

avec la fonte portée à une température élevée, brûle, au moyen de son oxygène, le carbone, le silicium, le soufre, le phosphore, substances toutes fort oxydables. En négligeant ici les réactions assez compliquées qui ont lieu pendant cette opération, nous nous bornerons à dire qu'elle se termine en plaçant sous le marteau, et battant à coups redoublés, le fer retiré du foyer d'affinage. Par ce dernier travail, le fer devient ductile et achève de prendre toutes les qualités physiques qui rendent ce métal si éminemment précieux.

L'affinage par la méthode anglaise, ou *puddlage*, inventé par Cort et Pernel, en 1787, consiste à supprimer toute soufflerie. Après une première fusion de la fonte, qui commence à la débarrasser en partie des produits oxydables, l'affinage se fait dans des fours à réverbère chauffés par la flamme de la houille. On provoque l'entière disparition du silicium, du carbone, du soufre et du phosphore, au moyen de l'addition de matières particulières, qui, par certaines réactions chimiques, font passer dans les scories ces matières nuisibles. L'opération se termine en plaçant sous le marteau les boules de fer tirées du four à réverbère, pour les soumettre à un martelage répété.

L'affinage au charbon de bois, très-inférieur à l'affinage à la houille au point de vue du prix de revient, ne s'est maintenu en France, malgré le déboisement rapide de la plupart de nos pays forestiers, qu'en raison de la qualité supérieure des fers que l'on obtient par cette méthode, et aussi par suite de la qualité, relativement médiocre, des fers obtenus par la méthode anglaise.

D'un côté, la qualité inférieure des fers fabriqués à la houille, et, de l'autre, le prix élevé et toujours croissant des fers de forge, auraient dû depuis longtemps solliciter l'attention des ingénieurs et des métallurgistes, et les pousser à la recherche de quelque méthode nouvelle consistant à produire, dans les fours à réverbère, des fers aussi par-

faits que ceux fabriqués dans les forges à feux de bois. Mais, chose singulière, et qui a été remarquée avec beaucoup de sagacité par M. Leplay, dans son mémoire sur la fabrication des fers du Nord, « le progrès de la métallurgie moderne, sans cesse dirigé en vue de réaliser des économies sur les consommations en matières et en main-d'œuvre, loin d'amener des améliorations dans la qualité du fer, a entraîné généralement en Europe une détérioration dans le *corps* et la *pureté* de ce métal. »

Cependant, dans ces dernières années, les ingénieurs anglais, allemands et français, obligés d'employer, pour le matériel roulant des chemins de fer, des quantités considérables de fer d'une qualité supérieure, ont réagi contre l'entraînement qui poussait nos maîtres de forges à fabriquer une quantité de plus en plus grande de mauvais fers à bas prix. De cette réaction, sont nées, en Allemagne d'abord, puis en Angleterre, deux nouvelles méthodes d'affinage.

La première de ces méthodes, inventée par M. Bremme et perfectionnée par M. Krüpp, consiste à fabriquer dans les fours à puddler, non du fer proprement dit, mais une sorte de fer aciéreux, se rapprochant, tantôt des aciers naturels, tantôt des fers catalans. La seconde méthode, due à M. Bessemer, consiste à supprimer du même coup les fours à puddler et les fours d'affinerie, en y substituant des creusets ou *cubilots* de grandes dimensions, dans lesquels l'air, l'oxygène ou la vapeur d'eau, fortement comprimés, et chauffés à une haute température, décarburent la fonte et l'affinent sans le concours du travail humain.

Plus tard, enfin, s'est produit en France le système d'affinage inventé par M. Tessié du Motay, et mis en œuvre par le concours industriel de M. Fontaine, maître de forges. Ce système a pour but principal l'affinage des fontes fines dans les fours à puddler, et la production, dans ces

fours, de fers semblables à ceux fabriqués avec les mêmes fontes dans les fours au charbon de bois.

Nous allons passer successivement en revue chacune de ces nouvelles méthodes de traitement des fontes.

Les méthodes de MM. Bremme et Krüpp ne reposent, ni l'une ni l'autre, sur un principe original. Toutes deux, elles ont pour but de produire dans les fours à puddler, par la seule action des silicates basiques sur le carbone des fontes, une réduction incomplète, et d'imiter ainsi les réactions qui s'opèrent dans les fours d'affinerie où l'on fabrique les aciers naturels. Ces méthodes sont appliquées en Prusse, où elles ont pris naissance, et dans plusieurs grandes usines françaises. On les met spécialement en usage pour la fabrication des fers destinés aux essieux et aux bandages de wagons et de locomotives. Mais le fer que l'on obtient par la méthode prussienne est loin d'avoir toutes les qualités physiques, toute la pureté que l'on recherche dans ce métal; c'est une sorte de produit intermédiaire entre le fer et l'acier. Il ne présente les qualités de dureté acièreuse, réunies aux qualités de malléabilité qui caractérisent les bons fers, que dans ce cas, tout exceptionnel, où les fontes qui le produisent sont de la même nature que celles employées à la fabrication des aciers naturels dans les foyers au charbon de bois. Toutes les fois que les fontes affinées par les procédés allemands ne possèdent pas les qualités de nature dites *propriétés aciéreuses*; les aciers ou les fers à texture grenue, fabriqués, dans les fours à réverbère, par ces procédés, sont cassants à chaud et à froid; ils ne peuvent ni se percer ni se bien souder; ils ne possèdent, en un mot, ni les propriétés essentielles des aciers, ni celles des bons fers.

Les procédés de MM. Bremme et Krüpp ne se font donc remarquer par aucun des caractères qui sont propres aux méthodes généralisatrices. Ils rentrent dans le domaine de

ces perfectionnements spéciaux qui, si utiles qu'ils soient au développement de l'industrie, n'ouvrent pourtant à la science aucune voie nouvelle.

Le système de purification de la fonte récemment mis en pratique, en Angleterre, par M. H. Bessemer, se recommande au contraire par un caractère frappant d'originalité et de nouveauté. Il ne serait pas difficile, sans doute, de signaler, dans de très-intéressantes tentatives faites en France, les traces ou les rudiments de systèmes analogues à celui de l'ingénieur anglais. On pourrait faire voir que dans les travaux d'Adrien Chenot, dans quelques recherches métallurgiques de M. Gaudin, enfin, dans un procédé inventé par M. Avril, métallurgiste français, on a mis en avant des idées fort analogues à celles de M. Bessemer relativement au traitement de la fonte. Mais personne jusqu'ici n'avait mis ces principes en pratique avec autant de succès que l'ingénieur anglais.

La méthode de M. Bessemer consiste, pour le dire en un mot, à supprimer l'action des souffleries, destinées à oxyder le carbone et le silicium de la fonte, en les remplaçant par un courant d'air comprimé ou de vapeur d'eau, qui traverse la matière métallique tenue en fusion. Cette vapeur, se décomposant en présence du fer, fournit de l'oxygène qui brûle le carbone, le silicium et le soufre, et fait passer ces corps à l'état d'acide carbonique, d'oxyde de carbone et d'acide sulfureux, composés qui se dégagent à l'état de gaz, et laissent ainsi le fer en grande partie décarburé.

Un ingénieur anglais, M. H. Collyer, qui a été témoin de la mise en pratique du nouveau procédé, chez MM. Bessemer et Longeson, à Buxter-House, décrit en ces termes, dans le *Mining Journal*, l'opération qui fut exécutée sous ses yeux :

« Une machine à vapeur de la force de dix chevaux, dit

M. H. Collyer, faisait marcher une machine soufflante; l'air était reçu dans un récipient de la forme d'une chaudière, pour en régler la pression constante et uniforme, qui était d'environ 5 kilogrammes par pouce carré. Un tuyau principal conduisait l'air de ce récipient au fourneau couvert; il se divisait dessous en cinq ou six petites tuyères, dont l'orifice était composé d'argile réfractaire. Dans le voisinage immédiat, un haut fourneau ordinaire était en pleine opération et contenait environ 300 kilogrammes de *gueuse* ordinaire. Cette opération primitive étant complète, c'est-à-dire la fonte étant à l'état de fusion, elle fut coulée dans une poche. A ce moment, l'air comprimé de la soufflerie fut lancé dans le fourneau d'affinerie, fait en dôme, où il n'y avait aucune espèce de combustible. La fonte en fusion fut alors versée de la poche dans le fourneau d'affinerie, et immédiatement le mouvement d'ébullition de la fonte fut évident d'après la réverbération du sol. Après environ quatre minutes, la quantité de matières denses, qui s'échappaient des deux ouvertures situées au sommet des côtés du fourneau, indiquaient que le carbone et le soufre étaient expulsés sous forme de gaz oxyde de carbone et d'acide sulfureux. Il était évident, d'après les scintillations produites, que l'oxygène jouait un rôle très-important; la combustion était si active qu'elle faisait bouillonner et soulever le métal ce qui dura environ dix minutes, quand alors arriva la crise qui expulsa les scories.

« Cela continua pendant environ cinq minutes, et la masse liquide devint alors comparativement tranquille; les gaz qui s'exhalaient alors étaient moins denses jusqu'à une période de vingt-quatre minutes seulement, quand alors la soufflerie fut arrêtée et le métal purifié coulé en un lingot...

« Une barre de fer malléable fut produite de 4 mètres environ de long, sur 0,050 de large et 0,012 d'épaisseur; on la ploya et on lui trouva une grande ductilité, quoique, quand elle fut cassée, les maîtres de forges trouvèrent que sa texture n'indiquait pas une telle ductilité, et ceci leur sembla un paradoxe. »

En lisant la description précédente, et en y voyant mentionnée cette circonstance, que le fer obtenu dans cette opération était un fer *fondu*, puisqu'on l'obtenait dans le creuset à l'état de fusion, nous ne pûmes nous défendre de concevoir aussitôt des craintes sur la pureté métallurgique

d'un tel produit. Il est certain, en effet, que l'infusibilité dans nos fourneaux industriels est le caractère chimique du fer pur. Une matière capable de se mettre ainsi, et par grandes masses, en état de fusion dans un vaste creuset, nous apparaissait donc devoir consister, non en fer pur, mais en une variété de fer aciéreur devant, comme l'acier ou les fontes, sa fusibilité à la présence d'une certaine quantité de carbone, de silicium ou de manganèse.

L'expérience ultérieure et l'examen des fers produits par M. Bessemer ont confirmé nos appréhensions sous ce rapport, et nous avons été peu surpris en apprenant le résultat des essais qui ont été tentés postérieurement à l'arsenal de Woolwich, pour étudier les qualités des fers produits par M. Bessemer. Ces essais ont établi, en effet, que ces fers, quoique chimiquement plus purs que ceux fabriqués dans les fours à puddler par les méthodes anciennes, ne réunissent aucune des qualités de malléabilité, d'homogénéité et de ténacité moyennés, qui caractérisent les bons fers puddlés mixtes.

Malgré ce résultat, infructueux à certains égards, hâtons-nous de dire que c'est une heureuse voie que celle qui a été ouverte par M. Bessemer. Espérons qu'elle sera suivie dans l'avenir, et que, plus profondément creusée, elle conduira au but que tous les hommes de progrès doivent s'efforcer d'atteindre, c'est-à-dire à supprimer de plus en plus, dans le travail du fer, le fardeau matériel du labeur humain.

Ce qu'il faut bien remarquer, en effet, dans l'importante tentative due à l'ingénieur anglais, c'est la pensée hautement philanthropique qui l'a inspirée. En se proposant de remplacer le travail si pénible du brassage des fontes, par l'action mécanique des gaz provenant de la réaction, M. Bessemer a dignement mérité de la science et de l'humanité. Nul n'ignore, en effet, que dans les fours de forge, aussi bien que dans les fours à puddler, les ouvriers em-

ployés à hâter, par le brassage, la réduction des fontes en fer, travaillant au contact d'une température excessive, sont sans cesse exposés à contracter des maladies graves, et qu'alors même qu'ils échappent à ces pernicieuses influences, ils sont pour la plupart forcés, entre quarante et cinquante ans, de renoncer, par l'épuisement de leurs forces, au métier qui est leur unique gagne-pain. Si le procédé de M. Bessemer devient jamais pratique, ce sera là, à nos yeux, un des titres principaux qui devront recommander à la reconnaissance publique le nom du métallurgiste anglais.

Nous arrivons à une nouvelle méthode d'affinage de la fonte imaginée en France par M. Tessié du Motay, et que nous avons étudiée avec un intérêt réel, parce qu'elle repose sur un ensemble d'observations originales, et qu'elle n'a rien emprunté aux travaux antérieurs des hommes illustres qui ont fait de la métallurgie du fer un des plus beaux chapitres de la chimie moderne.

Ce qui a dirigé, en effet, M. Tessié du Motay dans ses recherches, c'est la découverte d'un état *pyrophorique* du fer pendant la réduction des fontes, et l'observation de la formation de l'*ozone* dans ces mêmes réductions faites à une température moyennement élevée. Ces deux notions, de l'état pyrophorique du fer et de l'intervention de l'*ozone* dans cette réaction, marquent d'un sceau d'originalité et de nouveauté les recherches de ce chimiste. Ne pouvant entrer ici dans trop de détails techniques, nous nous bornerons à indiquer d'une manière générale l'ensemble des observations qui ont conduit M. Tessié du Motay à sa nouvelle méthode.

Il résulte des expériences de ce chimiste : 1° que dans les feux de forge, pendant la première période de l'affinage, il se produit, pour ainsi dire, deux sortes de fer : le fer de la fonte décarburée, qui est peu ou point pyrophorique, et

le fer des oxydes réduits, ou fer naissant, qui est éminemment pyrophorique ; 2° que dans la seconde période de l'affinage, au moment où l'éponge métallique, composée des deux sortes de fer ci-dessus, est exposée à l'action directe des tuyères, le fer pyrophorique, qui s'oxyde presque spontanément, est la cause déterminante de l'élévation subite de température qui détermine la fusion du métal non oxydé ; 3° que, pendant cette oxydation du fer pyrophorique, la partie de l'oxygène de l'air en excès s'*ozonise* et acquiert ainsi la propriété d'oxyder très-promptement, avec une quantité correspondante de fer pyrophorique, une grande portion du carbone, du soufre et des autres métalloïdes que ce fer peut contenir ; et que c'est ainsi que le silicium et le phosphore, brûlés par l'ozone, passent dans les scories, tandis que le carbone et le soufre se dégagent sous forme de gaz oxyde de carbone et sulfureux<sup>1</sup>.

Par cette étude des réactions comparatives qui se produisent dans les feux de forge et dans les fours à puddler, M. Tessié du Motay s'est convaincu que les différences qui les caractérisent reposent essentiellement sur la formation ou la non-formation du fer pyrophorique d'une part, et d'autre part sur l'action oxydante, à des degrés différents, de l'ozone et des vapeurs ou gaz qui prennent naissance dans les fours à réverbère. En conséquence, afin d'arriver à reproduire dans les fours à puddler, par une méthode substitutive, les phénomènes qui se passent dans les fours d'affinerie, ou, en d'autres termes, pour arriver à fabriquer au moyen de la houille des fers semblables à ceux

1. Selon M. Tessié du Motay, on peut constater la formation de l'ozone pendant la combustion du fer à basse température, en faisant brûler un peu de fer pyrophorique, ou même de fer peu carburé, dans une cloche pleine d'air ou d'oxygène, et dont la capacité soit assez grande pour que la chaleur de la combustion n'élève pas au-dessus de 100° la température du gaz. Dans le résidu gazeux de la combustion, on constate la présence de l'ozone au moyen des réactifs ordinaires qui servent à déceler ce produit.

fabriqués au charbon de bois, M. Tessié a composé des scories d'affinage qui, sous la double influence du carbone de la fonte et des gaz réducteurs des fours à réverbère, se transforment en fer pyrophorique. Il a remplacé, dans la seconde période de l'affinage, l'action des flammes oxydantes, et même celle du vent des tuyères, par l'action de corps à bas prix, tels que les hypochlorites et certains peroxydes hydratés que l'on projette à froid, et qui, brassés dans le bain métallique spongieux, cèdent, au contact du fer pyrophorique, leur oxygène à l'état naissant.

La scorie d'affinage employée par M. Tessié du Motay est un silicate complexe d'alumine et de fer qui, par sa constitution, tient le milieu entre la *staurolithe* et l'*orthose*; la silice s'y trouve combinée, d'une part, avec du protoxyde de fer uni ou non uni à une ou plusieurs bases alcalines, terreuses ou métalliques, et d'autre part, avec de l'alumine unie à des oxydes magnétiques ou à des peroxydes de fer.

L'application de la méthode d'affinage de M. Tessié a été faite, sur une grande échelle, dans les usines de Bourges et de Rosières. Si MM. Tessié du Motay et Fontaine parviennent à rendre pratique l'emploi de ce procédé, ils rendront à leur pays un double service, car, tout en permettant aux maîtres de forges de livrer à la consommation des fers fins à bas prix, ils contribueront à faire rentrer dans la circulation le produit de 350 000 hectares de bois aménagés à vingt ans, et qui servent aujourd'hui à l'alimentation annuelle de 600 fours d'affinerie.

Telles sont les tentatives récemment faites pour rendre plus économique la fabrication des bons fers.

## 5

Production artificielle des pierres précieuses : le corindon, le saphir et le rubis. — Essai de formation artificielle du diamant.

Si l'on en excepte le diamant, les berils, les topazes, les zircons et les grenats, les pierres précieuses dites *orientales* ne sont composées que d'alumine cristallisée, et contenant quelques traces d'oxydes métalliques, qui leur donnent les couleurs brillantes qui les distinguent. Le *corindon* ou *saphir blanc* est de l'alumine pure cristallisée en rhomboèdres; le *saphir* est de l'alumine cristallisée de la même manière et colorée en bleu par un oxyde métallique; la *topaze orientale*, le *rubis*, l'*améthyste orientale*, ne sont encore que de l'alumine cristallisée et colorée par quelque produit étranger, en jaune, en rouge, ou en violet; l'*émeraude orientale* n'est elle-même qu'une variété verte d'alumine. La chimie ayant établi d'une manière exacte la composition de ces précieux minéraux, il semble que l'art ne devait pas rencontrer de grandes difficultés pour les reproduire, et que l'on devait assez facilement les imiter en prenant de l'alumine pure et la mettant en fusion à l'aide de la chaleur.

Il a été longtemps impossible de disposer d'une source de calorique assez puissante pour fondre l'alumine. La découverte faite, il y a vingt ans, du chalumeau oxy-hydrique, dans lequel, à l'aide d'un jet de gaz oxygène, on alimente la combustion d'un courant d'hydrogène gazeux, dota l'industrie, ou plutôt les laboratoires, d'un moyen d'obtenir, sur un point limité, une température d'une élévation excessive, et capable de mettre en fusion les oxydes métalliques réputés jusque-là infusibles.

M. A. Gaudin, calculateur au bureau des longitudes, s'est beaucoup occupé de l'emploi du chalumeau oxy-hy-

drique. Il essaya, en 1837, de produire artificiellement, à l'aide de cette source de calorique, les pierres orientales, et principalement le rubis, la plus précieuse de toutes. Il réussit assez bien en fondant, dans une cavité de noir de fumée, de l'alun (sulfate d'alumine et de potasse) additionné de cinq millièmes de chromate de potasse. Il obtint ainsi des globules d'alumine fondue qui avaient la couleur, la dureté et la composition du rubis. Seulement, ces pierres précieuses artificielles étaient inacceptables dans le commerce, en raison de leur incomplète transparence. Si l'on était parvenu à leur donner une entière limpidité, aucun joaillier n'aurait pu distinguer ces produits artificiels des pierres précieuses naturelles. Il leur manquait toutefois encore un caractère fondamental qui aurait permis aux physiciens de les distinguer aisément des véritables rubis. Le *corindon* et toutes ses variétés naturelles, telles que le *saphir*, le *rubis*, etc., sont doués de la double réfraction lumineuse. Au contraire, les rubis artificiels de M. Gaudin ne possédaient pas cette propriété optique, c'est-à-dire se comportaient avec la lumière polarisée comme du verre ordinaire. Jointe au défaut de limpidité, cette imperfection originelle ne permettait donc aucunement de confondre ces tributs de l'art avec les véritables pierres précieuses.

En 1847, Ebelmen, directeur de la manufacture de porcelaine de Sèvres, réussit à obtenir des pierres orientales de toutes couleurs en cristaux parfaitement limpides, mais seulement en fragments microscopiques, qui ne pouvaient trouver aucun emploi dans l'industrie. Ce physicien avait reconnu que l'acide borique, considéré jusque-là comme absolument fixe, peut cependant se vaporiser par l'action prolongée de la haute température des fours à porcelaine. Il eut dès lors l'idée de se servir de l'acide borique pour faire cristalliser l'alumine et la silice par voie de dissolution et d'évaporation, c'est-à-dire, selon la méthode générale employée pour faire cristalliser les corps. Par l'action

du calorique, il dissolvait dans de l'acide borique de l'alumine mélangée d'une faible proportion d'un oxyde colorant. Quand on exposait à la chaleur d'un four à porcelaine des capsules de platine contenant un tel mélange, l'acide borique s'évaporait peu à peu et finissant par disparaître en entier, laissait l'intérieur de la capsule tapissé de petits cristaux brillants d'alumine, identiques par leur transparence, leur couleur et leurs propriétés optiques, avec les pierres précieuses de l'Orient. Seulement, il était impossible de les détacher de la capsule sans les briser.

M. de Sénarmont est parvenu plus récemment à faire cristalliser l'alumine et la silice par une autre méthode. On place dans des tubes de verre, clos de toute part, des *hydrates* d'alumine et de silice, c'est-à-dire des combinaisons d'eau et de ces oxydes, et l'on chauffe ces tubes à une température de 180 degrés. Sous l'influence de la chaleur, l'hydrate d'alumine ou de silice se décompose, l'eau de combinaison s'en sépare, et l'on obtient des cristaux de ces oxydes parfaitement réguliers, mais toujours de dimensions microscopiques.

Au mois d'avril 1857, M. A. Gaudin a présenté à l'Académie des sciences des *saphirs blancs*, que l'on obtient avec une facilité extrême en très-peu de temps, et sans autre appareil que le feu de forge. En un quart d'heure, on peut en fabriquer des milliers. Leur grosseur est proportionnelle à la masse et à la durée du feu : ils sont plus gros quand on opère dans un fourneau que quand on agit au feu de forge ; dans un four à porcelaine, ils seront supérieurs en volume à ceux qu'on obtient dans un fourneau à vent.

Voici le procédé dont M. Gaudin fait usage pour obtenir ces nouveaux produits.

On donne le nom de *creuset brasqué* à un creuset rempli de charbon en poudre, dans lequel on a pratiqué une cavité destinée à recevoir la matière à traiter, qui se trouve ainsi préservée de tout contact avec les parois du creuset,

en même temps qu'elle reste soumise à l'action réductrice du charbon. C'est dans un creuset ainsi préparé qu'opère M. Gaudin ; seulement, il remplace le charbon ordinaire, qui contient de la silice, par le noir de fumée, qui représente du carbone sensiblement pur.

On place dans un creuset brasqué un mélange pulvérisé, de parties égales d'alun et de sulfate de potasse, préalablement calciné pour en chasser l'eau. On remplit à moitié le creuset avec cette poudre ; on achève de le remplir avec du noir de fumée sur lequel on pose le couvercle, que l'on lute soigneusement avec de la terre réfractaire. On chauffe alors au feu de forge le plus violent ; la chaleur doit atteindre le blanc éblouissant et être maintenue un quart d'heure. Sous l'influence de cette haute température, et par la réduction de l'alun opérée par le charbon, il y a formation de sulfure de potassium, qui entre en fusion et dissout l'alumine. Bientôt, ce sulfure de potassium s'évaporant en partie par la chaleur, l'alumine se sépare à l'état de petits cristaux. Quand on casse le creuset, on trouve dans la cavité de sa brasque, une petite concrétion noire, hérissée de points brillants : cette concrétion se compose de sulfure de potassium empâtant des cristaux d'alumine. En la plaçant dans une capsule et la chauffant avec de l'eau régale étendue d'eau, le sulfure se dissout avec effervescence, et laisse au fond de la capsule l'alumine sous la forme d'une poudre brillante, qui ressemble à du sable fin. Mais si l'on regarde cette poudre au microscope, on voit tout autre chose : chaque grain apparaît comme un cristal parfait, d'une limpidité merveilleuse, et qui jouit, comme le rubis naturel, de la double réfraction.

M. Gaudin espérait former des rubis proprement dits, c'est-à-dire des pierres précieuses d'un rouge intense, en ajoutant au mélange certains oxydes métalliques propres à colorer l'alumine. Mais les produits qu'il a obtenus sont incolores, parce que le charbon du creuset réduit toujours

à l'état métallique les différents oxydes ajoutés. Les pierres qu'il a préparées ne sont, d'après cela, que des *corindons* ou *saphirs blancs*, et non des rubis.

Il était important de savoir si ces pierres artificielles avaient toute la dureté du rubis naturel. Un essai fait par un habile pierriste, M. Gindraux, a prouvé que leur dureté est notablement supérieure à celle des rubis que l'on emploie pour former les trous à pivot des montres. Il a fallu vingt minutes pour percer une de ces pierres avec un foret d'un dixième de millimètre de diamètre, garni de poudre de diamant, et qui exécutait cent tours par seconde ; par conséquent, cent vingt mille tours de foret ont été nécessaires pour percer ce saphir blanc qui n'avait qu'un tiers de millimètre d'épaisseur.

Les pierres artificielles obtenues par M. Gaudin sont déjà de dimensions suffisantes pour servir à former les trous à pivot dans les petites montres. Il n'est pas douteux qu'avec des moyens plus importants de fabrication, on n'arrive à les faire assez gros pour servir dans les chronomètres et les pendules.

Les faits découverts par M. Gaudin, outre leur importance propre, puisqu'ils promettent de doter l'industrie, par un moyen fort simple, de produits éminemment utiles et précieux, ont une portée qui nous paraît sérieuse à un autre point de vue : ils mettent sur la voie de la production artificielle du diamant. Nous ne mettons pas en doute que l'on n'arrive un jour à fabriquer, par le secours de l'art, ce produit dont la nature se montre si avare ; et les observations de M. Gaudin sont un acheminement à la réalisation de cette découverte. Ce qui manque, en effet, pour obtenir le carbone cristallisé, c'est-à-dire le diamant, c'est un dissolvant approprié, qui, par l'évaporation ou le refroidissement, laisse cristalliser le carbone. M. Gaudin vient de découvrir pour l'alumine un dissolvant nouveau

et ignoré jusqu'ici : c'est le sulfure de potassium. En suivant la même voie de recherches, on pourra trouver un dissolvant analogue, propre à transformer le carbone en véritable diamant. On peut rappeler, à l'appui de cette opinion, qu'en voulant obtenir des cristaux de silice, et plaçant, à cet effet, au feu de forge dans son creuset brasqué, un mélange de sulfure de potassium et de silicate de potasse, M. Gaudin a obtenu une sorte de verre légèrement coloré en noir, qui ne contenait point d'alumine, rayait le verre et agissait manifestement sur le rubis, c'est-à-dire contenait un corps qui avait presque la dureté du diamant. Personne n'ignore, d'ailleurs, que M. Despretz a obtenu, par un courant, longtemps entretenu, d'électricité d'induction, des cristaux microscopiques qui étaient, selon toute probabilité, de véritables diamants. Voilà donc plus d'une voie sérieuse ouverte pour la solution de cet intéressant problème.

## 4

Le bore et son application à la taille et au polissage des pierres précieuses. — Le diamant de bore.

En attendant que la physique ou la chimie nous donne le moyen de produire artificiellement le diamant, il n'est pas hors de propos d'indiquer qu'on a trouvé dans le bore, corps simple qui ressemble beaucoup au carbone, des qualités physiques qui en font un analogue ou un succédané du diamant. Ce fait important a été le résultat d'un travail entrepris, il y a quelque temps, sur ce corps simple, par MM. Wohler et Deville.

On sait que le carbone affecte des états physiques bien divers, parmi lesquels figurent surtout, 1° le carbone amorphe ou non cristallisé, tel que le charbon végétal ou animal ordinaire; 2° le graphite ou carbone demi-cristallisé; 3° le carbone cristallisé ou diamant. Or, de même que

le charbon, le bore, selon MM. Wohler et Deville, peut exister sous trois états distincts : 1° le bore amorphe; 2° le bore graphitoïde; 3° le bore cristallisé ou diamant de bore.

Voici par quel moyen MM. Wohler et Deville obtiennent le bore cristallisé, ou diamant de bore, le seul dont nous parlerons ici.

On chauffe très-fortement, pendant cinq heures, un creuset de charbon brasqué contenant 80 grammes d'aluminium et 100 grammes d'acide borique, placé lui-même dans un creuset de plombagine. Après le refroidissement, quand on casse le creuset, on trouve deux couches distinctes, l'une, supérieure, est une sorte de verre composé d'acide borique et d'alumine; l'autre est une masse métallique de couleur grise, caverneuse et hérissée de petits cristaux. Cette masse métallique n'est autre chose que de l'aluminium fondu mélangé de bore cristallisé. Pour isoler les cristaux de bore, on traite cette masse métallique par de la soude caustique bouillante, qui dissout l'aluminium, ensuite par de l'acide chlorhydrique bouillant, qui enlève le fer, enfin par un mélange d'acides azotique et fluorhydrique, pour extraire les traces de silicium que la soude aurait pu laisser dans ce mélange. Après ces divers traitements, le bore demeure isolé.

Mais le bore, séparé de cette manière, ne présente pas, dans toutes les parties de sa masse, le même état physique. Il est facile de reconnaître qu'il se présente sous trois aspects distincts, qui rappellent fort bien les trois variétés physiques propres au carbone. Voici, en effet, les trois variétés de ce corps que l'on trouve dans la masse qui a été soumise aux opérations rapportées plus haut :

1° Bore en lames d'un éclat métallique au moins égal à celui du diamant, paraissant noir et opaque, d'une dureté si considérable qu'il use le diamant, mais avec plus de lenteur que ne le fait la poudre de diamant.

2° Bore en cristaux d'une limpidité et d'une transparence parfaites, en prismes longs échancrés en dents de scie, d'un éclat adamantin extrême, mais d'une dureté un peu moindre que la première variété. Si l'on parvient à produire des cristaux un peu gros et non *maclés* de cette variété, on pourrait l'employer dans la joaillerie.

3° Bore en cristaux excessivement petits, très-nets et très-distincts, rouge-chocolat et tout à fait semblables à la variété de diamant qu'on appelle le *bour*; il est, sous ce dernier état, d'une dureté qui ne le cède pas à celle du diamant. Après son emploi on le retrouve avec le même degré de finesse qu'avant, ce qui est un caractère de la bonne poudre de diamant.

Le bore, ce corps simple si analogue au carbone, pourrait donc être un jour appelé à constituer un succédané du diamant, sinon peut-être comme objet d'ornement, du moins pour le polissage et le travail des pierres précieuses.

## 5

## Nouveaux gisements du fluor.

Le fluor, corps simple rangé par les chimistes dans la famille naturelle du chlore, du brome et de l'iode, a été peu étudié jusqu'ici dans ses gisements naturels. M. J. Nicklès, professeur de chimie à la Faculté des sciences de Nancy, a fait, à propos de ce corps, des recherches étendues, qui l'ont amené à signaler sa présence dans un grand nombre de circonstances naturelles.

M. Nicklès a reconnu l'existence de petites quantités de fluor dans le sang et l'urine des animaux. Les os renferment du fluorure de calcium, mais beaucoup moins qu'on ne l'a dit jusqu'ici. D'après Berzélius, on trouverait dans les os calcinés 3 pour 100 de fluorure de calcium; en faisant

usage des moyens perfectionnés qu'il emploie pour la recherche du fluor, M. Nicklès a pourtant reconnu que, dans un kilogramme de substance osseuse, on trouve à peine 5 centigrammes de fluorure de calcium.

D'après M. Nicklès, les sources dans lesquelles l'organisme animal puise le fluor dont il peut avoir besoin, sont : 1° les eaux potables; 2° les substances végétales. Toutefois, les eaux potables, aussi bien que nos aliments végétaux, contiennent de si faibles proportions de fluor que, pour en signaler des traces par l'analyse chimique, il faut opérer sur un kilogramme au moins de cendres végétales, et sur le produit de l'évaporation de quelques mille litres d'eau.

Le fluor peut être introduit accidentellement dans l'économie animale par les eaux minérales, qui contiennent toutes des fluorures en très-forte proportion, si on les compare aux eaux potables. Cette circonstance paraît expliquer l'efficacité de certaines eaux minérales faiblement minéralisées, telles que les eaux de Plombières, du Mont-Dore, de Soultzbad, etc.

L'eau de la Seine prise à Paris, l'eau du Rhin prise à Strasbourg, se rangent parmi les eaux très-peu riches en fluor. L'une des eaux fluviales de France les plus riches en fluorures est celle de la Somme prise à Amiens.

Les diverses eaux minérales ne sont pas également riches en fluorures; les plus riches de celles que l'auteur a examinées sont l'eau de Contrexeville, d'Antogard et de Châtenois (Bas-Rhin). Un litre de ces eaux peut donner des marques non équivoques de la présence du fluor. Au contraire, l'eau de l'océan Atlantique n'en contient pas en proportions sensibles. Ce fait établit une différence bien tranchée entre cette eau et les eaux minérales salines qui ont de l'analogie avec l'eau de la mer.

Selon M. Nicklès, la loi de la diffusion du fluor dans l'écorce terrestre peut se formuler ainsi : « il y a du fluorure de calcium dans toutes les eaux qui renferment du

bi-carbonate de chaux; il peut y avoir du fluor dans les roches et les minéraux qui se sont formés par voie de sédiment. »

M. Nicklès est arrivé aux résultats qui précèdent en modifiant les détails d'exécution du procédé classique qui sert à déceler le fluor. Pour reconnaître la présence de ce corps simple, on a l'habitude de traiter la substance dans laquelle on recherche le fluor par de l'acide sulfurique concentré, et de chauffer ce mélange, après avoir recouvert d'une lame de verre le vase qui le renferme : en agissant sur les fluorures, l'acide sulfurique dégage de l'acide fluorhydrique gazeux, lequel a la propriété de corroder fortement la lame de verre par son action sur la silice qui fait partie constituante du verre. Mais, selon M. Nicklès, ce procédé, tel qu'il est mis depuis si longtemps en usage, induit fréquemment en erreur, parce que les vapeurs de l'acide sulfurique suffisent quelquefois pour attaquer la lame de verre, et, en second lieu, parce que l'acide sulfurique du commerce contient quelquefois de l'acide fluorhydrique. Pour faire disparaître ces causes d'erreur, M. Nicklès remplace la lame de verre par une lame de cristal de roche, ou silice pure, substance inattaquable par les vapeurs d'acide sulfurique concentré. Pour purifier l'acide sulfurique employé à la décomposition des fluorures et le débarrasser des petites quantités d'acide fluorhydrique qu'il est sujet à contenir, M. Nicklès recommande de l'étendre d'eau et de l'exposer pendant quelque temps à une température de 150 à 180 degrés.

## 6

Emploi du collodion sec en photographie.

Tout le monde connaît l'importance et la généralité des emplois qu'a reçus le *collodion* dans la photographie sur

verre. C'est grâce à la rapidité prodigieuse avec laquelle cette substance reçoit l'impression lumineuse que l'on a pu obtenir facilement les portraits. Le composé photogénique employé pour recevoir l'action de la lumière, c'est-à-dire l'iodure d'argent, ne s'impressionne qu'avec une certaine lenteur quand on se borne à le déposer, sans aucun mélange, sur le papier ou sur une lame de verre. Mais quand l'iodure d'argent est mélangé, incorporé, à une certaine quantité de *collodion* (qui n'est autre chose qu'une dissolution de coton-poudre dans de l'alcool éthéré), il s'impressionne en quelques secondes. C'est grâce à l'emploi de ce produit que l'on peut obtenir les épreuves photographiques dites *instantanées*.

Mais, pour donner ce résultat, le collodion doit nécessairement être employé à l'état humide, c'est-à-dire dès le moment de sa préparation. En effet, une glace collodionnée, quand elle est sèche, ne reçoit plus qu'avec une lenteur désespérante l'action chimique de la lumière. C'est là un inconvénient très-grave pour la pratique de la photographie. On ne peut jamais opérer avec des glaces préparées d'avance, il faut faire tout dans le même moment. Le paysagiste, le photographe voyageur, ne peuvent donc se servir du collodion pour emporter dans leur portefeuille une provision de plaques photogéniques toutes préparées. Ils doivent se contenter du papier simple ou du papier ciré, qui se conservent, il est vrai, très-longtemps sans altération, mais qui ne reçoivent qu'avec beaucoup de lenteur l'impression lumineuse.

La découverte du *collodion sec* était donc un problème qui préoccupait depuis longtemps, et avec raison, la tribu des photographes. De nombreux essais ont déjà été tentés dans cette direction, et une découverte faite récemment paraît devoir fournir la solution de ce problème.

Pour bien apprécier le nouveau procédé qui vient d'être proposé pour l'emploi du collodion sec, il est nécessaire