dans un vase contenant de la chaux qu'il lui fallait traverser.

Ces expériences, l'année suivante, ont été répétées dans la cour des Tuileries, par l'ordre de l'empereur. On y apportait l'oxygène comprimé et on se servait du gaz d'éclairage ordinaire. La fixité et l'intensité de la lumière étaient telles, qu'il fut décidé que cette immense cour serait désormais éclairée par le gaz oxyhydrique, jusqu'au jour où l'ennemie de tout progrès, la révolution, vint tout remettre en question.

De nouvelles tentatives ont été faites, en 1871, à Paris, sur les boulevards des Capucines et des Italiens, en face du grand Opéra. Une canalisation provisoire avait même été établie pour la conduite de l'oxygène; mais le conseil municipal, dans sa séance du 23 juillet 1872, a refusé à la So-

ciété du gaz oxyhydrique l'autorisation d'établir dans la ville une canalisation définitive.

La lumière de Drummond ne servira donc plus que dans les cabinets de physique ou les laboratoires de chimie. Rivale victorieuse de celle du gaz d'éclairage, puisqu'on estimait qu'elle était quinze fois plus puissante, en 1868 et 1869, on trouvait qu'à une certaine distance on pouvait porter les yeux sur elle sans craindre de les avoir blessés, et qu'elle avait des qualités de douceur toutes particulières. En 1871, tout était changé : elle n'était plus que d'une couleur de lune peu agréable ; son pouvoir lumineux ne paraissait pas jouir d'une longue portée, et cependant son intensité était trop grande pour l'éclairage public ; les yeux des passants étaient offusqués par son éclat ; en un mot, c'était une lumière à la fois triste, désagréable et blessante à la vue !

Au milieu de ces louanges et de ces reproches, où est la vérité ?

MAGNÉSIUM. — En 1864, deux chimistes allemands, MM. Bunsen et Roscoë, ayant remarqué que le magnésium, métal aussi blanc et aussi éclatant que l'argent, répandait en brûlant une lumière éblouissante, résolurent de l'employer à l'éclairage.

À cette époque, malheureusement, le magnésium n'était encore qu'un métal de laboratoire ; aussi ce ne fut qu'après les grands progrès appliqués par M. Sainte-Claire-Deville à l'extraction de l'aluminium et autres corps analogues, que l'on put songer à donner suite à cette idée.

Le magnésium se prépare dans les laboratoires et dans l'industrie, en traitant par le sodium le chlorure de magnésium pur. Comme il est assez cassant et très peu malléable, pour l'obtenir à l'état de fil ou de ruban, on le comprime dans un moule en acier chauffé et muni à sa partie inférieure d'une ouverture du diamètre du fil que l'on veut obtenir. Il fond vers 425° ; au contact de l'air, il brûle avec une flamme très brillante, dont le caractère particulier est une grande activité chimique.

Aussi, quoique son prix soit relativement modéré, n'est-il guère employé qu'en photographie, afin de remplacer la lumière naturelle pendant la nuit ou dans des lieux obscurs; car toutes les lumières ne conviennent pas pour cet usage : les unes sont trop faibles; d'autres ont bien l'éclat voulu, mais ne fouillent pas assez les ombres.

Le magnésium se brûle dans une lampe spéciale et fort simple. Conduit par deux rouleaux mis en marche par un mouvement d'horlogerie, le fil ou le ruban traverse une boîte métallique et arrive devant un réflecteur argenté, où on l'allume. Pour avoir plus de lumière, on peut tresser ensemble deux fils de magnésium et un de zinc. Ce dernier, seul, brûlerait mal, mais avec le magnésium il brûle parfaitement.

LUMIÈRE ÉLECTRIQUE. — Tout le monde connaît, du moins par ses effets, ce fluide mystérieux qui jouit à la fois de la propriété d'échauffer les corps qu'il parcourt au point de les rendre incandescents; d'attirer le fer avec assez de force pour produire un travail utile; de parcourir avec une vitesse presque incalculable les plus grandes distances, et d'éclairer avec une intensité qui n'a de supérieure que la lumière solaire.

Bien des théories ont été élaborées avec soin par les hommes les plus éminents dans la science, afin d'expliquer sa nature; tous ont été contraints de les abandonner, parce qu'elles n'expliquaient rien, et de s'en tenir aux merveilleux effets qu'ils lui voyaient produire, et dont chaque jour ils découvrent de nouveaux. A notre tour, nous laisserons de côté ces études ardues de la chaleur, du mouvement, de la lumière, etc.

La nature est remplie de questions qui semblent devoir toujours rester insolubles, après avoir été posées comme un stimulant à l'esprit de l'homme. Cet esprit, en tant que créature, a des bornes. Si le monde a été livré à ses investigations et à ses *disputes*, il y a certaines limites qu'il

n'atteindra jamais; car quoique le monde, lui aussi, soit borné, Dieu, l'Être infini, peut les reculer au delà de toute conception humaine, voulant nous montrer par là combien nous sommes peu de chose devant lui, et combien notre science est vaine et vide, comparée à la sienne. Il permet, de temps en temps, que nous découvriions quelques-unes des lois qui régissent l'univers; mais il y a toujours le grain de sable de l'Océan qui nous empêchera d'aller plus loin qu'il ne lui convient. Qu'ils sont petits, en effet, nos efforts pour imiter, bien maigrement, ce que nous voyons la nature faire avec tant d'éclat. C'est à grands frais que nous parvenons à produire quelques étincelles qui s'en vont, dans un cercle restreint, porter une lumière relativement faible. Pour cela, nous nous encombrons de machines, les piles sont de plus en plus volumineuses, tandis que, d'après les plus éminents météorologistes, pour produire les plus violents orages et les éclairs les plus étincelants, il suffit de deux couches de nuages superposées qui, selon leur nature ou leur structure, deviennent la source de phénomènes différents : orage, pluie ou neige.

Quoi qu'il en soit, il y aurait outrecuidance à ne pas admirer les progrès que le génie humain a faits dans les sciences. Ne connaissant pas la limite extrême qui nous a été imposée, c'est à nous à nous lancer dans la carrière que Dieu nous a ouverte, et à savoir reconnaître l'empreinte de sa main dans tout ce que nous voyons ou découvrons de nouveau. Loin d'entraver l'essor de l'intelligence, l'habitude d'adorer Dieu en toutes choses ne peut que la développer et la porter à des hauteurs plus grandes. Il est donc faux que *le mépris des choses terrestres, prêché par l'Église chrétienne, comme l'a écrit un vulgarisateur célèbre, a engendré une philosophie qui détournait les hommes de l'étude minutieuse des faits physiques.* L'Église, en effet, enseigne à l'homme que la première science est celle de Dieu; qu'il ne doit pas placer l'espérance de son avenir dans les choses d'ici-bas, parce qu'au *lendemain de la mort* il y

a autre chose que la tombe, et que c'est à cette autre chose qu'il doit surtout penser. Le christianisme aime trop Dieu pour détourner ceux qui cherchent sa gloire avant toutes choses de ce qui peut lui attirer un remerciement ou une louange.

Ce n'est guère que dans la première moitié du XVIII^e siècle que l'électricité, à proprement parler, entra réellement dans le domaine de la science et de l'expérimentation. Jusque-là un certain nombre de faits, qu'on avait observés, étaient restés sans explication. Guillaume Gilbert, à la fin du siècle précédent, avait bien discoursu sur la propriété que certains corps ont de s'attirer; mais ce phénomène avait été décrit dans l'antiquité. On comprenait qu'un fluide quelconque était là, puisqu'on en voyait un effet; cependant ce fluide n'était encore apparu à personne sous son aspect palpable, en quelque sorte, et le plus brillant.

Otto de Guericke, en construisant la première machine électrique, attira l'attention des physiciens, et en particulier de Franklin, qui émit le premier l'idée que le principe attractif de l'ambre pourrait être le même que celui qui, dans la machine, se manifestait par des étincelles, et qu'enfin ce principe pourrait être le même que celui de la foudre, comme le démontrèrent les expériences remarquables de Romas, en 1753.

Ce fut toute une révolution dans la science; les théories et les expériences se succédèrent avec rapidité, et cependant le dernier pas ne fut fait qu'à la fin du siècle dernier. Que ce pas ait été accompli par Galvani ou Volta, c'est de cette époque seulement que datent les véritables progrès.

Si l'on réunit par deux fils les deux pôles d'une pile, au moment où l'on va établir le contact entre eux, il se manifeste une étincelle, provenant, comme dans la machine électrique ordinaire, de la neutralisation des deux électricités contraires, dont la recomposition produit assez de chaleur pour qu'il y ait apparition de lumière. Il est évi-

dent que plus les éléments de la pile seront nombreux, plus le courant aura d'intensité, et plus, dès lors, l'apparition de lumière sera forte.

Humphry Davy, ayant remarqué que si les deux fils conducteurs de la pile sont terminés par des morceaux de charbon, la lumière électrique prend une intensité extraordinaire, renferma les deux pôles de la grande pile de la *Société royale de Londres* dans un vase de terre de la forme d'un œuf, et dans lequel il avait fait le vide. L'arc brillant qui jaillit alors entre les deux pointes de charbon était étincelant comme le soleil. Malheureusement, quoiqu'il opérât dans le vide, où la combustion est plus lente, comme il se servait de charbon de bois et que les piles voltaïques, alors en usage, ne pouvaient donner un courant énergique, le phénomène ne durait jamais longtemps.

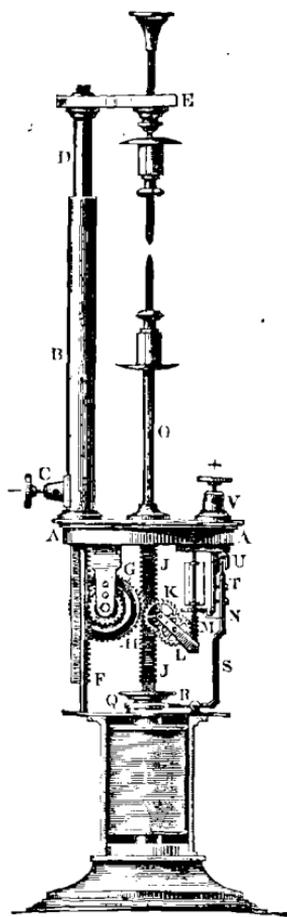
En 1843, la pile de Bunsen permit enfin de tirer parti de ce qui n'avait été jusque-là qu'une expérience curieuse. En 1844, Léon Foucault, ayant remplacé le charbon de bois par le *charbon de cornue* ou de *gaz*, substance excessivement dure et très peu combustible, se servit pour la première fois de la *lampe électrique* pour remplacer la lumière du soleil dans le microscope solaire. Vers la fin de cette même année, M. Delcuil employa aussi pour la première fois la *lampe de Foucault* pour un essai d'éclairage public. En 1848, cette expérience fut reprise par M. Archereau. Mais la lumière électrique ne devait devenir d'un usage pratique que du moment où l'on aurait trouvé une combinaison particulière qui permettrait aux deux charbons de se rapprocher l'un de l'autre, au fur et à mesure de leur combustion, fonction délicate que remplissait jusque-là l'opérateur lui-même. C'est à Léon Foucault qu'est dû ce dernier perfectionnement.

Un ressort d'acier agit sur les deux baguettes de charbon, et son effet est neutralisé par l'influence d'un électro-aimant, qui reçoit son action du courant même de la pile donnant naissance à l'arc lumineux. Lorsque les charbons, par suite de la combustion, sont trop éloignés l'un

de l'autre, le courant est affaibli, et par conséquent fait perdre de sa force à l'électro-aimant; le ressort, poussant alors les deux charbons et les rapprochant à la distance voulue, redonne ainsi au courant toute son énergie, et à la lumière une fixité suffisante. Cet instrument, perfectionné par M. Duboscq, a obtenu le plus grand succès pendant une dizaine d'années. C'est avec lui que la commission impériale du palais de l'Industrie éclaira, en 1855, les travaux de nuit pour la construction des gradins et de la décoration de la grande nef de l'Exposition, à l'époque de la clôture.

En 1857, parut le *régulateur* de M. Serrin, fondé sur le même principe que celui de Foucault, mais d'une marche plus régulière et plus sûre. Expérimenté en public pour la première fois en 1859, il ne tarda pas à être généralement adopté. En 1860, on en établit deux à titre d'expérience, sur l'un des phares du Havre; en 1865, quatre autres remplaçaient les lampes à huile des deux phares du cap de la Hève. De cette époque à 1868, on peut dire qu'ils furent exclusivement employés pour l'éclairage et les illuminations des travaux et des fêtes.

En 1861, M. Way, professeur, imagina, à Londres, la *lampe électrique à conducteur de mercure*. Dans ce système,



Modèle de lampe électrique,

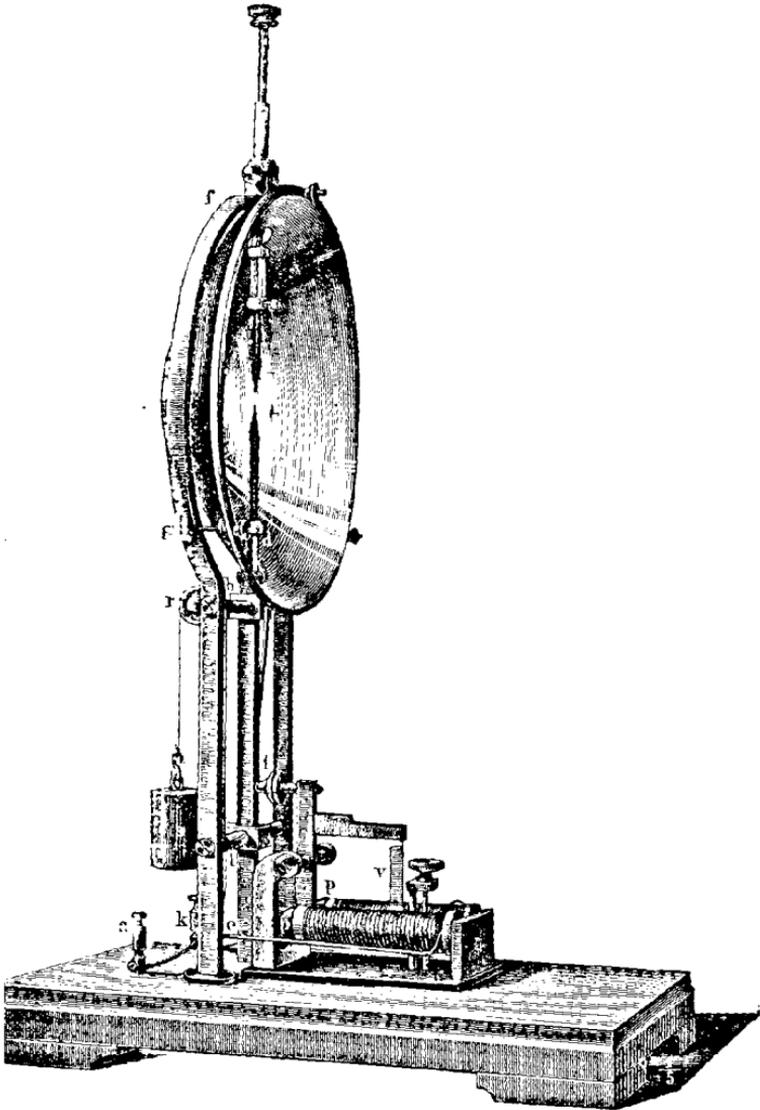
le charbon est remplacé par un filet de mercure sortant de l'orifice d'un petit entonnoir en gouttelettes pressées et reçues dans une cuvette inférieure. Les deux pôles de la pile sont mis en communication avec les deux réservoirs de mercure, et l'arc lumineux jaillit entre chaque gouttelette.

Outre ces régulateurs, on peut encore citer celui de M. Gaiffe, fondé sur le principe des solénoïdes. Un fil de cuivre est enroulé autour d'une tige de fer doux, de manière qu'à deux ou trois endroits différents de sa hauteur il présente une plus grande épaisseur. Si le courant faiblit, la tige de fer doux, qui sert d'électro-aimant, descend et se trouve alors dans une partie de la bobine présentant un nombre de spires plus considérable, et le courant reprend son intensité. Le contraire a lieu lorsque le courant est trop fort : le fer doux remonte et se trouve en contact avec un contour de fils moins épais, et rétablit l'équilibre en faisant également monter ou descendre, au moyen d'une crémaillère, une tige portant un des charbons.

Bien d'autres systèmes ont été essayés, ayant tous leurs qualités et leurs défauts, surtout celui d'être fort coûteux, délicats et sujets à de fréquents dérangements.

En 1876, une découverte importante, faite par un ancien officier du génie russe, M. Jablochkoff, est venue faire entrevoir la possibilité de parer aux inconvénients des anciens régulateurs. Le système imaginé par ce physicien est d'une grande simplicité. Il place les deux charbons parallèlement l'un à côté de l'autre, à une distance convenable. Ces charbons sont enveloppés dans une matière isolante, ayant l'aspect d'une bougie, ne laissant de visible que l'extrémité des deux charbons. C'est entre ces deux pointes que jaillit l'arc voltaïque. Au fur et à mesure de la combustion, la matière isolante fond et se volatilise, laissant à nu seulement la longueur des deux charbons nécessaires à l'éclairage.

D'après M. Denayrouse, dans les ateliers duquel l'ingénieur russe fit ses premières expériences, M. Jablochkoff



Autre modèle de lampe électrique avec réflecteur.

aurait apporté non seulement une modification importante, capitale même, à l'éclairage électrique, mais encore il serait parvenu, au moyen de son système, à résoudre le fameux problème de *divisibilité de la lumière électrique*. Suivant lui, en introduisant le fil intérieur d'une série de bobines d'induction dans le circuit central de la machine magnéto-électrique, si l'étincelle du courant induit est dirigée sur une lame de porcelaine placée entre les extrémités du fil intérieur de chaque bobine, cette lame devient incandescente. On pourrait de plus diviser en plusieurs sections, sur chaque bobine, une bande de porcelaine de longueur convenable, et obtenir ainsi un certain nombre de foyers lumineux. Malheureusement, rien jusqu'ici n'est venu confirmer ces magnifiques affirmations.

M. Reynier, avec sa nouvelle lampe à *charbons* ou *rhéophores circulaires obliques*, et surtout avec celle qu'il présenta, en mai 1878, à la *Société française de physique*, dans laquelle le renouvellement progressif du charbon s'obtient par un contact *en tout tournant*, ou galet entraînant dans sa rotation les cendres de charbon, crut avoir trouvé ce *desideratum* de la science. M. Werdermann, de son côté, prétend y être arrivé à l'aide de son nouveau bec, où le charbon négatif offre une surface bien plus considérable que le charbon positif. Faudra-t-il encore attendre la solution de la question du grand inventeur américain, M. Edison, dont l'admirable découverte du *phonographe* a rendu, à juste titre, le nom célèbre? De tous côtés on annonce que ses travaux et ses recherches ont été couronnés de succès. Des journaux (1880) donnent même le dessin de la nouvelle lampe, qui pourra remplacer, non seulement dans les rues et les magasins, mais aussi chez les particuliers, le gaz, qui y a trôné si longtemps. Une source unique d'électricité répandra partout, à peu de frais, en se divisant indéfiniment sans s'affaiblir, l'intensité de lumière voulue.

Ce sont là, certes, de magnifiques promesses, qui sem-

blent réalisables dans l'état actuel de la science ; mais pour nous, le véritable progrès consistera dans la découverte d'une source électrique à bon marché, que chacun pourra se procurer ; d'une lampe, en un mot, portant en elle-même non seulement la lumière, mais la pile qui doit l'entretenir ; d'une lampe transportable d'un lieu à un autre, comme celles qui brûlent les huiles ou les essences.

Partout, jusqu'à présent, pour produire la lumière électrique, on a été forcé d'employer des piles d'une grande puissance et dont l'entretien est fort coûteux. On les a remplacées ensuite par des machines d'induction, comme par exemple celle de la compagnie l'*Alliance*, dans laquelle l'électricité est produite par le mouvement de rotation d'un système de bobines et d'aimants, et dont les courants sont alternatifs ; ou bien celle connue, du nom de son inventeur, sous celui de *machine de Gramme*, à courants continus. Ces machines ne peuvent guère être employées que dans un service régulier et stable, comme l'est celui des phares ou celui de l'éclairage d'une rue ou d'un monument. Elles nécessitent, pour être mises en mouvement, l'intervention de machines à vapeur dont l'installation est toujours fort dispendieuse. M. Gramme a cependant construit des appareils plus petits, exigeant une moins grande force, qu'un homme et parfois un enfant peuvent manœuvrer ; mais ce n'est pas encore là un perfectionnement décisif, et rien ne fait prévoir jusqu'ici qu'on ait trouvé, ou qu'on soit sur sa trace, un producteur d'électricité à la portée de tous.

Après ce court et rapide aperçu historique sur la lumière électrique, rien ne peut être plus intéressant que de connaître les phénomènes qui accompagnent la formation de l'arc voltaïque. C'est à M. Antoine Bréguet (*la Nature*, 1878, 1^{er} sem.) que nous en empruntons la description.

« A l'instant où l'on ferme le courant d'une pile puissante, en amenant au contact deux pointes de charbon, on voit celles-ci devenir rouges, et une lumière très vive éclai-

ter tout à coup à leur point de jonction, en faisant entendre un bourdonnement sourd, signe de la fusion des pointes polaires. D'après la première loi d'Ampère sur les actions réciproques des courants, deux conducteurs mobiles, situés dans le prolongement l'un de l'autre, et traversés par un flux électrique, sont soumis à une force répulsive. Si donc nos pointes de charbon sont mobiles, l'une par rapport à l'autre, elles s'écartent de quelques millimètres, et l'arc voltaïque apparaît dans tout son éclat. Si les charbons sont retenus tous deux par des supports fixes, l'arc voltaïque n'apparaît que plus lentement au fur et à mesure de l'usure des pointes produite par leur combustion et leur désagrégation.

« L'apparence de l'arc voltaïque est celle d'une sorte de flamme, siège d'un mouvement des plus impétueux, et qui paraît tendue avec force entre les deux pôles. Ceux-ci sont alors devenus incandescents, et l'on voit clairement le positif se creuser devant le négatif, qui se taille en pointe. Des globules de silice fondu bouillonnent sur leurs surfaces plus ou moins rongées et semblent se détruire et se reproduire incessamment. Des éclairs sillonnent tout à coup la masse lumineuse, et tout à coup le phénomène reprend sa marche normale. Ce sont des parties plus conductrices dans les pointes de charbon qui se présentent l'une à l'autre, et la gerbe qui les relie, cherchant toujours le chemin qui lui offre le moins de résistance, profite des nouveaux sentiers que la désagrégation continuelle lui ouvre de temps en temps pour s'y frayer son passage avec violence en contournant telle ou telle partie moins conductrice du pôle.

« Lorsque l'arc voltaïque est court, il ressemble à une gerbe condensée de filets lumineux affectant une forme générale cylindrique. Une atmosphère plus rare et de couleur violette entoure comme d'une gaine la première gerbe, et la base de ce cylindre annulaire s'épate, s'élargit sur le charbon positif, tandis que sa partie opposée s'éteint en arrivant au pôle négatif...

« L'arc proprement dit est le siège d'un foyer de la température la plus élevée qu'on connaisse. Tous les corps connus y fondent facilement et s'y volatilisent. Despretz, avec une pile de 500 à 600 Bunsen, a fondu et volatilisé le bore, le silicium, la magnésie, le platine, le titane et le tungstène. Le diamant s'y volatilise également et se transforme en coke. »

LE CAOUTCHOUC

I

Découverte et propriétés du caoutchouc.

Le caoutchouc, désigné communément sous le nom de *gomme élastique*, est une sorte de gomme résine tenue en suspension dans le suc laiteux de certaines plantes en général exotiques. Il en existe, mais en moins grande quantité, dans celui de plusieurs végétaux communs dans nos climats, tels que les orties, le pavot et la laitue.

C'est surtout depuis la découverte de l'Amérique que l'on a commencé à parler de cette substance extraordinaire. Le premier qui en a fait mention est Herrera, dans sa *Relation du deuxième voyage de Christophe Colomb*, en signalant les balles qui servaient aux indigènes d'Haïti pour jouer à la paume. Jean de Torquemada, en 1615, dans sa *Monarquia Indiana*, donna une description exacte de l'un des arbres producteurs du caoutchouc au Mexique. Les Indiens déjà en utilisaient les propriétés et savaient s'en fabriquer des chaussures, des cuirasses et même des vêtements imperméables.

Pendant ce ne fut qu'en 1736 que l'Europe savante eut connaissance de la gomme élastique et des différents

usages auxquels on l'employait. L'Académie des sciences de Paris, pour résoudre la question de la forme de la terre, avait envoyé deux expéditions chargées, l'une dans les régions polaires et l'autre à l'équateur, de mesurer un arc du méridien terrestre. Pendant que ses compagnons s'occupaient au Pérou du but de leur mission, la Condamine étudiait les productions naturelles du pays. C'est ainsi qu'il apprit la manière dont les naturels retiraient la gomme élastique par incision de certains arbres qu'ils appelaient *caout-chou*. Rentré en France, il s'empessa de faire part à ses collègues de l'Académie des sciences des renseignements qu'il avait recueillis.

En quittant l'Amérique, il avait communiqué aussi ses observations à un ingénieur français, Charles Fresneau, qui avait résidé quinze ans à la Guyane. Fresneau porta dès lors toute son attention sur la gomme du Pérou. Il put difficilement arriver à connaître l'arbre qui la produisait ; et quand il y parvint, il put en donner une description assez précise pour qu'on soit sûr que cet arbre est celui qu'on a désigné de nos jours sous le nom de *Hevea Guyanensis*. Il adressa à l'Académie une relation de ses recherches qui parut en 1761. En 1768, le botaniste Aublet publia un autre ouvrage, où le même arbre est décrit et représenté.

Fresneau était parvenu à dissoudre le caoutchouc dans une huile grasse ; mais la matière qu'il obtenait ainsi n'avait plus aucune élasticité. Ce fut le chimiste Macquer, à la fin du siècle dernier, qui eut le premier l'idée de le dissoudre dans l'éther. Il réussit de cette manière à fabriquer de petits tubes. Déjà, de son temps, la chirurgie s'en servait pour faire des sondes qui, par leur souplesse, étaient de beaucoup supérieures aux sondes métalliques employées jusqu'alors.

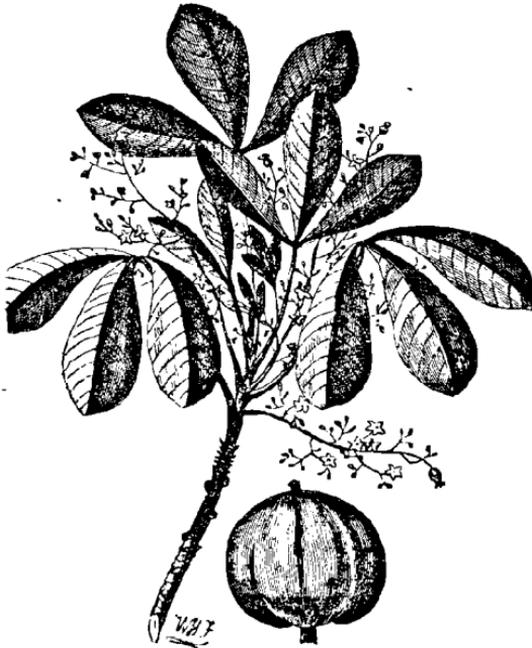
Valmont de Bomare, dans son *Dictionnaire d'histoire naturelle*, dit que c'est Magellan qui apprit en France la propriété de la gomme élastique d'enlever par le frottement les traces du crayon sur le papier. C'est même cette pro-



Récolte du caoutchouc.

priété qui a fait donner au caoutchouc le nom qu'il porte en Angleterre : *Indiar rubber* (effaceur indien).

Pendant les dernières années du XVIII^e siècle, l'industrie



Feuilles et fruit du caoutchouc (*Hevea Guyanensis*).

essaya en France et en Angleterre de tirer partie de la nouvelle matière, mais sans grands résultats. Le premier pas remarquable fut fait en 1820, par un manufacturier de Londres, qui parvint à découper les poires brutes du caoutchouc en fils assez fins pour être tissés avec des fils de coton.

En 1821, Mackintosh, fabricant de Manchester, parvint à dissoudre le caoutchouc dans un liquide vaporisable, de manière à permettre de l'étaler en couche mince sur un tissu et à le faire servir à la fabrication de vêtements imperméables. Depuis longtemps, au Brésil, on se servait

du suc de caoutchouc, fraîchement extrait de l'arbre, pour en enduire des étoffes. On essaya même d'en envoyer en Europe après l'avoir hermétiquement renfermé dans des vases, afin d'éviter le contact de l'air, qui l'eût durci; mais le suc se concrétait toujours pendant la traversée. Cette méthode fut à peu près abandonnée. On ne pouvait, en effet, penser à avoir de vrais tissus imperméables qu'autant que l'on serait parvenu à dissoudre le caoutchouc.

Macquer essaya l'éther, dont le prix élevé fit rejeter l'usage. Comme le caoutchouc est un carbure d'hydrogène, on s'adressa aux carbures d'hydrogène liquides. Barnaud, de Greenwich, découvrit que le meilleur dissolvant était l'huile volatile donnée par la distillation de ce produit en vase clos. Mais, là encore, le prix élevé de cette huile en rendit l'application impossible. On se rejeta alors sur l'essence de térébenthine et sur l'huile volatile du goudron de houille, qui reçut plus tard le nom de *benzine*. Dans ce nouveau procédé, l'évaporation faisait perdre beaucoup du dissolvant; pour éviter ce grave inconvénient, on eut l'idée, au lieu de dissoudre complètement le caoutchouc, de le ramollir seulement et de l'étendre ainsi, au laminoir, sur un tissu. Le vêtement fabriqué avec ces étoffes ainsi préparées ne tarda pas à s'introduire dans les habitudes de toutes les classes. Cependant un défaut notable fit bientôt perdre au *Mackintosh* la renommée qu'il avait conquise. A une température voisine de 0°, le caoutchouc perd complètement son élasticité et devient dur et cassant. La mode y revint, lorsque la découverte de la vulcanisation vint donner le moyen de conserver au caoutchouc sa souplesse en toute saison.

Pendant qu'en Angleterre on s'occupait surtout de l'imperméabilité des étoffes, en France, MM. Ratier et Guibal travaillaient à employer la nouvelle substance pour la confection des tissus élastiques, et la substituaient, dans les jarrettières, les bretelles et autres objets extensibles, aux spirales de laiton. Leur mode de fabrication fut d'abord

assez primitif, puisqu'il consistait simplement dans le découpage des poires, au moyen de couteaux, en lanières minces et déliées. Chaque poire était d'abord coupée en spirales, et chaque spirale divisée en plusieurs fils. Aujourd'hui on obtient ces fils en faisant passer à la filière un morceau de caoutchouc. Ils sont alors vendus aux fabricants de tissus élastiques, qui les revêtent de coton ou de soie, et introduits ensuite dans la confection des tissus, pour lesquels on emploie ordinairement le métier à la Jacquart. Il est à remarquer que dans toutes ces opérations on a fait perdre au caoutchouc son élasticité, en l'exposant à un refroidissement de 0°. Mais aussitôt qu'il a été tissé, on la lui rend en soumettant le tissu à une température de 60° à 70°.

Le caoutchouc, dans son état naturel, a deux grands défauts. Comme nous l'avons dit, il perd par le froid son élasticité, et ensuite il se soude avec lui-même quand il est fraîchement coupé. On avait cherché longtemps à neutraliser ces deux vices fondamentaux, et toujours les essais étaient restés sans résultats. Vers 1842, lorsque, découragés, les inventeurs avaient cessé de chercher, on reçut d'Amérique des chaussures de caoutchouc qui ne durcissaient pas au froid; dont les bords coupés ne se ressoudaient pas; dont l'élasticité était extrême, et qui étaient parfaitement imperméables. Ces chaussures obtinrent un succès immense; mais aucun des fabricants européens ne pouvait expliquer une semblable transformation. L'inventeur, en effet, Charles Goodyear, tenait son procédé secret. Aiguillonné par le mystère que semblait y mettre l'Américain, Thomas Hancock, industriel de Newington, près de Londres, demanda à la chimie de lui révéler ce que l'on cachait si bien. En distillant en vase clos le nouveau caoutchouc, il y reconnut la présence du soufre en nature. Ce fut en partant de cet indice qu'il ne tarda pas à découvrir entièrement le procédé du manufacturier de New-York.

Hancock reconnut donc qu'une bande de caoutchouc,

trempée dans du soufre fondu, en absorbe une certaine quantité, et que cette bande ainsi sulfurée, portée à une température de 70°, prend des qualités toutes nouvelles. Elle ne se raidit plus par le froid, elle ne se ressoude plus à elle-même, et son élasticité s'est accrue. C'est à cette transformation qu'il donna, on ne sait pourquoi, le nom de *volcanisation* ou *vulcanisation*, qui a prévalu.

Goodyear, malheureusement pour lui, n'avait pas pris de brevet pour son importante découverte. Hancock ne l'imita pas ; et bientôt son industrie ne tarda pas à ruiner complètement celle du pauvre inventeur. Venu à Paris, en 1860, pour régler des affaires commerciales, Goodyear, n'ayant plus de ressources, fut enfin enfermé à la prison de Clichy pour dettes. Un matin qu'il ouvrait les volets de sa fenêtre, il n'entendit pas ou ne comprit pas les injonctions qui lui étaient faites par le factionnaire, d'avoir à les refermer et à se retirer. Celui-ci, croyant à une tentative d'évasion, mit en joue le prisonnier, suivant sa consigne, lâcha son coup de fusil, et l'infortuné Goodyear tomba mort sur l'appui de sa croisée.

Aucune autre invention n'a été tentée dans l'industrie du caoutchouc depuis la découverte de la vulcanisation. Un moment on a cru que le *caoutchouc durci* allait remplacer la baleine, la corne, l'écaille, et jusqu'au cuivre pour le doublage des navires. Mais il a fallu beaucoup rabattre de cette espérance. Le caoutchouc durci, appelé par les Anglais *ebonite*, s'obtient en forçant la vulcanisation du caoutchouc, c'est-à-dire en l'exposant à une température de 180° et en le mélangeant à une quantité de soufre qui va jusqu'à 20 et 30 pour 100. Du reste son haut prix en limite beaucoup l'emploi.

II

Histoire naturelle du caoutchouc. — Contrées où on l'exploite. — Récolte au Brésil. — Propriétés physiques et chimiques. — Manipulation. — Vulcanisation. — Fabrication des fils et des étoffes de caoutchouc. — Le caoutchouc durci.

Le caoutchouc varie de couleur, de densité et de cohérence, suivant qu'il nous vient de l'Amérique, de l'Asie ou de l'Afrique.

Le caoutchouc du Brésil tient incontestablement la première place parmi les produits de l'Amérique. Le meilleur provient de Para, de Maranham, de Ceara et de Pernambuco.

Celui du Para est le plus recherché, et celui aussi dont le prix est le plus élevé. Le trafic auquel il donne lieu est si important, qu'à lui seul il constitue une grande partie du revenu total de l'empire brésilien.

On l'extrait de l'*hævea Guyanensis*, nommé aussi *siphonia elastica* et *jatropha elastica*, de la famille des euphorbiacées. Cet arbre, qui atteint en général une grande hauteur, croît en abondance sur les rives de l'Amazone et de ses affluents, surtout dans les parties basses et marécageuses. Leurs troncs sont ronds et bien unis; l'écorce est mince et d'une nuance claire, et le bois est mou. Il a des feuilles longues et ovales, réunies par groupes de trois, un peu épaisses, glabres et d'une couleur cendrée glauque en dessous. Son fruit est ligneux et de la grosseur d'une pêche; il est divisé en trois lobes contenant chacun une ou trois graines rous-sâtres et bariolées de noir, à tunique mince et cassante recouvrant une amande bonne à manger. Quand on fait une incision à son tronc, il en sort un lait dont la saveur rappelle celle de la crème sucrée. C'est ce fluide laiteux qui est connu au Brésil sous le nom de *seringa* et de *cachucha*. Il ren-

ferme environ 30 pour 100 de caoutchouc. Le tronc pousse à son sommet plusieurs branches, tantôt droites, tantôt inclinées, qui s'étendent au loin. Les fleurs sont jaunes et petites, et viennent au sommet des rameaux en grappes composées plus courtes que les feuilles.

Le caoutchouc venant de Maranham jouit de toutes les qualités de celui du Para, mais la récolte y est moins abondante.

A Pernambuco on recueille le caoutchouc non seulement sur l'*hævea*, mais encore sur un autre arbre nommé, dans le pays, *ubungara* ou *mangaba*. Il ressemble à un saule pleureur par ses dimensions et les grandes ramifications de ses branches pendantes. Son fruit est jaune, légèrement rayé de rouge d'un côté, gros comme une prune, et d'un goût exquis et d'un parfum délicieux.

Dans la Guyane française, c'est de l'*hævea* qu'on retire le caoutchouc, surtout dans la partie du territoire contesté situé entre la rivière d'Oyapock et l'Amazone. Il en est de même pour la Guyane anglaise, où l'on trouve une variété qui fournit un suc abondant.

Outre les espèces d'arbres à caoutchouc dont nous venons de parler, et qui rentrent dans le groupe *hævea*, il en existe un autre, le *castilloa elastica*, qui produit tout le caoutchouc fourni par l'Amérique centrale. Les Espagnols l'appellent *arbre d'Hulé*.

Dans la Nouvelle-Grenade, le caoutchouc est noir et a l'apparence du goudron.

Celui qui provient de la république de l'Équateur présente quelquefois une coupure blanchâtre, très poreuse, dont les vides sont remplis d'un liquide noir d'une odeur désagréable et persistante.

A Panama, le *castilloa* abonde, et ses produits, mieux exploités, peuvent rivaliser avec ceux du Brésil.

On appelle caoutchouc des Antilles la meilleure qualité de ce produit récolté sur le *castilloa*, dans l'Amérique centrale. Ce nom lui a été donné parce que les navires qui le transportent relâchent aux Antilles.

Le caoutchouc de Guatemala est le moins estimé de tous. D'abord noir, il blanchit facilement quand on le purifie.

L'espèce de vigne qui, vers la fin du siècle dernier, révéla l'existence du caoutchouc en Asie, est l'*urceola elastica*. Ce fut au chirurgien anglais James Howinson, qui résidait dans l'île du Prince-de-Galles, que l'on doit cette découverte. Ayant appris que les Malais se procuraient du caoutchouc en incisant un des arbres de leurs forêts, il se mit à sa recherche. Quand on le lui eut montré, il répéta lui-même ce qu'il avait vu faire aux indigènes, et, satisfait du résultat, il publia un mémoire intitulé : *Description de la vigne à gomme élastique de l'île du Prince-de-Galles*. A cette époque, le célèbre botaniste anglais Roxburgh parcourait les Indes. Il examina l'arbre signalé par Howinson et n'hésita pas à le ranger dans la famille des morées, à côté de la vigne, après l'avoir appelé *urceola elastica*. Ce fut lui qui, en 1810, trouva le précieux figuier, le *ficus elastica*, qui produit la plus grande partie du caoutchouc fourni par les Indes orientales.

Le *ficus elastica*, connu de tous aujourd'hui, est un arbre qui, dans nos serres, atteint une assez grande hauteur. Importé depuis 1830, il s'est vite acclimaté, et il est une des plus belles plantes d'appartement que nous ayons. On peut même parfois le transplanter en pleine terre.

Dans d'autres recherches, Roxburgh constata que les indigènes récoltaient la sève laiteuse de cet arbre en incisant son écorce, et qu'après une récolte on pouvait en obtenir une deuxième quinze jours après.

Le même botaniste mentionne plusieurs plantes à caoutchouc, entre autres le *willughbeia edulis*, que l'on trouve dans les forêts de Chittagong et de Silhet, où on le connaît sous le nom de *luti-am*. C'est un arbuste grimpant donnant un assez bon caoutchouc. Cependant dans toute l'Asie on n'exploite guère que le ficus et l'*urceola*.

C'est la province d'Assam qui fournit seule tout le caout-

chouc de l'Inde. Il est d'une teinte claire et brillante; mais le défaut de soins dans sa préparation et l'ignorance des Indiens qui le récoltent, le rendent d'une grande imperfection et font baisser de beaucoup sa valeur.

A Bornéo, c'est surtout l'urceola, dont on trouve trois variétés, que l'on exploite. Les naturels coupent les tiges par tronçons et recueillent dans des vases la sève qui en découle. Ils la coagulent rapidement en la mélangeant avec un peu d'eau salée.

Le caoutchouc obtenu à Java est le produit du ficus.

On dit que celui de Penang, chef-lieu de l'île du Prince-de-Galles, pourrait provenir du *cynanchum ovalifolium*, arbuste grimpant.

L'Afrique étant celui des continents qui est resté jusqu'ici le plus inconnu, il n'est pas étonnant qu'on ne sache pas avec précision quelles sont les variétés de caoutchouc récoltées dans ses provinces.

A Madagascar, l'arbre qui le produit est appelé *vau-ghina*, et les indigènes ne tirent aucun parti du *ficus elastica* et du *ficus Theophrasta*, qui croissent le long des routes du littoral. Un voyageur prétend que dans cette île on recueille deux variétés de caoutchouc, provenant l'une de trois espèces d'arbres à tiges grimpantes, appartenant au genre *vahéa*, et l'autre à un arbrisseau dont l'écorce est remarquable par le lustre et le poli de sa surface.

Dans l'Afrique méridionale, occidentale et orientale, les arbres à caoutchouc se rapportent presque tous au genre *landolpha*.

On assure qu'il existe dans certaines parties de l'Australie plusieurs espèces de ficus, entre autres le *ficus rubiginosa* et le *ficus macrophylla*, donnant tous les deux le caoutchouc.

RÉCOLTE DU CAOUTCHOUC AU BRÉSIL. — Comme la plus grande partie du caoutchouc employé en Europe sort du Brésil, c'est dans cette contrée que nous allons examiner la manière dont on le récolte.

C'est surtout dans l'immense delta de l'Amazone que s'exerce cette industrie, industrie bien primitive, peu compliquée, dont nous avons un pendant, en France, dans celle des résiniers.

Les forêts qui croissent sur les rives de ce fleuve sont presque exclusivement composées d'hæveas. « L'hævea, dit M. Émile Carroy, dans un travail publié, en 1870, dans le *Moniteur universel*, est un arbre à tronc droit, plus haut que nos chênes d'Europe, poussant la plupart de ses branches à son sommet, et produisant des noix qui, enveloppées dans une écorce commune, semblable à l'écorce verte de nos châtaigniers, ont isolément la grosseur de nos noisettes et la chair du marron d'Inde. » Il commence à pouvoir être exploité dès l'âge de quinze à vingt ans, et correspond, pour la grosseur, à peu près à un chêne de trente ans. Toutes les époques sont bonnes pour recueillir le suc de cet arbre, mais on préfère le temps qui s'écoule entre la fin d'août et le mois de janvier. A quelques pieds au-dessus de la racine on fait une première incision transversale, puis une seconde verticale partant d'un point plus élevé et venant rejoindre la première, et enfin quelques autres obliques, aboutissant à la seconde. Pour laisser à l'arbre un peu de repos et ne pas l'épuiser, on ne l'incise que tous les deux ou trois jours; sans cette précaution l'hævea ne produit plus que d'une manière insuffisante.

Vers cinq heures et demie, c'est-à-dire aux premières heures du jour de ces contrées équinoxales, le *seringario*, nom de l'ouvrier qui exploite le caoutchouquier, se met au travail. C'est, en effet, à ce moment, grâce à la fraîcheur de la nuit, que les hæveas saignent plus abondamment. Les outils dont on se sert pour inciser l'écorce varient beaucoup; mais, sur les bords de l'Amazone, ils consistent surtout en une petite hachette de fer, large d'un pouce, qui permet de faire une coupure étroite et uniforme pouvant se refermer facilement. Dans l'intérieur du territoire, où l'exploitation est faite par des gens habi-

tués à la prodigieuse fécondité de la terre, les seringarios se servent de leurs sabres d'abatis ou même de la hache ordinaire, abîmant et tuant une quantité d'arbres, qui semblent, en peu de temps, renaître de leurs cendres. Le reste de l'outillage se compose de coquilles ou de récipients quelconques, et d'argile pour les fixer aux troncs des arbres. Aussitôt que l'incision est faite, le seringario applique au-dessous, au moyen d'un peu d'argile, une de ses coquilles, où, goutte à goutte, pendant une à trois heures, vient tomber la sève résineuse. Au bout de ce temps, le suc s'épaissit au-dessous des lèvres de la blessure, et la plaie se ferme.

La sève suinte de l'arbre d'abord laiteuse, et ensuite blanche comme le lait, dont elle a le goût. Les indigènes la boivent souvent mélangée au café; mais il paraît que cette liqueur a le grave inconvénient de se coaguler dans l'estomac, où il produit de graves désordres.

Sous l'influence de l'air, cette sève s'épaissit et adhère aux doigts, comme on peut s'en convaincre en brisant une nervure des feuilles du ficus elastica, si commun partout aujourd'hui. Elle se sèche rapidement quand on l'étale, et ressemble à une légère membrane de gélatine transparente et blanchâtre.

Dans les récipients, où elle est en assez grande épaisseur, elle dépose au fond et autour des parois une matière solide, nageant dans un liquide blanc et séreux. Au bout de quatre à cinq heures tout est à peu près coagulé, comme du lait qui caille, avec un sérum blanchâtre entre les caillots. Pendant ce temps, la sève de l'hævea jaunit, et quelques jours après elle noircit, restant imbibée d'une eau noirâtre d'une odeur fétide. Cette coagulation serait due, selon M. Carroy, à la chaleur du climat, car pendant la nuit et les jours frais elle s'opère peu ou point. On peut même conserver ce suc liquide pendant plusieurs mois, en prenant la précaution de le maintenir à une basse température et à l'abri de la lumière.

Afin d'éviter que le caoutchouc coagulé ne devienne tout

à fait noir, le seringario, trois à quatre heures après avoir incisé le tronc des hèveas, passe d'arbre en arbre, versant dans un seau le liquide contenu dans les coquilles. Il retourne alors à sa hutte et y allume un feu assez vif avec de certaines noix sauvages, très abondantes dans ces parages, et dont la fumée est utile, paraît-il, dans cette circonstance. A la fumée qui s'exhale du foyer il expose une espèce de spatule, qu'il a d'abord trempée dans son vase, la tournant et retournant rapidement. Le suc se sèche en moins d'une minute et prend une faible teinte rousse. Le seringario trempe de nouveau sa spatule, déjà couverte d'une première couche de résine, dans son seau et recommence son opération ; ce qu'il renouvelle jusqu'à ce qu'il y voie réuni environ 2 kilogrammes de caoutchouc. Quand il a ainsi un certain nombre de spatules chargées, il fend avec un couteau la masse de gomme élastique qui couvre chacune d'elles, il en retire la spatule et suspend le caoutchouc sur une corde pour le faire sécher ; on l'y laisse deux à trois jours, et, ce temps passé, il peut être livré au commerce.

Le caoutchouc ainsi préparé se nomme au Brésil la *seringa fina* ; c'est la qualité supérieure.

Pour faire l'*entrefina* ou bien la *grossa*, le seringario ramasse toutes les pellicules de caoutchouc provenant des parois des coquilles ou des lèvres des incisions. Il les soude entre elles à la fumée des noix, en forme une boule, qu'il trempe trois ou quatre fois dans son seau rempli de suc liquide, et fait sécher à la fumée.

La dernière qualité, qu'on appelle le *sernambi*, n'est que le suc abandonné dans le récipient, où il s'est coagulé, et dont il conserve la forme.

Ce fut d'abord sous forme de poire que le caoutchouc nous vint de l'Amérique ; mais actuellement cette forme a été abandonnée et n'a plus rien de déterminé.

Au Nicaragua, l'opération du fumage est supprimée. On le remplace en mélangeant la sève végétale avec le jus d'une certaine vigne qui jouit de la propriété de la coaguler rapidement.

La *fina* est rarement noire à l'extérieur et jamais à l'intérieur. Elle présente, quand on la coupe avec un couteau et qu'on en écarte les bords, une couleur gris d'acier; elle est sans cavités et fine comme de la peinture à demi desséchée.

L'*entrefina* de mauvaise qualité se fait remarquer par des fils mal soudés et des trous qui la font ressembler à une éponge.

La *grossa* et le *sernambi*, divisés au couteau, exhalent une odeur fétide et sont d'un noir parfait. Bleuâtre, spongieuse, elle poisse tout ce qu'elle touche sous l'influence de la chaleur.

En général la terre glaise ou le sable qu'on aurait pu introduire en poudre dans la masse, se trahissent par leur couleur terne, leur aspect grenu ou la différence de teinte avec celle uniforme du caoutchouc.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DU CAOUTCHOUC.

— Le caoutchouc, comme nous l'avons déjà dit, quand il est pur, est sans couleur et d'une légère teinte jaunâtre. Il est mou et imperméable à l'eau. Lorsqu'on le coupe, si on rapproche les deux surfaces, elles se soudent et ne forment plus qu'un même tout. C'est une propriété qu'on emploie souvent en chimie, pour façonner des tubes. Mais la propriété essentielle de cette matière est d'être prodigieusement élastique, c'est-à-dire qu'elle peut être étirée dans un sens ou dans l'autre et qu'elle reprend son volume primitif.

Le caoutchouc ne conduit pas l'électricité. C'est pour cela qu'il est mis en usage dans la machine électrique dite de *Holtz* et dans celles construites d'après les mêmes principes, où une lame de caoutchouc noirci sert de condensateur.

Sa pesanteur spécifique; moindre que celle de l'eau, est 0,925. A 0° et au-dessous, il devient dur et perd de son élasticité. Une bande de caoutchouc étirée, plongée dans l'eau à une température inférieure à la glace, ne reprend sa forme et son élasticité que si on la place dans une eau chauffée à 50°.

Le caoutchouc est insoluble dans l'alcool et dans l'eau. Si cependant on le laisse dans l'eau pendant plusieurs mois, il se gonfle et en absorbe jusqu'à 25 pour 100 de son poids. Remis à l'air libre, cette eau s'évapore d'abord assez rapidement à la surface ; mais celle qui est à l'intérieur y reste encore pendant longtemps, parce que la surface se resserre et s'oppose à toute évaporation. Il absorbe également l'alcool dans la proportion de 20 pour 100.

Plusieurs substances jouissent de la faculté de dissoudre le caoutchouc ; parmi les meilleures on peut citer l'éther, le sulfure de carbone, la benzine et le pétrole. Mais le plus efficace de ces dissolvants est un mélange de 100 parties de sulfure de carbone et de 5 parties d'alcool absolu. La dissolution est claire comme de l'eau et abandonne le caoutchouc, par évaporation, sous forme de feuille. Cependant on emploie à peu près exclusivement la benzine pour cet usage en raison de son bas prix. A la température de 180°, le caoutchouc fond entièrement après avoir passé par l'état visqueux. Dans cet état il peut remplacer le suif ou les corps gras pour *suiffer* les robinets. Il brûle en répandant une épaisse fumée, lorsqu'il est mis en contact avec une flamme.

Lorsqu'on soumet le caoutchouc à la distillation, outre l'huile particulière qui en provient, et qui a la propriété de le dissoudre, on en retire aussi plusieurs espèces d'autres huiles qui sont peu ou point employées.

Le soufre, nous l'avons dit, exerce une action extraordinaire sur lui ; le chlore l'attaque aussi légèrement, mais lui enlève toute son élasticité et le rend cassant. De tous les acides minéraux, l'acide azotique et l'acide sulfurique seuls le rongent rapidement. Les alcalis ont peu d'influence sur lui.

Sa composition chimique est la suivante :

Carbone.	87	3
Hydrogène.	12	5
	100	»

C'est donc un carbure d'hydrogène. Sa formule chimique est $C^{\bullet} H^{\bullet}$.

MANIPULATION DU CAOUTCHOUC. — Les opérations que le caoutchouc, considéré comme matière première, subit avant d'être livré soit aux fabricants, soit aux consommateurs, sont assez compliquées. S'il pouvait nous arriver à l'état liquide, tel qu'il découle de l'hævea, du castilloa elastica, en Amérique, du ficus elastica et de l'urceola elastica, en Asie, ces opérations se trouveraient singulièrement abrégées. Mais il nous vient presque toujours sophistiqué, altéré par la fraude ou l'incurie des seringarios. Il faut donc, avant toute autre chose, commencer par le purifier en lui enlevant les matières étrangères avec lesquelles il est mélangé.

On commence par diviser les blocs ou morceaux, quelle que soit leur forme, en petits fragments, qu'on lave en les agitant dans un baquet plein d'eau chaude. On les fait ensuite sécher, dans une chambre chauffée à la vapeur, sur des plaques de fer, en ayant soin de les remuer pendant ce temps. Ce lavage a pour but d'enlever au caoutchouc la terre, le bois, le sable, etc., qui lui étaient mélangés. On introduit ensuite la matière entre deux cylindres animés de vitesses différentes, qui la broient, l'allongent et la déchirent, pendant qu'un courant d'eau tombe sur elle constamment, entraînant toutes les impuretés qui seraient restées après le premier lavage. On répète cette opération jusqu'à cinq ou six fois. Comme l'un des deux cylindres tourne plus rapidement que l'autre, il en résulte que les fragments, tout en étant écrasés, sont entraînés plus violemment sur l'une de ses surfaces et se déchirent; ce qui permet à l'eau d'agir encore plus efficacement. A la fin de l'opération, tous ces fragments déchiquetés se sont ressoudés en forme de toile ou de tapis criblé de trous résultant de la disparition des corps étrangers. On étend ensuite cette espèce de toile sur des cordes, pour la faire sécher.

C'est l'opération qu'on nomme *déchiquetage*, et l'instrument dont on se sert s'appelle le *déchiporteur*.

Lorsque la lame de caoutchouc est séchée, on la porte alors au *pétrisseur* ou *diable*, qui doit la réduire en masse homogène, chasser le reste des impuretés, s'il s'en trouve encore, en même temps que l'air et l'humidité, et lui donner une plus grande densité.

Ce *pétrisseur* ou *diable* se compose d'un cylindre en fer horizontal, s'ouvrant dans sa partie supérieure, et traversé par une tige de fer garnie de *bras de pétrin* saillants, assez rapprochés l'un de l'autre. D'autre fois, la tige de fer garnie de *bras de pétrin* est remplacée par un cylindre cannelé profondément. Un courant d'eau pénètre dans l'appareil pour entraîner pendant l'opération les matières étrangères. Il faut une grande force pour faire manœuvrer cette machine. Le frottement y est tellement considérable, qu'il s'y développe une chaleur énorme, et que l'eau froide destinée au lavage serait promptement portée à l'ébullition si on ne l'employait pas avec abondance.

De ce premier pétrisseur, la masse est portée dans un deuxième, où elle est soumise à l'action de trois rangs de cinq couteaux, rencontrant la résistance de cinq autres couteaux placés obliquement au fond du tambour. Là encore, l'opération est accompagnée d'un dégagement considérable de calorique, et l'eau et l'air qui étaient confinés dans la texture de la substance s'échappent avec bruit par les déchirures qu'y pratiquent les lames.

Pour finir de donner au caoutchouc la densité nécessaire, on l'introduit dans un troisième cylindre dont l'axe est muni de barres plates et de couteaux tranchants placés perpendiculairement aux barres. Dans cette machine il est en même temps comprimé et pétri.

Après cette série d'opérations on comprime le caoutchouc dans des moules, afin de lui donner la forme de blocs ou de larges gâteaux.

Autrefois on préparait les feuilles de caoutchouc destinées à être manufacturées, en coupant au moyen de longs cou-

teaux glissant horizontalement, comme une scie, ces blocs qui ont passé par les opérations précédentes ou autres analogues. Aujourd'hui on remplace ces couteaux par le laminage entre quatre paires de cylindres d'acier. On donne de cette façon à la feuille de caoutchouc l'épaisseur désirée. Au sortir du laminoir elle passe sur une table horizontale, à l'extrémité de laquelle elle s'enroule. Le caoutchouc est alors prêt à être façonné.

C'est dans cet état, en effet, que l'ouvrier le prend et en fabrique les divers objets de son industrie. On *vulcanise* le caoutchouc seulement après qu'il a reçu la forme qu'il doit conserver.

VULCANISATION DU CAOUTCHOUC. — Nous avons vu que la découverte de Goodyear consiste à empêcher le caoutchouc de perdre son élasticité par le froid, à empêcher également deux morceaux coupés récemment de se souder ensemble, et enfin à augmenter son élasticité et sa durée. Ce fut Hancock qui, par ses recherches, parvint à pénétrer le secret de l'inventeur américain, et à pratiquer le premier, en Europe, la sulfuration ou vulcanisation du caoutchouc.

Le procédé le plus simple pour *vulcaniser* le caoutchouc est toujours celui de Hancock. Il suffit de bien sécher l'objet à l'étuve et de le plonger dans un bain de soufre fondu, chauffé à 160°, où on le laisse pendant quatre heures. Malgré le *témoin*, c'est-à-dire l'échantillon de caoutchouc qui reste dans le bain en même temps que les autres objets, et qui permet de suivre les progrès de l'opération, ce mode de vulcanisation est difficile à régulariser à cause du foyer de charbon nécessaire pour maintenir le soufre en fusion, qui ne peut donner une température uniforme. De plus, tous les objets n'ayant pas la même épaisseur, il arrive que les uns sont trop vulcanisés et les autres pas assez, tandis que pour d'autres encore, l'extérieur seul l'est, alors que l'intérieur ne l'est pas. On a donc dû l'abandonner pour la généralité des cas.

Aujourd'hui la vulcanisation est ordinairement divisée en deux parties. On commence par mélanger le caoutchouc avec de la *fleur de soufre* dans le pétrisseur, qui le broie et le lave à plusieurs reprises, faisant devenir de plus en plus intime ce mélange. Quelquefois on se contente de saupoudrer de soufre une masse de caoutchouc, que l'on fait passer et repasser entre des rouleaux dits *rouleaux mélangeurs*. Quand cette absorption, qui rend le caoutchouc jaune, est terminée, on achève de le purifier, et ce n'est qu'ensuite qu'on procède à la deuxième partie de la vulcanisation. Pour cela, il y a deux manières. La première consiste à introduire les objets dans une étuve de fonte où l'on fait arriver de la vapeur d'eau à 4 atmosphères de pression donnant par conséquent une température de 170°. Au bout de deux heures, la vulcanisation est achevée; on ouvre l'étuve, on enlève les objets et on les nettoie dans l'eau froide. C'est là le procédé par la *vapeur humide*.

Celui de la *vapeur sèche* consiste dans l'emploi de deux caisses métalliques, dont l'une est mobile et peut s'éloigner ou se rapprocher de l'autre au moyen de vis et d'écrous. On place les objets entre ces deux caisses, que l'on rapproche jusqu'à ce qu'elles les compriment. On y introduit de la vapeur à 4 atmosphères, et, la chaleur se transmettant à travers les parois, les objets comprimés entre les deux plaques subissent la température de 170°, tout en restant exposés à l'air. Il n'y a guère que les tapis ou feuilles plates, pour lesquelles il est plus commode d'employer ce procédé. Quant aux autres objets, l'étuve à vapeur est préférable, parce qu'elle ne peut les déformer.

Pour vulcaniser les tubes de caoutchouc, on se sert d'énormes cylindres de fer, qui ont de 20 à 30 mètres de hauteur. Les tubes y sont introduits avec les mandrins sur lesquels ils ont été façonnés; puis on y fait arriver la vapeur toujours à la même pression, et la vulcanisation s'opère comme dans l'étuve ordinaire.

Afin de vulcaniser les chaussures, on les place dans une chambre de 20 à 30 mètres de capacité qu'on chauffe

au moyen d'un fourneau ou d'un poêle ordinaire, de manière à atteindre et à ne pas dépasser les 170° requis. Elles séjournent de huit à dix heures dans la *chambre à air chaud*. Au bout de ce temps on les retire, on les lave et on les brosse.

En 1849, M. Nickels proposa le procédé suivant : On pétrit d'abord 3 kilogrammes de caoutchouc avec 5 kilogrammes de fleur de soufre. On façonne ensuite les objets, puis on les expose dans un cylindre à la vapeur de soufre provenant d'un alambic. Mais ce procédé a été abandonné, tout aussi bien que celui de Parkes, consistant à vulcaniser au moyen du sulfure de carbone ou du chlorure de soufre, et que celui d'Aubert-Gérard, qui employait, dans le même but, le *foie de soufre* ou sulfure de potasse.

FABRICATION DES FILS ET DES ÉTOFFES DE CAOUTCHOUC. —

Outre les étoffes imperméables, il en existe d'autres dans lesquelles le caoutchouc, sous forme de fil, entre comme élément de tissage. C'est cette industrie qui fournit les bretelles, les jarrettières, certains bas employés pour la compression des varices, etc. Il faut donc que l'on puisse obtenir des fils assez fins pour être entremêlés sur le métier avec des fils de coton ou de soie.

Les fils de caoutchouc s'obtiennent par deux procédés différents, dont le premier est à peu près abandonné. Ce procédé consistait à faire passer le bloc de caoutchouc à travers des tranchets verticaux posés à une distance égale, suivant l'épaisseur que devaient avoir les fils; dans l'origine, ces fils mêmes se découpaient à la main. Dans ce cas, ils sont à section carrée et nécessairement limités dans leur longueur.

Le deuxième procédé, actuellement usité, se borne à faire passer un bloc de caoutchouc à la filière, et dès lors les fils sont ronds, de toutes dimensions, et tout à fait illimités quant à la longueur. MM. Aubert et Gérard, à Paris, sont les premiers qui ont fabriqué le fil de caoutchouc à la filière. Voici la manière, universellement adoptée, d'arriver à ce résultat :

Lorsque le caoutchouc a été purifié, comme il a été dit plus haut, on le réduit, à l'aide de ciscaux, en fragments extrêmement petits, et on l'introduit dans une boîte en zinc, à large ouverture. On y verse de la benzine contenant environ 5 0/0 d'alcool, dans la proportion de deux parties de ce liquide pour une de caoutchouc. La boîte étant refermée, on laisse macérer le mélange pendant douze à quinze heures. A l'expiration de ce temps, le caoutchouc n'est pas dissous, mais réduit en pâte assez fluide pour pouvoir s'étirer en fils.

On introduit cette pâte dans un cylindre, garni vers la base d'une série de toiles métalliques. On fait agir ensuite sur cette pâte un piston, dont la pression la force à se tamiser à plusieurs reprises à travers les toiles métalliques et la refoule enfin dans un compartiment inférieur, aboutissant à un tube horizontal percé d'un certain nombre de trous. Là, sous l'action du piston, qui la presse par le haut, elle est forcée de sortir par les trous du tube sous forme de fils. A mesure qu'ils sortent de la filière, ces fils passent sous une bande de velours animée d'un mouvement sans fin et tombent dans un baquet rempli d'eau courante. Au sortir du baquet, ils sont repris par une bande de toile, qui leur fait parcourir 200 mètres en dix minutes. Au bout de ce trajet ils sont secs et ils passent dans des rainures qui les conduisent à une série de bobines, autour desquelles ils s'enroulent. Quand celles-ci sont pleines, on les enlève et on les laisse exposées à l'air pendant plusieurs jours.

Pour avoir des fils excessivement fins, on emploie la *recuite*. On étire le fil à plusieurs reprises, en l'exposant à une température élevée. Sous l'action de cette chaleur, il ne se rétrécit plus, conserve la longueur acquise et peut être étiré de nouveau.

Généralement le fil de caoutchouc n'est jamais employé en nature; avant de le tisser, il faut le recouvrir lui-même d'un certain nombre de fils de coton ou de soie; il faut en outre qu'il soit rigide, et que, par conséquent,

il ait perdu son élasticité. Pour arriver à la lui enlever, quand il est absolument sec et qu'il a perdu toute trace de benzine et d'alcool, on le fait repasser dans un courant d'eau froide. Au sortir de l'eau, des enfants ou des jeunes filles, qu'on emploie habituellement à ce travail, et qu'on appelle *étendeurs*, le prennent entre le pouce et l'index humectés d'eau. Ils l'étirent à sept ou huit fois sa longueur, pendant qu'un dévidoir le tord activement. Là encore il se fait un dégagement considérable de chaleur, qui nécessite l'emploi de l'eau pendant cette opération. Lorsque les dévidoirs sont remplis, on les porte dans une chambre froide, où on les laisse plus ou moins de temps, selon la qualité du caoutchouc. Lorsqu'on le retire de cette chambre, il a perdu toute son élasticité. Les tisseurs peuvent l'employer dès lors. Quand un fil sur le métier vient à se rompre, l'ouvrier n'a qu'à couper obliquement les deux extrémités et à les presser l'une contre l'autre entre ses doigts : l'adhérence devient parfaite.

Le tissu achevé, on rend au caoutchouc son élasticité en passant sur lui un fer chaud, qui en élève la température jusqu'à 60° ou 70°.

Les tissus fabriqués avec les fils de caoutchouc jouissent d'une grande élasticité, mais ils ne sont pas imperméables, c'est-à-dire qu'ils laissent passer l'eau dans les interstices qui séparent les fils. Un tissu ne pourra donc être dit véritablement avoir cette qualité, que s'il est impossible à l'eau de le pénétrer. En Amérique et dans les pays où croissent les caoutchouquiers, on peut facilement arriver à ce résultat en recouvrant les étoffes du suc liquide de ces arbres et en les faisant sécher; mais en Europe, où, malgré toutes les tentatives, la sève de l'*hevea* et du *ficus elastica*, etc., n'a jamais pu arriver qu'à l'état, en quelque sorte, de curiosité, on a cherché mille moyens pour parvenir à étendre sur les étoffes le caoutchouc. On a essayé de le dissoudre; l'expérience a parfaitement réussi; mais le prix de revient des dissolvants était ou trop élevé, ou, s'il était modéré, entraînait d'autres dépenses ou pertes qui en rendoient

l'emploi impossible dans le commerce. Ce fut Mackintosh qui eut l'idée de le ramollir simplement et de l'étaler, sous forme de pâte à demi fluide, sur les tissus.

Le premier dissolvant employé fut le sulfure de carbone mélangé d'alcool ; mais ce produit était très dangereux à manier dans les ateliers. On l'abandonna pour l'essence de térébenthine mélangée de benzine. De nos jours la benzine seule est en usage. Comme on ne demande à ces étoffes que l'imperméabilité, on n'emploie pour leur fabrication que les caoutchoucs inférieurs en qualité. On les coupe en morceaux et on les laisse, dans un vase, en contact avec ce dissolvant pendant trois jours. Avant de se dissoudre en partie et de former la pâte liquide dont on a besoin, il commence par se gonfler et se ramollir. On active la dissolution en agitant le mélange. Quand la pâte est arrivée à point, on la porte alors entre deux rouleaux, où l'on fait simplement passer la pièce de coton, s'il s'agit d'un vêtement devant avoir les deux faces garnies de caoutchouc. Cette pièce entraîne, dans sa marche, une lame très mince et très égale de la pâte. Quand l'étoffe ne doit recevoir la couche imperméable que d'un seul côté, au lieu de placer le caoutchouc entre les deux cylindres, on le dépose sur celui qui touchera la surface destinée à être recouverte.

Pour préparer les tissus doubles, quand le premier a été enduit, on pose par-dessus le deuxième, et, à l'aide de rouleaux compresseurs, on les unit d'une manière parfaite.

Afin de provoquer, après ces opérations, l'évaporation du dissolvant, on fait passer l'étoffe, au sortir des cylindres qui l'ont couverte de pâte, sur une table de tôle creuse chauffée par la vapeur. A la suite de cette table s'en trouve une autre fort longue, où les essences achèvent de s'évaporer. A l'extrémité, l'étoffe s'enroule autour d'un cylindre manœuvré par un ouvrier.

Les vêtements rendus imperméables par le caoutchouc conservent généralement une odeur désagréable. M. de Varrac a cherché à les en débarrasser. Il a proposé de les

plonger dans ce lût, pendant vingt-quatre heures, dans une infusion concentrée de certaines essences aromatiques, telles que la racine de verveine, la lavande, la camomille, etc. On peut n'employer que la vapeur de ces plantes, et alors on doit opérer en chambre close.

On peut encore les désinfecter avec la fleur de soufre mélangée à de l'ammoniaque et à de l'alcool, ou bien encore, avec du chlorure de zinc mêlé au soufre ou au chlore. On enlève ensuite l'odeur de l'acide sulfureux par l'exposition des objets à un courant d'air. M. Bournié a réussi à priver complètement ces objets de leur mauvaise odeur, en les recouvrant de poussier de charbon et en les soumettant, pendant quelques heures, à une température de 60 à 70°.

Dès les premières apparitions du caoutchouc en Europe, certains aéronautes avaient pensé à s'en servir, sinon pour former l'enveloppe de leurs ballons, du moins en guise de vernis. En 1795, le physicien Charles l'employa de cette façon. Mais on s'aperçut que, tout imperméable qu'il fût, le caoutchouc laissait filtrer le gaz hydrogène. Depuis lors, on ne se servit plus que du vernis formé d'huile de lin réduite par l'ébullition.

M. Henri Giffard, dans le projet qu'il avait conçu de confectionner un ballon gigantesque, destiné à rester gonflé pendant plusieurs mois, devait chercher, pour l'enveloppe, un tissu solide et absolument imperméable. Après bien des essais et des tâtonnements, il adopta une étoffe composée de sept parties : 1° une mousseline ; 2° une couche de caoutchouc naturel ; 3° un tissu de toile de lin offrant une égale résistance dans le sens du fil et de la trame ; 4° une seconde couche de caoutchouc naturel ; 5° une autre toile de lin semblable à la première ; 6° une couche de caoutchouc vulcanisé ; 7° enfin une mousseline extérieure recouverte d'un vernis formé d'huile de lin cuite et contenant une certaine quantité de caoutchouc dissous dans l'essence de térébenthine. Le tout était peint au blanc de zinc, afin que la surface eût un faible pouvoir

absorbant des rayons solaires et que le gaz s'échauffât moins.

Tous ces tissus ont été soudés ensemble par le caoutchouc, en passant entre des cylindres et en se superposant successivement les uns au-dessus des autres. Cette étoffe, fabriquée par M. Rattier, présentait une épaisseur de plus d'un millimètre, et, avant d'être employée, devait résister à une traction de 1,000 kilogrammes. Nous n'entrerons pas dans l'histoire de ce ballon magnifique, qui fut une des grandes curiosités de Paris, en 1878, pendant l'Exposition universelle. Ceci sort tout à fait de notre cadre; mais ce que nous pouvons dire, c'est que l'enveloppe, admirablement travaillée et exécutée, a résisté de longs mois, sans laisser le gaz qu'elle renfermait s'échapper par aucune fissure. Il a fallu une tempête terrible pour déchirer ce géant des ballons, que l'on verrait peut-être, sans cela, se balancer encore au-dessus de la cour des Tuileries.

LE CAOUTCHOUC DURCI. — Il serait vraiment trop long et tout à fait impossible d'entrer dans le détail de tous les objets qui peuvent être confectionnés avec le caoutchouc. Cependant il est une dernière fabrication dont il faut dire un mot, celle du *caoutchouc durci* ou *ébonite*, comme on l'appelle en Angleterre. On a été conduit à cette fabrication par une série d'inventions précédentes, qui toutes avaient le but de donner plus de corps et de résistance au caoutchouc, pour les applications auxquelles on le destinait.

Goodyear, en le mélangeant avec la magnésie, parvint à lui donner un tel degré de rigidité, qu'on put en faire des placages pour meubles et même des ardoises pour l'enseignement des écoles. Le même inventeur a fabriqué, avec le caoutchouc vulcanisé, mélangé avec le goudron de gaz, et réduit par l'ébullition dans l'eau à la consistance de résine, des imitations de corne, d'os et de baleine.

On peut, en outre, appliquer le même mélange, dans la proportion de deux parties de goudron pour une de

caoutchouc, à la fabrication des étoffes imperméables ; seulement, dans ce cas, il est nécessaire d'employer plus de soufre que dans la vulcanisation ordinaire.

L'élasticité du caoutchouc diminue par l'addition d'une plus grande quantité de goudron. Pour obtenir des substances analogues à la corne ou à la baleine, il faut prendre en poids un peu plus d'une partie de soufre pour deux de caoutchouc, avec l'emploi de la chaleur. Les objets qui demandent une grande dureté doivent être maintenus sous l'action de la chaleur pendant six heures, en ayant soin de progresser de 230 degrés pendant une heure et demie et de l'élever ensuite peu à peu jusqu'à 300 et 320°. Ce caoutchouc, ainsi préparé, peut être laminé entre deux cylindres chauffés à 195°. Pressés dans des moules, les plaques ainsi obtenues prennent et conservent tous les contours et les formes les plus nettes et les plus délicates.

Si on augmente la proportion du soufre dans la vulcanisation du caoutchouc, on obtient le caoutchouc durci ou ébonite.

Suivant M. Payen, dans son *Traité de chimie industrielle*, c'est le caoutchouc de rebut, principalement celui de Java et de l'Inde, qui sert à la fabrication du caoutchouc durci. Comme il contient beaucoup de matières étrangères, on est obligé de l'épurer à peu près de la manière décrite plus haut. Quand la matière, déchiquetée et broyée, a été entièrement purifiée, on la fait sécher dans des châssis garnis de toile, puis on la presse, à plusieurs reprises, entre des rouleaux chauffés par la vapeur à 50 ou 60°.

On introduit alors dans la masse pâteuse 50 parties de soufre pour 100 de caoutchouc, on rapproche encore plus les cylindres, et la pâte est forcée de passer sous forme de lame de 2 à 7 millimètres d'épaisseur. A mesure qu'elle est laminée, on découpe la plaque ou lame en tablettes de 40 centimètres de largeur sur 60 de longueur. Recueillis sur des châssis tendus de canevas mouillé, ces morceaux sont plongés dans l'eau tiède à 28°, afin d'enlever l'excès de chaleur produit par la pression. On les essuie ensuite

et on les pose sur des plaques de fer-blanc ou de verre enduites de *saindoux*, afin d'éviter l'adhérence. Après un repos de vingt-quatre heures, on pose les plaques sur des châssis en fer, qui les maintiennent dans une position inclinée, et on les introduit dans un vaste récipient en tôle, que l'on ferme avec un obturateur. On injecte alors de la vapeur sous une pression de cinq atmosphères, que l'on maintient pendant sept heures. Au bout de ce temps on arrête l'opération; on retire les tablettes de caoutchouc, qui sont devenues très résistantes et sont prêtes à être employées comme matière première. Quand les objets sont façonnés, il suffit de les frotter avec de la poudre de pierre ponce mélangée avec du suif, pour leur donner le poli convenable.

Comme le caoutchouc vulcanisé est sujet à s'altérer, M. Gérard a proposé de mélanger 3 à 10 % de chaux au caoutchouc avant la vulcanisation. Il a donné le nom de caoutchouc *alcalin* à cette matière, qui est plus résistante que les autres.

On augmente aussi la densité du caoutchouc vulcanisé en lui associant du sulfate de baryte ou de chaux, du carbonate de plomb, etc. Ainsi modifié, il sert alors pour la fabrication des tampons de wagons, des joints, des blocs servant de matelas entre les parois des navires blindés, etc.

On a fabriqué des tapis très légers et très élastiques en mélangeant au caoutchouc de la bourre de coton et des déchets de liège. Dans ce cas, sa densité se trouve diminuée.

On peut teindre le caoutchouc par le moyen de l'orcanette et de quelques matières colorantes dérivées de l'aniline.

LA GUTTA-PERCHA



Découverte, récolte et propriétés de la gutta-percha. — Manipulation. — Vulcanisation. — Usages divers.

La gutta-percha est une substance analogue au caoutchouc, dont elle a presque la composition chimique. Elle en diffère cependant par plusieurs propriétés.

Inconnue en Europe avant 1843, elle y a été introduite par le docteur W. Montgomerie, qui fit connaître en Angleterre ce produit extraordinaire. Aux Indes même, elle était très peu employée, et les Malais ne s'en servaient rarement que pour faire des manches de hachoirs ou *parangs*. C'est un de ces objets qui révéla au docteur Montgomerie et l'existence de cette gomme précieuse et tout le parti qu'on pouvait en tirer.

Elle est extraite d'un arbre magnifique, l'*isonandra gutta*, qui peut atteindre jusqu'à vingt mètres d'élévation. On trouve cet arbre dans la presqu'île malaise jusqu'à Penang. Il croît principalement dans les terrains d'alluvion situés au pied des montagnes, et il forme dans ces contrées la plus grande partie des jungles.

Le tronc est droit et élancé. Ses feuilles, alternes, ont de 5 à 10 centimètres de long; sur leur face supérieure elles sont d'un vert pâle, tandis que leur face inférieure est couverte d'un duvet serré, court et d'un brun rougeâtre; elles sont de forme ovale et terminées en pointe de lance. Les

fleurs sont axillaires, groupées par grappes de deux ou trois à l'extrémité des branches, et supportées par des pédicelles courts et courbés. Ses fruits fournissent une huile épaisse, dont les naturels aiment à assaisonner leur nourriture. Son bois est doux, fibreux, pâle, d'un tissu lâche et sans consistance; il est traversé, dans le sens de la longueur, par des réceptacles ou réservoirs de gomme formant des lignes d'un beau noir.

Les Malais, comme il a été dit, n'exploitaient pas cette source de richesse, et les *parangs* qu'on trouva en leur possession provenaient de la gomme qui découlait naturellement des arbres.

A peine le docteur Montgomerie en eut-il envoyé quelques échantillons à la Société royale asiatique, par les soins d'un négociant, M. José d'Alminda, que la nouvelle substance devint l'objet d'un engouement général. On lui attribua mille qualités, entre autres celle de guérir les rhumatismes. Il fallut bien en rabattre. Mais, telle qu'elle est, on peut dire cependant que si elle n'est pas la panacée universelle rêvée par tant de gens, elle a rendu de grands services à l'industrie, aux arts et aux sciences. C'est à elle, en effet, que l'on doit la possibilité de l'établissement de ces immenses lignes télégraphiques qui traversent les mers et relient le vieux monde au nouveau.

Mal dirigés dans leur exploitation, ou plutôt abandonnés trop facilement à l'insouciance de leur imprévoyante nature, les Malais, pour récolter la gutta-percha, employaient des moyens tellement radicaux, qu'en peu de temps ils devaient amener la destruction de l'*isonandra gutta* dans leur pays. Au lieu de pratiquer de simples incisions sur le tronc, comme dans l'exploitation des caoutchouquiers, ce qu'on leur apprit plus tard, ils ne trouvaient rien de mieux à faire que de couper les arbres au ras du sol; de les diviser en tronçons et de recueillir dans desalebasses ou autres récipients la sève qui en découlait. Aujourd'hui ils ont compris qu'il fallait ménager cette source de fortune, et ils se sont tous mis à pratiquer la méthode usitée



Récolte de la gutta-percha.

en Amérique sur les *hævea* ou les *castilloa elastica*.

La sève se fige quelques minutes après que l'arbre a été entaillé; mais avant qu'elle se durcisse tout à fait les femmes, qui sont surtout chargées de ce travail, la pétrissent à la main en rouleaux ou blocs de 20 à 30 centimètres de longueur sur 10 d'épaisseur.

Tout à fait pure, la gutta-percha est d'un blanc grisâtre et translucide; mais telle qu'elle nous est apportée de l'Asie, elle est le plus ordinairement teintée de rouge brun, couleur qui lui vient des éclats d'écorce qui s'y sont mélangés alors qu'elle était encore liquide. On peut la purifier en la dissolvant dans le sulfure de carbone, en filtrant la solution à l'abri de l'air sous une cloche de verre et en la faisant ensuite évaporer à l'air dans un vase de porcelaine.

A la température ordinaire, la gutta-percha est souple, très tenace, extensible, mais peu élastique, et c'est là surtout ce qui la distingue du caoutchouc.

Elle est d'une densité un peu supérieure à celle de l'eau. La chaleur la ramollit à tel point, que pour souder deux morceaux on n'a qu'à les juxtaposer et à les comprimer. A la température de l'eau bouillante elle devient adhésive et tellement malléable, qu'on peut la pétrir et lui donner toutes les formes. Elle prend avec la plus parfaite exactitude les empreintes et les garde après le refroidissement. Cette propriété est mise surtout à profit pour la galvanoplastie, en raison des moules parfaits qu'elle procure.

La gutta-percha fond à 130°. Au-dessus de ce point elle entre en ébullition et distille en partie. Au contraire du caoutchouc, elle ne semble perdre aucune de ses qualités par le froid.

La structure de la gutta-percha est celluleuse, mais devient fibreuse par la traction. Dans cet état elle est beaucoup plus résistante, mais seulement dans le sens des fibres. Mauvaise conductrice de la chaleur, c'est la substance la plus isolante que l'on puisse rencontrer pour l'électricité.

Cette matière, insoluble dans l'eau à toutes les températures, est à peine attaquée par les réactifs les plus puissants de la chimie. C'est, en effet, dans des flacons de gutta-percha que l'on conserve actuellement l'acide fluorhydrique. Cependant les acides sulfurique concentré, azotique et chlorhydrique ont une action marquée sur elle. Elle est soluble dans l'alcool, l'essence de térébenthine, les huiles de schiste et d'olive, la benzine, le sulfure de carbone et le chloroforme. Ces trois derniers sont ses meilleurs dissolvants.

Malheureusement, malgré toutes ses précieuses propriétés, elle a un défaut capital qui en limite nécessairement l'emploi, c'est son altérabilité à l'air. Exposée à l'air et à la lumière, elle se modifie profondément de la surface au centre, en dégageant une odeur piquante et acide. Sa surface alors se durcit et se fendille en tous sens. Dans cet état, elle est cassante, ne se dissout plus dans la benzine et devient conductrice de l'électricité. Pour la conserver, il vaut mieux la tenir dans l'eau à l'abri de la lumière.

La gutta-percha du commerce renferme souvent de fortes proportions de cette gomme altérée par l'air, et qui semble être une sorte de résine.

Le chimiste Payen, dans ses recherches sur cette substance, y a trouvé trois principes qu'il a nommés *gutta*, *albane* et *fluavile*. D'après Faraday, sa composition élémentaire est :

Carbone.	87,2
Hydrogène.	12,8

ce qui correspond à la formule $C^4 H^7$, composition et formule que l'on peut rapprocher de celles du caoutchouc :

Carbone.	87,5
Hydrogène.	12,5

et : $C^4 H^7$.

MANIPULATION DE LA GUTTA-PERCHA. — Les procédés de purification et de manipulation de la gutta-percha diffèrent peu de ceux employés pour le caoutchouc.

On a vu qu'au sortir de l'arbre le suc de l'*isonandra gutta* est pétri en forme de blocs cylindriques du poids de 1 à 2 kilogrammes. Ces blocs sont loin d'être purs, car, outre les substances étrangères que la négligence a pu y laisser pénétrer, les Malais savent parfaitement, pour en augmenter le poids, y ajouter volontairement des pierres, de la terre et autres matières.

Pour les purifier, les pains de gutta-percha sont d'abord coupés en tranches ou lames par les couteaux circulaires d'une machine nommée *coupeuse*, qui tournent avec une vitesse de deux cents tours à la minute. Réduite ainsi en copeaux, la gutta-percha est ensuite mise dans un récipient rempli d'eau, que l'on porte à l'ébullition par un jet de vapeur. Dans cette opération, la matière se ramollit, et les débris de feuilles et autres impuretés se précipitent au fond du vase.

De ce bassin, la gomme, à moitié purifiée, est portée à la *cardeuse*. C'est un cylindre ou tambour hérissé de dents circulaires, animé d'une vitesse de huit cents tours à la minute. Dans cette machine, la gutta-percha est promptement réduite en petits lambeaux, qui retombent dans une cuve pleine d'eau placée au-dessous, et où, grâce à sa porosité, elle surnage, tandis que les derniers restes des substances étrangères tombent au fond. C'est alors que, complètement nettoyée, elle est jetée dans le *pétrisseur* ou *diabte*, qui la malaxe et la travaille en une pâte homogène. Ce pétrisseur, en tout semblable à celui qu'on emploie pour le caoutchouc, reçoit quelquefois de légères modifications.

En sortant du pétrisseur, où elle a été chauffée par un jet de vapeur, la gutta-percha est prête à être employée par le commerce et à recevoir toutes les formes. Pour cela, on la réduit en feuilles à l'aide de laminoirs ou cylindres, qui, selon qu'ils sont plus ou moins écartés, lui donnent

une épaisseur plus ou moins grande. Afin qu'elle ait le temps de se refroidir et de se durcir, on lui fait parcourir un espace assez long avant d'aller s'enrouler autour d'un tambour.

Pour la fabrication des fils ou cordes en gutta-percha, on se sert d'une machine inventée par Hancock. On fait passer une feuille de cette substance, chauffée dans une étuve à 200°, entre deux cylindres sillonnés sur leurs surfaces de rainures demi-circulaires égales, de façon que celles du cylindre supérieur forment avec celles de l'inférieur des trous parfaitement ronds à leur point de contact.

Comme la gutta-percha est une substance éminemment inattaquable par l'eau, les solutions alcalines et la plupart des acides, on l'emploie fréquemment sous la forme de tubes ou tuyaux pour les pompes de navire, les tuyaux d'alimentation des locomotives, les tuyaux d'arrosage, etc. Pour fabriquer ces tubes, la matière, au sortir du pétrisseur, est refoulée, grandement ramollie, par une tige d'acier ou piston, dans un cylindre à la base duquel se trouve l'ouverture circulaire d'un tube de fer, garni à l'intérieur d'une pièce laissant entre elle et les parois du tube l'écartement ou épaisseur que l'on veut donner à l'objet. La gutta-percha, pressée par la tige, sort de ce moule transformée en tube. Comme ce tube est encore tellement mou qu'il pourrait se déformer, il entre immédiatement dans un canal plein d'eau; l'eau, en effet, exerçant sur ses parois une pression égale à l'extérieur et à l'intérieur, le maintient dans sa forme en même temps qu'elle le refroidit. On a fabriqué de cette manière, à Londres, un tube de plus de 330 mètres de longueur sans une seule cassure.

Mais on peut dire qu'une des applications les plus importantes de la gutta-percha, c'est son emploi pour recouvrir les fils télégraphiques que l'on veut préserver de l'action de l'eau ou de celle de l'air. Lavée et purifiée avec le plus grand soin, elle est introduite dans un cylindre horizontal chauffé par la vapeur. Là elle est comprimée à

!*

demi fluide par un piston, qui la force de sortir par une ouverture assez étroite, aboutissant à un tube vertical dans le centre duquel le fil de cuivre se meut de bas en haut, entraînant avec lui une partie de la gomme. Le fil ainsi recouvert traverse ensuite un courant d'eau, où la gutta se refroidit et se durcit.

Inattaquable par l'eau de mer, c'est la gutta-percha qui est la base de tous les isolants dont on se sert pour ces fils gigantesques qui unissent l'ancien et le nouveau monde. Les pressions énormes qu'elle subit, à des profondeurs qui peuvent varier de 1,000 à 4,000 mètres, loin de produire en cette substance un écrasement quelconque, resserrent davantage ses pores et ferment tout accès de l'eau, dont le moindre contact, en corrodant le fil, serait une cause d'affaiblissement et de déviation du courant électrique.

VULCANISATION DE LA GUTTA-PERCHA. — La gutta-percha, comme le caoutchouc, se modifie complètement lorsqu'on la mélange à une haute température avec le soufre dans un vase clos. Elle devient alors plus dure et peut s'adapter plus facilement à certains usages. On emploie, pour la vulcanisation de cette matière, les mêmes procédés que pour le caoutchouc; c'est-à-dire qu'il faut mélanger le soufre avec elle, en les pétrissant ensemble, et l'exposer ensuite dans un récipient chauffé par la vapeur. En mélangeant 10 à 12 onces de magnésie calcinée, d'après un brevet anglais, à chaque livre de gutta-percha, seule ou mêlée au caoutchouc, et soumettant le tout en vase clos à la vapeur ou à une chaleur sèche de 250 à 300° pendant un temps qui peut varier de deux à dix heures, suivant les objets, on obtient une composition d'une grande dureté. Selon l'inventeur, la gutta prend alors toute l'élasticité du caoutchouc. Mais ici, comme pour ce dernier, il faut nécessairement confectionner les objets avant la vulcanisation, car cette opération rend la gutta-percha indissoluble.

On a cherché longtemps, plus ou moins heureusement, à obvier à cet inconvénient. Voici un des procédés qui paraît atteindre le mieux le but. Les déchets ou objets usés de caoutchouc ou de gutta-percha sont coupés en morceaux et placés dans un récipient que l'on peut boucher exactement. On y ajoute de l'alcool et du sulfure de carbone dans la proportion de 175 grammes du premier et 5 kilogr. du second pour 50 kilogr. de matière, en prenant la précaution de mélanger d'abord l'alcool et le sulfure de carbone. On ferme le récipient et on ne l'ouvre qu'au bout de deux heures. La substance est alors à l'état de gomme molle, et peut être façonnée à la manière ordinaire, sans avoir besoin d'être de nouveau soumise à la vulcanisation.

USAGES DIVERS DE LA GUTTA-PERCHA. — La gutta-percha étant une substance exotique relativement rare, on a essayé, sinon de la falsifier, du moins de l'imiter et surtout de la rendre, par diverses combinaisons, plus abordable aux usages auxquels on la destinait.

Il serait trop long de rapporter ici la liste de tous les brevets qui ont été pris pour les mélanges appelés à la remplacer. On l'a unie à l'huile de baleine, au noir animal, au musc, etc., pour en faire des tissus ou cuirs pour vêtements, prenant toutes les couleurs; au grès, à la porcelaine, au verre, à la faïence, etc., le tout additionné de chaux et d'acide oxalique, pour fabriquer des semelles de chaussures, etc.

Mais de tous ces produits, le plus utile, sans contredit, est la gutta-percha durcie, qui se prépare comme l'ébonite, en augmentant, dans la vulcanisation, la proportion du soufre et la durée du chauffage. Elle devient alors très dure, susceptible d'un beau poli, et se travaille comme la corne ou l'ivoire. On en fabrique des peignes, des baleines, etc. En incorporant à la masse des poudres colorées, on peut modifier la couleur de cette matière.

D'après Hancock, lorsqu'on expose la gutta-percha à des

vapeurs nitreuses, elle devient douce au toucher et prend un éclat presque métallique.

Après la principale sophistication de la gutta-percha, consistant en pierres, débris de feuilles ou de bois, que les naturels de l'Inde y ajoutent pour en augmenter le poids, il faut citer celle dont elle est l'objet de la part des Chinois. Ils la mélangent avec le suc d'un arbre nommé le *getah matabcoya*, qui n'a aucune valeur. Ce suc, en s'évaporant, prend une couleur grisâtre et reste toujours un peu visqueux au toucher. Dans l'eau chaude, il devient mou et gluant; quand il est sec, loin d'offrir de la résistance, il est cassant.

La facilité avec laquelle la gutta-percha se laisse mouler et prend toutes les formes, et la fidélité avec laquelle elle les conserve quand elle est refroidie, l'a fait rechercher surtout pour les moules qui servent à la galvanoplastie; tandis que son imperméabilité, son indissolubilité, sa propriété d'isoler l'électricité, la rendent indispensable à la télégraphie électrique.

On s'en sert aussi beaucoup comme vases ou cuvettes dans la photographie, afin de conserver les bains ou liqueurs que l'action de la lumière pourrait altérer. La médecine et surtout la chirurgie l'emploient, concurremment avec le caoutchouc, soit sous forme d'instruments, soit sous forme de feuilles pour le pansement des plaies.

La marine, grâce surtout à sa grande résistance à l'eau de mer, l'a utilisée pour en faire des bouées, des porte-voix. On a même tenté de fabriquer des filets de pêche avec des cordelettes de gutta-percha. On en a fait aussi des reproductions de motifs de sculptures pour l'ameublement, des moulures, des frises, des panneaux, etc. Les dentistes ont voulu, à leur tour, mettre à profit les propriétés de cette substance, et ils en ont composé des dentiers artificiels.

Comme toute chose nouvelle, la gutta-percha a eu ses instants de vogue et de mode. On la croyait appelée à remplacer le cuir et le bois, et à faire une sorte de révolution dans l'industrie. Le calme s'est fait maintenant, c'est une

substance qui a été travaillée et étudiée de toutes les façons. Si elle n'a pas rempli tout à fait le but qu'on en attendait, on peut cependant dire avec certitude que sans elle la télégraphie sous-marine eût été impossible. Il faut donc rendre grâce à la divine Providence, qui sait, lorsque les vues des hommes sont conformes à ses desseins, mettre en évidence et en lumière tout ce qui peut les faire réussir.

LE VERRE

I

Importance du verre au point de vue de la civilisation. —
Notions sur l'origine et les progrès de sa fabrication.

Le verre est une de ces substances dont l'usage est devenu si universel, dont les applications sont si nombreuses, si importantes, et en quelque sorte si intimement adaptées à l'état de notre civilisation, que nous avons peine à comprendre qu'autrefois des peuples arrivés aussi pourtant à un degré très avancé de bien-être et de luxe aient pu s'en passer. Qu'on ait fait pendant des siècles des amphores, des coupes, des vases de toutes formes avec d'autres substances, telles que le grès, l'argile, les métaux, et que pour cet usage on ait pu se passer du verre, nous le concevons; mais c'est dans ses applications à l'architecture que nous regardons cette matière première comme étant d'une nécessité presque indispensable. Faute de verre, en effet, il faudrait, ou, laissant nos habitations ouvertes à tous les vents, nous exposer au froid, à la pluie, à la neige; — ou, renonçant, dans la saison rigoureuse, à toute occupation sédentaire, nous enfermer comme les loirs et les marmottes dans de véritables tanières où la lumière ne pénétrerait point. — Que deviendraient alors les sciences,

les arts, la littérature, l'industrie? — Que de progrès rendus impossibles! Que de nobles jouissances de l'esprit dont nous serions privés! Quelle triste uniformité imposée à toute une moitié de notre existence! — Nous aurions, il est vrai, la ressource d'éclairer artificiellement en hiver nos maisons hermétiquement closes; mais combien de gens pourraient se donner ce luxe? Combien d'autres, au contraire, verraient littéralement un quart, un tiers, une moitié de leur existence (selon les climats), condamnés à l'inaction, à la torpeur¹!... A quoi bon, dira-t-on, ces hypothèses, ces réflexions oiseuses? — A montrer combien le verre est une chose utile, et quels services immenses il a rendu à l'humanité. Sans doute les cités anciennes ont pu subsister et prospérer jusqu'à un certain point sans le secours de cette substance: nous le savons bien; mais il n'est pas douteux qu'on ne doive en grande partie attribuer à l'absence du verre chez les anciens l'impuissance de leur industrie, les défauts de leur civilisation, et surtout l'impossibilité où ils furent de faire avancer au delà d'un degré tout à fait rudimentaire les sciences d'observation².

¹ « Tous les objets en verre sont tellement usuels, que, pour se faire une idée de leur importance, il suffirait de songer à quelles privations chacun serait condamné si l'on n'avait ces objets à profusion dans toutes les demeures, et d'abord si des vitres, bien peu dispendieuses, ne permettaient, jusque dans les plus humbles réduits, de jouir de la lumière tout en s'abritant contre les intempéries des saisons; s'il fallait un jour se passer de ces innombrables vases qui conservent si bien nos boissons et les divers liquides alimentaires; de ces enveloppes ou lames diaphanes qui préservent de diverses altérations une foule de produits des arts sans les dérober à la vue; de ces oculaires au moyen desquels l'optique rend en quelque sorte une nouvelle vue au grand nombre de personnes chez lesquelles des circonstances naturelles ou accidentelles entravent cette précieuse faculté. » (PAYEN, *Chimie industrielle*, p. 363.)

² « Toutes les sciences d'observation qui distinguent les civilisations avancées, et qui étendent chaque jour nos connaissances, empruntent le secours du verre pour construire leurs appareils le



Fabrication du verre.

Heureusement encore pour les peuples éclairés et policés de l'antiquité, ils habitaient des pays où la douceur du climat, la richesse et la productivité naturelle du sol d'une part leur permettaient de vivre à peu près constamment *sous l'abri du ciel*¹, d'autre part leur fournissaient assez abondamment et avec assez de facilité les choses nécessaires à la vie, pour que le besoin de se livrer à des recherches attentives, à des travaux assidus, ne se fit plus vivement sentir. Aussi voyons-nous les peuples de l'Orient, Chinois, Indiens, Hébreux, Phéniciens, Égyptiens, favorisés en cela comme en tant d'autres choses par la clémence de leur ciel et la fécondité de leur pays, acquérir les premiers dans les arts, dans les lettres, dans les conditions matérielles de la vie, ce développement qui ne fut pour les Européens que la conséquence d'un travail pénible, et qui succéda chez eux à une longue barbarie.

plus fréquemment employés, la plupart de leurs instruments de précision, leurs ustensiles où l'on essaye divers procédés, où l'on apprécie les qualités des matières premières, des produits fabriqués, des substances alimentaires; où l'on parvient à découvrir les falsifications de ces produits, à déterminer la composition des amendements, des engrais utiles à l'agriculture; où l'on réalise enfin les conceptions auxquelles la chimie et la physique expérimentales peuvent donner un caractère positif. » (PAYEN, *Chimie industrielle*, p. 363 et 364.)

M. Payen, qui parle surtout en chimiste, semble oublier de citer, parmi les sciences auxquelles le verre a rendu d'éminents services, l'astronomie : voilà pourtant une branche admirable de nos connaissances, celle peut-être qui fait le plus éclater la grandeur de Dieu, et que, sans le secours du verre, le génie même des Copernic, des Galilée, des Leibnitz, des Newton, des Herschell, des Arago, eût été impuissant à porter à un degré de perfection qui fût de beaucoup supérieur à celui qu'avaient atteint les pères de la Chaldée.

¹ Cela résulte de l'inspection des maisons conservées sous les cendres et les laves du Vésuve à Herculanium et à Pompéi; toutes les pièces de ces maisons sont petites; elles étaient en outre à peine meublées. Il est évident que les habitants n'y restaient que quand ils ne pouvaient pas faire autrement, et passaient dans les rues et sur les places la plus grande partie de leur existence. Ce détail de mœurs est, du reste, confirmé par les auteurs latins et grecs.

Et remarquons encore que parmi ces derniers les Grecs et les Romains, c'est-à-dire ceux qui occupaient les régions les plus chaudes de l'Europe, profitèrent les premiers des leçons et des importations bienfaisantes de l'Orient; mais les peuples du Nord, obligés de s'enterrer pendant tout l'hiver dans des cavernes¹ et de passer leur été à amasser par la guerre, par la chasse, par la culture, des provisions pour cette saison rigoureuse et sombre où toute occupation leur était interdite, comment auraient-ils pu progresser, n'ayant point de verre?

Nous pourrions, à ce propos, entrer dans des considérations qui ne seraient pas sans intérêt, touchant les causes qui sont de nature à déterminer ou à favoriser l'éclosion et la marche des progrès moraux, artistiques, scientifiques, etc., chez les différents peuples; et nous serions étonnés de voir quelle énorme influence exerce ordinairement en bien ou en mal, sur la destinée des nations, la présence ou l'absence d'une idée élémentaire, d'un procédé primitif, d'un animal domestique, d'une substance enfin, métallique ou autre. Mais ces considérations, si nous les poussions plus loin, seraient hors de propos ici, et c'est déjà nous être beaucoup permis que de les avoir effleurées.

Revenons donc à notre sujet, et disons en quelques lignes le peu que nous savons sur l'origine du verre, sur la naissance et les développements de l'importante industrie dont il est devenu la base.

Les premiers peuples qui surent fabriquer et employer le verre furent les Phéniciens et les Égyptiens; mais on ne saurait dire au juste auquel des deux appartient la priorité, ni à quelle époque ou dans quelles circonstances eut lieu cette précieuse découverte. Selon Pline l'Ancien, des

¹ « Ils creusent, dit Tacite en parlant des Germains, des cavernes souterraines, et les recouvrent d'une grande quantité de fumier pour pouvoir s'y réfugier pendant l'hiver et y conserver leurs récoltes: c'est dans ces lieux qu'ils échappent à la rigueur du froid. » (*Germania*, xvi.)

marchands tyriens étant en voyage construisirent, pour faire cuire leurs aliments, un fourneau grossier avec du sable et des morceaux de natron (carbonate de soude), matière très commune dans ce pays. Leur feu étant allumé, ils remarquèrent avec surprise que le mélange de sable et de soude se liquéfiait, et qu'ensuite en se refroidissant il restait dur et transparent. Cette légende est peu vraisemblable, les éléments du verre exigeant, pour entrer en fusion et pour se combiner, une température très élevée que ne pouvait guère fournir le fourneau improvisé des voyageurs dont parle l'auteur latin. D'autres écrivains ont prétendu que l'invention du verre n'est due qu'à la nature, et que les premiers échantillons en furent trouvés parmi les substances vomies par des volcans. Quoi qu'il en soit du produit embryonnaire, naturel ou artificiel, qui dut servir de premier type pour la fabrication du verre translucide, malléable et ductile à chaud, applicable, en un mot, aux divers usages que nous connaissons, il fallut sans doute beaucoup de temps et de longues séries d'expériences pour arriver à des résultats satisfaisants, et pour que cette fabrication pût devenir un art sérieux et utile.

Au dire de Pline et de Strabon, les verreries de Sidon, en Phénicie, de Memphis et d'Alexandrie, étaient célèbres; mais il s'en fallait beaucoup qu'au temps de ces auteurs l'usage du verre fût général. Athènes et les autres villes grecques, au temps de leur plus grande splendeur, ne le connaissaient pas. A Rome, sous la république et sous les premiers Césars, on en vit à peine quelques échantillons, dont les premiers y furent apportés environ trois cents ans avant Jésus-Christ. Les plus riches personnages pouvaient seuls se permettre de garnir de vitres les fenêtres d'une partie de leurs palais; encore ces vitres étaient-elles souvent faites non pas avec du verre proprement dit, mais avec une pierre transparente coupée en lames de peu d'épaisseur. Vers le milieu du 1^{er} siècle après Jésus-Christ, cette industrie semble prendre un essor et une extension assez considérables. A cette époque, on savait, en Phénicie

et en Égypte, tailler, graver et dorer le verre, et même le colorer de façon à imiter certaines pierres précieuses. A Rome aussi on commença alors à le couler et à le façonner; mais les objets en verre fin et bien travaillé étaient encore fort chers, puisque l'empereur Néron paya 6,000 sesterces (1,055 fr.) deux coupes en cristal de grandeur moyenne. On a retrouvé dans les villes d'Herculanum et de Pompéi, englouties, on le sait, par une éruption du Vésuve sous le règne de Titus, des vitres en verre coulé et soufflé, ce qui indique évidemment une industrie fort avancée.

Ce qu'il y a de remarquable dans la verrerie romaine, ce sont les couches différentes que les ouvriers, ou plutôt les artistes, ont su superposer en teintes si variées. Parmi les chefs-d'œuvre de cet art ancien on peut citer le vase Barberini ou vase de Portland, trouvé, en 285 après Jésus-Christ, dans le tombeau d'Alexandre Sévère. Il est décoré de camées en émail blanc sur un fond en verre bleu.

Comme échantillon de la perfection à laquelle était parvenue la verrerie au III^e siècle de notre ère, on peut encore mentionner le remarquable fragment de vase en verre trouvé, en 1825, à Strasbourg. Cette coupe est décorée d'une inscription en relief, indiquant qu'elle appartient à l'empereur Maximin Hercule. Elle est, de plus, entourée d'un réseau en verre de couleur prouvant que dès cette époque on savait, dans les Gaules, se jouer des difficultés.

Mais ce ne fut guère qu'au XII^e siècle que l'art de la verrerie fut réellement bien établi en Europe, où les procédés conservés en Asie par les Phéniciens et les Arabes furent apportés à la suite des croisades par des Vénitiens; et Venise, où furent fabriquées les premières glaces soufflées, a conservé longtemps, en ce genre, sur tout le reste de l'Europe une incontestable supériorité.

Longtemps cependant avant que la verrerie de Venise acquit sa grande réputation, l'industrie du verre florissait en Orient. Au VI^e siècle, lors de la translation du siège de

l'empire romain à Constantinople, les empereurs attirèrent autour de leur nouvelle capitale les artistes verriers de Rome et de la Gaule. Bientôt leur industrie fit de tels progrès, grâce surtout à la protection particulière accordée par les lois, que ses produits comptèrent parmi les plus riches présents donnés par les empereurs d'Orient aux autres souverains. « C'étaient, dit M. Labarte, des vases en verre coloré, rehaussés d'applications d'or, de peintures en émaux de couleur et d'ornements en filigrane de verre. »

Selon le moine Théophile, qui vivait au XII^e ou au XIII^e siècle, les Grecs du Bas-Empire décoraient de reliefs ou de camées leurs vases de verre. Ils découpaient finement dans une feuille de verre les figures qu'ils voulaient appliquer, les fixaient ensuite sur le vase, et après les avoir recouvertes d'une couche de verre très fusible en poudre, on les exposait dans un fourneau, où cette couche entrait en fusion.

Une autre manière consistait à peindre au pinceau sur le vase, avec de l'or ou de l'argent, des sujets quelconques, et à les recouvrir de verre fusible, comme il a déjà été dit.

On appliquait aussi sur le verre, avec le pinceau, des émaux colorés, broyés en poudre très fine, et on les vitrifiait par l'action d'une température élevée. Ces produits, sans doute, étaient très beaux, mais les plus utiles furent, sans contredit, les vitres ou vitraux dont ces fabriques répandirent alors l'usage. Ces vitraux avaient la forme de pièces rondes et étaient désignés sous le nom de *cives*. Pendant longtemps cependant les vitres ou vitraux, il ne faut pas se le dissimuler, furent un objet de luxe que peu de personnes pouvaient se permettre. Au VI^e siècle, nous voyons saint Fortunat de Poitiers louer les évêques de son temps de ce qu'ils éclairaient leurs églises avec des fenêtres garnies de vitres, et dans plusieurs de ses poésies il parle de l'éclat qu'elles produisaient au soleil levant.

Saint Grégoire de Tours raconte qu'en 525 un soldat brisa le vitrage d'une des fenêtres de l'église Saint-Ju-

lien de Brioude, en Auvergne. Dans un autre endroit il parle d'un vol de vitres commis dans l'église d'Yzeures, en Touraine.

Quoique rien ne nous fasse connaître si les verres employés alors étaient blancs ou colorés, on pourrait supposer qu'ils devaient être de couleurs variées, car rien n'expliquerait l'enthousiasme de saint Fortunat décrivant l'effet de ces vitres aux premiers rayons du soleil.

Les magnifiques productions de Byzance, rehaussées des émaux les plus éclatants et les plus variés, firent enfin songer à user des mêmes procédés pour décorer les grandes baies qui donnaient passage à la lumière dans les édifices sacrés. Ce fut au XII^e siècle que les premiers essais en ce genre furent tentés, comme le constatait l'abbé Suger lui-même, dans l'histoire de son administration. Tout-puissant sous le règne de Louis le Gros et régent du royaume pendant l'absence de Louis VII, il apporta tous ses soins à embellir l'église de l'abbaye de Saint-Denis, qu'il gouvernait. « Il avait recherché, dit-il, avec beaucoup de soin des fondeurs de vitres et des compositeurs de verre de matières très exquises, à savoir de saphirs en très grande abondance, qu'ils ont pulvérisés et fondus dans le verre pour lui donner la couleur d'azur, ce qui le ravissait vraiment en admiration. Il avait fait venir, à cet effet, des nations étrangères les plus subtils et les plus exquis maîtres, pour en faire les vitres peintes. »

Le résultat fut si prodigieux que, moins d'un siècle après, les plus petites églises des campagnes eurent leurs vitraux où se lisaient, en images étincelantes, les légendes de leurs saints patrons.

Malgré cet essor donné par les églises, la vitrerie ordinaire et commune ne s'introduisit pas tout de suite dans les coutumes des peuples. Les fabriques, du reste, étaient peu nombreuses, et leurs produits restaient à l'état de *curiosités*. En Angleterre, au XVI^e siècle, en 1567, le verre était encore tellement rare, que le duc de Northumberland recommandait d'enlever de ses châteaux les carreaux de vitre pen-

dant son absence. Et encore, à cette époque, ces carreaux étaient-ils loin d'avoir les dimensions de ceux qui garnissent nos fenêtres. Ils étaient enchâssés dans de petites bandes de plomb et formaient des châssis que l'on pouvait enlever avec facilité, comme le sont les vitraux de nos églises.

C'est sous le règne de Louis XIV que l'usage des vitres d'un seul morceau commença à s'introduire, alors que Colbert eut fait venir d'habiles ouvriers de Venise.

Cette ville, en effet, pendant tout le moyen âge et jusqu'au xvii^e siècle, tint le sceptre de la verrerie. Profitant des malheurs et des catastrophes qui précipitaient chaque jour l'empire d'Orient vers sa ruine, elle attirait dans ses ateliers tous les artistes et les ouvriers en verre qui avaient porté la renommée de Constantinople, en ce genre, au pinnacle. Elle leur donna de grands privilèges, et, afin d'être plus sûre de posséder seule les secrets de la fabrication, elle les confina dans la petite île de Murano, d'où elle pouvait, par ses agents, surveiller de près cette industrie dont elle était si fière. Jusqu'à la prise de Constantinople par les Turcs, en 1453, la principale exportation de ses fabriques fut la bijouterie de verre, comme perles et pierres fausses.

A partir de cette époque, elle inaugura un nouveau genre dans lequel elle excella. Elle laissa un peu de côté l'art *magaritaire*, et se lança dans la fabrication des vases de verre décorés. « Les produits que livra Venise, dit M. Jules Magny, se distinguèrent dès lors par une élégance et une délicatesse extrêmes. Les échantillons recueillis au musée du Louvre peuvent en donner une idée. C'étaient des coupes, des plateaux, des verres de forme carrée, évasée, à pans; des bouteilles à col droit et long, à panses décorées de figurines; des vases en verre incolore, cannelé, à pâte sablée d'or; des aiguères à anses denticulées, à tiges creuses, dorées, enguirlandées; des bouteilles d'échanson; des pots à anses, à rosaces dorées, garnies d'entrelacs en émaux de couleur; des verres à pied de toutes formes; des

assiettes en verre incolore décorées extérieurement de verre de couleur, d'émaux, d'ornements dorés, de torsades à jour, de filets croisés; des vases en verre craquelé, filigrané, blanc, opaque, coloré, avec ou sans rosaces; des miroirs magnifiques, aux encadrements somptueux, enrichis de cabochons et de pierres précieuses¹. »

Jalouse de la renommée de ses fabriques et voulant garder pour elle seule le monopole de la verrerie, Venise, comme il a été dit plus haut, apportait le plus grand soin à ce que rien des procédés employés ne transpirât dehors. Aucun des ouvriers ne possédait le secret complet de la fabrication; et les glaces coulées à Murano étaient polies dans la ville par d'autres mains. Aucun étranger n'était admis dans les ateliers, et les peines les plus sévères étaient édictées contre tout ouvrier qui eût quitté sa patrie.

Mais ces prohibitions étaient compensées par d'éclatants privilèges. Les habitants de Murano étaient citoyens de Venise et pouvaient prétendre aux plus hautes dignités de la république. Les nobles patriciens pouvaient, sans déroger, s'allier aux verriers, et les enfants sortis de ces unions gardaient leurs titres de noblesse.

On essaya partout, en Allemagne surtout, de faire concurrence à Venise. Le secret de la peinture émaillée n'en était plus un depuis qu'en France, au XII^e siècle, on avait trouvé le moyen d'appliquer sur le verre les émaux des grandes fenêtres de nos églises. Mais la grande difficulté consistait principalement dans la pureté des matières premières et aussi dans la délicatesse et la finesse de l'ouvrage. Cependant le caractère national allemand sut donner à ses produits un cachet original. Les vases qui parurent alors, et que l'on connaît sous le nom de *vidrecomes*, sont presque tous de forme cylindrique. Leur ornementation consiste surtout en peintures émaillées, dont les motifs sont en général tirés de l'art héraldique. On trouve encore des coupes, des veilleuses et des assiettes en verre incolore de

¹ *Histoire d'un morceau de verre.*

fabrication allemande. Vers le xvii^e siècle, les verreries de Bohême inaugurèrent le système de la gravure sur verre, qui fit bientôt abandonner celui de la peinture émaillée, et elles acquirent en ce genre une réputation qu'elles ont conservée jusqu'à nos jours.

Dans le même siècle, Colbert, ayant séduit au prix de grands sacrifices des ouvriers de Murano, fonda à Tour-la-Ville, près de Cherbourg, sous la direction de Poquelin, de Beauvais, une verrerie où l'on employait le moyen usité à Venise pour la production des glaces, c'est-à-dire le *soufflage*. Ce ne fut que vingt ans après, comme nous le verrons plus loin, que Lucas de Nehou substitua au *soufflage* le *coulage*, qui permet d'obtenir des pièces de grande dimension. La manufacture de Saint-Gobain, où ce procédé fut mis pour la première fois en usage, fut fondée en 1691, par Abraham Thévart, et elle est aujourd'hui sans rivale pour sa fabrication. Louis XIV, imitant en cela Venise, accorda aux verriers de grands privilèges, entre autres celui de l'anoblissement.

II

Composition et propriété du verre.

Le verre est un sel ¹ formé par la combinaison de la silice ou acide silicique avec deux ou plusieurs bases dont l'une est nécessairement la potasse ou la soude, et les autres peuvent être la chaux, la magnésie, la baryte, l'alumine, l'oxyde de fer, l'oxyde de plomb; c'est, en terme de chimie, un silicate de potasse ou de soude et de chaux, — de magnésie, — de plomb, — de fer, etc. On donne particulièrement le nom de *crystal* au verre formé de silice, de potasse et d'oxyde de plomb. Le verre est toujours dur, diaphane, cassant, sonore, élastique, assez mauvais conducteur du calorique, très mauvais conducteur de l'électricité, fusible à une haute température, peu ou point attaquable par l'eau, l'alcool, les solutions alcalines et la plupart des acides. Ces propriétés, en général, varient peu dans les différentes espèces de verres; toutefois la nature et la proportion des bases qu'il contient influent sensiblement sur sa fusibilité, qui, par exemple, augmente lorsque la potasse, la soude, l'oxyde de plomb sont unis à la silice, et diminue, au contraire, lorsque le verre est à base d'alumine ou de chaux. Les verres à base de soude sont aussi plus fusibles que ceux à base de potasse.

¹ On désigne, en chimie, sous le nom de *sels* tous les composés résultant de la combinaison des *acides* avec les *bases* (alcalis ou oxydes). Un seul peut contenir soit une seule base et deux ou trois acides, soit un seul acide et deux ou trois bases. Dans ce dernier cas, on le nomme *sel double*, *sel à trois bases*, etc. Quelques corps non acides ont néanmoins la propriété de former des sels en se combinant avec les bases. Ce n'est pas ici le lieu d'en parler.

Les verres à plusieurs bases sont susceptibles d'éprouver dans certaines circonstances un changement assez remarquable dans leur état moléculaire. Ce changement, qu'on appelle *dévitrification*, a lieu lorsque le verre, après avoir été fondu, est maintenu longtemps à une température élevée à l'état de ramollissement. Il a alors perdu sa transparence; il est devenu plus dur, moins fusible, meilleur conducteur de la chaleur et de l'électricité. Ce phénomène, observé pour la première fois par Réaumur, a été depuis étudié et expliqué par MM. Darcet, Dumas et Dartigues : il est dû à une cristallisation partielle de la masse. Réaumur trouva que le verre dévitrifié présente une grande analogie d'aspect et de propriété avec la porcelaine : d'où le nom de *porcelaine de Réaumur*, par lequel on le désigne quelquefois. Les verres les plus propres à être dévitrifiés sont ceux qui sont riches en alumine; viennent ensuite ceux qui contiennent une forte proportion de chaux. Les verres à base de potasse et de plomb se dévitrifient avec difficulté. Cependant on peut dire que tous les verres qu'on trouve dans le commerce peuvent être dévitrifiés. Le cristal même subit cette transformation, quoique plus difficilement. Il devient alors semblable à la porcelaine, et sa cassure est lisse et non fibreuse.

Le degré de fusion auquel on fait arriver le verre est de nature à modifier singulièrement ses propriétés. La dévitrification n'est pas la seule preuve que nous ayons à en fournir. On peut encore, après avoir fondu le verre, lui donner, en le refroidissant brusquement, une sorte de *trempe* comparable à celle de l'acier. Ainsi, en coulant le verre, pour ainsi dire, goutte à goutte dans de l'eau froide, on obtient de petites masses pyriformes connues sous le nom de *larmes bataviques*, qui, lorsqu'on en casse la pointe, éclatent de toutes parts avec une petite détonation, et se réduisent en poussière. Voici l'explication que M. Payen donne de ce phénomène :

« On suppose, dit-il, que, par l'immersion dans l'eau

froide, la superficie du verre s'est subitement solidifiée, les parties centrales étant encore rouges, et par conséquent très dilatées. Quand ensuite ces dernières parties, refroidies, se sont solidifiées, elles ont dû, par les points d'adhérence avec la surface, occuper un volume plus grand que celui qui convient à la température à laquelle elles se trouvent; les molécules centrales, plus écartées qu'à l'ordinaire, exercent donc sur l'enveloppe une très forte traction. Dès qu'une portion de l'enveloppe se trouve rompue, les particules qu'elle retenait, vivement contractées, se brisent à l'instant, ébranlent toutes les autres et déterminent simultanément une foule de points de rupture : tous les fragments précipités avec force chassent l'air devant eux; les dilatations et les contractions que ce fluide éprouve produisent alors la détonation¹. »

On peut faire sous une autre forme l'expérience du même effet, à l'aide de la *fole philosophique*. Lorsque l'ouvrier verrier veut juger de l'état de la matière fibreuse en fusion dans le creuset, il y plonge l'extrémité de sa *canne*, et une certaine quantité de verre fondu y reste adhérente. Cette partie de verre légèrement soufflé et refroidie brusquement prend la forme d'une boule ovale, creuse, à parois épaisses : c'est ce qu'on appelle la *fole philosophique* : le moindre choc produit à l'intérieur, une bille, par exemple, qu'on y laisse tomber, la fait éclater avec bruit en une infinité de petits fragments qui sont projetés à une grande distance. On peut juger par là combien il est important de refroidir avec précaution et lenteur les ustensiles en verre, surtout lorsqu'ils ont une certaine épaisseur; c'est presque toujours lorsque cette opération a été mal dirigée qu'on voit les verres de lampe, les vases, etc., se briser sous un léger choc ou par un changement de température, et quelquefois même *au repos*, c'est-à-dire par une cause que nous ne pouvons connaître. Aussi a-t-on maintenant recours, dans toutes les verreries, à une

¹ *Chimie industrielle.*

opération spéciale destinée précisément à prévenir ces accidents, et qu'on nomme le *recuit* du verre. Nous en dirons tout à l'heure quelques mots.

Le verre non *recuit* est facilement coupé par un changement brusque de température produit sur un point quelconque de sa surface; aussi est-ce toujours avant de le recuire que les ouvriers le divisent selon les besoins de la façon. Le verre recuit ne peut être coupé qu'à la condition qu'on emploie pour déterminer la ligne de séparation, outre le changement de température, un trait fait avec la lime triangulaire; sans cela la fente se produirait d'une façon irrégulière. Nous ne parlons pas, bien entendu, du cas où l'on se sert du diamant, qui joue le rôle d'un véritable instrument tranchant.

Le verre, en passant de l'état de fusion à l'état solide, conserve pendant longtemps une consistance semi-liquide ou pâteuse qu'on met à profit pour lui donner par le moulage les formes que l'on veut. On peut même le tirer en fils assez fins et assez flexibles pour être tissés et former des *étoffes de verre*. Le verre, avons-nous dit tout à l'heure, est peu ou point altérable par les agents ordinaires. Il ne faut pourtant pas conclure de là que cette substance puisse, dans tous les cas, braver tous les éléments. Ainsi il existe une variété de verre qu'on appelle *verre soluble* ou *verre de Fuchs*, et dont l'existence, inconnue encore à une époque très rapprochée de nous, a laissé pendant longtemps inexplicables beaucoup d'accidents par lesquels on voyait s'altérer du verre et du cristal réputés d'excellente qualité. On apporta en France, en 1780, deux recettes pour fabriquer le verre de Bohême, et on les mit en pratique, l'une en Champagne, l'autre dans les Vosges. D'après la première, on fit fondre ensemble parties égales de silice et de potasse. D'après la seconde, on ajouta à ces deux premières substances de la chaux en quantité égale, — soit pour le total un tiers de chaque matière. Le verre fabriqué dans les Vosges, c'est-à-dire celui qui contenait de la chaux, se trouva réaliser toutes les conditions dési-

rables de brillant, de solidité et de limpidité; l'autre, au contraire, s'altéra promptement à l'air, dont il attira l'humidité au point que, dans les vases qu'on en avait faits, il se formait spontanément une dissolution de carbonate de potasse. On reconnut bientôt que cet effet était dû à la composition du verre, et l'on sait aujourd'hui que les silicates simples de potasse et de soude, sans addition d'une base terreuse ou métallique, sont non seulement hygroscopiques à froid et altérables soit par l'eau, soit par l'air humide, mais encore entièrement solubles dans l'eau bouillante. On a songé à faire de ce verre particulier une application utile et, on peut le dire, philanthropique, en l'étendant à l'état de dissolution sur des étoffes qu'on a rendues ainsi incombustibles. L'inventeur de ce procédé, Fuchs, employait les proportions suivantes :

Silice.	69 parties.
Potasse	31 —

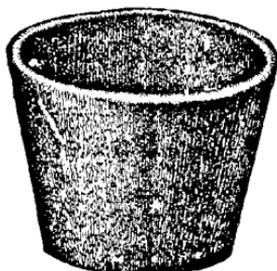
L'invention dont nous parlons n'a pas eu, que nous sachions, dans la pratique un succès très étendu. Les chimistes qui ont étudié la composition et les propriétés des différents verres, ont en outre reconnu que les oxydes de fer, de cuivre, de manganèse et surtout de plomb, les rendent attaquables les uns par les bases, les autres par les acides énergiques, ou même par l'alcool, etc. Selon M. Pelouze, les verres les mieux fabriqués s'altèrent à la longue par l'humidité et par les acides. L'acide fluorhydrique attaque énergiquement tous les verres; aussi s'en sert-on pour graver sur verre, comme de l'acide nitrique ou eau-forte pour graver sur acier ou sur cuivre.

L'acide chlorhydrique, étendu d'eau, décompose aussi, même à froid, le verre pulvérisé. L'eau de baryte et l'eau de chaux finissent par attaquer les flacons qui les renferment. Il en est de même de l'acide sulfurique.

PROCÉDÉS GÉNÉRAUX EN USAGE POUR LA FABRICATION

DU VERRE. — La fabrication du verre, fort simple en elle-même, consiste uniquement dans le mélange et la fusion des matières vitrifiables. Nous nous abstiendrons donc de donner des appareils établis dans les verreries une description très détaillée. Ces sortes de descriptions, en effet, lorsqu'elles ne sont pas absolument nécessaires pour l'intelligence des procédés, ne font en général que fatiguer l'esprit et embrouiller les idées du lecteur, sans lui rien présenter qui soit de nature à l'instruire. En ce qui concerne l'industrie qui nous occupe en ce moment, une pareille digression serait parfaitement inutile, la simplicité des appareils répondant, comme cela est nécessaire, à celle des opérations; — et il nous suffira de quelques mots pour rendre à cet égard nos jeunes lecteurs tout aussi savants qu'ils peuvent avoir besoin de l'être pour le moment.

Le mélange et la fusion des matières s'opèrent dans des



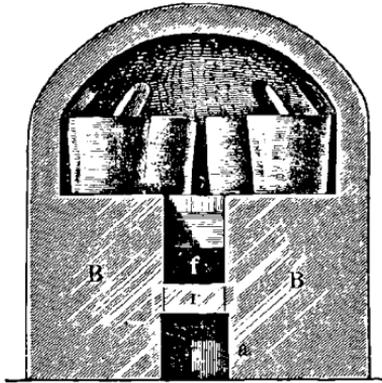
Creuset de verrier.

pots ou *creusets* en terre très réfractaire, rangés ordinairement en deux séries de quatre chacune, autour d'un fourneau soit chauffé au bois, soit à la houille, et dont on peut régler à volonté le tirage. Dans les parois du fourneau sont pratiquées des ouvertures appelées *ouvreaux*, qui correspondent à chacun des creu-

ssets, et par lesquelles les ouvriers puisent ou coulent le verre fondu dans ces vases. Le verre façonné est *recuit* dans des fours disposés à cet effet, et dont la construction varie selon la nature du verre et la forme des objets qui doivent être lentement refroidis.

Les matières qui forment la base de la composition du verre sont ordinairement la silice, sous forme de sable, le carbonate ou le sulfate de soude, le carbonate ou le sulfate de potasse, le carbonate de chaux, le minium et le sulfate de baryte (*spath pesant*).

La SILICE est l'élément constitutif de tous les verres. Elle se présente dans la nature sous différents aspects, et porte les noms de sable, grès, caillou, silex, cristal de roche. A l'état de pureté, elle est incolore, transparente et



Coupe d'un four pour la fabrication du verre.

crystallisée en prismes à six pans, surmontée d'une pyramide à six faces. Elle constitue le cristal de roche ou quartz hyalin. Sa formule est SiO_2 . C'est une substance qui joue le rôle d'acide et qui, en s'unissant aux bases, forme les *silicates*. Ces sels sont très communs; on n'a, en effet, qu'à citer le feldspath, le mica, le granit, le porphyre, le basalte, les laves, les ardoises, les argiles, l'amiante, pour en être convaincu.

Le *quartz hyalin* serait certainement préférable pour les verreries à toutes les autres variétés de la silice; mais il se rencontre rarement, et jamais en assez grande quantité pour être exploité généralement d'une manière utile et avantageuse pour la fabrication du verre. On a donc dû se rejeter sur une autre, et l'expérience des siècles a démontré que le sable était la variété de silice la plus avantageuse pour les opérations de la verrerie.

Le meilleur des sables est celui qui est blanc, le plus

6*

exempt de toute matière étrangère, et dont la cassure, vue à la loupe, présente de petits cristaux semblables à ceux du cristal de roche. Tels sont ceux de Fontainebleau, de Nemours, de Chantilly, etc. En Bohême, on se sert du sable des rivières et des torrents du pays, sable extrêmement pur, qui est du quartz hyalin. En Angleterre, on emploie d'ordinaire celui des rivages de l'île de Wight; et les cristalleries en emploient un, très pur, qu'elles font venir des États-Unis d'Amérique. Avant d'être employé, le sable doit toujours préalablement être lavé, séché et quelquefois chauffé au rouge.

Pour la fabrication des bouteilles, on recherche de préférence les sables ferrugineux et argileux, qui donnent au verre la teinte foncée que l'on connaît; mais c'est un tort, car plus le verre est blanc, moins il est attaqué par les liquides.

Le grès, qui n'est qu'un sable agglutiné par un ciment calcaire ou argileux, ne saurait dès lors être utilisé pour la verrerie de luxe.

Le *silex pyromaque* ou *Pierre à fusil* renferme la silice à un degré assez grand de pureté. En Angleterre, on le calcine, et après le broyage il entre sous forme de poudre blanche dans la constitution du *flint glass* (du mot *flint*, qui veut dire silex ou caillou).

Certaines rivières roulent des fragments de quartz qui donnent un verre très blanc. Ce sont ces *cailloux* dont on se sert, dans le principe, à Baccarat. Actuellement cette cristallerie s'approvisionne de sable de Champagne.

La POTASSE, qui est l'une des bases auxquelles s'unit la silice, s'emploie sous forme de carbonate et de sulfate de potasse. On extrait le carbonate des cendres des végétaux, et principalement de l'orme, du chêne, du hêtre et du charme. Pour cette opération, on traite ces cendres par l'eau froide. La dissolution que l'on obtient fournit par l'évaporation un résidu nommé *salin*. Mais ce salin est un mélange de sulfate et de carbonate de potasse. On élimine le sulfate en dissolvant de nouveau le salin et en faisant

crystalliser le liquide. Le carbonate reste dissous dans les eaux-mères.

La potasse la plus estimée vient de l'Amérique du Nord. On se sert aussi en France de celle qui est donnée par les résidus du travail des betteraves, et aussi de celle que l'on extrait des eaux de la mer.

La soude, employée à l'état de carbonate et de sulfate, est d'un usage plus général que la potasse. Dans la manufacture de Saint-Gobain, le carbonate est réservé pour la verrerie fine.

La CHAUX, dont les verriers se servent, est tantôt la chaux éteinte, tantôt le carbonate de chaux. Cette matière entre dans la composition de tous les verres, excepté du cristal.

On n'emploie l'ALUMINE sous forme de *kaolin* ou silicate d'alumine que pour la fabrication du verre à bouteilles.

Le MINIMUM, ou sesquioxycde de plomb, ne sert qu'à fabriquer le cristal, le *flint glass* et le *strass*. Il donne à la matière une grande densité, un grand éclat et une sonorité remarquable.

On a reconnu que le SULFATE DE BARYTE donne un verre plus homogène, plus fusible et plus facile à travailler; il a en outre, à ce qu'il paraît, plus de *fondant* que les sels de potasse ou de soude, c'est-à-dire qu'il entraîne mieux la fusion du sable, en même temps qu'il s'y combine plus complètement. Lorsqu'au lieu de carbonate de soude ou de potasse on emploie le sulfate, ce dernier sel ne pouvant être décomposé par la silice qu'à une température qui ferait fondre le creuset lui-même, on y ajoute, pour faciliter la réaction, du charbon en poudre, qui s'empare d'une partie de l'oxygène de l'acide sulfurique, et favorise la formation du silicate de baryte. La proportion reconnue la plus convenable est de 1 partie de charbon pour 13 parties de sulfate de soude.

Quant aux autres oxydes, suivant que les uns ou les autres entrent dans le mélange des matières, le verre acquiert, comme nous l'avons dit plus haut, des propriétés

et un aspect différents. Sa composition influe aussi sur sa pesanteur spécifique. Les verres à base de plomb sont les plus lourds; les verres alcalins calcaires sont les plus légers; le verre à bouteilles tient le milieu entre les premiers et les seconds.

Certaines précautions sont indispensables, lorsqu'on opère la fusion des substances vitrifiables, pour rendre le mélange intime et la masse bien homogène. Ainsi, lorsque parmi ces substances se trouvent les carbonates de soude et de chaux, il se dégage, par suite de la réaction de l'acide silicique sur ces sels, qu'il décompose pour s'emparer de leur base, de l'acide carbonique. Ce gaz formerait dans la masse vitreuse des *bulles*, c'est-à-dire de petites cavités sphéroïdales, si l'on n'avait soin de maintenir pendant longtemps la matière liquéfiée à une haute température, pour chasser la totalité de l'acide carbonique interposé. Outre les bulles, il peut encore se produire dans le verre d'autres défauts que les verriers désignent sous les noms de *nœuds blancs*, de *filandres*, de *stries*, de *cordes*, de *gales*, de *sel* ou *fet de verre*.

Les *nœuds blancs* sont des boules opaques disséminées dans la masse; ils sont dus à la présence des chlorures ou des sulfates qui fondent en partie sans se mêler au verre, ou à celles de pelotes de sable non fondu. Pour les faire disparaître, on surchauffe le liquide: les *nœuds* remontent alors à la surface, et on les enlève avec une pelle. Les *filandres*, les *stries*, les *cordes* proviennent d'un défaut d'homogénéité dans la masse. On en prévient aisément la formation par le mélange bien intime des matières et par le chauffage graduel des fourneaux. Le verre devient *galeux* lorsque avant de le façonner on le chauffe et on le laisse refroidir à plusieurs reprises, ce qui produit sa dévitrification partielle et le rend par places dur, opaque, grenu et peu fusible. Cet accident a surtout lieu dans le verre à bouteilles, ainsi que dans le verre vert ordinaire. Aussi ces verres ne peuvent-ils être façonnés à la lampe d'émailleur que par un ouvrier assez habile pour exécuter son travail

avec la plus grande célérité, et n'être jamais obligé de reprendre à deux fois la même pièce. Le *fiel de verre* prend naissance à peu près dans les mêmes circonstances que les *nœuds blancs*, c'est-à-dire par la *fusion froide* (incomplète) de certaines substances, telles que les sulfates, mélangées d'une manière inégale avec les sels alcalins qu'on emploie. Il se présente sous forme de nuages blanchâtres.

VARIÉTÉS COMMERCIALES DU VERRE. — On distingue dans le commerce un grand nombre de variétés de verre, dont chacune a une composition, des propriétés et des applications particulières. Ce sont, par exemple :

- 1° Le verre à vitres;
- 2° Le verre à gobeletterie;
- 3° Le verre à pivette;
- 4° Le verre à bouteilles;
- 5° Le verre à glaces;
- 6° Le verre de Bohême;
- 7° Le cristal;
- 8° Le crown glass;
- 9° Le flint glass;
- 10° Le verre de Venise ou verre filigrane;
- 11° Le millefiori;
- 12° Les verres colorés;
- 13° L'émail;
- 14° Le strass;
- 15° L'aventurine;
- 16° L'hyalithe, etc. etc.

Nous allons indiquer succinctement la composition, la préparation et la façon de ces variétés, en nous arrêtant davantage sur celles qui nous paraissent le mériter par leur importance.

III

Procédés de fabrication particuliers aux différentes espèces de verre.

VERRE A VITRES. — On en distingue deux sortes, savoir : le verre à vitres *blanc* ou en *tables*, et le verre à vitres *demi-blanc*. Ce dernier ne peut servir qu'à fabriquer des objets d'une faible épaisseur; le premier, au contraire, peut toujours être employé. On en fait des carreaux de vitres pour les appartements, des cylindres et des globes à couvrir les pendules et les vases, des glaces de voitures, des verres à couvrir les estampes; des plateaux de machines électriques, etc. Tous deux se fabriquent simultanément, les résidus du premier pouvant entrer dans la composition du second. Il faut, pour obtenir du verre à vitres blanc, n'y point faire entrer de substances qui contiennent de l'oxyde de fer, et choisir du sable bien blanc, de la soude, de la potasse, de la chaux, aussi pures que possible.

Composition et préparation du verre à vitres. — Voici les recettes qui sont le plus en usage et donnent les meilleurs résultats.

Recette ordinaire.

Sable.	100 parties.
Craie.	de 35 à 40 —
Carbonate de soude sec	de 28 à 35 —
Groisil (verre cassé)	de 60 à 180 —
Plus quelquefois	{ Bioxyde de man-
	ganèse . . . 0,25 —
	Acide arsénieux. 0,20 —

Autre, indiquée par Bastaire.

Sable	100 parties.
Potasse de bonne qualité	65 —
Chaux éteinte à l'air.	6 —
Calcin (fragment de verre blanc)	50 —
Acide arsénieux	1 —
Oxyde de manganèse	0,3 —

Autre, de même que la précédente.

Sable	100 parties.
Soude (carbonate).	80 —
Carbonate de chaux	8 —
Groisil.	110 —
Oxyde de cobalt	0,1 —
Oxyde de manganèse.	0,2 —

NOTA. On ajoute quelquefois à ces deux dernières compositions du sel marin pour faciliter le mélange et la fusion. Le carbonate de soude peut être remplacé avec avantage économique par du sulfate de soude mêlé avec de la poudre de charbon, d'où la recette suivante :

• Sable.	100 parties.	} Proportions qui, du reste, peu- vent varier.
Sulfate de soude sec.	44 —	
Charbon en poudre	4 —	
Chaux	6 —	
Débris de verre	20 —	

Autre, en usage à Rive-de-Gier.

Sable de Vezeaux.	50 kilog.
Quartz ou cailloux <i>étouffés</i> (c'est-à-dire chauffés au rouge, puis jetés brusquement dans l'eau froide).	50 —
Sulfate de soude	40 —
Carbonate de chaux en poudre	30 —
Charbon de bois pulvérisé.	3,30 (ou coke, 4,30).
Manganèse de Romanèche.	1,50 —
Groisil.	quantité variable.

La fusion de ce mélange s'opère en dix-huit heures, pendant lesquelles on consomme dans chaque four 75 hectolitres de houille ; on en consomme encore 25 hectolitres pendant que dure le travail, ce qui donne en total 100 hectolitres, lesquels, évalués au prix moyen de 1 franc l'hectolitre, entrent en compte pour les 6 centièmes de la valeur du verre à vitres fabriqué. M. Payen fait observer que l'activité d'un four, qui va d'abord croissant tant que le four est neuf, diminue ensuite après quelques mois de service, par suite de la dégradation des parois, ce qui

oblige à augmenter dans le mélange la proportion de fondant.

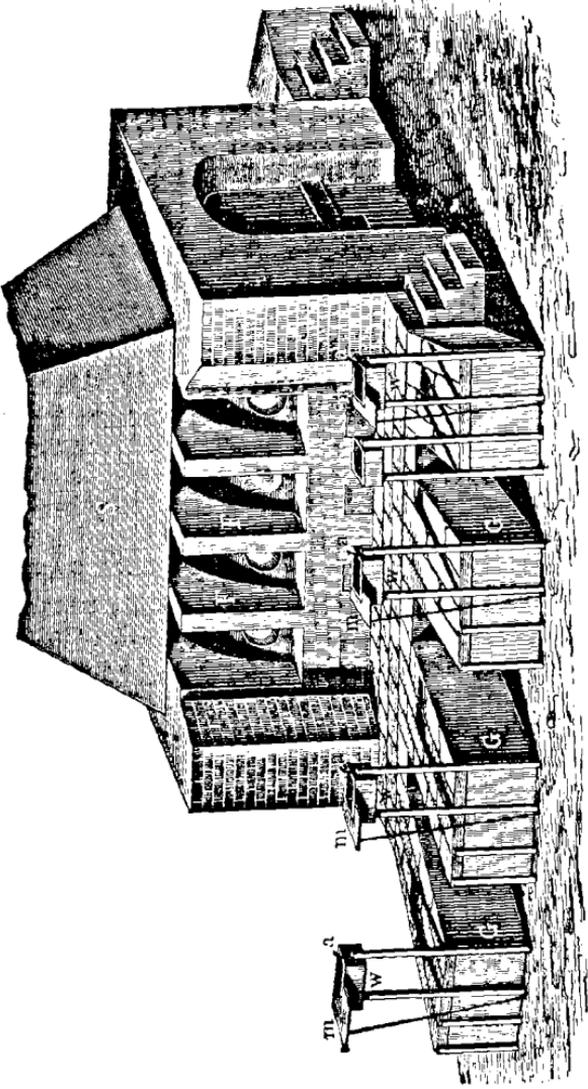
Façon. — Il existe deux méthodes pour façonner le verre à vitres : l'une, la *méthode ancienne*, universellement pratiquée jadis, ne s'est plus conservée aujourd'hui qu'en Angleterre ; l'autre, *méthode nouvelle*, est en usage actuellement dans toutes les verreries de France.

Méthode ancienne ou procédé des plateaux, — L'ouvrier *cueille* avec sa *canne*¹, après l'avoir chauffée à l'extrémité et l'avoir un instant plongée dans la masse fondue, une certaine quantité de verre qu'il fait tourner sans interruption en roulant sa canne entre ses deux mains, jusqu'à ce que la matière fondue commence à se figer. Il la replonge alors dans le creuset : une nouvelle quantité s'attache à la première ; il la fait tourner également et continue ainsi jusqu'à ce que la masse soit suffisamment volumineuse. Il la présente alors au feu pour la ramollir, et la souffle de manière à en former une grosse boule creuse, qui ramollie de nouveau et soumise au même mouvement de rotation qu'au commencement, s'aplatit aisément au côté opposé à celui par lequel elle tient à la canne. On fixe une autre canne au centre de la partie aplatie, et l'on détache la première en coupant le col de la boule ou plutôt de la bouteille, car telle est à peu près à ce moment la forme de l'objet en verre. L'ouverture qui y est ainsi formée est élargie par un second ouvrier à l'aide d'une planche qu'il y introduit et qu'il appuie sur



Canne
de verrier.

¹ C'est un tube creux en fer, épais de deux millimètres de diamètre intérieur, enveloppé, un peu au-dessous de l'embouchure, d'un manchon en bois par lequel l'ouvrier peut le tenir et le manier sans se brûler.



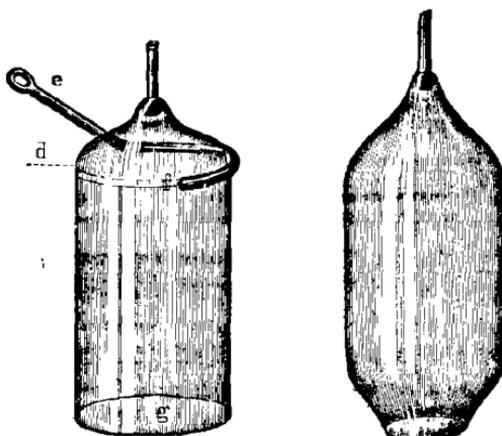
Disposition d'un atelier de verrerie pour la fabrication du verre à vitres et à bouteilles.

les parois, tandis que son camarade tourne la pièce avec la canne qui y a été nouvellement adaptée. La pièce prend alors la forme d'une cloche conique très évasée. On la ramollit encore une fois au feu; après quoi on la tourne rapidement, en donnant à la canne qui lui sert d'axe une position horizontale. Par cette rotation, la force centrifuge oblige le cône à s'élargir et à s'aplatir de façon à former enfin un large disque d'une épaisseur sensiblement égale jusqu'à une certaine distance du centre, où il va grossissant. Ce disque est porté sur une aire plane recouverte d'une couche de cendres chaudes et placée près de l'orifice du four à recuire. On détache la canne par un coup sec; on saisit la pièce de verre avec une fourche, et on l'introduit dans le four, où on la place verticalement.

Les vitres faites de cette manière ont un vif éclat; mais elles offrent au centre une sorte de loupe ou protubérance appelée par les verriers *pointis*, qui est d'un effet désagréable. On peut, à la vérité, les découper et n'employer que la partie éloignée du centre; mais on ne peut alors obtenir que des carreaux d'une dimension souvent insuffisante.

Méthode moderne ou française. — Lorsque le verre est affiné et écrémé, le souffleur y plonge sa canne à plusieurs reprises, comme dans la méthode précédente; mais au lieu d'imprimer à la masse cueillie, en la soufflant, un mouvement de rotation, il la fait osciller comme un battant de cloche, ou comme un pendule, en ayant soin de souffler avec plus de force au moment où cette sorte de balancier se trouve dans la direction verticale. Grâce à ce mouvement particulier, la boule de verre, au lieu de se gonfler uniformément, s'allonge en forme de cylindre par l'action combinée de la pesanteur et du soufflage. Lorsque ce cylindre est assez allongé et que ses parois sont suffisamment minces, le souffleur, aidé d'un autre ouvrier, en introduit l'extrémité dans un ouvreau, en tenant l'orifice supérieur de sa canne bouché avec son doigt. L'air enfermé dans ce ballon se dilate par la chaleur, en même temps

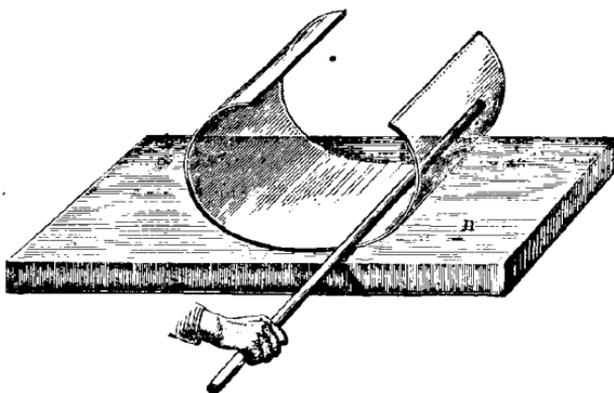
que la partie échauffée s'amollit au feu. Il en résulte en peu de temps la rupture du cylindre à sa base : on le retire



Cylindre de verre ouvert
par en haut.

Cylindre de verre ouvert
à l'ouvrage.

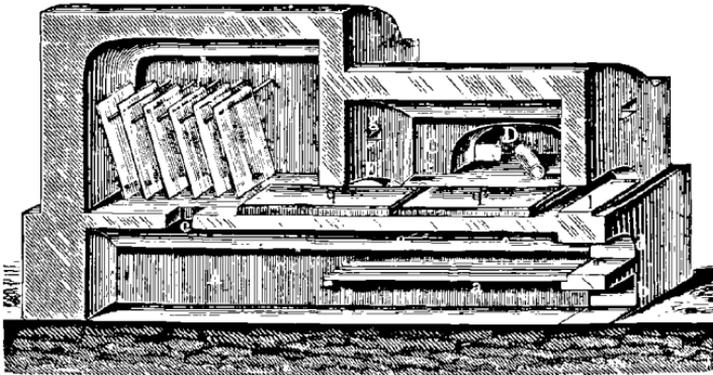
alors en le tournant avec vivacité pour agrandir l'ouverture, qui finit par avoir le même diamètre que le cylindre



Étendage au rabot de la feuille du verre.

lui-même. On procède alors à l'*étendage* de la pièce. Pour cela, on la pose sur un tréteau à deux appuis; on la sépare de la canne en posant, avec un outil en fer, une goutte

d'eau sur la partie voisine de la canne, et en donnant, avec le même outil, un coup sec sur le milieu de celle-ci. Le cylindre est alors ouvert par en haut et par en bas. On la fend dans le sens de sa hauteur en y traçant une ligne humide sur laquelle on passe un fer rouge, et on le porte aussitôt dans le four à étendre. Là, à mesure qu'il s'é-

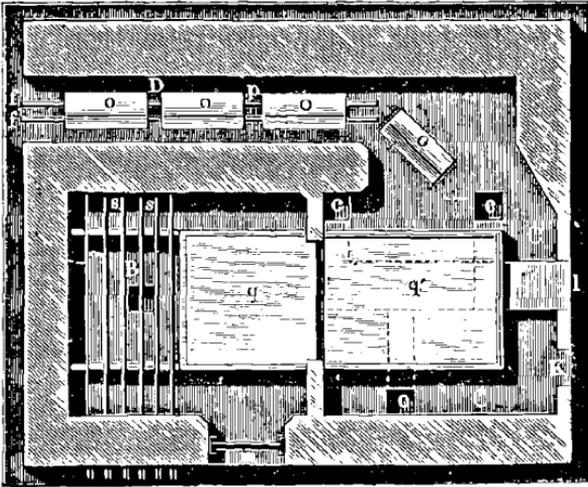


Coupe verticale du four à recuire ou à étendre les verres à vitres.

chauffé et se ramollit, il s'ouvre, se déploie et s'étale sur la sole du four. On achève de l'aplatir avec un rabot en bois emmanché, qu'on fait glisser rapidement dessus. La première feuille de verre étendue est appelée *lagre*, et elle sert elle-même de plaque pour étendre les autres cylindres. On la saupoudre d'un peu de verre d'antimoine ou de plâtre pour empêcher l'adhérence. Le lagre a besoin d'être remplacé tous les vingt-quatre heures; au bout de ce temps, en effet, il s'est dévitrifié, il est devenu dur et rugueux, et rayerait les vitres qu'on ferait glisser sur sa surface.

Le côté le plus long de la vitre est toujours dans le sens de l'axe du cylindre qui sert à la produire; le contraire a lieu pour le *verre en tables* à base de potasse, ou verre de Bohême, qui, du reste, s'obtient par le même procédé.

Pour façonner les vitres cannelées qu'on met à certaines fenêtres afin d'empêcher que les curieux du dehors ne



Coupe horizontale des fours à recuire ou à étendre le verre à vitres.

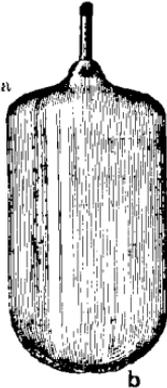
puissent voir ce qui se passe au dedans, on souffle le verre dans un moule qui imprime des cannelures à la surface du cylindre. Ces cannelures ne sont point effacées par l'étendage. Les globes de pendule cylindriques se fabriquent comme les manchons destinés à être étendus en vitres; mais au lieu d'en ouvrir l'extrémité, on fait en sorte de leur donner une convexité régulière, et l'on coupe la pièce à un point plus ou moins éloigné de cette convexité, suivant que le globe doit être plus ou moins haut.



Moule du verre cannelé.

Lorsqu'on veut lui donner une forme elliptique ou aplatie, on le descend entre deux planches dont les bords sont taillés en biseau et présentent une ouverture graduellement rétrécie. On l'a d'abord chauffé à l'ouveau pour

l'amollir, et pouvoir, sans le briser, le forcer à entrer dans cette sorte d'étau. L'opération du soufflage est très fatigante; aussi, pour les grandes pièces, se sert-on d'un instrument qui permet de comprimer vivement une masse d'air, laquelle sert à souffler le manchon ou le globe. Cet instrument se nomme la *pompe Robinet*. Son invention, qui valut à son auteur une médaille d'or de la Société d'encouragement, est due à un ouvrier souffleur de Baccarat, nommé Robinet, qui, en 1824, devenu vieux et malade, remplaça par cet outil les poumons qui lui faisaient défaut.



Manchon de verre
préparé
pour la fabrication d'un
globe de pendule.

VERRE A GOBELETTÉRIE. — Ce verre peut être à base de soude; mais on préfère celui à base de potasse, qui est plus blanc et plus limpide. Souvent sa composition est identique à celle du verre à vitres blanc, et pour façonner des ustensiles de chimie, par exemple (fioles, cornues, matras, tubes, verre à expériences, éprouvettes, etc.), on emploie volontiers des débris de carreaux cassés et refondus. C'est avec cette variété qu'on fait tous les ustensiles communs dont on se sert dans les ménages : verres, flacons, salières, carafes, etc. etc., dont nous n'entreprendrons pas de décrire la fabrication.

Pour fabriquer un tube, l'ouvrier, après avoir cueilli avec sa canne la masse de verre suffisante, la roule sur un marbre tout en soufflant, de façon à l'allonger sous forme de cylindre. Cela fait, il aplatit l'extrémité de ce cylindre, et un gamin vient y souder une autre masse de verre. Le souffleur et le gamin s'éloignent alors, à pas égaux, tenant chacun une des extrémités du cylindre creux, qui peut dès lors, tant que le verre reste malléable, s'étirer indéfiniment. Pour l'empêcher de se déformer et lui conserver sa forme cylin-

drique, d'autres ouvriers le refroidissent en agitant au-dessus leurs chapeaux ou des lames de carton en forme d'éventail.

Ce même verre, lorsqu'il est ramolli, peut être aisé-

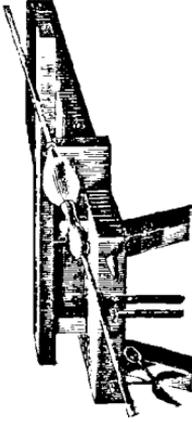


Fig. 2.

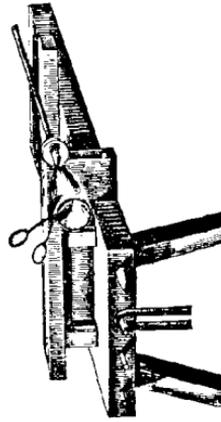


Fig. 4.

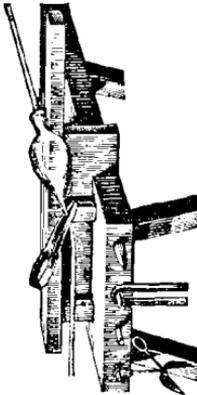


Fig. 1.

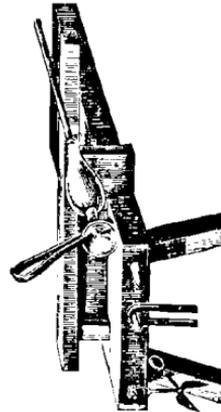


Fig. 3.

Fig. 1, 2, 3, 4. — Fabrication d'un verre à pied.

ment filé sur une roue qui fait l'office de dévidoir. Lorsqu'on file un tube par ce moyen, à quelque ténuité qu'on le réduise, le trou se conserve au milieu parfaitement égal. « Un morceau de tube de thermomètre, dit M. Payen, étiré en fils par une roue ayant 1 mètre de circonférence, et

mue avec une vitesse de cinq cents tours par minute, s'est allongé jusqu'à 30,000 mètres de fil; le fil obtenu ainsi était d'une finesse extrême et offrait un diamètre intérieur à peine calculable. Il était creux cependant; car placé sur le récipient d'une machine pneumatique, un bout en dedans, l'autre en dehors, un fragment de 5 centimètres laissa passer le mercure en petits filets brillants, lorsqu'on

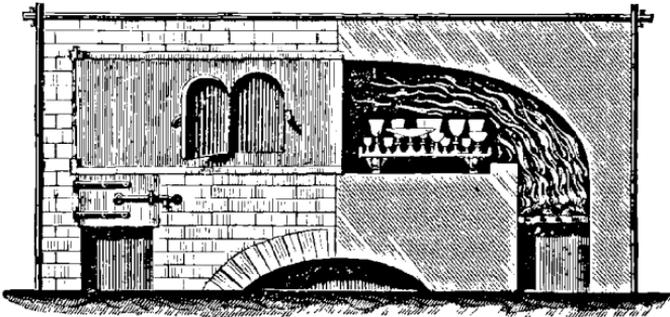


Four à recuire pour la gobeletterie.

fit le vide. Le fil provenant d'un petit parallélépipède de verre à vitres coupé avec un diamant présente un grand éclat; vu au microscope, il offre une forme aplatie et quatre angles droits distincts. C'est sans doute à cette forme particulière qu'il doit son éclat remarquable. » Les étoffes tissées avec du fil de verre ont un éclat métallique qui imite l'argent lorsque le verre est blanc, et l'or quand le verre a reçu une teinte jaune. Ces étoffes sont d'un grand usage pour les ornements et pour les costumes de théâtre.

On fabrique les *verres de montre*, tantôt en découpant au diamant une calotte sphérique dans une boule soufflée, tantôt en plaçant dans de petites cuvettes ou moules des morceaux de verre. On introduit alors ces cuvettes dans le four, et la chaleur, en ramollissant le verre, lui en fait prendre la forme. On taille ensuite sur le tour les bords des verres de montres.

VERRE A PIVETTE. — Ce verre est employé aux mêmes usages que le précédent; mais on en fabrique des objets plus grossiers et de moindre valeur, à cause de la teinte verdâtre qu'il possède. Néanmoins, comme il est aussi beaucoup moins fusible, on le préfère pour les ustensiles de chimie qui doivent être fortement chauffés. Au lieu de sable blanc, on fait entrer dans sa composition du sable



Coupe du four à recuire pour la gobeletterie.

ferrugineux. Sa composition est, du reste, variable, et se rapproche de celle du suivant.

VERRE A BOUTEILLES. — *Composition et préparation.* La composition du verre à bouteilles varie suivant les pays où il se fabrique; mais on s'attache partout à le rendre dur et résistant, à cause de la pression intérieure qu'il a souvent à supporter, en France surtout, où la production des boissons fermentées et gazeuses a pris une si grande extension. Il est toujours coloré, soit en vert, soit en jaune brun. La première coloration est due à la présence de l'oxyde de fer; la seconde, à celle d'un mélange d'oxyde de fer et de peroxyde de manganèse. Cette dernière se rencontre surtout dans les bouteilles sortant des verreries des bords du Rhin, dans lesquelles on se sert du sable de ce fleuve. On fait entrer ordinairement dans la composition du verre à bouteilles une forte proportion de calcin (fragments de verre à vitres); mais il paraîtrait, d'après de ré-

cents essais, que cette addition rend le verre *sec* et cassant ; aussi, dans les bonnes verreries, n'emploie-t-on plus, en général, que des matières premières neuves. La préparation du verre à bouteilles exige peu de substances alcalines (soude et potasse). Ces substances sont, le plus souvent, des résidus provenant de la lixiviation des soudes brutes du commerce, ou bien des cendres lessivées (*charrées*) ou non lessivées. La matière siliceuse est du sable ferrugineux séché et tamisé, auquel on ajoute de l'argile jaunâtre, calcaire, peu liante, friable lorsqu'elle est sèche. Voici, du reste, quelques-unes des compositions les plus employées dans les verreries à bouteilles de notre pays.

1° *Composition ordinaire.*

Sable jaune.	100 parties.
Soude de varech	30 à 40 —
Charrées	160 à 170 —
Cendres neuves.	30 à 40 —
Argile jaune	80 à 100 —
Groisil ou calcin	100 à 145 —

2° *Composition employée dans une bonne verrerie à bouteilles, près de Lyon.*

Sable du Rhône	100 kilogr.
Sulfate de soude.	8 —
Carbonate de chaux.	10 —
Charbon en poudre.	6 —
Plus quelquefois peroxyde de manganèse.	1,5 —

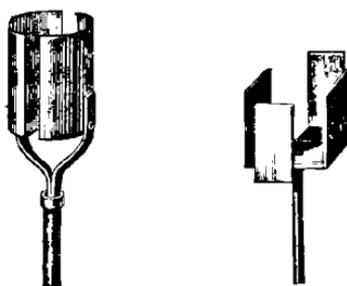
3° *Composition inférieure, plus fusible et donnant lieu à la production du fiel de verre.*

Sable jaune	100 parties.
Soude brute de varech	200 —
Cendres neuves	50 —
Groisil (fragments de bouteilles).	100 —

Le fourneau où s'opère la fusion du verre à bouteilles contient ordinairement six ou huit creusets de 95 centimètres de diamètre, autant de profondeur et 10 à 12 centimètres d'épaisseur dans le fond. On les remplit presque jusqu'au bord, et l'on y ajoute de nouvelles quantités du

mélange à mesure que celui qui est dans le vase entre en fusion et s'affaisse. Après sept à huit heures, on ralentit le feu en remplissant le foyer d'escarbilles, en interceptant les courants d'air et en évitant de déranger le combustible, afin de ne pas ranimer la combustion. Les verriers appellent cela *faire la braise*. La matière se refroidit ainsi peu à peu, et s'épaissit de manière à pouvoir être travaillée.

Façon des bouteilles. — Il faut, pour la fabrication d'une



Différentes formes de sabots.

bouteille, trois ouvriers, formant *une brigade*, qui s'appellent l'un le *gamin*, le deuxième le *grand garçon* et le troisième le *souffleur*. Le *gamin* cueille avec la canne dans le creuset une quantité convenable de verre et le passe au *grand garçon*. Celui-ci arrondit la masse sur un marbre et souffle de temps en temps pour donner à la *paraison* un certain développement. Puis, pour former le col de la bouteille, à l'aide d'une sorte de couteau il refoule le verre en appuyant.

Pendant ces opérations la masse vitreuse s'est refroidie. Le *grand garçon* va la réchauffer à l'ouvreau et la passe ensuite au *souffleur*. Ce dernier enfonce la *paraison* dans un moule de terre qui doit lui donner la forme. Lorsqu'il croit le moulage terminé, il retire la bouteille du moule et commence à enfonce le fond, afin de former l'excavation inférieure que présentent ordinairement les bouteilles. Un *gamin* présente alors au *souffleur* le *sabot* ou panier de fer, dont la base est munie d'une saillie cylindrique des-

tinée à achever et à rendre régulière la cavité commencée. La bouteille étant fixée sur le sabot, on la détache de la canne en passant un fer mouillé sur le nez, c'est-à-dire sur l'extrémité de la canne, et le verre se casse en ce point.

Pour façonner l'orifice du goulot, l'ouvrier ramollit le col au feu du four; puis, s'asseyant sur un *banc* muni de deux barres parallèles, il pose le manche du sabot sur ces barres en le faisant tourner de la main gauche. De la droite il arrondit, avec une pince en fer, l'entrée de l'ouverture et refoule le verre de manière à former un bourrelet. Autrefois il entourait le goulot d'une petite trainée de verre; mais la chaleur énorme que l'ouvrier endurait pendant cette opération y a fait renoncer dans presque toutes les verreries actuelles.

Quelquefois on dépose sur la panse une petite masse de verre et l'on y applique un cachet. La bouteille terminée est alors portée dans le four à recuire, qui est chauffé au rouge sombre, et fermé. Les bouteilles y sont empilées sur plusieurs rangs.

Pour souffler les grandes *tonnes* ou *bonbonnes*, qui peuvent contenir jusqu'à 50 et 60 litres, l'ouvrier, afin de suppléer à l'insuffisance de ses poumons, incapables de fournir assez d'air pour dilater la masse de verre nécessaire à la fabrication de ces énormes récipients, met dans sa canne une petite quantité d'eau et d'alcool. Cette eau et cet alcool se vaporisent rapidement et produisent une vapeur abondante qui distend les parois de la pièce de verre.

La fonte, la façon et la cuisson de 3,500 bouteilles supposent la consommation d'environ 100 hectolitres de houille. Le cent de bouteilles revient à 9 francs et se vend 10 francs sur place.

LE VERRE A GLACES. — A notre époque, où l'amour et l'étude du bric-à-brac ont fait de si grands progrès, il ne sera peut-être pas hors de propos de parler un peu de l'histoire des glaces ou plutôt des miroirs, puisque ce sont ces derniers qui sont le principe des premières.

Le miroir, ou *mirouer*, comme on l'écrivait au xv^e siècle, ne fut pas toujours de verre. Dans l'origine, si l'on en croit les poètes, c'était dans l'onde pure que nos grand'mères contemplaient leurs traits ; mais la coquetterie a beau avoir ses droits, cette manière de se *mîrer* était loin d'être comode et d'un usage réellement pratique ; aussi croyons-nous qu'elle n'a guère été généralement adoptée. Ce fut alors que l'on songea à employer le pouvoir réfléchissant, vraiment remarquable, que les métaux polis possèdent à des degrés différents.

Si l'on en juge par les descriptions des historiens et par les objets que l'on trouve, il est certain que les anciens étaient arrivés à un degré étonnant de perfection dans l'art de travailler les métaux. Moïse, dans les descriptions qu'il nous donne, au livre de l'Exode, sur les travaux exécutés par les ordres de Dieu pour l'ornementation du Tabernacle et pour tout ce qui touchait au culte, laisse entrevoir que dans ces temps reculés l'homme manipulait l'or, l'argent, le cuivre, le fer et le bronze avec une grande habileté. Ils les ciselaient et les polissaient comme de nos jours. Homère ne dit-il pas que le bouclier d'Achille était si étincelant, qu'il éblouissait les yeux de ceux qu'il combattait ?

Le bronze, en particulier, peut prendre sous la main de l'ouvrier un brillant presque égal à celui de l'argent ; et plus il est blanc, mieux il renvoie les rayons lumineux. C'est cette dernière qualité qui rendit le bronze de Corinthe si renommé. Aussi cette ville devint-elle un centre important de fabrication de miroirs. Ce *bronze blanc* se compose, comme tous les autres, de cuivre et d'étain, et les fondeurs modernes sont parvenus à l'imiter en ajoutant à la fonte de l'arsenic. Mais bien avant l'époque où la célèbre cité de Grèce se mit à fabriquer des miroirs, l'Égypte en fabriquait déjà. Sans parler de ceux qu'on exhume dans les fouilles entreprises dans ce pays, nous savons qu'au temps même de Moïse le miroir était devenu un des accessoires de toilette le plus en vogue parmi les femmes.

Ces miroirs, chez les Égyptiens, étaient de forme ronde ou ovale et munis d'un manche plus ou moins ouvragé. Chez les autres peuples ils étaient indifféremment ronds, carrés ou ovales. Quelquefois ils devaient avoir d'assez fortes dimensions, s'il est vrai que Démosthène se soit formé à l'art de faire les gestes devant un miroir de la grandeur d'un homme.

En Italie, la nouvelle fabrication, quand elle y fut importée, s'installa à Brindes, et elle suivit les procédés de la Grèce. Ce ne fut que sous le consulat de Pompée qu'un artiste nommé Praxitèle fit faire à cette industrie un pas réellement important, en substituant l'argent à l'airain. Ces miroirs obtinrent un succès énorme, et l'imagination et le goût des décorateurs se plurent à les encadrer dans des bordures finement ciselées et à faire des manches de véritables objets d'art, où les pierres précieuses étaient enchâssées dans l'or. Une esclave spéciale était chargée de la garde du précieux hochet. On l'enfermait dans un étui de bois d'*assa fetida* pour en écarter les insectes par son odeur, et les maléfices par ses vertus magiques.

La mode est essentiellement changeante, et, le luxe aidant, ou abandonna assez vite ces miroirs d'argent pour n'en vouloir plus que d'or, qui, s'ils réfléchissaient moins bien les traits des matrones romaines, procuraient à leur vanité une plus agréable satisfaction.

On en était à cette dernière limite du luxe, lorsqu'une invention nouvelle vint à son tour détrôner le miroir d'or. Depuis l'invention du verre on avait fait des miroirs composés d'une lame de verre appliquée sur une feuille de métal; mais il est à croire que leur fabrication était si difficile et surtout si défectueuse, que leur usage était demeuré excessivement restreint. A Sidon, sous l'empire romain, on parvint enfin, probablement par le coulage substitué au soufflage, à fabriquer facilement des miroirs de verre présentant une large surface. C'en fut assez pour faire abandonner les anciens.

L'art du verrier commençait à faire de grands progrès

en Italie. A Brindes, à Rome et assurément dans d'autres villes, les ouvriers étaient déjà arrivés à une grande perfection, lorsque l'invasion des barbares et la destruction de l'empire romain vinrent ruiner presque complètement cette industrie. On peut présumer cependant qu'elle ne périt pas entièrement, puisqu'au x^e siècle nous la voyons fleurir à Venise, où probablement les désastres des pays environnants l'avaient forcée de se réfugier.

Cependant la fabrication des glaces dans cette ville ne prit d'importance que vers le xvi^e siècle. A partir de cette époque, sa réputation s'accrut rapidement, et bientôt on peut dire qu'elle se répandit dans le monde entier. Les glaces de Venise étaient de petite dimension, taillées sur les bords en biseau. Elles se faisaient surtout remarquer par leur limpidité et la blancheur du verre qui les composait. Au xvii^e siècle, un grand miroir de Venise était une chose excessivement rare et précieuse. Aussi Henri IV comptait au nombre des présents qu'il envoyait à la cour de Londres, en 1603, un de ces miroirs. Imitant en cela les anciens, les artistes se plaisaient à les entourer d'encadrements les plus riches, de sculptures, de diamants et de perles; mais le prix élevé de ces somptueux objets les rendait inabordable aux petites fortunes, on continua longtemps encore, après la Renaissance, la fabrication des miroirs de métal.

Nous avons déjà parlé des grands privilèges que Venise accorda aux verriers et des prohibitions sévères qu'elle édicta pour empêcher la divulgation des procédés employés par ses ouvriers : « État sans territoire ni population, dit M. Augustin Cochin dans son histoire de la *Manufacture de glaces de Saint-Gobain*, prenant des ouvriers à la Turquie et à la Grèce, des soldats à la Dalmatie, des esclaves à la Guinée, des matières partout, vivant d'emprunts, elle ne voulait pas prêter. » Sans autre industrie que celle du verre, elle comprenait que, si elle lui échappait, une grande partie de sa richesse et de son commerce, qui faisaient toute sa force, serait anéantie; aussi

n'épargnait-elle rien pour garder sa prépondérance.

Elle avait anobli les verriers; les noms d'un grand nombre d'entre eux étaient inscrits sur le *Livre d'or* de la république; ils n'étaient justiciables que de leur propre tribunal et de celui du conseil suprême, où souvent même ils allaient siéger. Mais malheur à l'imprudent qui eût été tenté de porter dans d'autres pays quelqu'un de ces secrets de fabrication que l'État regardait comme sa propriété exclusive! « Si quelque ouvrier ou artiste, continue M. Cochin, transporte son art en pays étranger, disait l'article 26 des *Statuts de l'inquisition d'État*, il lui sera envoyé l'ordre de revenir. S'il n'obéit pas, on mettra en prison les personnes qui lui appartiennent de plus près, afin de le déterminer à l'obéissance... S'il revient, le passé lui sera pardonné... Si, malgré l'emprisonnement de ses parents, il s'obstine à vouloir demeurer à l'étranger, on chargera quelque émissaire de le tuer... »

Quand de tous côtés la fabrication des glaces fut connue, quand même on eut surpassé le faire des Vénitiens, en 1721, toute importation de verre étranger était encore considérée et interdite comme chose scandaleuse et damnable. « On trouve même, assure toujours M. Cochin, dans les papiers des inquisiteurs d'État une pièce ainsi conçue, en date du 3 août 1754: « Pris la résolution d'enlever du monde, *di togliere dal mondo*, Pietro de Vettor, fugitif qui est à Vienne, et Antonio Vistosi, qui est à Florence. En conséquence, ordre est donné à Missier de trouver deux hommes propres à ce dessein, et on lui a remis deux doses de poison... »

Et cependant les manufactures de France l'emportaient déjà de beaucoup sur celles de la ville orgueilleuse. Si les miroirs de Venise se faisaient remarquer en général par la blancheur et la limpidité du verre, comme ils s'obtenaient par le procédé du soufflage, ils étaient forcément de dimensions restreintes, et souvent on y voyait des bulles, des soufflures et des stries. Les miroitiers de Murano ne se montraient réellement supérieurs qu'en la manière gracieuse

et artistique dont ils composaient leurs cadres, formés de morceaux de glaces et de verroterie de l'effet le plus harmonieux. Ce qui caractérise surtout leurs œuvres, c'est le biseau, la gravure de la glace et l'entourage de verre ciselé.

A partir du XVII^e siècle, les verreries de Venise commencèrent à perdre de leur importance. La Bohême créa des fabriques dans lesquelles on mit en pratique les procédés vénitiens, et, grâce au bas prix de la main-d'œuvre et à celui du combustible, produisit à des prix plus abordables des glaces qui firent négliger celles de Venise. La France elle-même ne tarda pas à entrer en concurrence, et l'on peut dire que le monopole industriel de la ville des doges fut dès lors totalement anéanti.

Les procédés employés à Murano étaient sensiblement les mêmes que ceux dont se servaient les verriers de l'Égypte et de Sidon. Le verre se fabriquait d'après les recettes des anciens, transmises par la tradition et usitées un peu partout. Ce serait donc une erreur de croire que l'art du verrier et du miroitier fut tout à fait inconnu en France avant le XVII^e siècle. Aussi plus d'une glace est certainement désignée sous le nom de glace de Venise, qui a été probablement fabriquée dans notre pays.

Les Italiens, en général, sont conservateurs; c'est là certes une grande qualité, mais qui ne vaut rien en fait d'industrie. L'industrie, en effet, est l'âme du progrès matériel des sociétés; il faut donc qu'elle s'ingénie à suivre les tendances de son époque et même à les devancer, afin de se plier aux besoins nouveaux qu'elle voit naître chaque jour et qu'elle crée même à l'occasion. Pour cela, il faut un génie particulier qui manque à nos voisins: celui de l'invention. Aucun peuple ne le possède plus que les Français à un degré aussi avancé. Toutes les grandes découvertes des temps modernes ont vu le jour dans notre patrie; mais nous avons le malheur de préférer ce qui nous vient de l'étranger et de rejeter ce qui sort de chez nous. Cependant, par exception, le pas énorme qui fut fait, au XVII^e siècle, dans la fabrication des glaces, et qui est dû à

un Français, fut puissamment secondé par ceux qui exerçaient le pouvoir.

En 1660, Colbert réussit, à force de promesses et d'argent, à attirer en France un certain nombre d'ouvriers verriers vénitiens. Il les installa dans le faubourg Saint-Antoine, sous la direction de Nicolas du Noyer ; mais cette manufacture ne tarda pas à périlcliter : le ministre ne tenait pas ses engagements, et les Vénitiens désertaient un à un les ateliers pour retourner dans leur patrie. C'est à ce moment que Nicolas du Noyer se mit en rapport avec le directeur d'une autre ancienne verrerie importante établie à Tour-la-Ville, près de Cherbourg. Ce directeur, nommé Richard Lucas, sieur de Nehou, était parvenu, dès 1656, à fabriquer du verre blanc et des *glaces de miroirs*. Les deux verreries ne furent pas longues à fusionner.

En 1688, Louis Lucas de Nehou, neveu du précédent, réalisa enfin la grande découverte qui allait accomplir une véritable révolution dans l'industrie du verre. Jusque-là, comme nous l'avons vu, les glaces n'avaient différé des vitres que par la pureté des matières premières. On les fabriquait par le *soufflage*, ce qui imposait forcément une limite très restreinte à leur dimension. Louis de Nehou tenta le premier la difficile et belle opération du *coulage*; et dès lors on put obtenir des plaques de verre de grandeur considérable et surtout d'une épaisseur régulière.

On a longtemps fait honneur de cette magnifique invention à Abraham Thevart ; mais M. Augustin Cochin, dans son *Histoire de la manufacture de glaces de Saint-Gobain*, prouve que cette assertion est erronée, et que Thevart n'était que le prête-nom d'associés voulant créer une manufacture rivale de celle du faubourg Saint-Antoine, et qui, plus tard, en 1691, transporta ses ateliers à Saint-Gobain (département de l'Aisne). Louis de Nehou alla l'y rejoindre et en prit même la direction.

L'étranger se servit promptement de la découverte du verrier français.

En France, la fabrique de Saint-Quirin n'entreprit sa

production de glaces qu'au commencement de ce siècle. Transportée en 1840 à Cirey, elle fusionna avec celle de Saint-Gobain en 1855, et porte depuis lors, à cause de l'adjonction de l'usine de produits chimiques de Chauny, le nom de *Compagnie des glaces et produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey*.

Les diverses expositions universelles ont montré à quel degré de perfection on pouvait arriver dans cette fabrication. En 1867 on a vu des glaces d'une éclatante pureté, d'un poli admirable, atteignant les dimensions de 6 mètres 09 de longueur sur 3 mètres 59 de largeur, soit près de 22 mètres de superficie; et en 1878 on admirait celle de Saint-Gobain, mesurant 27 mètres carrés, et celle de Jau-mont, qui n'en avait que 19.

Fusion des glaces. — Le verre à glaces est formé des mêmes éléments que le verre à vitres, et n'en diffère que par les proportions, qui sont combinées de façon à le rendre plus fusible, plus liquide lorsqu'il est fondu, plus incolore et plus transparent. Voici quelle est la composition en usage dans les manufactures de Saint-Gobain et de Montluçon :

Sable très blanc.	300 parties.
Carbonate de soude sec.	100 —
Chaux éteinte à l'air.	43 —
Calcin ou rognures	300 —

Cependant, d'après M. Bontemps, dans son *Guide du verrier*, le mélange suivant serait le plus généralement employé :

Sable blanc lavé.	60,60
Sulfate de soude.	25,45
Charbon en poudre.	1,52
Craie de Meudon ou autre carbonate de chaux pur	12,12
Acide arsénieux.	0,31
	100,00

Cependant les verriers ne s'en tiennent pas exclusivement à ces compositions. Quelques-uns prennent le carbonate de soude même; d'autres suppriment l'arsenic, ou

ajoutent du sulfate de baryte, du borax, du minium ou de l'oxyde de zinc. On se sert aussi du peroxyde de manganèse, qui a la propriété de décolorer le verre. L'oxygène, en effet, provenant de la décomposition de cette matière, fait passer le silicate de protoxyde de fer à l'état de silicate de peroxyde, qui est incolore. C'est pour cela que le peroxyde de manganèse était autrefois connu sous le nom de *savon des verriers*.

A Saint-Gobain la *halle*, c'est-à-dire l'atelier pour la fabrication du verre et le coulage des glaces, est un vaste hangar dont le sol est sillonné de rails de chemin de fer, destinés à faciliter les manœuvres. Les fours sont placés sur la ligne médiane, tandis que les fours à recuire, où les glaces sont introduites après le coulage, sont sur les côtés. Dans certaines verreries on chauffe encore les fours de fusion à l'aide du bois; mais aujourd'hui on ne se sert presque plus partout que de la houille. M. Siemens est l'inventeur d'un four à gaz et à chaleur régénérée permettant la séparation des creusets et du combustible, et donnant une quantité de chaleur beaucoup plus grande que dans les autres fours par la combustion des gaz de la houille. Ce four est adopté dans plusieurs usines, et notamment à Saint-Gobain.

Les creusets sont de diverses dimensions, selon la quantité de verre qu'ils doivent contenir et selon la pièce qui doit être coulée. Leurs parois, fort épaisses, le sont encore plus dans celle du fond, qui doit parfois porter un poids considérable. Dans la partie extérieure, vers la moitié de la hauteur se trouve une rainure profonde, où doivent s'engager les bras d'une pince portée à l'extrémité d'une grue mobile.

Autrefois on croyait nécessaire d'*affiner* le verre dans des cuvettes séparées. On puisait la matière au moyen d'une poche en cuivre, en écartant le *fiel*, c'est-à-dire les impuretés qui se trouvent à la surface, et on la versait dans une cuvette. C'était ce verre, qu'on laissait encore pendant 16 heures dans le four, qui servait à la coulée. Cette opé-

ration était désignée sous le nom de *tréjétagé*; mais actuellement on enfourne, on fond et on affine le verre dans le même creuset.

Coulage des glaces. — « Rien n'égale, dit L. Fignier dans ses *Merveilles de l'industrie*, la magie de ce spectacle. Rien

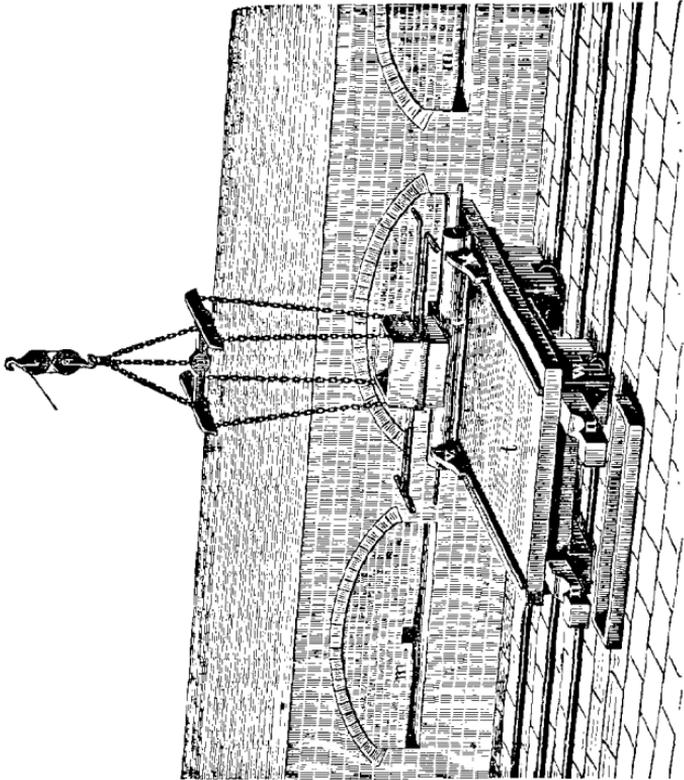


Table et creuset disposés pour la coulée des glaces.

n'est plus saisissant, au milieu de cette sombre halle, que la vue de ce creuset rougi qui brille comme une étoile de feu et verse une rivière étincelante; puis de cette nappe lumineuse de matière fondue qui s'aplanit sous le gigantesque rouleau de fer, en laissant jaillir de ses bords des stalactites rouges d'abord et qui deviennent transparentes

et limpides en se refroidissant. Ajoutez à cela les ouvriers attentifs et silencieux, recueillis, accomplissant avec calme, avec intelligence et rapidité, les opérations difficiles qui leur sont confiées, sous le commandement d'un chef écouté docilement, et vous aurez un des plus curieux tableaux que puisse réaliser l'industrie moderne. »

Aussitôt donc que le verre est arrivé au point de fusion convenable, on retire du four, au moyen d'une pince circulaire, le creuset qui le contient. Soulevé par une grue mobile, le creuset est approché de la table de coulée, à qui les exigences ou les progrès de l'industrie ont donné des dimensions énormes. Autrefois, pour le coulage des grandes et des petites glaces, on se servait de tables en bronze, dont le prix était excessif, car elles devaient avoir au moins un décimètre d'épaisseur. Il en existait une à Saint-Gobain, du poids de 26,000 kilogrammes et ayant coûté 100,000 francs. Aujourd'hui elles sont en fonte; mais elles doivent toujours être aussi parfaitement planes et bien dressées que possible.

Ces tables, avant de recevoir la coulée, sont chauffées à l'avance; et, pour déterminer l'épaisseur, la largeur et la longueur des glaces, on y dispose des réglettes de fer, sur lesquelles portera le rouleau de fer.

La table ayant été préparée et bien essuyée, des ouvriers spéciaux écrément la surface du verre. Sur un signal du maître verrier, deux autres ouvriers font basculer les branches de la tenaille, et la rivière de feu surveillée attentivement commence à couler dans les limites qui lui ont été assignées. On enlève avec des grappins les corps étrangers qui surnagent à sa surface. Immédiatement un rouleau d'un poids considérable, disposé à l'extrémité de la table, passe sur la masse pâteuse et brillante et l'étale dans l'espace compris entre les tringles de fer. Arrivé à l'extrémité de sa course, il est reçu sur un chevalet pour être remis en place. On ôte alors les tringlettes, on casse les bavochures et on ajoute à la table une rallonge, qui permettra de faire entrer la glace dans le four à recuire ou

carcaise. Au moyen d'un bourrelet que l'on a formé à la partie inférieure de la matière vitreuse, on la fait alors glisser et entrer dans le four à recuire, où elle se refroidit lentement pendant environ trois jours. Après ce laps de temps on la sort de la carcaise et on l'équarrit avec le diamant.

Lorsque la glace a été classée suivant son degré de pureté, on procède à son *dégrossissage*. On la scelle sur une table en pierre, et on la frotte avec du gros sable ou du grès pulvérisé, en se servant d'une molette garnie de bandes de fonte et nommée *fenasse*.

Après cette opération vient le *doucissage*, dans lequel la *fenasse* est remplacée par une autre glace dégrossie, et le sable par de l'émeri de plus en plus fin. On fait disparaître les imperfections qui pourraient rester en continuant le doucissage avec une petite glace, de l'émeri et de l'eau. C'est ce que l'on appelle le *savonnage*.

Mais les glaces sont encore opaques. On y remédie par le *polissage*, qui consiste à passer sur la glace des frottoirs en feutre saupoudrés de colethar. Il va sans dire que toutes ces opérations s'exécutent sur les deux faces de chaque glace.

Étamage, argenture et platinage des miroirs. — Pour convertir la glace en miroir proprement dit, il faut appliquer sur une de ses faces un métal jouissant d'un pouvoir réfléchissant très grand.

Parmi les métaux possédant ce pouvoir, le mercure peut être mis au premier rang; mais, comme il est liquide à la température ordinaire, pour le maintenir sur la glace il a fallu songer à l'amalgame, c'est-à-dire à l'unir à l'étain, amalgame connu sous le nom de *tain*.

Voici comment on dépose ce tain à la surface du miroir : on se sert d'une table en pierre de liais bien aplanie et que des vis calantes permettent d'établir de niveau parfait; on y étale une feuille d'étain de la grandeur de la glace à étamer, et sur cette feuille on verse une petite quantité de mercure destiné à la laver en quelque

sorte et à préparer l'amalgamation. La glace à son tour étant prête, c'est-à-dire nettoyée avec le plus grand soin, on verse sur l'étain autant de mercure qu'il peut en tenir, puis on approche la glace avec précaution à la distance d'un millimètre au plus, de façon, pour ainsi dire, qu'elle coupe la couche mercurielle en deux. On la recouvre ensuite de flanelle ou de drap, et on la charge de forts poids, afin que la pression chasse l'excès du mercure. L'adhérence du tain au verre est complète au bout de vingt-quatre heures.

Les glaces étamées sont alors transportées avec soin sur des chevalets inclinés, que l'on relève peu à peu, et où elles s'égouttent et finissent de sécher.

Mais l'emploi du mercure offre un danger permanent pour les ouvriers; aussi a-t-on de nos jours cherché à parer à ce grave inconvénient, en remplaçant ce métal par l'argent. C'est à un fabricant anglais, M. Drayton, que l'on dut, en 1850, cette heureuse substitution.

Le procédé *Drayton* consiste à placer sur le verre une dissolution d'azotate d'argent mélangée à de l'alcool et à de l'huile essentielle¹. Posée sur une table légèrement chauffée, la glace ainsi préparée ne tarde pas, par la précipitation de l'argent, à se couvrir d'une couche d'argent brillant, qui y adhère fortement.

Ce procédé a été perfectionné en France par M. Petijean quelques années après. Il substitua à l'huile essentielle, comme agent réducteur, l'acide tartrique additionné d'ammoniaque.

On recouvre ordinairement la couche de métal, pour la préserver de l'action de l'hydrogène sulfuré de l'air, avec une ou deux couches de minium. Mais M. Liébig a proposé, ce qui est de beaucoup préférable, de déposer sur

¹ Les huiles essentielles sont des produits immédiats contenus dans les vaisseaux propres des plantes. Elles sont acres, très inflammables, très odorantes, dissolvent les graisses, le soufre, l'iode et réduisent certains sels. Elles sont employées en pharmacie et dans la parfumerie. On peut citer parmi ces huiles les essences de lavande, de patchouli et de citron.

l'argent, par la galvanoplastie, du cuivre ou du nickel, ce qui a donné les meilleurs résultats.

M. Dodé est l'auteur d'un autre procédé encore plus expéditif et plus économique : le *platinage*. En 1864, ayant remarqué l'éclat étonnant que prend le platine sur certaines poteries, il songea à fixer, par un moyen analogue, une couche de platine sur les glaces. Il réussit parfaitement; mais afin d'obvier aux déformations produites souvent par l'irrégularité de la surface du verre, il mit la couche métallique en avant de la glace, ce qui permet de supprimer le doucissage et le polissage d'un des côtés.

Le platinage s'exerce en grand à l'usine de Wailly-sur-Aisne, où l'on fabrique le verre et où on le polit. Voici comment on opère.

On dissout 100 grammes de platine laminé dans une eau régale, composée de 4 parties d'acide azotique et de 10 parties d'acide chlorhydrique pur. On chauffe la liqueur et on la laisse évaporer à sec; puis on y ajoute environ 1,400 grammes d'essence de lavande recliifiée, qui réagit sur le chlorure de platine et le change en sous-chlorure. On relève alors le mélange avec une lame de platine, et on le met dans une capsule de porcelaine, où on le laisse reposer huit jours avant de le décanter et de le filtrer; six jours après on décante de nouveau et on ajoute le *fondant*, c'est à-dire, pour la quantité de platine indiquée plus haut, 25 grammes de litharge et 25 grammes de borate de plomb, broyés aussi fin que possible, avec 8 grammes d'essence de lavande. On mélange alors ce fondant avec la liqueur décantée, on applique cette composition avec un pinceau sur la glace, et on la laisse sécher à l'abri de l'humidité et de la poussière.

La glace ainsi préparée est mise dans un moufle de fourneau à porcelaine et portée au four, où une cuisson régulière décompose le sel de platine et fait déposer le métal, à l'état brillant, sur le verre.

Outre le bon marché que présente ce procédé, il permet d'obtenir très facilement des miroirs courbes de tout rayon.

VERRE DE BOHÈME. — Parmi les fabrications qui se sont attiré la réputation, on peut, sans contredit, compter au premier rang celle de la Bohême. Beauté et solidité de la matière, élégance et originalité de la forme, richesse et variété du décor, sont ce qui la distingue des autres; car ici il faut surtout considérer la fabrication dans ce qu'elle offre de plus parfait, et non dans ce qu'elle peut produire d'inférieur pour la consommation ordinaire.

Les verreries de Bohême ont longtemps lutté avec celles de Venise, et longtemps aussi elles leur ont fait une concurrence sérieuse. Il n'y a pas d'amateur de curiosités qui n'ait désiré avoir quelques-uns de ces verres antiques émaillés ou gravés, que l'Allemagne produisait aux siècles passés. De nos jours, on peut dire que l'attrait est le même. Il est probable que les procédés ont peu varié dans la composition du verre et dans la main-d'œuvre. Les usines ont la même simplicité rustique extérieure, se déplaçant au milieu des vastes forêts qui les entourent, aussitôt que le combustible leur manque, et n'embarrassent pas leurs ateliers d'instruments dont elles croient pouvoir se passer. Mais si elles sont restées stationnaires sous ce rapport, on peut dire qu'elles ont suivi le progrès et qu'elles l'ont devancé sous celui de l'art. Nos fabriques de France, mieux outillées, donnent peut-être des produits plus purs, plus irréprochables de forme, et cependant elles peuvent à peine imiter ce qui se fait en Bohême; à leur tour, elles sont dépassées.

En 1876 ou 1877, MM. Frémy et Clémandot parvenaient à imiter artificiellement l'irisation des verres antiques, en soumettant le verre pendant quelques heures à l'influence de la chaleur et de la pression, et en le traitant en même temps par de l'eau contenant 10 pour 100 d'acide chlorhydrique. Rien de beau, en effet, comme ces reflets chatoyants d'or, de pourpre, de bleu intense, se changeant parfois en reflets de feu, que présente ce nouveau produit de la verrerie. Il y avait là une source certaine de bénéfices dans l'exploitation de cette branche artistique d'une industrie toute nouvelle.

C'est en Bohême, dans les fabriques de Meisterdorff, de Rasch, de Gurtler et d'Uhlrichstaël, qu'il faut en aller chercher l'exploitation, car c'est de ce pays que proviennent tous ces vases, toutes ces vasques aux contours capricieux, ces plateaux et ces verres aux formes tourmentées, que la main de l'ouvrier semble avoir laissés bruts avec des bords ébréchés étincelants de l'éclat de l'or, et des gouttelettes ruisselantes qui semblent à demi figées, où s'allient toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. La grande pureté du verre de Bohême et surtout son peu de fusibilité, qui permettent au verre ordinaire d'être fondu sans aucune déformation, proviennent surtout de l'emploi du quartz hyalin, que l'on trouve, en ce pays, en cailloux roulés par les torrents ou en fragments mêlés à la terre végétale. C'est la variété dite *enfumée* qui procure le meilleur résultat. Pour le broyer et le réduire en poudre, on l'étonne, c'est-à-dire qu'on le fait chauffer au rouge cerise. Quand il est dans cet état, on le projette dans l'eau froide, et dès lors il devient friable. On achève de le réduire en poussière dans des mortiers de bois avec des pilons en quartz, afin d'éviter d'introduire dans la composition du verre des parcelles de métal.

On fait beaucoup en Bohême du verre coloré dans la masse ou du verre à deux couches de différentes couleurs.

En usant à la meule la partie extérieure de ces verres, l'ouvrier produit ces dessins souvent charmants et toujours variés, se détachant en blanc ordinairement sur un fond de couleur, qui sont le cachet spécial de ces verreries.

On fabrique aussi dans cette contrée un verre noir, connu sous le nom de *hyalite*, dont la couleur s'obtient en mélangeant, dans un creuset de fonte, de la poudre d'os ou du poussier de charbon à la matière vitreuse. On fait avec ce verre des théières, des cafetières, des tasses à café, etc., que l'on décore ensuite de dessins ou de filets dorés.

C'est encore de là que proviennent une grande partie des

verres de couleur servant à l'imitation des pierres précieuses.

CRISTAL. — Cette dénomination s'appliquait autrefois au verre blanc préparé avec grand soin, parce que l'on considérait le cristal de roche comme le type vers lequel devaient tendre les produits de la verrerie. Le cristal de roche est, en effet, de la silice pure. Il ressemble au verre, dont il a la transparence, mais il lui est supérieur par sa dureté et sa résistance à l'action de l'eau. Fondu par la chaleur, il se laisse mouler et pétrir avec beaucoup de facilité.

Le trésor du chapitre de Saint-Denis possédait depuis sa fondation un miroir poli sur les deux faces, légèrement coloré en jaune verdâtre et pesant 15 kilogrammes. Ce miroir, qu'on appelait le *miroir de Virgile*, sans qu'on ait pu jamais savoir pourquoi, — à moins qu'il n'ait été donné par quelqu'un de ces savants personnages du règne de Charlemagne, qui prirent les surnoms des grands poètes de l'antiquité, — fut analysé en 1787 par Fougereux de Bondaroy. On reconnut alors qu'il contenait près de la moitié de son poids d'oxyde de plomb; ce qui prouve que l'art de fabriquer le cristal et d'en confectionner des pièces d'une grande dimension est loin d'être aussi moderne qu'on le croit généralement, et que le secret de cette fabrication s'est perdu pendant très longtemps.

Quoi qu'il en soit, le nom de *cristal* ne s'applique plus de nos jours qu'à une seule espèce de verre, celui à base d'oxyde de plomb, très pesant et très limpide.

La composition du cristal a été trouvée — ou plutôt retrouvée, comme nous venons de le voir — et mise en œuvre pour la première fois vers la fin du xvii^e siècle.

Ce fut vers 1635, que l'abondance de la houille et la pénurie du bois firent songer en Angleterre à employer ce combustible dans les fours de verreries. On ne fut pas long à s'apercevoir que la fumée et les gaz s'échappant de la combustion du charbon, coloraient le verre et lui donnaient un aspect désagréable; on recouvrit alors les creusets; mais

il fallut augmenter la chaleur, car le verre ainsi recouvert n'arrivait plus au point de fluidité voulu. On força la dose de fondant; et, comme ce dernier moyen ne réussissait pas, on en vint à remplacer le carbonate de soude par le minium (oxyde de plomb), qui rend beaucoup plus fusible le mélange vitrifiable. Le verre ainsi obtenu fut remarquablement blanc et transparent et avait la propriété de réfracter la lumière comme le cristal de roche lui-même. On avait trouvé le *cristal* proprement dit. Depuis lors, c'est le seul verre qui est employé en Grande-Bretagne, où la gobeletterie ordinaire trouve peu de débouchés et peu de partisans. « Le cristal né en Angleterre y est encore, dit M. L. Figuiet dans ses *Merveilles de l'industrie*, la matière nationale pour ainsi dire. »

En France, on n'adopta pas tout d'abord le nouveau produit. Comme les verreries se chauffaient toujours au bois, on continua à faire du verre à base de soude. Cependant l'usine de Saint-Louis, rivale de Baccarat, autrefois dans le département de la Moselle, au pied de Bitche, fondée en 1767 par M. Delassale, fut la première des fabriques de France qui, en 1781, essaya la fabrication du cristal d'après les procédés anglais. Humble dans ses débuts, elle ne tarda pas à prospérer et à tenir la tête des usines de l'Europe. C'est elle aussi qui inventa le *luftglass*, cristal dans la pâte duquel on a renfermé des fils d'émail se croisant de manière à former des losanges, au centre desquels se trouve emprisonnée une bulle d'air; et aussi le *flechtglass* ou verre filigrané, présentant des cannelures transversales, à travers lesquelles la réfraction produit les plus heureux effets. C'est encore à elle que l'on doit le verre marbré imitant la malachite, le rubis sur le cristal à la façon de celui de Bohême, qui est sur verre, les verres filés et les imitations de fruits.

En 1866, M. Didierjean, administrateur de Saint-Louis, résolut enfin le problème de la fabrication du cristal à la houille dans des creusets ouverts, en transformant la houille en gaz dans des appareils spéciaux.

En 1784, un verrier, nommé Lambert, monta à Saint-Cloud un four à cristal d'après la méthode anglaise. Cette cristallerie fut ensuite transportée à Montcenis, près d'Autun, où elle prit le nom de verrerie de la Reine, et cessa de travailler en 1827.

On peut encore citer, parmi les cristalleries, celles de Clichy, de Lyon et de Pantin, dont les produits sont très remarquables.

Mais la plus importante des cristalleries de l'Europe est sans contredit Baccarat, située dans le département de la Meurthe, non loin de Lunéville. Fondée en 1765 sous le nom de *verrerie de Sainte-Anne* par M^{sr} de Montmorency-Laval, évêque de Metz, elle ne tarda pas à devenir un établissement du premier ordre entre les mains de son directeur, Antoine Renault, avocat au parlement, conseiller du roi, receveur des bois et domaines à Nancy et copropriétaire de l'usine. En 1789, elle formait déjà une municipalité distincte. En 1816, achetée par un verrier belge, M. d'Artigues, elle fut rachetée en 1822 par une compagnie française, qui continue encore de nos jours l'administration. A Baccarat, le cristal se fabrique toujours au bois, et plus de 2,000 ouvriers y travaillent, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur.

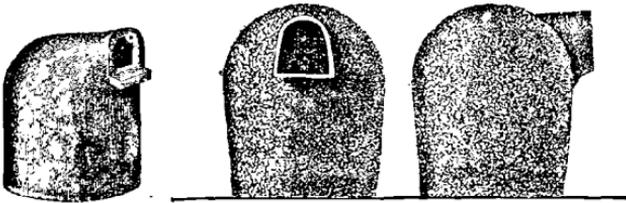
Il est inutile d'insister sur le mérite exceptionnel des produits de cette cristallerie. Ils sont connus du monde entier, qui, aux diverses expositions, a pu voir ses merveilleux lustres, ses coupes, ses candélabres, ses vases, etc. etc., où la beauté de la matière première le disputait à l'art qui a présidé à leur confection.

Composition et préparation. — La composition du mélange destiné à être converti en cristal varie un peu; cependant voici, d'après M. Bontemps, celle qui est à peu près suivie partout :

- 1 partie de carbonate de potasse.
- 2 — de minium.
- 3 — de silice.

On ajoute ordinairement, pour blanchir le cristal, une petite quantité d'oxyde de manganèse.

Le cristal étant le plus transparent de tous les verres, on conçoit que pour sa fabrication il soit nécessaire de n'employer que des produits de la plus grande pureté. Aussi dans un certain nombre de cristalleries s'est-on décidé à fabriquer le minium dont on a besoin, et à raffiner les sels de potasse (carbonate ou azotate) que l'on veut employer.



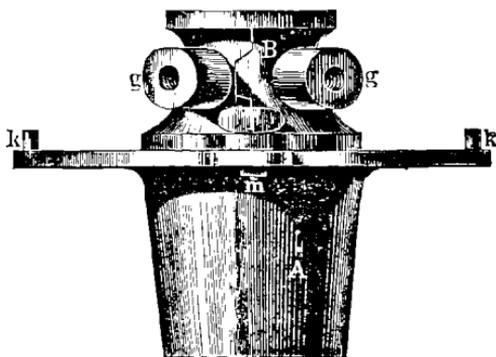
Creusets recouverts pour la fabrication du cristal.

Quant aux sables, on se sert de ceux d'Épernay en Champagne, de Fontainebleau ou de Nemours, qu'on lave avec grand soin avant d'être mis au creuset. Selon MM. Pelouze et Fremy (*Cours de chimie générale*), « pour reconnaître la pureté du sable qu'on doit employer dans la fabrication du cristal, le mieux est de le calciner au contact de l'air à une haute température. Pendant cette calcination, le fer contenu dans le sable passe à l'état de peroxyde de fer et produit une coloration rougeâtre; le sable le plus pur est celui qui se colore le moins; il est, du reste, presque impossible de trouver des sables qui ne contiennent pas de traces de fer. »

Nous ne reviendrons pas sur la description des fours des cristalleries, car ils ressemblent beaucoup aux fours à verre ordinaire.

Quant à la fabrication des objets, elle ne diffère que par le soin et l'attention, plus grands nécessairement, et peut-être aussi par quelques pièces de l'outillage qui servent plutôt au détail qu'à l'ensemble général. On y use aussi des

moules en fer, en terre et même en bois, et on préfère ces derniers, parce qu'ils exposent moins les pièces à être rayées. Employés depuis longtemps en Bohême, ils ont fini par s'introduire chez nous. Ils ont l'avantage de laisser au cristal un poli plus pur ; mais ils se détériorent et se carbonisent promptement si l'on ne prend soin de les mouiller de temps en temps et de tourner vivement l'objet pour éviter le contact permanent et prolongé du cristal encore rouge avec le bois. On peut, moyennant ces précau-



Moule fermé pour la fabrication des flacons en cristal.

tions, mouler dans le même moule jusqu'à 200 pièces sans qu'il soit déformé sensiblement.

Taille du cristal. — En sortant de l'atelier du verrier, les pièces de verre ou de cristal ne sont pas terminées. Elles doivent passer dans celui de la taille.

Pour les pièces de verre commun, l'opération se borne la plupart du temps à faire disparaître les arêtes trop tranchantes par un coup de meule de grès ; mais pour celles de cristal, le véritable travail ne fait que commencer, puisque c'est la taille qui doit leur donner les brillantes facettes, les creux, les saillies et les moulures.

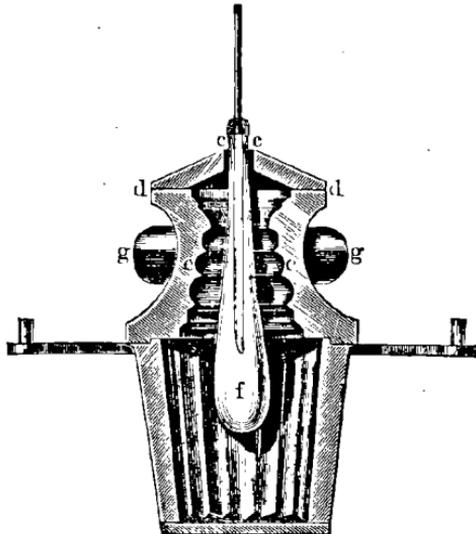
La taille se fait à l'aide de roues d'acier, de grès, de bois et de liège, mises en mouvement par un arbre de couche situé dans la partie supérieure de l'atelier.

La première opération est l'*ébauchage*, dans laquelle l'ou-



Le même, ouvert, coupe horizontale.

vrier présente à une roue d'acier, garnie d'une sorte de bouillie de poussière de grès, les différentes places de

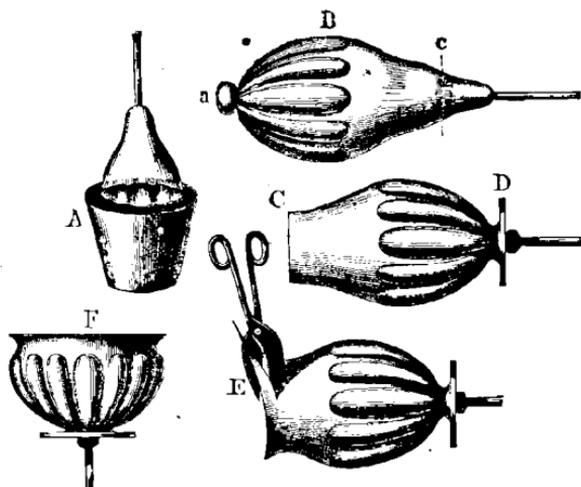


Moule dans lequel la paraison a été introduite.

l'objet qui doivent recevoir la taille. Un second ouvrier le prend alors et fait disparaître les rayures et une partie de l'opacité produites par l'opération précédente, au moyen

d'une roue de grès rouge. Un troisième ouvrier donne un nouveau degré de poli à la pièce sur une meule de bois, où il a projeté de l'émeri fin ou de la pierre ponce en poudre. On termine enfin en donnant aux facettes le dernier brillant avec une roue de liège saupoudrée de potée d'étain.

Pour graver le verre et le cristal on se sert des mêmes procédés que pour la taille, c'est-à-dire de roues ou meules



Fabrication d'une coupe en cristal.

de fer ou d'acier de dimensions très petites qu'humectent continuellement une boue liquide d'émeri ou de grès pulvérisé. Toute l'habileté de l'ouvrier, et il faut qu'elle soit grande, consiste à savoir se servir, en temps et lieu utiles, des différentes courbes que présente la meule. Ce sont donc la dextérité de main et la façon d'appliquer l'objet sur telle ou telle partie de la roue, sur son bord, sur sa partie inférieure ou supérieure, etc., qui font le mérite du tailleur ou graveur de cristaux.

Au siècle dernier, la France a produit plusieurs artistes de premier ordre en ce genre, et en tête de tous on peut placer J.-B. Nizi, qui est mort en 1786. Établi à la ver-

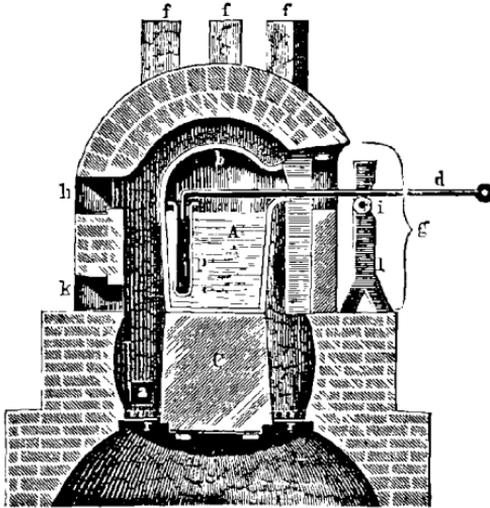
rierie de Chaumont, il y exerçait son art de graveur sur verre, et y a produit de véritables merveilles de finesse et de goût. Malheureusement la fragilité des pièces sur lesquelles il travaillait en a fait disparaître le plus grand nombre; mais du moins on connaît quelques-unes de ses œuvres, qui sont restées, sous forme de médaillons en terre cuite, des chefs-d'œuvre, que les graveurs de la Monnaie les plus exercés ne dépasseront jamais, et qu'ils peuvent prendre pour modèle.

Outre le genre de gravures sur verre dont nous venons de parler, il en est un autre beaucoup plus simple, que l'on emploie surtout quand on a de grandes surfaces à graver. C'est celle à l'acide fluorhydrique, matière la plus dangereuse que l'on connaisse, détruisant et attaquant presque tous les corps, sauf la gutta-percha, dans laquelle on la conserve.

Quand on met cet acide en contact avec le verre, il se fait de l'eau et un corps gazeux, l'acide fluosilicique, qui se dégage, emportant une partie de la silice du verre, et par conséquent laissant le verre décomposé, corrodé et gravé en creux. En recouvrant donc le verre d'un enduit gras ou résineux, si l'on trace sur cet enduit un dessin avec une pointe, de façon à l'enlever, et si l'on plonge la lame de verre dans l'acide fluorhydrique, l'acide attaquera le verre dans les parties où il est à nu et le respectera partout ailleurs. Ce procédé était déjà mis en pratique, en 1670, par un négociant de Nuremberg nommé Schwankhard, et il est mentionné aussi, un siècle plus tard, dans l'Encyclopédie de Diderot.

De nos jours, une découverte industrielle d'une grande importance est venue donner un nouveau développement à la gravure sur verre par l'acide fluorhydrique; c'est celle de la gravure par impression, qui permet de reproduire un grand nombre de fois le même dessin. C'est le même procédé que le *décalquage* employé en céramique. On fait sur papier le tirage d'une lithographie ou d'une gravure avec une encre très noire et très épaisse. On mouille ensuite la

papier en le présentant à un vase plein d'eau, contenant un quart ou un sixième de son poids d'acide chlorhydrique, dont les vapeurs se condensent sur le papier. Ensuite on passe rapidement l'épreuve à la surface d'un bain d'eau tiède, en l'y laissant surnager le temps nécessaire au nivellement des stries de l'encre que la chaleur fait fondre. On l'applique ensuite sur le verre, en la posant du côté de

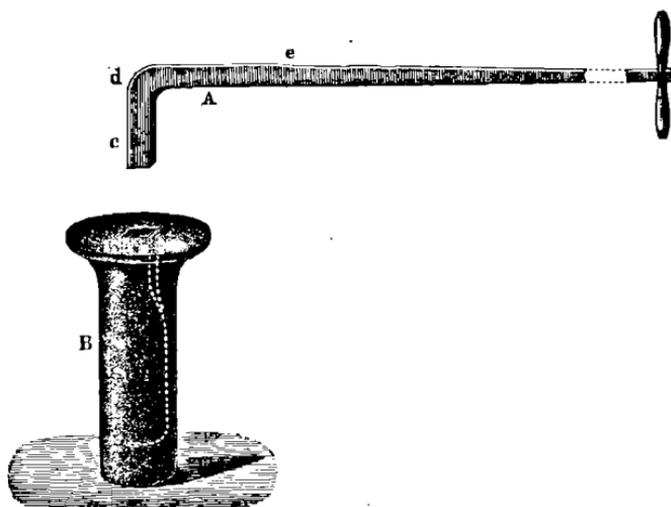


Four de fusion du crown glass et du flint glass.

l'encre, et on la presse légèrement; on mouille au besoin encore un peu le papier, et on le retire vivement. L'encre seule reste sur le verre et devient le vernis qui le préservera de l'action de l'acide. Puis on étend sur la glace la quantité utile d'acide fluorhydrique pour qu'elle soit couverte. Quand la gravure est achevée, on enlève l'encre ou vernis avec un rouleau ou de l'essence, et le dessin apparaît alors en clair sur la demi-transparence du reste de la glace.

CROWN GLASS. — Ce nom, qui signifie *verre en couronne*, a été conservé au verre dont on faisait en Angleterre des

vitres circulaires par l'ancien procédé. Sa composition est la même que celle du verre de Bohême. La matière alcaline qui entre dans sa préparation doit toujours être de la potasse; la soude donnerait au verre une certaine coloration qui le rendrait impropre aux usages pour lesquels il est spécialement fabriqué, et d'ailleurs elle aurait encore l'inconvénient de faciliter sa dévitrification.



Agitateur pour brasser le crown glass et le flint glass.

Le crown glass a le défaut d'être hygrométrique, c'est-à-dire de s'altérer par l'humidité. Quelques fabricants obviennent à cet inconvénient en substituant en partie, dans la composition, le borax à la silice. Cette variété de verre est surtout employée à la confection des instruments d'optique : on en fait souvent des lentilles très épaisses; il est donc nécessaire qu'il soit parfaitement incolore, limpide et exempt de défauts. Un fabricant, M. Guinand père, a imaginé, pour atteindre ce résultat, un procédé ingénieux qui a encore été perfectionné récemment par MM. Guinand fils et Bontemps. Ce procédé consiste à brasser le crown glass fondu avec des agitateurs cylindriques ou bâtons en argile

pure réfractaire, et cela jusqu'à ce que la masse soit solidifiée. On la scie ensuite, et l'on choisit dans l'intérieur les parties les plus limpides et les plus homogènes, qu'on façonne en les taillant et en les polissant sur des meules.

Les blocs de crown glass exigent, vu leur grande épaisseur, une recuisson très lente et très prolongée.

FLINT GLASS. — C'est une variété de cristal qui, comme le crown glass, se fabriquait originairement en Angleterre, et qui, comme ce dernier encore, est surtout consacrée à la confection des instruments d'optique les plus délicats.

Composition. — On distingue deux sortes de flint glass : celui qui, comme le cristal proprement dit, est affecté aux applications ordinaires, et dont la densité spécifique est de 3,7 à 3,2 (celle de l'eau étant représentée par l'unité); et celui qui sert exclusivement à faire des instruments d'optique. Le premier est formé de 300 parties de sable, 200 parties de minium et 100 de potasse. Nous n'avons rien à dire de particulier sur sa préparation et sa fabrication. Les deux dosages les plus avantageux pour le second sont les suivants :

1° Sable pur.	300
Minium	300
Potasse	150
Salpêtre	10
Acide arsénieux	0,45
Bioxyde de manganèse	0,60
2° Sable pur.	300
Minium	300
Carbonate de potasse.	90
Borax	5,5
Salpêtre	4
Acide arsénieux	1
Manganèse	1

On voit que dans cette deuxième sorte de flint glass la proportion de minium est beaucoup plus forte que dans la première. Cette augmentation a pour but d'accroître la

densité du verre destiné aux instruments d'optique, densité qui doit être au moins égale à 3,6.

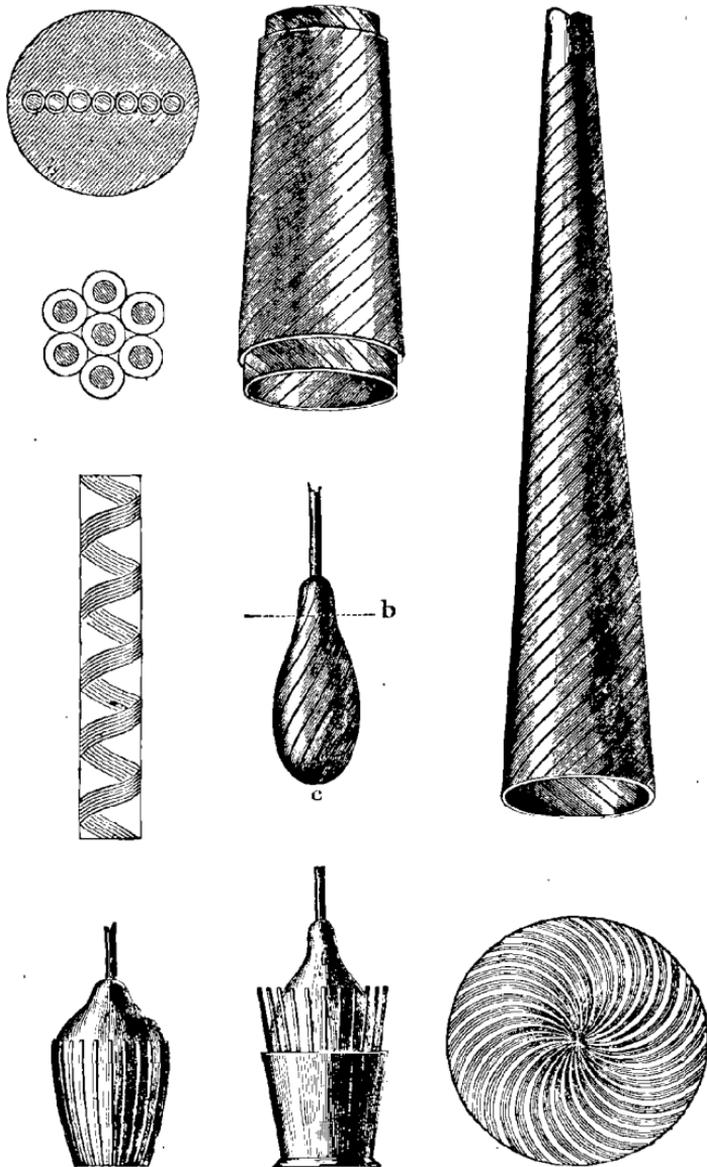
Fabrication. — Nous décrirons avec quelques détails, et telle qu'elle se pratique chez M. Bontemps, la préparation du flint glass des opticiens. Le four dans lequel s'opère la fusion est cylindrique et surmonté d'une voûte sphérique. Une partie est construite de manière à être démaçonnée facilement, pour qu'on puisse retirer et remettre le creuset à volonté. Ce creuset est couvert, et repose, lorsqu'il est dans le four, sur un support en briques. On le chauffe à part, au rouge blanc; on chauffe aussi d'avance le four; on y introduit le creuset, et l'on chauffe de nouveau jusqu'au maximum, qui n'est atteint qu'après trois heures d'un feu bien nourri. A ce moment on ôte l'un après l'autre les deux obturateurs qui ferment la gueule du creuset, et l'on y met 10 kilogrammes de composition. On chauffe derechef pendant une heure, et l'on ajoute 20 kilogrammes de mélange, puis, après deux heures encore, 48 kilogrammes, et ainsi de suite pendant huit à dix heures, jusqu'à épuisement de la quantité que le creuset peut contenir. Celui-ci, une fois plein, demeure fermé pendant quatre heures, au bout desquelles on l'ouvre pour y introduire le cylindre agitateur dont nous venons de parler à l'article *crown glass*. Ce cylindre, en argile réfractaire, chauffé à part au rouge blanc, est mû à l'aide d'une barre de fer coudée qui repose sur un support vertical. On brasse la masse en fusion pendant trois minutes, au bout desquelles, la barre de fer étant rouge, on la retire; on referme le creuset, on chauffe pendant cinq heures, et l'on procède à un second brassage, qu'on renouvelle ensuite d'heure en heure. On recouvre le feu d'une couche de houille de 25 centimètres d'épaisseur, qui ne tarde pas à se réduire en coke, et conserve pendant une couple d'heures l'égalité de température propre à favoriser le dégagement des bulles. Les deux heures écoulées, on ranime vigoureusement le feu et l'on relève la température à son maximum, où on la maintient pendant cinq heures.

La masse devient ainsi très fluide; on la brasse alors continuellement, en remplaçant la barre du cylindre par une autre lorsqu'elle est trop échauffée. En même temps la matière se refroidit et s'épaissit graduellement; lorsque le brassage devient trop pénible, on retire le cylindre et la barre, on bouche le creuset, les ouvreaux, les cheminées, toutes les issues enfin, et on laisse le refroidissement se faire avec une extrême lenteur. Ce n'est qu'au bout d'une huitaine de jours qu'on démaçonne le four et qu'on retire le creuset. La masse vitreuse qui y est contenue est divisée à l'aide d'une scie, comme cela se pratique pour le crown glass, en tranches parallèles. Les parties défectueuses sont éliminées et affectées à des usages divers, tandis que les tranches bien diaphanes et bien homogènes sont mises de côté. Le refroidissement très lent que le flint glass éprouve dans le fourneau même où il a été fondu lui tient lieu de recuisson.

Depuis quelques années, on a essayé de substituer la baryte au minium, pour la fabrication du cristal. Les verres ainsi obtenus ont une grande densité, un grand pouvoir réfringent, et résistent mieux que le verre ordinaire aux actions mécaniques et chimiques.

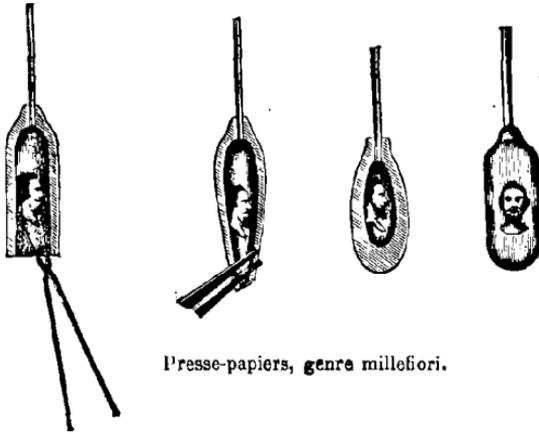
VERRE DIT DE VENISE OU FILIGRANÉ. — C'est un verre dans l'intérieur duquel on produit, à l'aide de fils d'émail opaques, blancs ou colorés, des dessins variés. Voici en quelques mots comment on arrive à ce résultat :

On étire des fils d'émail de 1 à 2 millimètres de diamètre et d'une longueur de 10 centimètres environ. On les place parallèlement dans des moules cannelés où l'on introduit du verre chaud et mou, qui les réunit et les *empâte* en leur conservant la position qu'on leur avait donnée d'abord. Cette préparation ou *paraison*, comme on dit dans les verreries, est enveloppée d'une double couche de cristal, et la masse entière formée de cette façon est étirée à son tour, et roulée en spirales; c'est la forme des moules où l'on a mis *premièrement* les fils d'émail qui détermino



Diverses préparations des objets en verre filigrané.

la figure que le verre doit offrir aux yeux. On forme avec les spirales de longues cordes vitreuses de 15 à 20 mètres, qu'on coupe en tronçons de 30 à 35 centimètres. Ces tronçons, réunis en faisceaux et exposés à une température suffisamment élevée, s'agglomèrent. On a alors une masse bigarrée, qu'on souffle et qu'on façonne par les procédés ordinaires.



Presse-papiers, genre millefiori.

MILLEFIORI. — Ce verre, très semblable au précédent, n'en diffère que par la nature du dessin dont il est orné, et qui, au lieu d'être formé par des fils d'émail, comme dans le verre de Venise proprement dit, consiste en fleurs et en étoiles. Ces dessins se font aussi en émail blanc ou coloré, dans des moules en bois ou en métal. On les réunit ensemble avec du verre, et on les enchâsse dans du cristal. Les presse-papiers en forme de boules dans l'intérieur desquels on voit des figures, des portraits, des paysages, etc., s'obtiennent à peu près de la même manière. La façon en est délicate, et exige des précautions pour que l'image ne se déforme pas, et que la boule elle-même soit exempte de bulles et d'autres défauts.

VERRE COLORÉ. — Toutes les variétés de verre peuvent

recevoir des teintes de toutes sortes plus ou moins foncées. Il suffit pour les leur donner d'ajouter au mélange, avant ou pendant la fusion, certaines matières minérales qui sont le plus souvent des oxydes métalliques. Ces oxydes, avant d'être employés, doivent être essayés avec une petite quantité de verre ordinaire ou de verre à base de plomb : on s'exposerait sans cela à voir sortir du four des verres autrement colorés qu'on ne les aurait attendus. Ces verres étant d'ailleurs presque toujours destinés à être *doublés*, c'est-à-dire superposés les uns aux autres et recuits ensemble, doivent se dilater et se contracter également sous l'influence des changements de température. Cette condition très essentielle ne peut être réalisée que par des essais et des tâtonnements.

Voici comment on prépare les principaux verres colorés :

Verre coloré en bleu saphir. Lorsque la masse vitreuse est fondue, on y ajoute une quantité d'oxyde de cobalt plus ou moins considérable, suivant qu'on veut produire une teinte plus ou moins foncée. Cet oxyde n'a pas besoin d'être très pur, et il en faut ordinairement très peu pour donner au verre une couleur assez intense.

Verre coloré en bleu céleste. C'est au bioxyde de cuivre qu'on a recours pour produire cette teinte; mais on ne peut opérer que sur des verres alcalins. Si l'on ajoutait de l'urane, ce métal produisant une couleur jaune, celle-ci, en se mêlant au bleu du bioxyde de cuivre, colorerait le verre en vert émeraude.

Verres couleur de pourpre. La couleur de pourpre s'obtient à l'aide du protoxyde de cuivre; mais cette préparation n'est pas sans difficulté; il est nécessaire, en effet, d'éviter avec soin que le verre contienne un corps oxygéné facilement réductible, lequel, cédant son oxygène au protoxyde de cuivre, le ferait passer à l'état de bioxyde et teindrait le verre en bleu au lieu de le colorer en rouge pourpre.

Verres colorés en vert. On en prépare plusieurs; nous venons déjà de voir que le vert émeraude s'obtient par un mélange d'urane et de bioxyde de cuivre. Nous savons en

outré que le *vert bouteille* est engendré par l'oxyde de fer. On produit le *vert d'herbe* à l'aide d'un mélange d'oxyde de cobalt et de vert d'antimoine, ou simplement au moyen du sesquioxycde de chrome. On prépare maintenant un *nouveau vert émeraude* avec un mélange d'oxyde de nickel et d'urane.

Verres colorés en jaune. La teinte *jaune serin* s'obtient, d'après les indications de M. Peligot, un de nos meilleurs chimistes industriels, en ajoutant aux verres à base de chaux de l'oxyde d'urane : le verre ainsi préparé possède un double reflet. On ne pourrait opérer sur du cristal, à cause de la présence du plomb. La teinte *jaune ambrée* se produit avec du chlorure d'argent. On l'applique surtout aux verres qui doivent être gravés.

Verres violets. Ces verres se préparent toujours avec le bioxyde de manganèse, dont une petite quantité suffit pour produire une coloration très intense. Pour avoir un beau violet, il faut ajouter à la composition une petite proportion d'azotate de potasse (salpêtre).

Verres colorés en rose. On donne au verre des teintes roses plus ou moins foncées, soit avec une dissolution d'or dans l'eau régale (mélange d'acide chlorhydrique et d'acide nitrique), soit avec du *pourpre de Cassius* (poudre d'un rouge pourpre qui se précipite lorsqu'on traite la dissolution susdite ou chlorure d'or par le chlorure d'étain). La fabrication de ce verre est très difficile et très délicate. Chaque fabricant a son *tour de main* pour la réussir, et se le réserve comme un secret. Ce n'est qu'en subissant une sorte de recuit que le verre contenant le chlorure d'or prend la belle teinte rose ou pourpre qu'il doit avoir, et qui est due, à ce qu'on croit, aux particules d'or répandues dans la masse. On prépare aussi un verre rose dit *rubis de Bohême*, dont voici la composition.

Quartz étonné au feu ou pulvérisé . . .	100 parties.
Minium (oxyde de plomb)	150
Potasse fine	30
Borax fondu	20 —

Sulfure d'antimoine	5 parties.
Peroxyde de manganèse	5 —
Or détonant (arsiate d'ammoniaque) broyé avec de l'essence de térébentine	5 —

Verres doublés. On appelle ainsi des pièces où deux verres différents (ordinairement du cristal blanc et un verre coloré) sont ajoutés l'un à l'autre en deux couches distinctes. Ces pièces s'obtiennent avec la plus grande facilité : l'ouvrier cueille avec sa canne du cristal blanc, puis il la plonge dans un creuset contenant du verre coloré. Ce dernier s'attache au premier et le recouvre. On souffle ou l'on moule alors la pièce par les moyens ordinaires, et l'on obtient des objets dont l'intérieur est garni de verre incolore, tandis que l'extérieur est en verre coloré. On peut enlever celui-ci en certains endroits de manière à produire les dessins les plus variés. Il va sans dire qu'on obtiendrait le résultat inverse avec la même facilité en cueillant le verre coloré d'abord et le cristal incolore ensuite.

Verre triplé. Au lieu de deux couches de verre, on peut en former trois. La couche intermédiaire est presque toujours de l'émail blanc ou coloré. On se propose par là de tracer sur les deux faces du même objet des dessins de couleur différente, et qui ne se confondent point ou ne se défigurent point, comme cela arriverait si on laissait au verre sa transparence. La façon est la même que pour le verre doublé.

ÉMAIL. — On donne le nom d'*émaux* à des verres blancs ou colorés rendus opaques par des substances minérales qu'ils tiennent en suspension, telles que le borax, le phosphate de chaux, l'oxyde d'étain, etc. L'émail ordinaire, celui qui sert de base à la fabrication de tous les autres, s'obtient de la manière suivante :

On chauffe ensemble jusqu'au rouge, au contact de l'air, 25 parties d'étain et 100 parties de plomb. Cet alliage s'oxyde promptement et se recouvre d'une couche pulvé-

rulete jaunâtre, qu'on enlève à mesure qu'elle se forme, et qu'on pulvérise encore jusqu'à ce qu'elle soit réduite en une poudre très fine; elle prend alors le nom de *calaine*. On en mêle 200 parties avec 100 parties de sable siliceux et 80 parties de carbonate de potasse, et on chauffe le mélange seulement assez pour qu'il éprouve un commencement de fusion. On a ainsi une *fritte* qui entre dans la composition de tous les émaux.

Pour préparer l'émail blanc, on réduit la fritte en poudre, on la mêle avec une quantité de peroxyde de manganèse déterminée d'avance par des essais effectués sur de petites quantités de matière, et l'on chauffe vivement cette composition dans des pots couverts pour la mettre à l'abri de la fumée. Lorsqu'elle est fondue on la coule dans l'eau, on la pulvérise, on la fait fondre de nouveau pour recommencer encore. Ce n'est qu'après trois ou quatre fontes et broyages successifs que l'émail peut être coulé définitivement et livré au commerce.

L'oxyde d'antimoine peut, dans cette fabrication, remplacer le mélange d'oxyde d'étain et d'oxyde de plomb. L'émail à base d'antimoine paraît surtout propre à recevoir les colorations en pourpre et en bleu. Voici le dosage considéré, d'après Clouet, comme le plus convenable.

Verre blanc sans plomb	300 parties.
Borax	109 —
Salpêtre	25 —
Antimoine diaphorétique lavé	100 —

On donne à l'émail la coloration bleue à l'aide d'une très faible quantité d'oxyde de cobalt ou avec de l'azur. On le colore en violet avec du peroxyde de manganèse; — en noir, avec un mélange d'oxyde de fer et de peroxyde de manganèse, auquel on ajoute, lorsqu'on veut obtenir un noir brillant et foncé, une faible proportion de cobalt. — La coloration de l'émail en jaune s'obtient le plus ordinairement par le mélange de 1 partie d'oxyde d'antimoine, 1 partie de sel ammoniac, 1 partie d'alun, et 1 à 3 parties

de carbonate de plomb (céruse). On pulvérise chacune de ces substances à part, on les mélange ensuite et on les chauffe jusqu'à ce que le sel ammoniac ait été entièrement chassé par évaporation. Les émaux vert et rouge se présentent, comme les verres de même couleur, le premier avec de l'oxyde de chrome ou bioxyde de cuivre, le second avec du chlorure d'or, ou quelquefois avec du protoxyde de cuivre. Les nuances du rouge, depuis le rouge orangé jusqu'au rouge pourpre, sont produites par l'addition d'une quantité plus ou moins grande d'oxyde de fer.

Application de l'émail sur les métaux. — Cette application constitue un art assez curieux pour que nous nous y arrêtions un instant. Nous empruntons les détails qui suivent à un savant article du *Dictionnaire des arts et manufactures*. Les émaux destinés à être appliqués sur les métaux sont d'une préparation difficile : Venise seule en a longtemps possédé le secret, et c'est de cette ville que le commerce reçoit encore la plus grande partie des émaux qu'il emploie à cet usage. Néanmoins M. Lambert, à Sèvres, a fabriqué un émail qui n'a plus rien à envier à ceux de Vienne. L'or et le cuivre sont les seuls métaux qui puissent bien être émaillés. Le premier doit être au titre de $\frac{1}{12}$ ou 0,917, savoir : 22 parties d'or, une partie d'argent et une partie de cuivre. A un titre inférieur il serait trop fusible; plus fin, il laisserait à désirer sous le rapport de la dureté.

Quel que soit le métal à émailler, on réserve au bord de la plaque une petite bordure pour empêcher l'émail de se répandre et de tomber lorsqu'on l'applique dessus. Si l'un des côtés seulement de cette plaque doit être recouvert, il faut que la couche d'émail soit moins épaisse, sans quoi la plaque se bomberait. Si l'on ne veut émailler une des faces qu'en certains endroits, il faut tracer au burin les contours de ces parties et les creuser bien uniformément d'une profondeur égale à l'épaisseur qu'on veut donner à la couche d'émail. Il est même bon d'y tracer avec le burin des hachures croisées, afin d'augmenter l'adhérence du vernis vitreux et du métal.

Dans tous les cas, la pièce doit être bien décapée : pour cela, on la fait bouillir dans de l'eau de potasse; on la lave ensuite avec de l'acide acétique étendu d'eau, puis avec de l'eau pure, et enfin on l'essuie avec soin. Cependant on broie l'émail dans un mortier d'agate : on lave à l'eau la poudre ainsi obtenue, on l'étend encore humide sur les parties à émailler, et on la laisse sécher à l'air libre. On place ensuite la pièce sur une plaque de tôle à deux rebords, percée de trous, qu'on chauffe sur des charbons ardents jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs. Ce chauffage s'opère dans un fourneau à moufle et à réverbère en argile réfractaire ou en tôle revêtue intérieurement d'argile. On le chauffe préalablement au bois, puis au charbon de bois, et c'est lorsque le moufle est arrivé au rouge vif qu'on y introduit la plaque de tôle portant les objets recouverts d'émail, et qu'on la pousse graduellement vers le fond. On place quelques charbons ardents à l'ouverture du moufle, pour augmenter et régulariser la chaleur à l'intérieur. Dès que l'émail commence à entrer en fusion, on fait tourner la plaque de tôle de manière à en amener chaque côté à son tour vers le fond du moufle; puis, lorsque l'émail est bien également fondu partout, on retire la plaque peu à peu, afin d'éviter les fissures qui se produiraient par suite d'un brusque abaissement de température.

Lorsque la pièce est entièrement refroidie, on y applique de la même manière une seconde et une troisième couche d'émail. Si l'on remarque des fissures à la surface de ce vernis, on les élargit au burin, on les remplit de poudre d'émail, et l'on chauffe de nouveau. Comme d'ailleurs la surface de l'émail présente toujours quelques rugosités, on le polit à l'eau sur une meule de grès très fin, puis on remet la pièce au feu pour lui rendre, par une nouvelle fusion, l'éclat et le poli voulus.

Si l'on veut peindre les pièces émaillées, ce qui se fait au pinceau comme sur ivoire ou sur papier, les couleurs doivent être préparées avec des émaux colorés, pulvérisés

dans un mortier d'agate, et porphyrisés aussi fin que possible à l'aide d'une molette et avec de l'huile de lavande, sur une table de porphyre. La bouillie ainsi préparée est placée sur de petites assiettes en porcelaine, qu'on recouvre avec une plaque de verre ou un morceau de mousseline, et qu'on expose au soleil jusqu'à ce que la pâte soit assez épaisse pour pouvoir être employée. La peinture terminée, on fait d'abord sécher les pièces à l'étuve, puis on les passe dans le moufle pour fixer les couleurs par la vitrification.

STRASS. — Ce verre, très employé dans la bijouterie pour fabriquer de faux diamants, tire son nom de l'artiste anglais Strass, qui le fabriqua le premier. Il ressemble au flint glass par sa composition et par ses propriétés. Seulement les matières dont il est formé doivent être parfaitement pures, leur mélange très intime, leur fusion lente et prolongée pendant vingt-cinq heures, et le refroidissement de la masse fondue également très lent, pour tenir lieu de recuit. La matière siliceuse est tantôt du sable, tantôt du cristal de roche. Cette dernière substance donne un strass très dur et très blanc, mais moins brillant que celui qu'on obtient avec le sable. Celui-ci, bien que possédant une légère teinte jaune, est doué d'un vif éclat, et par cela même ressemble davantage à la pierre précieuse qu'on se propose d'imiter.

Un homme spécial, M. Douault, qui a étudié attentivement la fabrication du strass, a proposé les compositions suivantes comme les meilleures :

1° Cristal de roche	300 parties.
Minium	470 —
Potasse à l'alcool	163 —
Borax	22 —
Acide arsénieux	1 —
2° Sable	300 parties.
Céruse de Clichy	514 —
Potasse à l'alcool	96 —
Borax	27 —
Acide arsénieux	1 —

3 ^e Cristal de roche	300 parties.
Potasse à l'alcool	168 —
Borax.	18 —
Acide arsénieux	0,5 —
Minium :	462 —

Ces compositions, bien entendu, ne s'appliquent qu'au strass incolore ou imitation de diamant. Pour imiter les autres pierres précieuses naturelles, on peut donner au strass aussi bien qu'aux autres verres, les nuances les plus variées. Voici les préparations par lesquelles on imite les principales pierres colorées :

TOPAZE. — Strass blanc	1 000 parties.
Verre d'antimoine	49 —
Pourpre de Cassius.	1 —

Cette pierre subit quelquefois, pendant sa fabrication, des changements de teinte remarquables, et peut passer, suivant l'élévation de la température, du jaune clair au rouge pourpre intense.

RUBIS. — Strass blanc	800 parties.
<i>Matière topaze</i>	100 —

On fait fondre ce mélange pendant trois heures, puis on le réchauffe au chalumeau, et c'est alors qu'on lui voit prendre la belle teinte de la pierre précieuse naturelle.

ÉMERAUDE. — Strass blanc.	1 000 parties.
Oxyde de cuivre pur.	8 —
Oxyde de chrome.	0,2 —
SAPHIR. — Strass incolore.	1 000 —
Oxyde de cobalt	15 —
AIGUE-MARINE. — Strass blanc.	1 000 —
Verre d'antimoine.	7 —
Oxyde de cobalt	0,4 —
AMÉTHYSTE. — Strass incolore.	1 000 —
Oxyde de manganèse	8 —
Oxyde de cobalt	5 —
Pourpre de Cassius	2,5 —
GRENAT STYRIEN. — Strass incolore.	1 000 parties.
Verre d'antimoine	500 —
Pourpre de Cassius	4 —
Oxyde de manganèse	4 —

AVENTURINE. — C'est un verre contenant dans sa masse des cristaux octaédriques brillants de cuivre métallique. La fabrication de ce beau produit était restée pendant longtemps un privilège et un secret de l'industrie vénitienne, et le prix en était très élevé. MM. Clémandot et Fremy ont découvert le procédé, qu'on avait cherché vainement pendant tant d'années. On sait donc aujourd'hui que l'aventurine s'obtient en chauffant, en présence d'une masse vitreuse, du silicate de protoxyde de fer et du protoxyde de cuivre. Le premier de ces deux corps s'empare de l'oxygène du second ou le *réduit*, pour se transformer en silicate de peroxyde de fer. Le cuivre rendu à l'état métallique prend cette belle forme cristalline qui donne à l'aventurine un aspect si brillant et si agréable à l'œil.

On a cru longtemps que le cuivre métallique ou oxyde de cuivre était nécessaire pour la reproduction de l'aventurine; d'après Pelouze, on arrive à un résultat plus satisfaisant en fondant 250 parties de sable, 100 de carbonate de soude et 40 de bichromate de potasse.

JAIS. — On appelle *jais naturel* ou *jaïet* un minéral composé d'une matière organique à demi carbonisée, et qui est une variété du lignite. Chez les anciens on en taillait des objets d'ornement.

Le jais a été imité de bonne heure au moyen du verre noir, comme on peut s'en convaincre par la vue des colliers trouvés dans les tombeaux des Égyptiens et que l'on nomme des *pectoraux*. Il n'a jamais cessé, du reste, d'entrer dans la parure et dans les broderies des vêtements; la passementerie en fait encore un grand usage.

On le prépare en étirant du verre noir, que l'on coupe en cylindres assez petits. Pour arrondir leurs extrémités tranchantes, on les place dans un récipient rempli d'un mélange pulvérulent d'argile, de poussier de charbon, de plâtre et de graphite, qui pénètre dans le tube intérieur et empêche la perle de se déformer lorsqu'on fait repasser le

tout dans un four de verrier. Le verre alors se ramollit, les angles s'arrondissent et la matière qui les entoure les empêche de s'agglutiner.

VERRE OPALÉ. — On obtient cette variété en ajoutant au verre fondu 40 % de son poids d'os calcinés ou de phosphate de chaux. Ce phosphate interposé dans la masse vitreuse lui donne un aspect laiteux, avec les reflets rougâtres de l'opale.

VERRE D'ALBÂTRE. — Ce verre, dont l'apparence est trouble, n'est ni laiteux ni opalin, mais grenu, ce qui le fait ressembler à l'albâtre. On s'en sert surtout pour produire les effets de turquoises dans la cristallerie de luxe; mais il est difficile à obtenir.

Voici, d'après M. Stein, la formule de ce verre :

Silice.	79,4
Potasse.	16,8
Chaux	2,8
Acide phosphorique.	1,0
	100,0

L'acide phosphorique est, dans ce produit, à l'état de phosphate de chaux.

D'après M. Flamm, la meilleure recette pour obtenir le verre d'albâtre est d'employer :

Sable blanc.	100 kilogr.
Potasse purifiée	30 —
Chaux éteinte	13 —
Sel de nitre	1 —
Sel de cuisine	1,5
Arsenic	0,250
Oxyde d'étain	1 —

« Après avoir fondu le verre, on le surprend par l'eau, dit M. Flamm, on le moule, on le refond de nouveau, en n'élevant pas trop la chaleur, et on le souffle promptement. »

VERRE CRAQUELÉ. — Le verre ou le cristal craquelé présente dans sa masse des dessins irréguliers imitant assez bien de petits glaçons répartis à l'intérieur du vase. Longtemps la fabrication de ce verre a été le privilège de la Bohême et de Venise ; mais aujourd'hui que le procédé est connu, il est mis à exécution dans presque toutes les verreries.

On parsème une plaque de fer de fragments de verre blanc ou coloré, concassés plus ou moins irrégulièrement. On retire alors du creuset une certaine quantité de verre ou de cristal et on promène cette *paraison* sur la plaque de fer, où les fragments de verre ne tardent pas à adhérer à la masse vitreuse. On réchauffe de nouveau la pièce, on la roule encore sur la plaque et on la souffle. Le verre en fragments doit être de la même nature que celui de la paraison, sans cela l'objet se casserait par le retrait.

D'après M. Bontemps, on obtient un verre *fendillé* « en plongeant rapidement dans l'eau froide la canne chargée de verre ; l'extérieur se glace et se fendille en tous sens ».

IV

De quelques applications particulières du verre.

Il ne saurait entrer dans notre cadre de décrire les innombrables applications des différentes espèces de verre que nous venons de passer en revue : ce serait entreprendre tout un gros traité de technologie. Nous nous bornerons à dire, en terminant, quelques mots de trois applications du verre qui nous semblent offrir un intérêt spécial, et sur lesquelles nos lecteurs nous sauront peut-être gré de leur donner quelques notions. Nous voulons parler de la *peinture sur verre*, du *vernissage vitreux du fer* et du *verre trempé*.

PEINTURE SUR VERRE. — Deux procédés différents sont en usage dans l'art de la peinture sur verre. Le premier consiste à colorer le verre dans sa masse par des oxydes métalliques, à le découper et à en réunir ensuite les fragments avec des feuilles de plomb. Ce procédé est celui qu'on employait autrefois pour confectionner les vitraux des églises, qui ne sont autre chose, comme on sait, qu'une sorte de mosaïque.

Le second procédé consiste à peindre le verre comme on peint la porcelaine, et à le cuire ensuite au moufle. En le combinant avec le premier, on peut obtenir des vitraux d'un bel effet.

On a coutume, dans la peinture sur verre proprement dite, de peindre à la fois sur les deux faces du vitrage, de façon que chacune, étant diversement éclairée, présente par la combinaison des ombres et des lumières un effet partiel qui concourt à l'effet général. Les couleurs employées doivent être transparentes, ce qui n'est pas nécessaire et

souvent même ne conviendrait pas pour la peinture sur porcelaine. Les substances auxquelles on s'adresse pour les produire ne sont donc pas les mêmes dans l'un et dans l'autre de ces arts jumeaux.

VERNIS VITREUX SUR LE FER. — M. Paris de Bercy est parvenu à préserver le fer de la rouille en le recouvrant d'une couche légère de verre fondu. Il vernit ainsi des objets de toute sorte, qui présentent les conditions désirables de durée et de solidité : des vases, des marmites et d'autres ustensiles de ménage, des tuyaux de poêle, des feuilles à rebords qui peuvent remplacer le plomb et le zinc pour la couverture des édifices, des capsules et divers appareils en usage dans les laboratoires.

Voici en quoi consiste le procédé de M. Paris. Les objets en tôle ou en fer forgé sont décapés à l'eau seconde (acide nitrique étendu d'eau), lavés, séchés et vernis à l'aide d'un pinceau, avec une dissolution de gomme arabique. La matière qui doit former l'enduit vitreux est composée de 130 parties de flint glass pulvérisé, de 20 parties $\frac{1}{2}$ de carbonate de soude, et de 12 parties d'acide borique. On fait fondre ces substances mélangées dans un creuset tel que ceux dont on se sert dans les verreries, mais qu'on a préalablement revêtu intérieurement d'une couche vitreuse fondue peu à peu, afin d'éviter que des corps étrangers détachés de ses parois se mêlent à la composition. Le verre fondu, puis refroidi, est réduit dans un mortier, à l'aide d'un pilon d'acier, en une poudre fine qu'on passe dans un tamis de soie, et qui est alors propre à être appliquée sur le métal. On en saupoudre les objets vernis à la gomme, qu'on fait ensuite sécher dans un four à la température de 100 à 140 degrés centigrades. On les transporte dans un moufle, et là on les chauffe au rouge cerise jusqu'à ce que la poudre vitreuse dont ils sont couverts entre en fusion. A ce moment on les retire et on les dépose dans une chambre close, pour qu'ils puissent s'y refroidir graduellement. Si le vernis ainsi obtenu

était inégal, ou qu'il eût laissé des parties non couvertes, on y appliquerait une deuxième couche par le même procédé.

Cet enduit est diaphane, et laisse voir la couleur du métal; on peut faire chauffer dans les vases qui en sont garnis de l'eau, des aliments, etc., sans qu'il éclate ou se fendille; il résiste même, lorsqu'il a été doucement refroidi après la fusion, aux changements brusques de température qu'il peut éprouver ensuite.

Ce vernis protège à peu près complètement le métal contre l'action des acides; mais les solutions bouillantes de soude ou de potasse peuvent l'attaquer et le dissoudre.

« Ce produit, dit M. Payen¹, est susceptible d'applications avantageuses. Il peut être substitué au fer étamé pour un grand nombre d'usages domestiques. La superficie se nettoie avec une grande facilité, et présente l'avantage de ne donner aux aliments aucune saveur métallique. Plusieurs ustensiles de cuisine dont on se sert depuis un an ont parfaitement résisté à l'usage. Leur emploi est donc tout à la fois salubre et commode.

« On peut citer, parmi les usages importants du fer ainsi préparé, la fabrication de tuyaux pour la fumée, qui remplaceront les tuyaux ordinaires en tôle, si altérables à l'air.

« On a dernièrement appliqué avec succès la couche vitreuse de M. Paris aux formes à sucre, aux cristallisoirs des acides stéarique et margarique (dont on fait les bougies), et à d'autres ustensiles en tôle. On pourrait probablement l'employer avec avantage pour enduire les plaques et parois en fonte des presses, que les acides gras font oxyder, et dont ils dissolvent la rouille. »

LE VERRE TREMPÉ. — Il y a quelques années, vers 1874, la nouvelle qu'une révolution complète allait s'o-

¹ *Chimie industrielle*, p. 365.

pérer dans la fabrication du verre se répandit partout. On avait trouvé, disait-on, le moyen de rendre le verre *incassable*, s'il est permis d'employer ce mot; et dès lors on prévoyait une série de ruines pour un certain nombre d'industries que le nouveau verre devait remplacer. Comme à l'apparition du téléphone et du phonographe, l'enthousiasme avait considérablement grossi les choses. Le téléphone et le phonographe sont restés d'admirables prémisses; mais il y a loin des espérances exprimées aux résultats obtenus. Cependant, pour le *verre trempé* ou *durci*, il n'en est pas tout à fait de même, et l'avenir pourrait bien donner raison à quelques-unes des prédictions formulées lors de son apparition.

Tout porte à croire que le principe de la trempe du verre, dont l'inventeur fut M. de Labastie, est le même que celui des *larmes bataviques*, obtenues en laissant tomber du verre fondu dans de l'eau. La couche extérieure du verre, brusquement saisie par le froid, se contracte et se fige rapidement, tandis que l'intérieur, encore en fusion, opère son refroidissement plus lentement. Mais dès lors l'équilibre entre les diverses parties de la matière est rompu; la partie extérieure est dans un véritable état de tension, et elle exerce sur toute l'enveloppe un effort considérable. Un choc, même violent, sur la partie renflée de la larme batavique, restera sans effet; mais que l'on vienne à briser, par exemple, l'extrémité la plus aiguë, aussitôt la solidarité établie entre les particules du verre et maintenue par la croûte extérieure se trouve détruite, et toute la masse éclate avec bruit et vole presque en poussière.

Le grand inconvénient du verre trempé est donc cet étrange état moléculaire procuré par le refroidissement de sa surface extérieure, qui ne lui permet pas d'être coupé ni taillé sans qu'aussitôt il se brise en mille morceaux.

Le procédé de M. de Labastie consiste à ramollir d'abord le verre par la chaleur, puis à le *tremper*, c'est-à-dire à le plonger dans l'huile. Il prend alors une dureté extrême

et résiste aux chocs qui mettraient en pièces le verre ordinaire.

M. Siemens, de Dresde, depuis l'annonce de cette découverte, opère la trempe du verre d'une autre façon. Il emploie la *fonte en coquille*, qui consiste à refroidir le verre en le serrant entre deux plaques de fonte froides. Ce procédé, dit-on, le rend 8 à 10 fois plus résistant que celui de la trempe à l'huile.

En 1879, M. Siemens a fait en Angleterre de curieuses expériences sur le verre durci provenant de ses usines. Il en a fabriqué des traverses de chemin de fer ayant une section de 10 sur 15 centimètres. On les a placées librement sur deux points d'appui distants de 0^m75 l'un de l'autre, et l'on a constaté qu'il fallait un poids de 5,000 kilogrammes pour les casser. Des traverses de ce genre, après ces essais, ont été posées sur une ligne de tramways, à Strafford. Dans une autre série d'expériences, une plaque carrée de 0^m22 de côté et 0^m028 d'épaisseur, a été enfouie dans du sable et recouverte d'une planchette de 3 millimètres d'épaisseur. On posa sur cette planchette un bout de rail, sur lequel on laissa tomber, de hauteurs successives, c'est-à-dire de 0,90 à 6 mètres, un poids de 457 kilogrammes, qui brisa le rail, mais laissa la plaque de verre intacte.

MM. de Luynes et Feil, examinant l'état anormal produit sur le verre par la trempe, affirment qu'on peut, dans quelques cas particuliers, le scier ou le percer sans le rompre.

En 1878, toutes les difficultés de la fabrication semblent avoir été résolues; les procédés se sont simplifiés et se sont combinés avec les opérations ordinaires de la verrerie. Les objets faits avec la matière liquide, et étant encore rouges, sont directement jetés dans le bain de trempage, où un appareil particulier permet aux verres, tubes ou bouteilles, de recevoir le liquide dans leur intérieur au moment de l'immersion, et à l'air qu'ils contiennent de s'échapper. Les produits de l'usine de Choisy-

le-Roi ont maintenant des formes plus régulières et une exécution plus satisfaisante; on pouvait les voir, à l'Exposition universelle, dans la galerie des verres et cristaux de la section française.

On a signalé divers accidents provenant de l'explosion subite et spontanée de quelques objets en verre durci. Espérons que cette industrie, qui en est en quelque sorte à son berceau, triomphera de ces inconvénients. Elle a déjà su améliorer et perfectionner les formes de ses produits et parer à d'autres obstacles qui se dressaient devant elle pour empêcher sa réussite; elle obviendra aussi aux autres reproches qu'on peut encore lui faire.

On sait que le verre est très mauvais conducteur de l'électricité. Cependant tous les verres ne jouissent pas au même degré de cette propriété, car il y en a qui attirent plus ou moins l'humidité de l'air. Presque toutes les glaces fabriquées aujourd'hui sont hygrométriques; aussi les fabricants d'instruments de physique recherchent-ils les glaces anciennes, qui le sont beaucoup moins, pour faire les plateaux des machines électriques. D'après les essais de M. Ducretet, le verre trempé oppose au passage de l'électricité une résistance beaucoup plus grande que le verre ordinaire.

« L'auteur de cette remarque, dit M. Stanislas Meunier dans *la Nature*, 1^{er} semestre 1880, l'a appliqué à la construction de bouteilles de Leyde, qui, toutes choses égales, peuvent être chargées beaucoup plus que les bouteilles ordinaires. Comme le fait remarquer M. Becquerel, ce fait pourrait devenir très précieux, en permettant de construire des condensateurs extrêmement minces et capables, par conséquent, d'effets considérables. »

Le verre trempé, comme nous l'avons vu, devient extrêmement résistant et peut être mis sur le feu sans se déformer et sans se briser. Voici un nouvel usage auquel on l'a employé. MM. Montcharmont et Dumas ont substitué aux caractères typographiques habituels des types fondus avec ce verre; l'œil en est aussi pur, les pleins et les

déliés sont aussi délicats. Pour les tirages en couleur, il est inutile de faire ressortir le grand avantage de cette innovation. Certaines couleurs, en effet, surtout celles à base de cuivre, ne peuvent être obtenues avec des caractères de plomb; il faut en prendre alors en cuivre, obtenus par la galvanoplastie; avec le verre, tous ces inconvénients disparaîtront.

Avant de terminer cet article, il est bon de signaler un autre système imaginé, en 1877, pour la trempe du verre, dans lequel la vapeur agit comme agent de refroidissement, enveloppant presque instantanément les objets d'une atmosphère à une température plus basse, sans laisser aux contractions inégales du verre le temps de se propager. Le verre soumis à ce traitement possède, du reste, tous les caractères et tous les avantages de celui qui est trempé à l'huile.

LES BRIQUETS

ET

LES ALLUMETTES



I

Divers briquets en usage avant l'invention des allumettes chimiques.

Le briquet primitif est probablement celui dont se servent encore, si l'on en croit les récits des voyageurs, les sauvages de l'Afrique, de l'Amérique et de l'Océanie, demeurés étrangers aux arts les plus élémentaires des nations civilisées. Ce briquet consiste en deux morceaux de bois qu'on frotte vivement l'un contre l'autre jusqu'à ce qu'ils soient assez échauffés pour prendre feu. Nous ne pensons pas qu'il soit nécessaire de nous y arrêter.

Vient ensuite dans l'ordre des temps, — du moins c'est une hypothèse probable, — le briquet proprement dit, dont les éléments essentiels sont un morceau de silex (appelé par les modernes pierre à fusil) et un morceau d'acier. En frappant ces deux pièces l'une contre l'autre avec force, on en détache de petites particules, qui, rendues incandescentes par la violence du choc, jaillissent en étincelles, et, retombant sur un corps suffisamment combustible, peuvent

y mettre le feu. Le briquet à silex est fort ancien, s'il faut en croire Virgile, qui nous montre le *fidèle Achate*, compagnon d'Énée, s'en servant avec adresse ¹. Mais le fidèle Achate ne possédait pas l'amadou, cette substance précieuse qui fait du briquet ordinaire un ustensile assez commode pour que, de nos jours encore, on le préfère dans bien des circonstances aux moyens plus ingénieux et plus prompts, mais souvent moins sûrs, que la chimie a mis à notre disposition.

L'amadou est une substance spongieuse fournie par une sorte d'agaric ou de champignon (*boletus ignarius*), qui croît spontanément sur les troncs de vieux arbres, tels que le chêne, le hêtre, le frêne, etc. La récolte se fait aux mois d'août et de septembre. Pour le rendre propre à l'usage qu'on en fait, on le dépouille de son enveloppe extérieure, et l'on isole avec soin la partie spongieuse d'un jaune brun, qui forme, pour ainsi dire, le cœur de ce végétal, en en détachant aussi les débris ligneux qui ont été enlevés de l'arbre en même temps que l'agaric. Cette partie médiane est divisée en plaques minces, qu'on bat avec un maillet, jusqu'à ce qu'on puisse les déchirer avec une extrême facilité. Mais ces plaques ne deviennent réellement de l'amadou qu'après avoir subi une préparation qui consiste à les faire bouillir à deux reprises dans une dissolution concentrée de salpêtre.

On peut aussi préparer l'amadou en l'imbibant d'une sorte de bouillie faite avec de la poudre à canon délayée dans l'eau. Le but de ces préparatifs est toujours d'imprégner la matière ligneuse d'un corps très oxygéné, propre à favoriser la combustion. Une seule étincelle tombée sur un morceau d'amadou suffit pour qu'il soit promptement et entièrement consumé. On peut, du reste, avec toute

Ac primum siliici scintillam excudit Achates,
Suscepitque ignem foliis, atque arida circum
Nutrimenta dedit, rapuitque in fomite flammam.

(*Énéide*, liv. I.)

autre substance ligneuse, obtenir les mêmes résultats : ainsi le papier, le linge trempés dans le salpêtre sont susceptibles de remplacer l'amadou. Celui-ci a toutefois l'avantage de laisser un résidu charbonneux qui demeure incandescent pendant quelques instants après que le reste est consumé, et il répand en brûlant une odeur que beaucoup de personnes trouvent agréable. Ajoutons en passant que l'amadou est employé en médecine pour arrêter les petites hémorragies, celles par exemple que cause quelquefois la morsure des sangsues. Les chirurgiens s'en servent aussi assez fréquemment comme d'une substance spongieuse qu'on imbibe facilement d'un liquide quelconque, et dont cette propriété rend l'usage très commode pour le pansement de certaines plaies.

C'est seulement à une époque très rapprochée du moment actuel que le *briquet ordinaire*, après avoir été pendant des siècles le seul appareil employé pour se procurer du feu, a vu s'élever autour de lui les concurrents qu'a mis successivement au jour le génie inventif des physiiciens et des chimistes modernes. Nous allons décrire brièvement ceux de ces briquets, enfants de notre civilisation, qui ont le plus de vogue.

I. BRIQUET A AIR COMPRIMÉ OU BRIQUET PNEUMATIQUE.

— C'est un tube cylindrique en verre très épais, fermé à son extrémité inférieure, et garni d'une armature en cuivre. On y fait mouvoir un piston plein à frottement sous lequel est fabriquée une petite cavité où l'on place un morceau d'amadou. Il suffit, pour allumer celui-ci, de pousser vivement le piston dans le tube : l'air, réduit à un volume beaucoup plus petit que celui qu'il occupait d'abord, dégage une quantité de calorique assez considérable pour déterminer l'inflammation du corps combustible. Le calorique qui devient ainsi libre existait auparavant dans l'air, mais à l'état *latent*, et comme un fluide interposé entre les molécules dont il maintenait l'écartement.

Le briquet à air est plutôt un appareil propre à trouver place dans les cabinets de physique, qu'un instrument dont l'usage puisse se répandre et se vulgariser : ce briquet n'a guère été pour le public qu'un objet de curiosité ; son maniement d'ailleurs n'est pas sans danger : un défaut dans le verre, une trop forte compression de l'air dans le tube, et celui-ci peut, en se brisant avec éclats, blesser gravement un opérateur imprudent.

II. BRIQUET A GAZ HYDROGÈNE. — Ce briquet peut être rangé dans la même catégorie que le précédent : il a même, de plus que le briquet à air, l'inconvénient de n'être nullement portable et d'être beaucoup plus compliqué. Nous ne le citons donc que pour mémoire, et tout en engageant fort ceux de nos jeunes lecteurs qui auront occasion de visiter un laboratoire de chimie à ne pas négliger l'examen de ce petit appareil fort ingénieux.

Le briquet à hydrogène se compose d'une cloche ou réservoir en verre fermé à sa partie supérieure, et plongeant par sa partie inférieure dans un bocal qui contient de l'acide sulfurique étendu d'eau. Une lame de zinc suspendue au milieu de la cloche avec un fil de laiton, et qu'on plonge à volonté dans le liquide, donne lieu au dégagement du gaz hydrogène, qui s'échappe par un tube recourbé et effilé en bec, adapté au sommet de la cloche. En face et à une très petite distance de ce bec, se trouve un petit morceau de platine dans un état particulier de division qui lui a fait donner le nom d'*éponge de platine*. L'éponge de platine, lorsqu'on y projette un courant de gaz hydrogène, devient incandescente (phénomène singulier dont on n'a pas donné d'explication satisfaisante), et le gaz s'enflamme aussitôt.

Le briquet à hydrogène est, comme on le voit, une sorte de lampe qu'on peut allumer à volonté sans le secours d'aucun autre corps en ignition : cette lampe peut être utile dans les laboratoires ; mais on conçoit que son emploi et son entretien (car il faut renouveler de temps en temps et la li-

queur acide et la lame de zinc) n'auraient rien de commode ni d'économique. De plus elle n'est point lumineuse.

III. BRIQUET OXYGÈNÉ. — Le *chlorate de potasse*, sel découvert par Berthollet à la fin du siècle dernier, possède la propriété, lorsqu'on le mélange avec des substances très combustibles, telles que le phosphore, le soufre, le charbon, de les enflammer avec détonation sous un choc rude ou par le frottement vif, ou par le simple contact avec un autre corps dont la température soit un peu élevée. On a utilisé cette propriété, souvent dangereuse, pour fabriquer un genre de briquet très commode, très portatif et se rapprochant déjà beaucoup des allumettes chimiques actuelles.

Un petit flacon en verre contenant de l'amiante imbibée d'acide sulfurique, quelques allumettes convenablement préparées, le tout renfermé dans une petite boîte en carton ou en bois : voilà tout l'appareil. La préparation qu'on fixait à l'extrémité soufrée des allumettes était un mélange de chlorate de potasse, de soufre, de gomme adragante, et d'une matière colorante quelconque : l'indigo, — le cinabre, — le minium... On n'avait qu'à plonger l'allumette dans le flacon, et le calorique qui se dégageait par son contact avec l'acide sulfurique était suffisant pour l'enflammer.

IV. BRIQUET PHOSPHORIQUE. — Ce briquet, dont l'usage était encore universellement répandu il y a quelques années, était cependant d'un maniement moins agréable et plus dangereux que le précédent. Il se fabriquait de plusieurs manières. Ne possédant point à cet égard des notions personnelles précises, puisque cette industrie a aujourd'hui disparu, nous empruntons au *Dictionnaire des arts et manufactures* de 1845 la description de ces procédés.

« Le plus ordinairement, dit l'auteur anonyme de l'article que nous citons, on fait liquéfier à une chaleur très douce un peu de phosphore dans un petit flacon de métal

long et étroit : lorsque le phosphore est en fusion, on introduit dans le flacon une petite tige de fer rougie au feu; le phosphore s'enflamme; on agite pendant quelques instants, et lorsque la couleur est devenue bien rouge, on retire la tige, puis on bouche le flacon et on laisse refroidir. Il ne reste plus qu'à fixer le flacon dans un étui de fer-blanc disposé de manière à pouvoir contenir en même temps quelques allumettes ordinaires et bien souffrées. Pour faire usage de ce briquet, on introduit une allumette dans le flacon, on lui imprime un mouvement de torsion en appuyant sur le phosphore, dont on détache ainsi quelques parcelles, et on la retire; l'inflammation a lieu aussitôt et se communique au soufre.

« Souvent on projette dans le flacon renfermant du phosphore que l'on vient d'enflammer, une certaine quantité de magnésie calcinée, qu'on agite ensuite à l'aide d'une tige de fer; on cesse d'agiter quand la masse est devenue pulvérulente; on bouche et on laisse refroidir. On rend ainsi la division du phosphore beaucoup plus grande, ce qui augmente considérablement son inflammabilité.

« Quelquefois on introduit dans un tube en plomb ou en cristal fermé par un bout un bâton de phosphore que l'on y tasse, soit par compression, soit, ce qui est préférable, en le fondant sous l'eau. Les briquets ainsi préparés durent plus longtemps que les autres, parce que le phosphore n'est pas divisé; mais ils sont aussi moins inflammables. Pour s'en servir, on frotte la surface du phosphore assez fortement pour que l'allumette en détache quelques portions qui se fixent au soufre; pour en déterminer l'inflammation, il faut frotter l'extrémité de l'allumette phosphorée sur un corps un peu rugueux, tel que le feutre, le liège, etc.; le faible dégagement de chaleur qui se produit alors suffit pour faire prendre feu au phosphore et le communiquer au soufre. »

Les briquets phosphoriques offraient deux inconvénients assez graves : le premier, c'était de répandre, aussitôt qu'on les ouvrait, l'odeur d'ail si désagréable qui carac-

térise le phosphore, le second consistait dans les accidents qui pouvaient arriver si, par suite d'une négligence ou d'une circonstance fortuite, le flacon se trouvait mal fermé. Le contact tant soit peu prolongé de l'air pouvait enflammer le phosphore, et ce corps, qui se liquéfie en brûlant, pouvait blesser grièvement celui qui portait le briquet, ou mettre le feu aux objets environnants. Ces briquets sont maintenant tout à fait abandonnés.

II

Allumettes soufrées. — Allumettes chimiques.

ALLUMETTES SOUFRÉES. — Aucun écrivain, que nous sachions, n'a entrepris de transmettre à la postérité le nom et la biographie de l'inventeur des allumettes soufrées, non plus que les circonstances qui ont amené cette découverte. Nous n'entreprendrons point, — et pour cause, — de combler cette lacune; et nous nous bornerons à dire de quelle façon se fabriquent depuis un temps immémorial ces petits bâtons soufrés, qui, selon qu'ils tombent en des mains criminelles ou amies, selon qu'on s'en sert pour mettre le feu à une meule de blé dans une grange, à un tas de fagots dans une forêt, ou bien à un fourneau de charbon dans une cuisine, à quelques bûches dans une cheminée de salon, peuvent causer tant de ravages, ou nous rendre tant de services.

Le bois qu'on emploie de préférence pour faire les allumettes est celui du hêtre, du tremble ou du sapin. On prend des bûches bien droites, et, autant que possible, exemptes de nœuds; on enlève l'écorce, et on fait sécher dans une étuve chauffée à 210 ou 220° par un four de boulanger où l'on brûle des rognures de bois sec. La dessiccation, pour être complète, exige un chauffage prolongé pendant environ 15 heures, mais qu'il faut ralentir après les trois premières heures, pour éviter que les bûches ne prennent feu.

On scie ensuite les bûches en cylindres ayant chacun de 6, 8 à 10 centimètres de hauteur, qu'on équarrit, puis qu'on divise, à l'aide d'un couteau articulé, sur un billot (comme ceux dont les boulangers se servent pour couper

le pain), en planchettes parallèles taillées dans le sens des fibres du bois. Ces planchettes elles-mêmes sont hachées avec le même instrument en petits prismes très allongés.

On peut avec autant de facilité préparer les allumettes cylindriques; pour cela, on se sert d'un rabot dont le fer est armé de cinq lames circulaires horizontales; on le fait jouer sur des bûches sèches et équarries, dans le sens des fibres, et à chaque coup on enlève cinq petites baguettes cylindriques, qui, réunies en bottes, sont ensuite partagées par un couteau mécanique qui de chacune en fait quatorze à vingt et une, suivant la longueur qu'elles avaient d'abord et celle qu'on veut donner aux allumettes.

Dans beaucoup de pays, et notamment dans plusieurs de nos départements, au lieu de hacher du bois pour en faire des allumettes, on prend pour cela des tiges de chanvre séchées qui donnent de belles allumettes cylindriques et creuses, brûlant très bien. Dans tous les cas, et quelle que soit, du reste, la matière première employée, les allumettes qu'on destine à être seulement souffrées sont réunies en bottes de deux à trois mille, serrées ensemble à l'aide d'une ficelle, et trempées de 1/2 à 1 centimètre dans un bain de soufre fondu à 125 ou 130 degrés, et maintenu toujours à cette température. On a soin, en les retirant aussitôt, de les secouer pour faire retomber dans la chaudière l'excédent de soufre. Celui qui reste adhérent est bientôt solidifié, et les allumettes peuvent alors être livrées aux consommateurs.

ALLUMETTES CHIMIQUES. — On ne sait rien de bien précis sur l'origine et l'invention des allumettes chimiques; voici cependant ce que M. Ménigault nous apprend à ce sujet dans un article publié par le *Nouveau Journal des connaissances utiles* (janvier 1854) ¹.

¹ Cependant il résulte des recherches de Leuchs, consignées dans un article de Nicklès (*Annales du génie civil*), que cet inventeur s'appelait Jacques-Frédéric Kammer, né à Emmingen, dans

« Ces allumettes, dit M. Ménigault, qui ont laissé si loin derrière elles les briquets oxygénés et phosphoriques, sont, quoique inventées à Berlin, comme d'origine française : le commerce s'en fait principalement à Paris. C'est là que se fabriquent les matières élémentaires qui entrent dans leur composition. C'est là aussi qu'ont été confectionnées les premières allumettes. Voici comment et à quelle occasion.

« Un voyageur arrivait de Berlin à Paris, il y a une vingtaine d'années, avec quelques paquets d'allumettes. Comme ces allumettes étaient une nouveauté même pour la capitale de la France, notre homme conçut immédiatement tout le parti qu'on pouvait tirer de ce nouveau moyen de faire du feu; en conséquence il s'adressa à un pharmacien pour en connaître la composition. Celui-ci le renseigna moyennant une somme de 400 francs comptants. Possesseur de la composition ignifère, notre homme se dirigea immédiatement sur Londres pour exploiter le secret que venait de lui révéler le pharmacien de Paris. Mais de son côté le pharmacien ne resta pas inactif, et bientôt les allumettes de Londres et de Paris se croisèrent sur les principaux marchés. Comme tous les avantages sont généralement dans l'actualité, il s'agissait de trouver un moyen pour empêcher le concurrent de réussir. A ce sujet, voilà ce qu'imagina l'un des deux antagonistes : le chlorate de potasse, base de cette composition, après avoir beaucoup haussé de prix, manqua presque. Le Parisien mit à profit cette circonstance. Sous un nom d'emprunt, il expédia à Londres et fit vendre à bas prix quelques barils de chlorate convenablement falsifié. L'Anglais acheta et continua à fabriquer; mais alors ses produits ne purent plus soutenir la concurrence, et tout l'avantage resta du côté de la France.»

le Wurtemberg, en 1796, et mort en 1857, dans un asile d'aliénés de Ludwigsburg. Les premières *allumettes chimiques allemandes* ne contenaient pas de phosphore. La partie inflammable était formée d'une partie de chlorate de potasse et de deux parties de sulfure d'antimoine formant une pâte avec de l'eau gommée.

L'avantage peut-être, ajoutons-nous, mais non l'honneur ; car si les choses se passèrent réellement ainsi, il se peut difficilement imaginer rien de plus déloyal que la manière d'agir du pharmacien de Paris, qui, non content d'avoir abusé de la confiance de l'étranger, eut encore recours à la fraude pour triompher de son rival : — nous pourrions dire de sa victime... Mais laissons là le côté moral de cette affaire, et revenons au côté industriel et pratique, qui doit seul nous occuper ici.

Le bois employé pour faire les allumettes chimiques est presque toujours le sapin du Nord¹. Dans l'opération de la taille, au lieu de hacher entièrement les petits blocs de bois de façon à isoler les baguettes les unes des autres, on laisse celles-ci adhérentes entre elles par la base, en arrêtant le couteau à 1 centimètre environ au-dessus du support. Quant aux allumettes cylindriques, qu'on ne peut faire autrement que de séparer tout à fait de la bûche, on les place verticalement dans des cases qui peuvent en contenir trente-deux rangées de quarante chacune, séparées les unes des autres par de petites lames en bois ou en carton doublées de drap. Toutes les allumettes sont ainsi disposées parallèlement, leurs extrémités sont toutes sur deux plans également parallèles, et les interstices ménagés à l'aide de règles en bois ou en carton permettent tant au soufre qu'à la composition dans laquelle on les immerge ensuite de pénétrer partout à une égale hauteur. Mais avant de garnir les allumettes on les porte, soit réunies en paquets, soit fixées et serrées dans les cadres, sur une plaque en fonte chauffée à 250°, pour achever de les dessécher. On les plonge ensuite jusqu'à une profondeur de 6 à 8 millimètres dans le bain de soufre, puis on les pose un instant seulement sur une table de marbre, où la préparation chimique est étendue sur une couche de 2 millimètres d'épaisseur.

¹ On emploie également le sapin ordinaire, le pin, le tremble, le pin d'Écosse, le hêtre, le tilleul, le bouleau, le saule, le peuplier et le cèdre.

Cette préparation a beaucoup varié depuis l'origine. On y faisait d'abord entrer du chlorate de potasse, ce qui donnait une pâte qui ne s'enflammait qu'avec une explosion souvent assez forte pour qu'il fût prudent, au moment où l'on frottait l'allumette, de fermer les yeux et de détourner la tête, de crainte d'accident. On a ensuite remplacé le chlorate de potasse par le salpêtre, qui donne des allumettes sans explosion. Enfin on est parvenu à fabriquer des allumettes sans explosion et sans bruit. Nous donnons ci-après les principales de ces compositions :

1° *Composition au chlorate de potasse.*

Chlorate de potasse	50 grammes.
Phosphore	25 —
Gomme du Sénégal (qualité médio- docre).	100 —
Matière colorante (minium bleu de Prusse, etc.).	10 —

2° *Composition au salpêtre.*

Gomme arabique	160 grammes.
Phosphore	90 —
Nitre pur (salpêtre)	140 —
Minium	160 —

Le tout recouvert d'un vernis d'acide stéarique fondu, pour tenir le phosphore à l'abri de l'oxydation.

3° *Composition moderne.*

Cette composition peut se préparer, soit à la gomme, soit à la colle de gélatine. Le dosage des matières n'étant pas le même dans les deux cas, nous donnons séparément la préparation de l'une et de l'autre pâte :

1° *Pâte à la colle.*

Phosphore	2,5 parties.
Colle-forte	2 —
Eau	4,5 —
Sable fin.	0,5 —
Ocre rouge	0,5 —
Vermillon	0,1 —

2^e Pâte à la gomme.

Phosphore	2,5 parties.
Gomme	2,5 —
Eau	3 —
Sable fin.	2 —
Ocre rouge	0,5 —
Vermillon	0,1 —

Pour la pâte à la colle, on opère à chaud. La colle, concassée en morceaux et détrempée pendant trois heures dans l'eau froide, est transvasée ensuite dans un matras, où on la chauffe au bain-marie. Lorsqu'elle a atteint la température de 100°, on retire le vase, on l'assujettit dans un établi et l'on y met le phosphore. On remue vivement le tout avec un écouvillon garni de crins, afin de diviser le phosphore et de le répartir également dans la masse. On ajoute alors le sable fin et la matière colorante en agitant de nouveau, et la pâte étant ainsi faite, on la verse sur une table de marbre ou de fonte maintenue à une température de 36 à 40° par un bain-marie placé au-dessous, et on l'y étend en une couche de l'épaisseur que nous avons dite. Cette couche est entretenue au même niveau par des additions successives de matière, tant qu'on en a besoin pour garnir les allumettes.

Pour la pâte à la gomme, on se sert d'un mucilage épais préparé d'avance avec cette matière; on opère, du reste, comme précédemment, à ceci près que, le mélange étant fait et battu à l'écouvillon, on le laisse refroidir, et l'on n'a pas besoin de le réchauffer pour s'en servir.

Lorsque les allumettes sont garnies, on les porte dans une étuve où on dispose les cadres entre des montants en fer. Deux heures suffisent pour achever la dessiccation des allumettes garnies à la colle, tandis qu'il en faut vingt-quatre pour les allumettes à la gomme.

Une nouvelle amélioration assez importante s'est encore introduite dans cette industrie aujourd'hui si répandue. On a, en Angleterre, substitué au phosphore à l'état ordinaire

le *phosphore rouge ou amorphe*, qui a l'avantage : 1^o d'être sous forme d'une poudre facile à mélanger avec d'autres substances; 2^o de ne point brûler spontanément au contact de l'air; 3^o de ne répandre aucune odeur.

Un économiste anglais, M. Ch. Tomlinson, a adressé à ce sujet au *Mechanic's magazine* une lettre pleine d'intérêt, et qui montre combien sont sérieux et appréciables les résultats de l'amélioration dont nous parlons.

« Je viens, dit-il, de recevoir de la manufacture une boîte d'allumettes faites avec du phosphore rouge ou amorphe, qui remplace le phosphore ordinaire : cela est d'une grande importance, comme on va le voir.

« Les manufactures anglaises et françaises de phosphore en produisent environ 300,000 kilogrammes par an, qui sont presque entièrement employés pour la fabrication des allumettes. En calculant l'émulsion pour garnir le bout des allumettes, les ouvriers allemands usent 3 kilogrammes de phosphore pour 5 à 6 millions d'allumettes. En prenant pour base la moitié seulement de la production des manufactures de phosphore françaises et anglaises, nous arrivons à un chiffre annuel de 250,000 millions d'allumettes, qui ne nous paraît pas exagéré. En effet, nous avons visité dernièrement une de nos fabriques anglaises, qui produit par jour plus de 2 millions et demi d'allumettes. La fabrique de M. Dixon, à Manchester, arrive au chiffre de 6 à 9 millions par jour. Sur le continent de l'Europe, il y a de grandes manufactures en Transylvanie près de la mer Noire, en Finlande, sur le golfe de Bothnie. Tous les ouvriers qui travaillent dans ces manufactures sont plus ou moins exposés aux émanations du phosphore. La maladie commence par un léger mal de dents, puis peu à peu se termine par une désorganisation complète qui souvent cause la mort, ou du moins envoie les malheureux dans un hôpital pour le reste de leur vie. Les uns ne peuvent ouvrir la bouche; d'autres subissent d'affreuses opérations qui leur enlèvent souvent la moitié de la mâchoire supérieure.

« Comment peut-on remédier à ce mal ? Les meilleurs moyens pour y arriver sont des ventilateurs bien disposés et des habitudes constantes de propreté. Mais peut-on croire ces moyens suffisants, lorsqu'il est prouvé que, dans un endroit obscur, les vêtements des ouvriers jettent des lueurs phosphorescentes ? Et ces malheureux sont exposés à ces émanations soixante à soixante-dix heures par semaine !... Il est effrayant de penser qu'il n'y a pas une maison, nous pourrions même dire presque pas une chambre dans tout le royaume, où il ne se trouve une boîte d'allumettes contenant 50 à 100 petites boules de phosphore à peine protégées contre l'influence oxydante de l'air, et dont on respire les émanations, faibles il est vrai, mais continuelles...

« Il y a quelques années, M. Schrotter trouva le phosphore amorphe supérieur au phosphore ordinaire, comme le diamant l'est au charbon. Le phosphore amorphe n'est pas soluble dans le sulfure de carbone, comme le phosphore commun ; il ne prend pas feu sous la pression ordinaire de l'atmosphère, et *n'exhale aucune émanation dangereuse...*

« En juillet 1851, on se servit du phosphore amorphe sur une grande échelle dans nos manufactures. On envoya des échantillons de cette nouvelle substance dans les fabriques du continent. Elle n'y a pas encore été employée ; mais nous espérons que bientôt le phosphore amorphe sera le seul employé dans la fabrication des allumettes chimiques.

« Les échantillons d'allumettes qu'on vient de m'envoyer brûlent fort bien ; elles n'ont aucune odeur, ne prennent pas l'humidité, peuvent être placées dans un endroit chauffé sans prendre feu, et servir dans tous les climats ¹. »

¹ En 1855, M. Canouil exposa ses allumettes *sans phosphore ni poison*, dans lesquelles le chlorate de potasse, habilement trituré, ne produisait pas d'émanations dangereuses, brûlait sans défla-

ALLUMETTES CHIMIQUES SANS SOUFRE. — Au lieu d'en-
duire de soufre l'extrémité des allumettes chimiques, ce
qui donne lieu, lorsqu'on les allume, au dégagement d'un
gaz (l'acide sulfureux) d'une odeur forte et irritante, on a
eu l'ingénieuse idée de les imbiber d'une substance qui,
tout en rendant aussi leur combustion facile, ne répand
point, en brûlant, d'odeur malsaine et désagréable. La sub-
stance qui a paru jusqu'ici la plus propre à atteindre ce ré-
sultat est l'acide stéarique (matière des bougies).

Les allumettes, parfaitement desséchées sur les plaques,
au point même de roussir à l'extrémité qui y touche, sont
placées dans une bassine intérieurement revêtue de plomb
ou d'étain, et contenant une couche de trois millimètres
d'acide stéarique fondu. Ce liquide est pompé par les allu-
mettes en vertu de la *force capillaire*, et elles sont ainsi con-
verties en une sorte de mèches faciles à enflammer, et ré-
pandant, lorsqu'elles brûlent, une assez vive clarté.

Ces allumettes sont garnies de matière inflammable de
la même manière que les autres. Seulement on rend la
préparation plus prompte à prendre feu en y faisant entrer
une moindre proportion de gomme, et en y ajoutant un
corps très oxygéné, tel que le bioxyde de plomb, par
exemple.

Les allumettes à l'acide stéarique reviennent au même
prix que les allumettes ordinaires; car si l'acide stéarique
est dix fois plus cher que le soufre, il en faut, en revanche,
dix fois moins, ce qui rétablit l'équilibre. Les avantages que
cette innovation présente ne sont donc atténués par aucun
inconvenient.

On fabrique aussi des *allumettes-bougies*. Ce sont des
mèches de coton non tordu, faites au métier, enroulées
par 100 ou 200 sur un cylindre, maintenues écartées par
des dents dont ce cylindre est hérissé, plongées au bain

gration et n'exposait à aucun empoisonnement. Une commission
nommée par le Comité consultatif d'hygiène publique de Paris fit
un rapport très favorable, ce qui n'empêcha pas cette utile inven-
tion de tomber dans l'oubli.

de cire fondue, puis passées à une filière, et enfin coupées en bouts de 4 à 8 centimètres par un couteau mécanique. Ces allumettes ou mèches, apprêtées comme celles dont nous venons de parler, sont séchées et mises dans des boîtes ordinairement élégantes, — car c'est la variété aristocratique et *fashionable* d'allumettes dont on fait usage dans les salons et dans les boudoirs. L'allumette-bougie donne en brûlant une belle lumière et répand une odeur agréable; elle dure en outre plus d'une minute, ce qui permet de s'en servir pour cacheter une lettre ou pour tout autre usage analogue.

La fabrication des allumettes chimiques alimentait, avant 1870, plus de six cents usines, et le chiffre de leur production annuelle pouvait être évalué à environ 40 milliards d'allumettes. Depuis 1871, en vertu d'une loi spéciale, la fabrication des allumettes, soumise à l'impôt, est monopolisée entre les mains de la *Compagnie générale des allumettes chimiques*, dont les ateliers sont situés à Paris et à Angers.

De nombreux perfectionnements ont été apportés depuis l'origine à la confection des allumettes, mais ils portent plus sur l'outillage que sur les procédés. Les machines ont remplacé le travail de la main de l'homme; ce qui permet de produire davantage et plus vite.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

L'ÉCLAIRAGE			
I. LE GAZ D'ÉCLAIRAGE . . .	7	IV. LUMIÈRES ÉBLOUISSANTES . . .	54
Premières observations sur les gaz inflammables	7	Éclairage oxyhydrique	54
Expériences faites en Angleterre	8	Magnésium	58
Philippo Lebon	9	Lumière électrique	59
Le <i>thermolampe</i>	9	LE CAOUTCHOUC	
Début de l'éclairage en Angleterre	11	I. Découverte et propriétés du caoutchouc	71
Murdoch, — Winsor	11	II. Histoire naturelle du caoutchouc	77
Importance de cette industrie en France	13	<i>Contrées où on l'exploite</i>	78
<i>Ses progrès</i>	14	<i>Récolte au Brésil</i>	80
<i>Son état actuel</i>	14	<i>Propriétés chimiques et physiques</i>	84
II. SUBSTANCES D'OU L'ON PEUT EXTRAIRE LE GAZ	16	<i>Manipulation</i>	86
Extraction du gaz de l'huile	19	<i>Vulcanisation</i>	88
— — — de la houille	20	Fabrication des fils et des étoffes de caoutchouc	90
Gaz portatif	34	Le caoutchouc durci ou <i>ébonite</i>	96
Gaz liquide ou gazogène	36	LA GUTTA-PERCHA	
Gaz extrait de l'eau	37	Découverte de la gutta-percha	93
Gaz du bois	59	<i>Récolte</i>	100
Gaz du liège	42	<i>Propriétés</i>	102
Lampe à sulfure de carbone et à oxyde d'azote	42	<i>Manipulation</i>	104
III. LES HUILES MINÉRALES	44	<i>Vulcanisation</i>	106
Huile de schiste	44	Usages divers	107
Huile tirée du <i>dog head</i>	44	LE VERRE	
<i>Vive essence</i>	44	I. Importance du verre au point de vue de la civilisation	111
Huile de pétrole	45	Notions sur l'origine et les progrès de sa fabrication	114
<i>Lampes pour brûler le pétrole</i>	52		

II. Composition et propriétés du verre	122	Strass	185
Procédés généraux en usage pour la fabrication du verre	123	<i>Imitation des pierres précieuses colorées</i>	186
Variétés commerciales du verre	133	Aventurine	187
III. Procédés de fabrication particuliers	134	Jals	187
Verre à vitres	134	Verre opale	188
<i>Composition et préparation du verre à vitres</i>	134	Verre d'albâtre	188
<i>Façon. — Méthode ancienne</i>	136	Verre craquelé, — <i>fendillé</i>	189
<i>Méthode moderne ou française</i>	138	IV. De quelques applications du verre	190
Verre à gobeletterie	142	Peinture sur verre	190
Verre à pivotte	145	Vernis vitreux sur le verre	191
Verre à bouteilles	145	Verre trempé	192
<i>Façon des bouteilles</i>	147		
Le verre à glaces : chez les anciens	148		
— — à Venise	151		
— — en France	154		
<i>Fusion des glaces</i>	155		
<i>Coulage des glaces</i>	157		
Étamage des miroirs	159		
Argenture	160		
Platinage	161		
Verre de Bohême	162		
Cristal	164		
<i>Composition et préparation</i>	166		
<i>Taille</i>	168		
<i>Gravure</i>	170		
Crown glass	172		
Flint glass	174		
<i>Composition</i>	174		
<i>Fabrication</i>	175		
Verre dit de Venise ou <i>Altgrané</i>	176		
Millefiore	176		
Verre coloré	178		
Émail	181		
<i>Application de l'émail sur les métaux</i>	183		
		LES BRIQUETS	
		ET LES ALLUMETTES	
		I. Divers briquets en usage avant l'invention des allumettes chimiques	197
		Briquet à air comprimé ou briquet pneumatique	199
		Briquet à gaz hydrogène	200
		Briquet oxygéné	201
		Briquet phosphorique	201
		II. ALLUMETTES souffrées	204
		Allumettes chimiques	205
		<i>Historique</i>	206
		<i>Préparation</i>	207
		<i>Allumettes chimiques à phosphore amorphe</i>	210
		<i>Allumettes sans phosphore ni poison</i>	211
		Allumettes chim. sans soufre	212
		<i>Allumettes-bougies</i>	212
		<i>État de la fabrication des allumettes</i>	213

