

ANNALES  
DES MINES,

ou

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES,

ET SUR LES SCIENCES QUI S'Y RAPPORTENT ;

*Rédigées par le Conseil général des Mines,*

PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Conseiller d'Etat, Directeur général des  
Ponts et Chaussées et des Mines.

TOME XII.



A PARIS,

Chez TREUTTEL et WURTZ, Libraires, rue de Bourbon,  
n°. 17; et même Maison de Commerce,

A LONDRES, 30 Soho-Square, et à STRASBOURG, rue des  
Serruriers, n°. 3.

1826.

## AVERTISSEMENT.

L'avis placé en tête du neuvième volume (1<sup>re</sup>. liv. 1824) porte que les *Annales des Mines* seront augmentées de deux livraisons, et qu'elles paraîtront de *deux mois en deux mois*. Néanmoins, à cause de l'abondance des matières, les livraisons de 1824 sont encore bien plus fortes qu'elles ne devaient l'être, puisque chacune d'elles surpasse de beaucoup *sept à huit* feuilles d'impression.

S'il fallait s'en tenir à ce nombre, il serait impossible de faire connaître, à temps, dans ce Recueil tous les Mémoires qui intéressent l'art des Mines.

D'après cette considération, il a été arrêté qu'à commencer du 1<sup>er</sup>. janvier 1825, chaque livraison comprendra, au moins, *dix* feuilles d'impression. Les livraisons continueront de paraître de *deux mois en deux mois*.

Les six livraisons d'une même année formeront *deux volumes*. On y joindra les tableaux, cartes et planches nécessaires à l'intelligence du texte.

En s'engageant ainsi à faire paraître, par année, *six livraisons*, composées chacune de *dix* feuilles d'impression, au moins, on ne peut maintenir le prix de la souscription aux *Annales des Mines*, tel qu'il avait été fixé au moment de la publication du volume de 1816 (1).

Ce prix a été porté, à compter du 1<sup>er</sup>. janvier 1825, à *vingt francs*, par an, pour Paris, et à *vingt-quatre francs* pour les Départemens.

On s'abonne, à Paris, chez MM. Treuttel et Würtz, libraires, rue de Bourbon, n<sup>o</sup>. 17, ainsi que dans leurs maisons établies à Londres, 30 Soho-Square, et à Strasbourg, rue des Serruriers, n<sup>o</sup>. 3.

(1) Alors on ne s'était engagé à publier, par année, qu'un seul volume, composé de quatre livraisons de sept à huit feuilles d'impression chacune.

Paris. — Imprimerie de Madame HUZARD (née Vallat la Chapelle),  
rue de l'Eperon, n<sup>o</sup>. 7.

## RAPPORT

*Fait à MM. les Président et Conseillers de la Cour royale séante à Paris, sur la nouvelle et l'ancienne machine à vapeur établies, à Paris, au Gros-Caillou, à l'occasion du procès pendant au tribunal de la Cour royale de Paris, entre M. Edwards, vendeur, et M. Lecour, acquéreur de la nouvelle machine;*

PAR M. DE-PRONY,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées, membre de l'Académie royale des Sciences, etc.

### § 1. *Faits antérieurs aux opérations officielles de l'expertise.*

*N. B.* Les articles 1 à 10, qui composent ce chapitre, ne contenant que des détails relatifs aux formalités judiciaires, nous avons cru pouvoir les supprimer sans nuire à l'intérêt des chapitres suivans, que nous nous sommes fait un devoir de publier sans aucun retranchement.

(*Note des Rédacteurs.*)

§ 2. *Observations générales sur les expressions numériques de la puissance d'une machine à vapeur, et sur le mode d'évaluation de cette puissance.*

(11). Le principal objet de l'examen dont j'ai été chargé est la détermination de la *puissance* de la nouvelle machine à feu du Gros-Cailloü, ou de l'effet mécanique dont elle est capable. Une pareille détermination se réduit en général à assigner un poids, qui, élevé à une certaine hauteur, dans un certain temps, fournit, par cette combinaison de phénomènes, l'équivalent de l'effet cherché. Or, de ces trois choses, le poids, la hauteur d'élevation et le temps, on est toujours libre de s'en donner arbitrairement deux *à priori*, qui peuvent être conservées les mêmes dans toutes les expressions des effets mécaniques, en déterminant convenablement la troisième; il est d'usage de fixer ainsi d'avance la hauteur et le temps, le poids étant la variable qui prend diverses valeurs, suivant les différentes grandeurs des quantités à mesurer. Ainsi le mètre et la seconde de temps étant pris pour les deux élémens fixes, on cherche, dans chaque cas, le nombre de kilogrammes, qui, élevés à un mètre de hauteur dans une seconde de temps, fournit un effet mécanique équivalent à celui de la machine.

Quand ce nombre de kilogrammes est trouvé, l'effet de la machine est complètement défini; mais on peut, au lieu de compter par kilogrammes, compter par groupes de kilogrammes, chaque groupe ayant une valeur déterminée, et

composant avec les deux élémens fixes, un *terme de comparaison* des forces des machines en mouvement, qu'on peut appeler *unité dynamique*. Ainsi, par exemple, si on composait ce groupe de 100 kilogrammes, au lieu de dire que l'effet d'une machine équivaut à l'élevation d'un poids de 850 kilogrammes à un mètre de hauteur pendant une seconde de temps, on dirait d'une manière plus simple et plus commode que cet effet est de  $8\frac{1}{2}$  *unités dynamiques*, et il serait tout aussi complètement défini par cette dernière énonciation abrégée, que par la précédente.

(12). La valeur absolue de l'*unité dynamique* est, comme celle des unités d'espèces quelconques, de pure convention; mais ces dernières sont, en général, assujetties à des types bien déterminés dans un même pays, et leur système établi sur des bases fixées par la législation, au lieu qu'il n'y a encore, sur l'*unité dynamique*, ni fixation légale, ni même convention générale, et je la vois, dans les pièces même du procès particulier qui a donné lieu à mon expertise, définie tantôt d'une manière et tantôt d'une autre. Je crois qu'il est utile et même nécessaire, eu égard à ces causes d'incertitude sur des questions auxquelles le sort et la fortune des fabricateurs et des acheteurs se trouvent liés, de faire précéder par quelques explications de détails la discussion du fond de l'affaire que j'ai à traiter.

Avant l'invention des machines à vapeur, les travaux auxquels on les applique maintenant s'exécutaient, sinon en totalité, du moins en très-grande partie, avec des chevaux: il était donc

bien naturel, quand on a voulu soumettre au calcul les effets de ces machines, et établir entre elles des comparaisons, de rapporter leur puissance mécanique à celle des chevaux. L'assimilation ne pouvait pas être exacte à tous égards; car, dans le rapprochement de ces deux sources de puissance, il a fallu faire abstraction d'un des élémens principaux de l'évaluation de la *quantité d'action* totale qu'on peut obtenir d'un cheval, et en général d'un moteur animé et qui tient à la nécessité de fixer la durée du travail pendant un jour, de manière à ne pas épuiser les forces de l'animal. Ainsi, pour définir exactement la puissance mécanique d'un cheval, on dit qu'il est capable d'un certain effort en parcourant un certain espace dans un temps donné, et en exerçant cet effort avec cette vitesse pendant un certain nombre d'heures sur vingt-quatre, nombre qui n'excède guère huit; mais s'il s'agit d'une machine à vapeur, il suffit de dire que l'effet mécanique dont elle est capable équivaut à l'élévation d'un certain poids à une certaine hauteur pendant un certain temps, la durée effective de l'action restant tout-à-fait indéterminée, et la *quantité d'action* totale obtenue étant proportionnelle à cette durée.

(13). L'unité *dynamique*, déduite de la force du cheval et applicable aux moteurs inanimés, se réduit donc ultérieurement au produit d'un certain effort, par un espace parcouru et par le temps employé à parcourir cet espace, ou, en d'autres termes, au produit d'un poids par une hauteur à laquelle ce poids est élevé et par la durée de l'ascension. Ce produit étant censé

connu pour un cheval, et conclu du travail *habituel* qui n'épuise pas ses forces, on dit qu'une machine est de cinq, dix, quinze, etc. *chevaux*, suivant que le produit analogue qu'elle donne, contient cinq, dix, quinze, etc., fois celui que comporte le travail *habituel* du cheval; et cependant on ne peut pas conclure de là que cinq, dix, quinze, etc., chevaux, puissent remplacer cette machine, dont le chômage n'est pas assujéti au besoin de nourriture et de repos.

(14). Malgré cette restriction, la force du cheval n'en fournirait pas moins un très-bon type de mesure pris dans la nature, si on avait sa valeur absolue par des données exactes et sur lesquelles on fût généralement d'accord; malheureusement cet assentiment général n'existe pas. Je n'irai pas chercher bien loin la preuve de ce que j'avance ici, on la trouve dans un rapport joint aux pièces du procès, rédigé par M. Tournelle, et imprimé à la suite de plusieurs autres pièces, en tête desquelles se trouve un autre rapport de MM. Christian, Mollard et Gaillardon. M. Tournelle cite huit à dix évaluations de la force du cheval, tirées des auteurs anglais, de Bélidor, de mon *Architecture hydraulique*, des *OEuvres* de Peronnet, etc. Les Anglais seuls fournissent quatre évaluations différentes de la force du cheval, dont la plus petite n'est qu'environ les deux tiers de la plus grande, leur rapport étant celui de 22916 à 33000: ainsi ceux qui adopteraient l'usage de l'une devraient regarder l'usage de l'autre comme entraînant des erreurs inadmissibles.

(15). La confusion qui règne dans ces déterminations tient en partie aux différentes ma-

nières d'appliquer la force du cheval ; cet animal ne fournit pas la même quantité d'action employé à tourner dans un manège, attelé à une voiture chargée sur son dos, allant au pas ou au trot ; et quand on assigne une valeur à sa force, il faut énoncer soigneusement à laquelle de ces diverses manières d'agir on la rapporte : c'est ce que n'ont pas toujours fait les mécaniciens qui ont tenté de résoudre le problème.

(16). Le travail du cheval dans un manège est celui auquel il paraît le plus convenable de rapporter l'effet des machines à feu ; M. Navier, en combinant ensemble les résultats les plus dignes de confiance, a trouvé qu'on pouvait représenter la puissance mécanique d'un cheval attelé à un manège, marchant au pas, et travaillant huit heures sur vingt-quatre, par l'élévation, dans une seconde de temps, d'un poids de  $40\frac{1}{2}$  kilogrammes à 1 mètre de hauteur ; cette quantité d'action, évaluée pour la durée d'une seconde, étant rapportée à la durée de huit heures, ou 28800'', c'est-à-dire à la *journée du cheval*, donne un poids de 166400 kilogrammes élevés à un mètre de hauteur : c'est ce qu'on appelle la *quantité journalière d'action* du cheval attelé à un manège. (Voyez le 1<sup>er</sup> vol. de l'*Arch. hydraul.* de Belidor, édition de Navier, page 396.)

(17). La conséquence de tout ce qui précède est que ce type de mesure de force désigné par la dénomination vague de *cheval*, n'ayant point de fixation, soit légale, soit généralement convenue, devrait être exactement déterminé, défini dans les transactions entre les vendeurs et les acquéreurs de machines à feu : cette précaution n'a point été prise dans les traités passés entre

MM. Edwards et Lecour, et j'aurais voulu, au moins, trouver dans les pièces et renseignements qui m'ont été fournis à l'occasion de mon expertise, quelque détermination sur laquelle ils fussent d'accord tous deux, et dont l'emploi, dans la discussion de leur affaire particulière, ne serait, par conséquent, sujette à aucune difficulté ; mais en parcourant ces pièces, j'ai trouvé, à mon grand étonnement, que cette base fondamentale de calcul, appelée *cheval*, y est, ainsi que le lecteur en a été prévenu ci-dessus, prise tantôt avec une valeur, tantôt avec une autre.

(18). M. Edwards a désiré que ses inventions fussent connues et appréciées par la Société d'encouragement de Paris, qui s'en est fait rendre compte par ceux de ses membres dont les connaissances en mécanique inspirent le plus de confiance ; il a dû leur faire part des bases de calcul d'après lesquelles il évaluait la force de ses machines à vapeur, car on lit dans un extrait du *Bulletin* de la Société, du mois de juin 1818, imprimé séparément et joint aux documens qui m'ont été remis, les paroles suivantes : « M. Edwards entend par *force d'un cheval* celle qui » donnerait à une masse de 150 livres (avoir du » poids) la vitesse de 220 pieds anglais par » minute. »

Je remarque que 150 livres élevées à 220 pieds pendant une minute, équivalant à 220 fois 150 livres ou 33000 livres élevées à un pied pendant le même temps, c'est l'évaluation anglaise, qu'on appelle *routinière* et qu'on trouve citée dans l'*Encyclopédie* britannique, à l'article *Steam-engine*, dont l'auteur est le célèbre Watt, article qui a été réimprimé dans le *Mechanical philoso-*

phy, de Robison. (Voyez cet ouvrage, tome 2, page 145). Watt et Boulton ont employé l'unité dynamique de 32000 livres élevées à un pied pendant une minute, mesure anglaise.

La livre, avoir du poids, vaut  $453 \frac{439}{1000}$  grammes; le pied anglais est de  $304 \frac{7}{10}$  millimètres: prenant le kilogramme, le mètre et la seconde de temps chacun pour unité dans son espèce, on trouvera que les 32000 livres anglaises élevées à un pied anglais pendant 60 secondes de temps, représentent le même effet dynamique que  $75 \frac{990}{1000}$  kilogrammes, élevés à un mètre de hauteur pendant une seconde de temps.

Telle est l'unité dynamique adoptée par M. Edwards dans ses relations avec la Société d'encouragement; cependant j'ai une pièce écrite de sa main, contenant tous les détails d'un calcul qu'il a fait à l'occasion d'un appareil d'épreuve dont il sera question dans la suite de ce rapport, et où ce qu'il appelle *force d'un cheval* (*horse-power*) n'est plus qu'un poids de 28000 livres anglaises, avoir du poids, élevées à un pied anglais dans une minute, unité dynamique à-peu-près moyenne entre les diverses déterminations anglaises, et équivalente à l'élévation d'un poids de  $64 \frac{476}{1000}$  kilogrammes, à un mètre de hauteur pendant une seconde de temps. Cette unité est, à  $\frac{1}{56}$  près, conforme aux évaluations du physicien anglais Desaguillier, qui fait le poids élevé égal à 27500 livres (1).

(1) Je vois dans d'autres notes, qui m'ont été fournies par une personne à qui M. Edwards avait fait le calcul de la puissance de sa machine, qu'il entendait par *horse-power* un poids de 27000 livres (avoir du poids), élevé à un pied

(19). Les rapports des experts nommés en 1818 et 1819 présentent un autre mode d'évaluation, que plusieurs ingénieurs français ont adopté. On voit, page 7 de l'imprimé ci-dessus, n°. (18) que MM. Gengembre et Tournelle, l'un arbitre de M. Lecour, l'autre arbitre de M. Edwards, font la force d'un cheval proportionnelle à un poids de 80 kilogrammes élevés à la hauteur d'un mètre pendant une seconde de temps, ou, en d'autres termes, à un poids de 34741 livres, avoir du poids, élevées à un pied anglais de hauteur pendant une minute; et il est singulier qu'après avoir posé cette base d'évaluation à la page 7, on fasse à la page 13 le calcul effectif de la force de la nouvelle machine du Gros-Cailloü, en prenant pour terme de comparaison l'élévation de 32000 livres anglaises à un pied anglais de hauteur pendant une minute de temps.

La même unité dynamique de 80 kilogrammes élevés à un mètre de hauteur pendant une seconde de temps, a été employée par M. Girard dans son rapport du 6 avril 1819; elle diffère de celle que M. Edwards a fait servir de base au calcul manuscrit ci-dessus cité, d'un quart environ de cette dernière: en sorte que M. Edwards trouverait vingt-cinq *chevaux* là où M. Girard n'en accorderait que dix-huit, dissidence beaucoup trop forte. La différence serait bien plus grande encore, si un fabricant, se prévalant de ce que l'unité dynamique, ou la mesure appelée un *cheval*, n'a ni définition légale, ni valeur précisée dans ses conventions avec l'acheteur, déclara

anglais pendant une minute de temps: ainsi, j'ai de lui trois évaluations différentes de l'*horse-power*.

rait, après son marché conclu, qu'il a entendu prendre pour base du calcul du nombre de *chevaux* mesurant la force de sa machine l'évaluation de Smeaton, dont l'autorité, en mécanique appliquée, est bien imposante, et qui donne pour mesure de la force d'un cheval un poids de 22916 livres anglaises élevées à un pied anglais pendant une minute de temps; je ne sais pas quelle opposition fondée en droit rigoureux on pourrait faire à une pareille déclaration.

(20). Il serait bien important de convenir du choix d'une *unité dynamique* exactement définie, dont l'usage serait obligatoire, et de mettre enfin dans cette partie du système général des mesures la fixité qui existe dans les autres parties. L'importance d'une pareille institution doit être sur-tout appréciée à une époque où la machine à feu, de plus en plus répandue, semble devoir bientôt offrir à l'industrie un instrument universel. On pourrait, dans une pareille détermination, abandonner entièrement les considérations déduites de l'analogie avec la force du cheval. Cette force, dans l'origine, offrait naturellement un terme de comparaison; mais ses diverses évaluations diffèrent tellement entre elles, on y aperçoit si peu l'indice du mode d'action de l'animal, que, dans l'embarras du choix à faire, il vaut peut-être mieux n'en pas faire du tout, et n'assujettir l'adoption d'une unité dynamique qu'à la seule condition de la commodité et de la facilité du calcul (1).

(1) Il me semble que cette condition serait remplie d'une manière satisfaisante, si on prenait pour terme de comparaison l'élevation d'un poids de 100 kilogrammes à un

(21). Je me borne à ces considérations générales, qui suffisent à l'objet du présent rapport, et que je pourrai reproduire ailleurs, avec des développemens. Je passe à d'autres considérations, liées aux premières, et aussi importantes au moins pour l'examen qui m'occupe. J'ai dit

---

mètre de hauteur pendant une seconde de temps; mais, dans le cas où on tiendrait absolument à une unité dynamique qui offrirait le moyen de comparer le travail des machines de *va-et-vient* et de *rotation* à celui d'un cheval attelé à un manège, il faudrait, pour rendre la comparaison immédiate, rapporter cette unité non pas à un effort instantané de l'animal, mais à la *quantité totale d'action* qu'il fournit dans le cours d'une journée, lorsqu'il n'est pas surmené, ou qu'il a environ seize heures de repos sur vingt-quatre. De cette manière, on aurait, ou immédiatement, ou par un rapport très-simple, ce qu'on ne déduit de l'ancienne fixation que par des combinaisons de durée de travail.

Pour éclaircir ceci par un exemple, je remarque qu'en considérant comme exacte la détermination de la *quantité journalière d'action* du cheval attelé à un manège, donnée n°. (16), on pourrait arriver à la fixation d'une unité dynamique, remplissant, d'une manière satisfaisante, la condition dont je viens de parler, et ayant, de plus, l'avantage d'être exprimée en nombre décimaux. Cette *quantité journalière d'action* est représentée par un poids de 1166400 kilogrammes élevé à un mètre de hauteur. On peut porter ce poids, en nombres ronds, à 1200000 kilogrammes, en restant toujours dans les limites des déterminations de la force du cheval qui méritent le plus de confiance; et si cette quantité d'action est supposée obtenue par le travail uniforme d'une machine, continué pendant vingt-quatre heures, elle donnera, par heure, 50000 kilogrammes élevés à un mètre. Prenons pour *unité dynamique* l'élevation d'un poids de 100000 kilogrammes à un mètre de hauteur pendant une heure de temps (la substitution de l'heure à la seconde ou à la minute de temps ne me paraît avoir aucun inconvénient).

qu'en omettant de définir exactement dans le contrat de vente d'une machine l'unité dynamique à laquelle on rapporte son travail, on rendait l'exécution des conditions du marché sujette à des débats très-fâcheux, par les interprétations dont elles

Une machine dont une seule unité de cette espèce mesurerait le travail, et qui serait en activité pendant vingt-quatre heures, donnerait une quantité d'action totale égale à 2400000 kilogrammes élevés à un mètre de hauteur, précisément double de celle qu'on obtient de la journée d'un cheval attelé au manège, et qui n'est pas surmené. Considérant ensuite une machine dont le travail serait mesuré par un nombre  $n$  d'unités dynamiques, comme celle que je viens de définir, on en conclurait sur-le-champ que le travail de cette machine pendant vingt-quatre heures équivalait non pas à un nombre  $2n$  de chevaux, mais à un nombre  $2n$  de journées de chevaux attelés à des manèges, et dont chacun ferait, dans le cours de vingt-quatre heures, la quantité de travail dont il est capable sans être surmené.

Voilà donc une unité dynamique qui à la propriété d'être exprimée en nombres décimaux réunit celle de donner immédiatement les rapprochemens entre les effets des moteurs animés et inanimés, sans laisser l'embarras de combiner les durées de travail pour arriver à des résultats exprimés en journées.

On pourrait, au lieu d'exprimer en kilogrammes le poids élevé pendant une heure de temps, rapporter ce poids à celui du mètre cube d'eau, qui est exactement de 1000 kilogrammes, et on définirait la nouvelle unité dynamique en disant qu'elle représente l'élévation de 100 mètres cubes d'eau à un mètre de hauteur pendant une heure.

Cette manière de l'énoncer fournirait une règle simple et commode pour avoir la mesure du travail d'une machine employée à élever de l'eau à une hauteur donnée en mètres. Connaissant le nombre de mètres cubes élevés par heure, on multiplierait la centième partie de ce nombre par la hauteur donnée, et le produit serait le nombre d'unités dynamiques cherché, double de celui des journées du cheval, qui procureraient, à la même hauteur, la même quan-

deviennent susceptibles; mais dans l'hypothèse même où cette omission n'aurait pas lieu, il y faudrait encore prendre une autre précaution relativement au mode d'évaluation de l'effet de la machine en unités dynamiques convenues par

tité d'eau que fournit la machine pendant vingt-quatre heures d'activité non interrompue.

Prenant un exemple applicable aux machines à feu du Gros-Cailloeu : soit la quantité d'eau élevée pendant une heure de temps égale à 100 mètres cubes et la hauteur d'élévation de 35 mètres. La règle que je viens de poser donne sur-le-champ 35 de mes unités dynamiques, équivalant à soixante-dix journées de cheval attelé au manège. En effet, 100 mètres cubes d'eau par heure produisent 2400 mètres cubes d'eau par jour : or, on a vu plus haut que le cheval attelé au manège fournissait, dans sa journée, l'équivalent de l'élévation d'un poids de 120000 kilogrammes, ou du poids de 1200 mètres cubes d'eau à un mètre de hauteur, ou, en d'autres termes, du poids de  $\frac{1200}{35}$  mètres cubes d'eau à 35 mètres de hauteur. Donc le nombre des journées de cheval attelé au manège, nécessaire pour élever 2400 mètres cubes d'eau à 35 mètres de hauteur, est égal à  $\frac{35}{1200} \times 2400 = 70$ .

L'unité dynamique dont il a été question n°. (19), définie par l'élévation d'un poids de 80 kilogrammes à un mètre de hauteur pendant une seconde de temps, donnerait, par un travail continu de vingt-quatre heures, l'élévation de 6912000 kilogrammes à un mètre de hauteur; ce qui représente  $5 \frac{76}{100}$  journées de cheval attelé à un manège et  $2 \frac{88}{100}$  journées d'une machine fournissant la quantité d'action énoncée par ma nouvelle unité dynamique, c'est-à-dire qui, dans un travail continu de vingt-quatre heures, élèverait 100000 kilogrammes par heure à un mètre de hauteur, ou ferait l'équivalent de ce travail. Ainsi, les 35 unités dynamiques, précédemment déterminées,

n'en représentent que  $\frac{35 \times 100}{288}$  ou  $12 \frac{153}{1000}$  de celles qui sont définies à l'article (19) cité.

les parties contractantes. Je vois dans les rapports imprimés sur la nouvelle machine du Gros-Cailloü, et particulièrement dans celui du 6 avril 1819, que pour calculer le nombre d'unités dynamiques que l'auteur a eu grand soin de définir, mesurant l'effet de cette machine, il a posé en fait : 1°. que la vapeur motrice était à une certaine température, qu'il assigne et qu'il considère comme étant la même, tant dans la chaudière et le petit cylindre, que dans le grand cylindre, où il n'admet par conséquent d'autre cause de diminution de ressort que celle de la dilatation ; 2°. que chacun des pistons des cylindres à vapeur faisait, dans un temps donné, un certain nombre de courses d'une grandeur déterminée. Il a ainsi un effort et une vitesse desquels il conclut la quantité d'action fournie par la force motrice, dans un temps donné. Il retranche un tiers de cette quantité d'action et considère les deux autres tiers comme représentant *l'effet utile* de cette machine.

(22). Cette manière de procéder est vraiment la seule qu'on puisse employer lorsqu'on est obligé de calculer *à priori* l'effet d'une machine qu'on n'a pas éprouvée ou qu'on n'a vue agir qu'avec une partie de sa force : malheureusement elle met dans la nécessité de poser en fait plusieurs des choses qui sont en question, et voilà une source de dissidence entre des évaluations faites par différentes personnes, à différentes époques ou dans différentes circonstances : je citerai pour exemple le calcul qu'on trouvera ci-après, § 6, de l'effet dont la nouvelle machine est capable. Ce calcul est fait par la méthode qui a été suivie dans l'expertise de 1819 ; mais je

n'attribue pas la même température à la vapeur, la même vitesse aux pistons des cylindres à vapeur, et la déduction d'un tiers de la force théorique, qui paraissait exagérée, me semble au contraire trop faible. J'exposerai avec tous les détails nécessaires les motifs qui m'ont engagé à modifier ces données importantes, et j'ai eu pour fixer les anciennes incertitudes qu'elles offraient, des moyens particuliers, qui m'ont de plus servi à établir une comparaison entre l'évaluation théorique et l'évaluation de *fait*, déduite de mes expériences.

(23). Les principaux de ces moyens que divers obstacles dont je parlerai, m'ont empêché de rendre aussi complets que je l'aurais voulu, ont été la mesure exacte, par le thermomètre et le manomètre, de la température et de la tension de la vapeur dans la chaudière, élémens de calcul que je puis employer comme *données de fait*, et non comme données hypothétiques. J'ai de plus adapté à la machine l'appareil dynamique décrit à la suite de ce rapport, pour en obtenir un travail supplémentaire, concurremment avec le travail des pompes à eau ; ces divers appareils d'épreuve n'ont pas été employés par les experts qui m'ont précédé, et j'ajouterai que ces experts n'ont pas soumis les machines du Gros-Cailloü à un travail aussi considérable et aussi prolongé que celui dont on verra le détail dans les paragraphes suivans.

(24). Je passe aux détails historiques de mes expériences, que je vais donner en suivant l'ordre des dates. Je commencerai par la nouvelle machine, qui a été éprouvée la première, et je finirai par l'ancienne. Tous les détails consignés dans les deux paragraphes suivans sont tirés des notes très-circonstanciées que je tenais dans le

cours des expériences et que je comparais ensuite avec celles que M. Mallet avait tenues de son côté. J'ai formé, d'après ces notes, des tableaux synoptiques, à colonnes, sur lesquels tous les éléments de déterminations paraissent, en regard, classés méthodiquement.

Pour fixer les idées et faciliter par des rapprochemens de petits nombres les comparaisons entre les effets mécaniques obtenus dans mes diverses expériences, je rapporterai ces effets à une des unités dynamiques dont j'ai parlé aux nos. (18) et (19), celle qui est définie par l'élevation d'un poids de 80 kilogrammes à un mètre de hauteur pendant une seconde de temps, et que je désignerai par le nom d'*unité dynamique française*. Cependant on ne doit pas conclure de là que je donne à cette unité la préférence sur les autres types de mesure de son espèce.

§ 3. — *Description historique des expériences faites sur la nouvelle machine à vapeur du Gros-Cailou.*

(25). Jeudi 5 juillet 1821; *nouvelle machine*. J'ai dit, no. (5), que M. Edwards avait déclaré, le vendredi 29 juin, que sa machine était prête à subir les épreuves ordonnées, et nous commençâmes nos opérations officielles le jeudi suivant. Cette première journée était principalement destinée à s'assurer si, en interceptant les communications de l'ancienne machine et faisant cesser son service, la nouvelle pourrait complètement la suppléer en lui donnant la vitesse que comportent le mécanisme et le jeu des pompes à eau, vitesse qui a des limites; le seul, terminé et posé, des appareils d'épreuves que j'avais deman-

dés, était le manomètre de la chaudière, et je regrettais beaucoup de ne pas y trouver le thermomètre, pour lequel il n'y avait encore rien de préparé. Deux manomètres, adaptés l'un au grand et l'autre au petit cylindre à vapeur, étaient construits et disposés de manière que je n'ai pu en déduire aucun résultat digne d'être enregistré avec mes autres observations.

Le procès-verbal des opérations de cette même journée constate ce qui a été dit § 1, depuis le no. 3 jusqu'au no. 7, sur les précédens voyages faits à la machine et les retards dans l'exécution des préparatifs nécessaires pour la rendre capable de subir les épreuves auxquelles on devait la soumettre.

Par le même procès-verbal, MM. Edwards et de Jouy ont demandé, pour les expériences suivantes, la suppression de toutes les communications partant de l'ancienne pompe, et qu'ils soupçonnaient avoir quelque influence possible sur le produit de la nouvelle; M. Lecour a consenti à cette suppression, à la condition qu'on le garantirait et le rendrait indemne des amendes qu'il serait obligé de payer si son service de fourniture d'eau ne se faisait pas; ce qui a été accordé, et la suppression demandée a eu lieu.

(26). La machine était en activité à trois heures cinquante minutes, la manivelle du balancier faisant seize tours par minute, le manomètre de la chaudière indiquant une tension de la vapeur de  $3 \frac{1}{10}$  atmosphères.

Après avoir laissé agir la machine jusqu'à quatre heures quarante minutes, nous avons été relever le numéro de l'indicateur de la jauge, que nous avons trouvé de 9862°.

A six heures quinze minutes, cet indicateur marquait 9875.

Chaque numéro de cette jauge correspond à un produit de 10 mètres cubes, fourni au réservoir supérieur de la tour. Il y a donc eu 130 mètres cubes, élevés pendant une heure trente-cinq minutes ou une heure  $\frac{583}{1000}$ ; ce qui donne un produit de 82 mètres cubes par heure.

Au moment de cette observation, la manivelle du balancier faisait seize tours  $\frac{1}{10}$  par minute, et le manomètre de la chaudière indiquait une tension d'environ  $5 \frac{15}{100}$  atmosphères.

Une observation semblable, faite à sept heures du soir, indiquait un produit de 85 mètres cubes par heure, le nombre des tours de la manivelle du balancier étant alors d'un peu plus de dix-sept par minute, et le manomètre de la chaudière indiquant une tension de  $3 \frac{25}{100}$  atmosphères.

Le produit moyen par heure de  $83 \frac{1}{2}$  mètres cubes d'eau élevés au haut de la tour, peut être représenté par  $10 \frac{147}{1000}$  unités dynamiques françaises.

(27). Ce même jour, 5 juillet, M. Mallet et moi avons pris sur la machine une partie des mesures qui doivent entrer comme données dans le calcul des effets mécaniques, ainsi qu'on le verra ci-après. Le relèvement du surplus de ces mesures, des différences de niveau par rapport aux eaux de la Seine, etc., a été réservé soit pour les jours suivans d'expérience, soit pour des jours spécialement consacrés à ces opérations.

(28). *Vendredi 6 juillet 1821.* D'après mes instances réitérées, on avait enfin adapté à la chaudière un thermomètre portant la graduation de Réaumur et pouvant marquer une tempéra-

ture très-supérieure à celle que la prudence permettait de donner à la vapeur.

Je suis arrivé au bâtiment de la machine à midi environ, et je n'en suis reparti que le lendemain à près de trois heures du matin, en sorte que la durée de la séance a été de quatorze ou quinze heures.

(29). Le feu a été mis au fourneau à midi et quarante minutes; la machine était en activité à deux heures dix minutes, et l'eau élevée par les pompes a commencé à couler dans le réservoir placé au haut de la tour à deux heures vingt et une minutes vingt secondes.

Cet écoulement a duré, sans interruption, jusqu'au lendemain deux heures quarante-huit minutes trente secondes; à cette même heure, tout le charbon pesé, dans le cours de la séance, était consommé, et le compteur de la jauge devenu stationnaire.

Le volume total d'eau élevé au haut de la tour à 35 mètres de hauteur a été de 1060 mètres cubes, depuis deux heures vingt et une minutes vingt secondes jusqu'au lendemain deux heures quarante-huit minutes trente secondes, c'est-à-dire en douze heures vingt-sept minutes dix secondes; ce qui donne un produit de  $85 \frac{122}{1000}$  mètres cubes par heure, correspondant à  $10 \frac{344}{1000}$  unités dynamiques françaises.

(30). Le poids total de charbon brûlé pour élever cette eau a été de 734 kilogrammes; ce qui donne 692 grammes  $\frac{4}{10}$  ou un peu moins de 7 hectogrammes pour l'élévation d'un mètre.

J'ai été extrêmement frappé de la différence existante entre cette quantité de charbon consommée pour l'élévation de chaque mètre cube

d'eau, et celle qui se trouve mentionnée dans les rapports faits d'après les expériences antérieures aux miennes. Je me suis aperçu de cette différence très-promptement, et j'ai redoublé de soins et d'attention pour constater le fait de la manière la plus sûre et la plus authentique. Les pesées ont été faites en quatre parties, à diverses époques du jour : la première de 500 livres, et chacune des trois autres de 400 livres, poids de marc, en tout 1500 livres, équivalant à 734 kilogrammes  $\frac{3}{4}$ . Je me suis assuré de la justesse des balances et de celle des poids. Les pesées ont été faites en présence des parties intéressées, et la combustion du charbon livrée exclusivement aux agens de M. Edwards; malgré cette circonstance, mes coopérateurs et moi nous avons toujours l'œil au mouvement et à l'introduction dans le fourneau du combustible, qui était un mélange moitié Auvergne et mine des Bartes et moitié Blanzi, et nous avons eu une confirmation parfaite du succès de nos soins et de notre surveillance, dans les relations observées entre les quantités de charbon successivement pesées et les quantités d'eau successivement élevées.

(31). La tension de la vapeur dans la chaudière, indiquée par le manomètre, a été, valeur moyenne, équivalente à la pression d'une colonne de mercure de 0<sup>m</sup>,30 de hauteur, plus la force élastique d'une masse d'air réduite aux  $\frac{1}{40}$  du volume qu'elle occupe sous la charge de 0<sup>m</sup>,76 de mercure; ce qui représente en somme une pression de  $3\frac{1}{2}$  atmosphères à très-peu près.

Cette pression s'accorde d'une manière satisfaisante avec celle qu'on déduit de la température de la vapeur dans la chaudière, d'après les

diverses tables de relations, publiées soit dans les *Mémoires* de Dalton et de Ure, soit dans mon *Traité des machines à feu*. La valeur moyenne de cette température a été de 110 degrés de Réaumur ou  $137\frac{1}{2}$  degrés centigrades, correspondant dans les *Tables* de Ure, qui me paraissent les mieux adaptées aux usages pratiques, à  $3\frac{4}{10}$  atmosphères.

Cette température moyenne de 110 degrés est déduite d'une série d'observations faites d'heure en heure, desquelles il résulte que la vapeur a été tenue pendant trois ou quatre heures, sur treize heures de durée totale environ, à 115 et 116 degrés de Réaumur, ou 144 degrés centigrades; ce qui représente une force expansive de  $4\frac{1}{8}$  atmosphères, à très-peu près.

(32). Les indications de la jauge, correspondantes à ces hautes tensions, m'ont fourni l'occasion d'observer, sur les pompes à eau, un fait qui est bien connu des hydrauliciens; savoir, que les produits de ces pompes ne sont pas proportionnels aux vitesses des pistons. Je reviendrai sur ce fait.

(33). *Dimanche 8 juillet 1821.* — La connaissance importante à acquérir par les observations de cette séance, étant celle du plus grand produit qu'on pouvait obtenir des pompes lorsque la machine était employée uniquement à élever de l'eau au haut de la tour, je voulais obtenir cette connaissance avant d'adapter à la machine l'appareil destiné à l'évaluation d'un travail additionnel. On sait que la vitesse du piston d'une pompe donnée n'est point arbitraire; il y a une certaine valeur de cette vitesse qu'il ne faut ni

augmenter ni diminuer, et on nuit au produit utile quand on s'en écarte, soit en plus, soit en moins.

Les experts chargés avant moi d'examiner la machine de M. Edwards ont en général employé dans leurs calculs, comme données de faits, des nombres de tours de la manivelle du balancier compris entre quinze et dix-huit, et paraissent penser que le nombre de dix-huit tours ne doit pas être excédé. Mon opinion est qu'il ne doit pas être atteint, sur-tout lorsque la machine fera tout le travail dont elle est capable. Ils n'ont pas déterminé par des mesures immédiates la tension de la vapeur dans la chaudière, ainsi que je l'ai fait tant par l'observation de la température de cette vapeur, que par l'observation du manomètre. M. Girard a établi ses calculs sur l'hypothèse d'une tension de trois atmosphères; mais, dans le cours de mes expériences, elle s'est élevée, pendant des intervalles de temps assez considérables, à plus de quatre atmosphères, la température de la vapeur étant de 116 degrés Réaumur, ou 145 degrés centigrades, et l'air contenu dans le manomètre, réduit au quart de son volume par l'élévation d'une colonne de mercure de 0<sup>m</sup>,33, dont le poids s'ajoute à celui qui mesure la compression de l'air. On m'a représenté qu'une aussi haute pression pouvait occasionner la rupture de la chaudière, et je pense en effet qu'il est convenable de ne pas excéder 112 degrés Réaumur, qui répondent à une pression comprise entre trois et quatre atmosphères.

Ainsi voilà deux limites, l'une relative à la vitesse des pistons des pompes, l'autre à la ten-

sion de la vapeur, dont la considération rend les expériences que je vais rapporter dignes d'attention.

(34). Je suis arrivé à la machine à midi, heure assignée pour le rendez-vous. Le service des pompes se faisait depuis le matin; j'ai fait l'essai d'un appareil que j'avais demandé, pour obtenir de la machine un travail additionnel à celui des pompes à eau; mais cet appareil ayant besoin d'être perfectionné, j'ai remis son emploi à une autre séance, après avoir indiqué à M. Lecour les corrections qu'il était convenable d'y faire.

A quatre heures après midi, on a vidé le fourneau et on l'a garni de charbon nouvellement pesé. A quatre heures trente minutes, l'activité de la machine était rétablie; le thermomètre adapté à la chaudière marquait 115 degrés de Réaumur; sur les cinq heures, il était descendu à 112 degrés; mais deux heures après il était remonté à 116 degrés, et s'y est tenu jusqu'à la fin de la séance, terminée à neuf heures dix minutes quarante secondes. Le manomètre a donné une pression mesurée, valeur moyenne, par une colonne de mercure de 0<sup>m</sup>,33, plus le ressort d'une masse d'air réduite au quart du volume qu'elle occupe sous une charge de 0<sup>m</sup>,76 de mercure.

A quatre heures cinquante-cinq minutes trente-cinq secondes, le compteur de la jauge, placé au haut de la tour, était sur le n<sup>o</sup>. 10243; à neuf heures dix minutes quarante secondes, il était sur le n<sup>o</sup>. 10282; il y a donc eu, pendant quatre heures quinze minutes cinq secondes trente-neuf décrochemens, dont chacun représente un produit

de 10 mètres cubes, et leur somme un produit de 390 mètres cubes.

Le nombre des tours par minute de la manivelle du balancier a été constamment entre dix-sept et dix-huit. On peut porter sa valeur moyenne à dix-sept et demi.

(35). Ainsi, en résultat, les faits observés pendant cette séance donnent, pour le cas d'une température excédant celle à laquelle la prudence permet d'élever la vapeur dans la chaudière, et le travail des pompes étant le seul dont la machine fut chargée, un volume d'eau élevé au haut de la tour, de  $91 \frac{734}{1000}$  mètres cubes par heure, représentant un nombre d'*unités dynamiques françaises* égal à  $11 \frac{148}{1000}$ . Ce sont là des valeurs moyennes prises entre des extrêmes dont le plus élevé donnait  $95 \frac{42}{1000}$  mètres cubes par heure, représentant  $11 \frac{59}{100}$  *unités dynamiques françaises*. Cet effet mécanique, s'il n'est pas le plus grand qu'on puisse obtenir de la machine uniquement employée à faire mouvoir les pompes, en diffère peu; je ne trouve de résultat plus fort, soit dans les tableaux que j'ai formés des expériences antérieures aux miennes, faites par des experts, soit dans ceux des miennes propres, que celui de MM. Gengembre fils et Edwards fils, déduit de leurs épreuves du 27 janvier 1819, et comportant un produit de  $97 \frac{747}{1000}$  mètres cubes par heure, supérieur au mien de  $2 \frac{327}{1000}$  mètres cubes, et représentant  $11 \frac{80}{100}$  *d'unités dynamiques françaises*, au lieu de  $11 \frac{59}{100}$ . Il suit de ces rapprochemens qu'en portant le produit possible par heure à 100 mètres cubes, ou l'effet dynamique à  $12 \frac{153}{1000}$  *unités dynamiques françaises*, on assigne un terme qui pèche par excès.

(36). Il est à remarquer que la vitesse des pistons des pompes à eau, notée par MM. Gengembre et Edwards fils, comme correspondant au produit de  $97 \frac{747}{1000}$  mètres cubes par heure, est un peu moindre que la vitesse correspondante au produit  $95 \frac{42}{1000}$  résultant de mes observations, quoique le premier de ces produits excède le second; ce qui confirme les remarques consignées dans le n°. (33) sur la limite supérieure de cette vitesse.

(37). *Lundi, 9 juillet 1821.* J'ai été au Gros-Cailou dans le courant de cette journée, quoiqu'elle ne dût pas être employée aux expériences. M. Lecour avait fait son service avec la nouvelle machine; d'après sa déclaration, le fourneau a été allumé sur les quatre heures du matin, l'activité a duré environ treize heures, et il y a eu 1340 mètres cubes d'eau élevés au haut de la tour, par la combustion de 2004 livres ou 981 kilogrammes de charbon.

(38). Si les treize heures d'activité étaient une donnée très-précise, il résulterait de la déclaration de M. Lecour que la machine aurait élevé au haut de la tour, valeur moyenne, 103 mètres cubes par heure; ce qui surpasse la limite du *maximum* ci-dessus assigné. D'une autre part, les 1340 mètres cubes élevés par la combustion de 981 kilogrammes de charbon donnent une dépense de 732 grammes de combustible pour l'élevation d'un mètre cube, un peu supérieure à celle que j'avais observée trois jours auparavant, mais inférieure à d'autres, qui seront rapportées ci-après.

(39). *Mardi, 10 Juillet 1821.* Je suis arrivé à

la machine sur les dix heures du matin. A dix heures quarante-trois minutes trente-cinq secondes, le compteur de la jauge était au n<sup>o</sup>. 10465; à six heures cinquante-cinq minutes après midi, il était au n<sup>o</sup>. 10550: il y avait donc eu soixante-cinq décrochemens et 650 mètres cubes d'eau élevés au haut de la tour en huit heures onze minutes vingt-cinq secondes, ou huit heures  $\frac{1902}{10000}$ ; ce qui donne par heure un produit de 79 mètres cubes  $\frac{364}{1000}$ , et représente un effet de  $9\frac{644}{1000}$  unités dynamiques françaises.

(40). Ces résultats sont déduits d'observations que j'ai faites moi-même; mais la machine que j'ai trouvée en activité travaillait depuis cinq heures du matin, le fourneau ayant été allumé sur les quatre heures: or, d'après le rapport de M. Lecour, à cinq heures le compteur de la jauge marquait 10416; il y avait donc eu à six heures cinquante-cinq minutes du soir cent quatorze décrochemens ou 1140 mètres cubes élevés au haut de la tour pendant treize heures cinquante-cinq minutes ou treize heures  $\frac{9167}{10000}$ ; ce qui donne un produit de 81  $\frac{914}{1000}$  mètres cubes par heure, et un effet mesuré par  $9\frac{955}{1000}$  unités dynamiques françaises. Ce dernier résultat, quoique un peu supérieur à celui qui se déduit de mes seules observations, est plus faible que les résultats calculés d'après les observations des jours précédens; cependant la manivelle du volant n'avait pas eu encore une aussi grande vitesse. La valeur moyenne de cette vitesse, pendant la journée a été de vingt tours  $\frac{4}{10}$  par minute. Ce fait est une nouvelle confirmation de ce qui a été dit précédemment sur la vitesse des pistons des pompes, dont l'augmentation au-delà

d'une certaine limite ne donne pas une augmentation de produit.

M. Lecour avait, d'après sa déclaration, fait peser 2000 livres de charbon, poids de marc, équivalant à 979 kilogrammes. Ce poids de combustible ayant opéré l'élévation de 1140 mètres cubes d'eau, chaque mètre cube a consommé  $\frac{979}{1140}$  kilogramme ou 859 grammes.

(41). J'ai fait, ce même jour, des instances pour le placement de l'appareil que je destinais à évaluer un effet de la machine, additionnel à celui de l'élévation de l'eau par les pompes. M. Edwards avait d'abord consenti à l'établissement de cet appareil, et cependant il y a eu, sur ce point, de grandes altercations entre M. Lecour et lui: il a fini par se rendre à mon opinion, et M. Lecour a promis que l'appareil serait placé le lendemain.

(42). Mercredi, 11 Juillet 1821. Cette séance avait pour objet principal le premier emploi de l'appareil destiné à obtenir de la machine un effet mécanique additionnel à celui de l'élévation de l'eau par les pompes. Je suis arrivé au Gros-Cailrou sur les dix heures du matin: le fourneau avait été allumé à cinq heures et la machine arrêtée à onze heures quinze minutes pour donner la facilité de placer l'appareil dont je viens de parler. A ce moment, il y avait eu, d'après le rapport de M. Lecour, 410 kilogrammes de charbon brûlés, et 400 mètres d'eau élevés depuis le moment de l'activité, qui avait duré cinq heures trente minutes. Ces résultats ne donneraient que  $72\frac{727}{1000}$ , pour le nombre de mètres cubes d'eau élevés dans une heure, représentant un effet de  $8\frac{838}{1000}$  unités dynamiques fran-

*çaises*. De plus l'élévation des 400 mètres cubes ayant consommé 410 kilogrammes de charbon, la consommation pour chaque mètre cube serait de  $1^k. \frac{1}{40}$ .

(43). Ces résultats sont bien peu favorables à l'effet de la machine, à qui on avait donné, ce jour-là, une vitesse extraordinaire. Lorsque je suis arrivé, la température de la vapeur dans la chaudière était de 117,0 de Réaumur. On a commis une imprudence en la portant à ce degré, qui donne, sur la paroi intérieure de la chaudière, une pression de  $4 \frac{2}{3}$  atmosphères. La manivelle du volant faisait par minute vingt-deux tours  $\frac{1}{2}$ . La température est passée bientôt après à 115,0  $\frac{1}{2}$ , et elle était à 110,0 quand on a arrêté.

(44). J'ai déjà dit qu'en voulant ainsi augmenter au-delà d'une certaine limite la vitesse des pistons des pompes, on diminue plutôt qu'on n'augmente l'effet, et mon opinion est fondée sur des raisons bien connues des mécaniciens. J'ajouterai que le travail de la machine, exécuté devant moi, a fourni des résultats plus favorables; mais, depuis le moment de mon arrivée, la température de la vapeur a baissé rapidement de 7°. En calculant, d'après mes observations, l'élévation par heure au haut de la tour, depuis dix heures jusqu'à onze heures quinze minutes, serait de 90 mètres cubes par heure, représentant un effet de  $10 \frac{937}{1000}$  unités dynamiques françaises, et l'élévation de chaque mètre cube aurait dépensé 889 grammes de combustible.

(45). Après avoir arrêté, à onze heures quinze minutes, on a placé l'appareil pour essayer la force excédante de la machine; mais les pièces circulaires adaptées à cet appareil n'étant pas

assez bien cintrées et tournées, le premier usage qu'on en a fait ne doit être considéré que comme un exercice préliminaire de l'homme qui devait être employé à maintenir le levier dans sa position horizontale.

(46). 27 juillet 1821. L'appareil pour mesurer un supplément de force avait été convenablement disposé: on trouvera, dans la note imprimée à la suite du présent rapport, tous les détails nécessaires pour l'intelligence, tant de son usage, que des principes sur lesquels il est construit.

Cet appareil étant posé, on a allumé le fourneau à une heure précise.

La machine était en pleine activité à une heure trente minutes et cette activité a duré jusqu'à cinq heures douze minutes, instant auquel tout le charbon que j'avais fait peser étant brûlé, on a enlevé l'appareil. Le poids de ce charbon était de 600 livres, poids de marc, ou 294 kilogrammes. Voici les résultats des observations.

Le centre de gravité du poids suspendu à l'appareil d'épreuve était placé à une distance horizontale de l'axe fixe de la manivelle du balancier égale à  $2^m. \frac{214}{1000}$ . Ce poids, pendant les trois heures quarante-deux minutes de travail, a subi quelques variations; il a d'abord été de 65 kilogrammes, on l'a porté ensuite à 70 puis à 80 et enfin, pendant les cinq derniers quarts d'heure de travail, il a été constamment de 70 kilogrammes: cette dernière valeur doit être regardée comme la valeur moyenne applicable à la durée totale du travail.

(47). Lorsque l'eau est arrivée au réservoir de la tour, le compteur de la jauge était au n°. 2538; à cinq heures deux minutes dix secondes, il

était au n<sup>o</sup>. 2568, ce qui fait 30 décrochemens et 300 mètres cubes d'eau, élevés en trois heures trente-deux minutes dix secondes ou trois heures  $\frac{536}{1000}$  correspondant à un produit de 84  $\frac{842}{1000}$  mètres cubes par heure.

Ce produit d'eau élevée représente un effet de 10  $\frac{311}{1000}$  unités dynamiques françaises : il faut, pour avoir l'effet total de la machine rapporté à un terme de comparaison déterminé et commun, ajouter ce nombre à celui qui représente l'effet additionnel : or cet effet se trouverait tout calculé dans le premier des exemples de la note jointe au présent rapport, si le nombre par minute des tours de la manivelle du balancier était égal à dix-huit, comme on le suppose dans cet exemple, et on aurait, pour l'effet cherché, 3  $\frac{652}{1000}$  unités dynamiques françaises; mais le nombre moyen pendant les trois heures quarante-deux minutes de travail n'ayant été que de quinze tours par minute, il faut diminuer  $\frac{1}{6}$  du résultat du calcul de l'exemple cité; ce qui porte l'effet additionnel à 3  $\frac{43}{1000}$  unités dynamiques françaises.

(48). Ainsi la somme des effets dus à l'élévation de l'eau par les pompes et à l'appareil d'épreuve est de 15  $\frac{354}{1000}$  unités dynamiques françaises.

(49). Cette réduction des effets dynamiques de différentes espèces à un terme de comparaison commun, fournit le moyen de faire entre ces espèces d'effets la répartition du combustible consommé. La masse totale de charbon brûlé pendant le double travail de la machine, pesée très-exactement, devant moi, a été, ainsi que je l'ai dit précédemment, de 294 kilogrammes; il

s'agit de savoir quelle est la portion de la dépense de ce combustible à attribuer à l'élévation de l'eau; et quelle est la portion consommée pour le travail additionnel. Il est naturel de faire cette répartition dans le rapport du nombre d'unités dynamiques françaises qui mesurent chaque espèce de travail, et on trouve, en suivant le calcul,

Charbon brûlé pour l'élévation de 300 mètres cubes d'eau. . . . .	227 kil.
Charbon brûlé pour le travail additionnel. . . . .	67

TOTAL, comme ci-dessus. . . . . 294 kil.

Les 227 kilogrammes de charbon employés à monter 300 mètres cubes d'eau donnent 757 grammes par mètre cube, quantité peu différente de celles qui avaient été observées les 6 et 9 juillet.

(50). La séance dont je viens de rendre compte présente des circonstances auxquelles je ne m'attendais pas, qui ont excité ma surprise, fixé mon attention et qui sont dignes de remarque.

Dès que l'appareil d'épreuve a été placé, les agens de M. Edwards, qui, précédemment, avaient une si forte disposition à pousser le feu et à augmenter la vitesse de la machine, ont tout-à-coup modéré l'un et l'autre, et je présume bien que ce changement de conduite a eu lieu d'après les ordres et les instructions de M. Edwards. La température moyenne de la vapeur a été maintenue entre 108 et 109 degrés de Réaumur, ce qui correspond à une tension d'environ trois atmosphères, la manivelle du balancier ne faisant, ainsi que je l'ai dit précédemment, valeur moyen-

ne, que quinze tours par minute. On verra ci-après qu'en portant ce nombre à seize, on a ce qu'on pourrait appeler la *vitesse de régime* de la machine, quand elle est employée à produire tout l'effet dont elle est capable.

(51). 3 août 1821. Cette séance, destinée à la continuation des expériences sur le travail de la machine additionnel à celui qui était employé à l'élévation de l'eau par les pompes, est divisée en deux parties, et voici d'abord les résultats de la première partie.

J'ai fait peser, en arrivant, 250 kilogrammes de charbon, moitié Auvergne et moitié Blanzv.

La machine était arrêtée et le compteur de la jauge marquait le n<sup>o</sup>. 3371.

D'après la demande de M. Edwards, j'ai fait desserrer le coussinet de l'axe fixe de la manivelle du balancier, du côté de l'appareil d'épreuve. Cet appareil était disposé de manière à mesurer un travail de 4 *unités dynamiques françaises*, dans le cas où la manivelle du balancier aurait fait vingt tours par minute. Il fallait, pour cela, suspendre au levier horizontal un poids de 80 kilogrammes à une distance de 1<sup>m</sup>,91 de l'axe fixe de la manivelle du balancier. (Voyez la deuxième note jointe au rapport.)

Le fourneau a été allumé à une heure dix minutes après midi, à une heure vingt-sept minutes la machine était en train, et l'eau a commencé à couler dans le réservoir supérieur à une heure trente-deux minutes; à quatre heures quatorze minutes, les 250 kilogrammes de charbon étaient consommés. Le compteur de la jauge marquait 3394; ainsi, depuis une heure trente-deux minutes il y avait eu vingt-

trois décrochemens et 230 mètres cubes d'eau élevés en deux heures quarante-deux minutes de temps.

(52). Pour évaluer en unités dynamiques l'effet produit par la machine depuis le commencement de son action jusqu'au moment où cette première pesée de charbon a été consommée, considérant d'abord le travail des pompes, les 230 mètres cubes d'eau élevés en deux heures quarante-deux minutes ou deux heures  $\frac{7}{10}$  donnent un produit de 85 mètres cubes  $\frac{185}{1000}$  par heure, correspondant à 10  $\frac{352}{1000}$  *unités dynamiques françaises*.

Passant au travail additionnel mesuré par l'appareil d'épreuve, on voit, dans la deuxième note jointe au présent rapport, deuxième exemple, que chaque poids de 20 kilogrammes suspendu à 1<sup>m</sup>,91 de l'axe fixe de la manivelle du balancier représente une *unité dynamique française*, dans l'hypothèse où cette manivelle ferait vingt tours par minute: or le nombre de tours de cette manivelle, effectif et observé, n'était que de quinze, et l'effet cherché est proportionnel à ce nombre de tours (première équation (2)). Ainsi chaque poids de 20 kilogrammes, à la distance de 1<sup>m</sup>,91 de l'axe fixe, ne représentait que  $\frac{3}{4}$  d'unité *dynamique française* (1), qui, réunis aux 10  $\frac{352}{1000}$  unités données

(1) J'ai eu occasion de vérifier des calculs faits par M. Edwards sur les expériences relatives au travail additionnel mesuré par mon appareil d'épreuve; ces calculs donnent 4  $\frac{2}{5}$  unités dynamiques au lieu de 3 unités que j'ai trouvées; mais cette différence tient uniquement à celle des élémens de calcul que M. Edwards a employés. Il prend pour unité dynamique, sous la dénomination de

par le travail des pompes, forment un total de  $13 \frac{352}{1000}$  unités.

(53). La quantité totale de charbon brûlé est de 250 kilogrammes et la partie proportionnelle de cette consommation provenant du travail des pompes est de  $\frac{10}{13} \frac{352}{352} \times 250 = 193,83$  kilogrammes; le volume d'eau élevé au haut de la tour étant de 250 mètres cubes, l'élévation de chaque mètre cube a dépensé  $842 \frac{26}{100}$  grammes de charbon.

Je passe à la deuxième partie de la séance du 3 août.

(54). Pendant la combustion des 250 kilogrammes de charbon, qui était effectuée à quatre heures dix minutes, j'en avais fait peser cent nouveaux kilogrammes, et au moment où on

---

*cheval (horse)*, l'élévation d'un poids de 28000 livres anglaises, *avoir du poids*, à la hauteur d'un pied anglais pendant une minute de temps; ce qui, rapporté au kilogramme, au mètre et à la seconde de temps, pris chacun pour unité de leur espèce, équivaut à  $64 \frac{1}{2}$  kilogrammes élevés à un mètre de hauteur dans une seconde de temps.

De plus, il suppose que le poids suspendu au levier horizontal est de 179 livres, *avoir du poids*, ou  $81 \frac{166}{1000}$  kilogrammes, et que ce poids agit à  $78 \frac{1}{4}$  pouces anglais, ou  $1^m,987$  de distance de l'axe fixe de rotation, et enfin il calcule d'après une vitesse de seize tours par minute.

La plus grande différence entre ces données et celles dont j'ai dû faire usage se trouve dans la valeur absolue de l'unité dynamique. M. Edwards, calculant d'après les premières, a trouvé  $4 \frac{27}{1000}$  unités dynamiques: la vérification rigoureuse que j'ai faite de son calcul m'a donné  $4 \frac{27}{1000}$ : la différence ne mérite pas qu'on y ait égard; mais il prétend que, pour avoir l'effet total de l'appareil d'épreuve, il faut doubler le résultat, et la fausseté de cette opinion sera manifeste pour tous les mécaniciens instruits qui liront avec quelque attention la 2<sup>e</sup>. note jointe au présent rapport.

allait maintenir, avec cet approvisionnement, l'activité de la machine, c'est-à-dire à quatre heures quatorze minutes, j'ai fait enlever 20 kilogrammes du poids de 80 kilogrammes suspendus au levier de l'appareil d'épreuve, et ce poids s'est trouvé ainsi réduit à 60 kilogrammes. Le compteur de la jauge de la tour marquait, ainsi que je l'ai dit, n<sup>o</sup>. (51), 3394; à cinq heures quarante minutes, tout le charbon était brûlé et le compteur marquait 3407: dès ce moment, et en quatre ou cinq minutes, l'activité de la machine s'est éteinte et on a enlevé l'appareil d'épreuve. Il y a eu ainsi treize décrochemens pendant une heure vingt-six minutes ou une heure  $\frac{433}{1000}$  et 130 mètres cubes d'eau élevés.

La vitesse moyenne de la manivelle du balancier a été, pendant cette seconde partie de la séance, de seize tours par minute, à très-peu près, et la température moyenne de la vapeur, dans la chaudière, considérée dans la durée entière de la séance, de 108<sup>o</sup> de Réaumur.

(55). Appliquant le calcul à ces données, on trouve d'abord que 130 mètres cubes élevés dans une heure vingt-six minutes, équivalant à  $90 \frac{699}{1000}$  mètres cubes élevés par heure, représentent 11  $\frac{22}{1000}$  unités dynamiques françaises à attribuer au travail des pompes.

De plus, le travail fourni par l'appareil d'épreuve donnerait (voyez la note jointe au rapport) 3 unités dynamiques françaises, si la machine eût fait vingt tours par minute; mais comme elle ne faisait que seize tours, il faut réduire ce nombre d'unités dans le rapport de vingt à seize, c'est-à-dire en prendre les  $\frac{4}{5}$ : ce qui

donne  $2\frac{2}{3}$  unités dynamiques, mesurant l'effet mécanique produit sur l'appareil d'épreuve.

La somme de ces deux nombres d'unités dynamiques françaises est  $13\frac{422}{1000}$ .

(56). Faisant entre les deux espèces de travaux la répartition des 100 kilogrammes de combustible consommés, on a pour la part des pompes à eau  $\frac{1 \times 0,22}{13 \times 4,22} \times 100$  kilogrammes =  $82^k$  122. Le volume d'eau élevé pendant que cette combustion avait lieu est de 130 mètres cubes; mais il faut observer que la température de tout le système, au commencement de la seconde séance, était établie par la combustion opérée pendant la première, en sorte que, pour avoir le rapport effectif du poids de charbon brûlé au volume d'eau élevé, il faut comparer la somme des poids à la somme des volumes pris dans les deux séances. On a ainsi un volume total de 360 mètres cubes, élevés par la combustion de 276 kilogrammes de charbon; ce qui donne, pour chaque mètre cube, une consommation de  $766\frac{7}{10}$  grammes.

§ 4.— *Description historique des expériences faites sur l'ancienne machine à vapeur du Gros-Cailou.*

(57). On a vu précédemment, N<sup>o</sup>. (25), que, pour éviter toutes les causes de déchet du produit de la nouvelle machine, on avait complètement isolé l'ancienne des tuyaux d'aspiration et d'ascension. Le rétablissement des communications et quelques dispositions et réparations ont retardé la mise en activité de cette ancienne machine, la nouvelle continuant à faire le service journalier de la fourniture des eaux pen-

dant le retard; ces circonstances, les devoirs que m'imposaient, soit mes fonctions habituelles, soit d'autres examens dont j'étais chargé, et enfin les devoirs et les affaires qui retenaient dans le département de la Seine-Inférieure le collègue dont la coopération m'était si utile, m'ont laissé, pendant long-temps, dans l'impossibilité d'entreprendre des expériences sur l'ancienne machine. Ce ne fut qu'au mois de janvier 1822, que M. Mallet ayant eu la possibilité de venir passer quelques jours à Paris, nous fîmes nos dispositions pour terminer notre grand travail de la manière la plus authentique et la plus concluante.

(58). *Vendredi, 25 janvier 1822.* On a commencé à chauffer à midi et un quart; à midi et quarante-deux minutes, la machine était en pleine activité; le compteur de la jauge était au N<sup>o</sup>. 2646, et l'eau arrivait au haut de la tour. L'activité s'est maintenue jusqu'à six heures trente minutes; mais, sur les six heures trente-cinq minutes, l'eau s'étant abaissée de 4 ou 5 centimètres dans la chaudière, le régulateur faisait mal ses fonctions. On a arrêté pendant quarante minutes pour former de la vapeur: l'activité a repris à six heures cinquante-cinq minutes, et la machine s'est arrêtée, faute de vapeur, à sept heures dix-sept minutes, le compteur de la jauge marquant le N<sup>o</sup>. 2714; ainsi, pendant six heures trente-cinq minutes, y compris les vingt minutes de chômage employées à renouveler la vapeur, le compteur de la jauge a décroché soixante-huit fois, et par conséquent il y a eu 680 mètres cubes d'eau élevés au haut de la tour.

(59). La vitesse moyenne de la machine pen-

dant le temps de son activité, a été de cent neuf levées du piston du cylindre à vapeur par chaque dizaine de minutes de temps, ou  $10 \frac{9}{10}$  levées par minute.

A chaque levée, le piston de la pompe à eau faisait une course de  $2^m,023$ ; le diamètre de ce piston est de  $0^m,339$ , d'où on conclut sa section horizontale égale à  $0^m.carré,09025$ , et le volume du cylindre qui, sur cette base, a  $2^m,023$  de hauteur, égal à  $0^m.cube,1826$ .

(60). Le charbon mis dans le fourneau a été pesé avec le plus grand soin et la plus grande exactitude, la quantité totale consommée pour élever les 680 mètres cubes d'eau a été de 555 kilogrammes; ce qui donne une dépense de  $816 \frac{17}{100}$  grammes de charbon pour chaque mètre cube d'eau élevé au haut de la tour. L'élévation des 680 mètres cubes en six heures trente-cinq minutes ou six heures  $\frac{583}{1000}$ , représente un produit de  $103 \frac{2}{10}$  mètres cubes par heure, et un effet utile mesuré par  $12 \frac{53}{100}$  unités dynamiques françaises.

(61). Avant de connaître ces résultats de calculs, et n'ayant pas même encore les données nécessaires pour les obtenir, nous avons prié M. Lecour de nous dire quelle était la consommation habituelle de charbon qu'exigeait son service. Il nous a déclaré qu'il brûlait, terme moyen, par heure, un hectolitre ras de charbon, dont la combustion opérerait l'élévation de 100 mètres cubes d'eau au sommet de la tour. Pour pouvoir comparer cette déclaration avec les résultats de nos expériences, il fallait connaître le poids d'un hectolitre ras de charbon, que nous avons trouvé, par des opérations répétées et faites avec beau-

coup de soin, égal à  $87 \frac{31}{100}$  kilogrammes. Or, 100 mètres cubes élevés par la combustion de ce poids de charbon donnent une consommation de 873 grammes par mètre cube, nos expériences nous en ont donné 816, c'est-à-dire environ  $\frac{1}{16}$  de moins: ainsi la déclaration de M. Lecour n'est point exagérée en sa faveur. La petite économie de combustible que nous avons eue doit être, selon toute apparence, attribuée à l'attention particulière avec laquelle la conduite de la machine a été surveillée pendant la durée de nos expériences.

(62). *Mercredi, 30 janvier.* Le début de cette séance a fourni matière à des observations qu'il est important de consigner ici, mais qu'il serait imprudent de répéter.

A huit heures douze minutes du matin, la machine était en activité, le compteur de la jauge était au N<sup>o</sup>. 3190; à huit heures vingt-deux minutes cinq secondes, ce même compteur est passé au N<sup>o</sup>. 3194, de manière que pendant dix minutes et cinq secondes, il y a eu quatre décrochemens, l'intervalle de temps entre chacun étant, valeur moyenne, de deux minutes trente et une secondes  $\frac{1}{4}$ . Les décrochemens ont été soigneusement observés l'un après l'autre.

Le produit de la machine, conduite convenablement, peut être fixé à 100 mètres cubes par heure; ce qui donne dix décrochemens en soixante minutes. Ainsi, pendant les dix minutes d'action dont je viens d'exposer les résultats, sa vitesse était entre le double et le triple de ce qu'elle doit être habituellement; cette vitesse suppose une tension de la vapeur très-supérieure à celle que la chaudière est destinée à supporter.

Les quatre décrochemens qui ont eu lieu pendant dix minutes cinq secondes ou  $0^{\text{heure}}$ , 1681, indiquent une élévation de 40 mètres cubes d'eau, au haut de la tour, qui, si le travail de la machine se maintenait le même pendant une heure, donnerait un produit de  $237 \frac{96}{1000}$  mètres cubes, représentant  $29 \frac{919}{10000}$  unités dynamiques françaises.

(63). Cette marche extraordinaire et imprudente de la machine se ralentit graduellement depuis huit heures vingt-deux minutes jusqu'à huit heures quarante-cinq minutes, de manière qu'entre huit heures quarante-cinq minutes et neuf heures, l'intervalle entre deux décrochemens successifs était de plus de cinq minutes.

A neuf heures, on a interrompu le travail de la machine, on s'est occupé de nettoyer le fourneau, on a vidé la colonne ascendante portant l'eau au haut de la tour et on s'est mis en devoir d'allumer de nouveau; ce n'est que de ce moment que datent les observations dont nous tiendrons compte pour l'évaluation de l'effet de la machine, sans égard aux faits constatés, avant neuf heures, qui n'en sont pas moins dignes d'attention.

Ces nouvelles observations, qui ont duré depuis neuf heures du matin jusqu'à sept heures trente-cinq minutes du soir, présentent trois époques dont je vais rendre compte successivement.

(64). *Première époque.* La machine, rallumée sur les neuf heures, était en mouvement à neuf heures dix-huit minutes vingt-quatre secondes, et au même instant le compteur de la jauge marquait 3202. L'activité a duré jusqu'à deux heures une minute trente secondes après midi, et, à cet

instant, le compteur de la jauge marquait 3250: ainsi il y a eu quarante-huit décrochemens, ou 480 mètres cubes d'eau élevés au haut de la tour pendant quatre heures quarante-trois minutes six secondes ou quatre heures  $\frac{718}{10000}$ ; ce qui donne un produit de  $101 \frac{7}{10}$  mètres cubes par heure ou  $12 \frac{48}{1000}$  unités dynamiques françaises.

(65). La quantité de charbon formée du même mélange que précédemment, et dont la combustion a opéré cet effet mécanique, pesée avec tout le soin et toute l'exactitude possibles, est de  $359 \frac{4}{10}$  kilogrammes.

(66). Pendant cette première époque, le nombre des levées du piston du cylindre à vapeur était d'un peu plus de onze par minute de temps; sa valeur moyenne est de  $11 \frac{17}{100}$ .

(67). *Seconde époque.* A deux heures une minute trente secondes, on a nettoyé le fourneau, vidé le tuyau de la colonne d'eau ascendante, et on s'est mis en devoir de rallumer le fourneau. La machine était en mouvement à deux heures vingt minutes cinquante secondes; l'eau a paru au réservoir supérieur à deux heures vingt-quatre minutes, et elle entra dans le tuyau qui communique à la jauge à deux heures vingt-six minutes cinquante secondes, le compteur de cette jauge étant resté au n<sup>o</sup>. 3250, où il se trouvait à la fin de la première époque.

L'activité a duré jusqu'à quatre heures cinquante-deux minutes quinze secondes, instant auquel le compteur de la jauge marquait 3275: ainsi il y a eu vingt-cinq décrochemens ou 250 mètres cubes d'eau élevés au haut de la tour en deux heures trente et une minutes vingt-cinq secondes, ou deux heures  $\frac{524}{10000}$ ; ce qui donne  $99 \frac{1}{10}$

mètres cubes par heure, et un effet mécanique mesuré par  $12 \frac{37}{1000}$  unités dynamiques françaises. Un reste d'activité et quelques pesées de charbon ont produit, après les vingt-cinq décrochemens dont je viens de parler, six décrochemens que je ne ferai point entrer en compte.

(68). Les pesées du charbon consommé pour élever les 250 mètres cubes d'eau susmentionnés, qui ont été faites avec le plus grand soin, se sont montées, en somme, à  $280 \frac{7}{10}$  kilogrammes.

(69). Pendant la durée de l'activité, le nombre des levées du piston du cylindre a été, valeur moyenne, de  $10 \frac{95}{100}$ , par minute.

(70). *Troisième époque.* Le fourneau étant nettoyé, le tuyau de la colonne ascendante vidé, et le fourneau rallumé pour la troisième fois, la machine était en mouvement à cinq heures cinquante minutes vingt secondes; j'ai entendu le premier coup de piston à cinq heures cinquante minutes trente-cinq secondes, et le premier bouillon d'eau a paru dans le réservoir au haut de la tour, à cinq heures cinquante-deux minutes quarante secondes. A cinq heures cinquante-cinq minutes huit secondes, le compteur de la jauge marquait 3281.

L'activité a duré jusqu'à sept heures trente-quatre minutes dix secondes, instant auquel le compteur de la jauge marquait 3301. Ainsi, pendant une heure quarante-trois minutes trente-cinq secondes, ou une heure  $\frac{726}{1000}$ , on a eu vingt décrochemens, ou 200 mètres cubes élevés au haut de la tour; ce qui répond à un produit de  $115 \frac{9}{10}$  mètres cubes par heure, et à un effet de  $14 \frac{80}{1000}$  unités dynamiques françaises.

(71). A compter du moment où le fourneau, préalablement nettoyé, a été rallumé, le poids du charbon brûlé pour élever les 200 mètres cubes d'eau, poids qui a été déterminé avec les soins et les attentions ordinaires, s'est trouvé de  $149 \frac{6}{10}$  kilogrammes.

(72). Pendant la durée de l'activité, le nombre des levées du piston du cylindre a été, valeur moyenne, de douze par minute, à très-peu près.

Le travail de la machine pendant cette troisième époque surpasse sensiblement le travail moyen que nous avons précédemment observé, et même celui qu'on avait obtenu dans les expériences antérieures à la mienne; mais M. Mallet et moi, nous pouvons affirmer que tous les faits ci-dessus exposés sont de la plus parfaite exactitude. Nous n'avons pas perdu de vue, un seul moment, le chauffage, la manœuvre et la machine, à côté de laquelle nous avons fait apporter la nourriture que la longueur de notre séance nous rendait nécessaire.

(73). La quantité totale d'eau élevée pendant cette journée est de 930 mètres cubes; le poids du charbon brûlé pour opérer cette élévation est de  $769 \frac{7}{10}$  kilogrammes: ainsi l'élévation de chaque mètre cube d'eau a consommé  $827 \frac{11}{100}$  grammes de charbon.

§ 5. *Observations sur les faits consignés dans les paragraphes précédens.*

(74). Un premier résultat des faits consignés dans les deux paragraphes précédens, est que mes expériences sont d'accord avec celles des experts qui ont examiné les deux machines avant moi quant à ce qui concerne le travail des pompes,

ou les quantités d'eau élevées au haut de la tour par l'une et l'autre machine pendant une même durée de temps. En effet, le relevé de mes tableaux d'expériences me donne, pour la nouvelle machine, valeur moyenne, 91 mètres cubes d'eau par heure, et celle de MM. Edwards fils et Gengembre, adoptée par M. Girard, en donne 96.

Les résultats relatifs à l'ancienne machine sont encore plus rapprochés; mes tableaux donnent 102 mètres cubes d'eau élevés par heure, MM. Edwards et Gengembre en ont trouvé 101  $\frac{1}{2}$ .

Cette concordance entre les expériences anciennes et nouvelles me paraît fournir un résultat définitif sur le travail des machines relatif à l'élévation de l'eau au haut de la tour, dans l'hypothèse où les pompes à eau de la nouvelle machine seraient conservées dans leur état actuel. On sait que le produit d'une pompe aspirante et foulante ne croît pas indéfiniment avec la vitesse du piston de cette pompe, mais que cette vitesse doit, pour procurer le *maximum* d'effet, être maintenue dans des limites qui dépendent de circonstances particulières. On voit dans les rapports de MM. les experts chargés d'examiner la machine avant l'année 1821, que le nombre des tours de la manivelle du balancier pendant une minute doit être compris entre seize et vingt; M. Edwards prend pour base de ses calculs le nombre seize, et je pense que c'est en effet celui qui est le mieux adapté à l'état effectif des pompes à eau. Cette opinion est justifiée par mes tableaux d'expériences, où je vois que les produits, sous les vitesses de seize à dix-sept tours par minute, surpassent en gé-  
né-

ral les produits sous les vitesses de vingt à vingt et un tours, et réunissent ainsi à l'avantage de la plus grande quantité d'eau celui de la moindre fatigue du mécanisme.

(75). Ainsi il y a, dans les grandes vitesses, un déchet, ou une augmentation de déchet qui n'est point compensée par la plus grande fréquence des aspirations et des refoulemens; ce fait amène naturellement une observation relative à l'emploi (dont je vois des exemples dans les notes que je me suis procurées) de la section horizontale et de la course du piston d'une pompe à eau, pour calculer le volume de fluide que chaque refoulement élève au réservoir; ce volume n'est, sous les vitesses les plus favorables au produit, qu'une partie plus ou moins considérable du volume du solide engendré par la section horizontale du piston, dans sa course; et ce résultat, applicable à toutes les pompes à eau, se trouve, dans le cas dont il s'agit ici, confirmé tant par les anciennes que par les nouvelles expériences faites sur l'ancienne et la nouvelle machine.

Il est aisé d'en faire une vérification d'après les données consignées dans les paragraphes précédens. Le *maximum* du produit, par heure, des pompes à eau de la nouvelle machine est, d'après le rapport de M. Girard, d'environ 100 mètres cubes; mes tableaux d'observations ne donnent guère que les  $\frac{20}{17}$  de ce produit; supposons-le de 95 mètres cubes par heure, quoique ce nombre soit supérieur à ce que comportent mes expériences, la manivelle du balancier faisant seize tours par minute, le nombre des

tours par heure sera de 960, et chaque tour de manivelle représentera un volume d'eau élevé au haut de la tour, égal à  $\frac{95}{960}$  de mètre cube, un peu moins de 99 litres : or, d'après les mesures exactes que j'ai prises, les 5 juillet et 10 août 1821, la course de chaque piston des pompes à eau est de  $1^m,243$ , et sa circonférence de  $0^m,745$ , d'où on conclut son diamètre de  $0^m,25715$ , sa section horizontale de  $0^m \text{ carré},044171$ , et le solide engendré par cette section, dans une course de  $0^m \text{ cube},054904$ , dont il faut prendre le double, égal à 111 litres, parce que chaque piston opère un refoulement pendant que la manivelle du balancier fait un tour entier. Soustrayant de ce dernier volume les 99 litres effectivement élevés, on a un déchet de 12 litres sur 111, ou plus de  $\frac{1}{10}$ ; il ne faut pas perdre de vue que j'ai employé les données les plus favorables : ce n'est pas trop, dans les cas ordinaires, de compter sur  $\frac{1}{9}$  et même  $\frac{1}{8}$  de déchet.

L'ancienne machine a fourni, dans les expertises tant anciennes que nouvelles, environ 102 mètres cubes d'eau par heure, en opérant de onze à onze et demi refoulemens par minute. Posons le produit de 100 mètres cubes par heure, et le nombre des refoulemens de onze par minute, ou six cent soixante par heure, chaque refoulement donnera  $\frac{100}{660}$  de mètre cube, ou 151 litres  $\frac{52}{100}$ . Or la course du piston de la pompe à eau est de  $2^m,023$ , le diamètre du piston de  $0^m,339$ , d'où on conclut sa section horizontale, de  $0^m \text{ carré},090259$ , et le solide engendré par cette section, dans une course, de  $0^m \text{ cube},1826$  ;

retranchant de ce dernier volume les  $0^m \text{ cub.},1515$  effectivement élevés, on a un déchet de 3 litres, ou de  $\frac{1}{6}$  à très-peu près.

Je n'entrerai dans aucun détail sur les causes de ces déchets, qui sont bien connues des hydrauliciens et des mécaniciens instruits, et qui tiennent à l'aspiration, le refoulement ne pouvant élever que ce qui est aspiré, et l'élevant sans perte sensible.

(76). Jusqu'ici aucun de mes résultats ne diffère de ceux qu'on déduit des anciennes expertises, de manière à se trouver au-delà des limites qui séparent les faits compatibles des faits incompatibles : malheureusement les observations relatives à la quantité de charbon brûlé pour faire une quantité égale de travail ne présentent pas, à beaucoup près, le même avantage. Les dissidences ne sont pas très-fortes quant au charbon consommé par l'ancienne machine; mais s'il s'agit de la nouvelle, les résultats fournis par MM. Gengembre fils et Edwards fils, et adoptés par M. Girard, donnent une dépense de charbon brûlé pour chaque mètre cube d'eau élevé au haut de la tour, dont le rapport avec la dépense du même combustible, déduite de mes expériences, est sensiblement de huit à quinze.

(77). Ce rapport se déduit non-seulement des observations sur le travail de la machine réduit au seul mouvement des pompes à eau, mais encore de celles qui ont eu pour objet l'examen de ce travail lorsque l'appareil d'épreuve représentait un supplément. J'ai eu grand soin, dans ce dernier cas, ainsi qu'on l'a vu § 3, d'évaluer les portions respectives du poids total de combus-

tible consommé à attribuer aux pompes et à l'appareil d'épreuve.

J'ai consigné dans le § 10 ci-après le tableau des données et des résultats précis de mon calcul relatifs à cette importante détermination.

(78). Je ne sais à quoi attribuer une aussi grande différence ; je soupçonnerais quelque dérangement accidentel dans la machine , quoique M. Edwards eût annoncé positivement qu'elle était en bon état de service, si elle n'eût pas présenté d'ailleurs les mêmes phénomènes de vitesse, de travail , etc. , que dans les expertises des années précédentes : ce qui ne me laisse pas la moindre incertitude , c'est l'exactitude des opérations que M. Mallet et moi avons faites pour constater les poids de charbon brûlé et les volumes correspondans d'eau élevés au haut de la tour ; ces volumes sont beaucoup plus considérables que ceux sur lesquels MM. Edwards fils et Gengembre fils ont établi leurs calculs. Les expériences répétées plusieurs fois, et dans des circonstances de travail différentes, ont entre elles un accord que des opérations erronées ne sauraient jamais offrir, et sont d'ailleurs conformes aux renseignemens particuliers que nous nous sommes procurés sur la dépense habituelle de combustible de la machine, lorsqu'elle faisait le service des eaux en juillet et août 1821.

(79). La diminution de la dépense du charbon, attribuée aux machines construites d'après le système de Wolf et Edwards, extrêmement accréditée, est incontestable ; on ne peut point arguer de faux, mais tout au plus d'exagération, ceux qui en ont parlé. Il y a trente-trois ans qu'on

a pu lire, dans mon ouvrage sur les machines à feu, que, pour produire un effet mécanique donné, il y avait économie de combustible à élever la vapeur à une haute température; aperçu qui a ensuite été combiné avec l'heureuse idée de ne condenser cette vapeur qu'après sa dilatation, soit dans un même cylindre, soit dans deux cylindres. J'avoue que j'ai été fort étonné d'arriver, dans mes expériences du Gros-Cailou, à des résultats beaucoup moins satisfaisans que ceux sur lesquels je comptais ; mais je dois rapporter les faits tels que je les ai observés.

§ 6. *Discussion des bases du calcul qu'on peut faire de l'effet mécanique de la nouvelle machine, sans employer les données expérimentales fournies par les épreuves auxquelles on a soumis cette machine.*

(80). Je crois qu'il est convenable, avant de passer à la discussion des expériences faites avec l'appareil d'épreuve ( celui par lequel j'ai obtenu de la nouvelle machine un travail supplémentaire à celui des pompes à eau ), de présenter, d'après la promesse que j'en ai faite ( n<sup>o</sup>. 22 ), le calcul que l'on pourrait établir, à priori, de l'effet de cette machine : j'emploierai, pour cette évaluation, la méthode suivie dans les expertises de 1818 et 1819, et j'établirai une règle de calcul plus précise; mais les données qui à cette époque ont servi de base à ce calcul, me paraissent susceptibles de modifications, sur lesquelles je vais donner quelques explications.

(81). Dans le rapport du 6 avril 1819, on admet, comme température moyenne de la vapeur dans la chaudière, celle de 111 degrés R., à laquelle

on attribue une pression de trois atmosphères, sensiblement conforme à ce que donnent les tables calculées d'après les expériences de Dalton; et c'est cette pression qui est employée dans le calcul.

La température de 111 degrés n'est point exagérée; et en combinant l'ensemble de mes expériences, qui m'ont fait observer et des températures trop faibles et des températures élevées, propres à faire craindre des accidens, je pense qu'on doit prendre pour température moyenne effective une température un peu supérieure à 112 degrés de Réaumur, correspondant à 140 degrés centigrades, ou 284 degrés de Fahrenheit: or, d'après les expériences faites en Angleterre par le docteur Ure, qui sont regardées comme les mieux adaptées à la pratique, de toutes celles qui existent, cette température de 284 degrés de Fahrenheit correspond à une pression de trois atmosphères, plus une fraction de  $\frac{6}{10}$  à  $\frac{7}{10}$ , et je considérerai la pression de trois atmosphères  $\frac{7}{10}$  comme étant celle d'après laquelle la force de la machine doit être évaluée (1).

(1) Le docteur Ure a fait des expériences non-seulement sur la vapeur de l'eau, mais encore sur celles de plusieurs autres liquides. Ces dernières ont donné lieu à quelques critiques parmi les physiciens; mais personne, que je sache, ne conteste l'exactitude des premières et l'utilité de leur application aux machines. Ses résultats tiennent à-peu-près le milieu entre ceux de Dalton et ceux que j'ai publiés, en 1790, dans mon *Traité des machines à feu*, et dont j'ai donné la loi. Le docteur Ure a exprimé, par une formule très-élégante, la relation entre les tensions et les températures. Son mémoire est publié dans les *Transactions philosophiques* de 1818: je crois qu'il n'était pas encore connu en France lorsque MM. les experts de 1818 et 1819 ont fait leur travail.

NOTA. Depuis la rédaction de mon Rapport, M. Clé-

Je calculerai, ainsi qu'on l'a fait en 1818 et 1819, dans l'hypothèse de l'identité de température de la vapeur dans la chaudière, dans l'enveloppe des cylindres et dans ces cylindres eux-mêmes, où elle se trouve à différens états de dilatation, quoique cette hypothèse ait paru sujette à quelques difficultés. (Voyez sur cette matière, entre autres ouvrages, l'*Appendice au Traité d'Évans*, édition française.)

(82). Dans le rapport de 1821, ci-dessus cité, l'auteur, après avoir posé la base de calcul relative à la tension de la vapeur qui donne la *force motrice*, adopte, pour la vitesse des pistons des cylindres à vapeur, celle qui résulterait d'une vitesse angulaire de la manivelle du balancier, qui lui ferait faire vingt tours par minute, correspondant à quarante courses exécutées dans le même temps par chaque piston.

J'ai de très-fortes raisons pour ne pas admettre comme élément de détermination une aussi grande vitesse, quoiqu'elle ait eu lieu en ma présence plusieurs fois, lorsque la machine n'était employée qu'à élever de l'eau; ce qui ne consomme qu'une partie de son énergie. Je ferai observer:

1<sup>o</sup>. Que les arbitres chargés en 1818 d'examiner la machine, ont dit, dans un avis portant la date du 28 novembre 1818. « Le volant fait de » dix-sept à vingt tours par minute au plus; » c'est-à-dire que chaque pompe peut donner » pareil nombre de coups dans le même temps: » nous pensons que les soupapes de ces pompes » se briseraient si on voulait accélérer au-delà

ment a publié un travail très-intéressant sur cette matière, qui ne nécessite aucune modification à mes résultats.

» de ce terme la marche de sa machine : au sur-  
 » plus, dans l'état actuel, la machine n'est pas  
 » susceptible d'un plus grand effort. »

L'état de la machine n'a pas changé depuis l'époque de cet avis, par lequel on aperçoit déjà que les experts regardaient la vitesse de vingt tours de manivelle par minute comme trop forte. Cet aperçu se change en certitude lorsqu'on voit, dans un autre avis en date du 4 décembre 1818, un calcul de l'eau élevée par les pompes, fait dans l'hypothèse de dix-huit tours de manivelle par minute, et on ne doit pas perdre de vue qu'il ne s'agit ici que d'un effet *partiel* de la machine.

2°. Mes expériences prouvent que les experts de 1818 avaient raison de regarder la vitesse de vingt tours par minute comme trop considérable; elles prouvent, de plus, que la réduction de cette vitesse à dix-huit tours n'est pas suffisante: en effet, on a vu ci-dessus, § 3, que lorsqu'on a voulu chauffer et régler la machine de manière à avoir vingt et vingt et un tours par minute, le produit des pompes, au lieu d'augmenter, s'est diminué, et que la vitesse la plus favorable au travail était celle de seize à dix-sept tours, la température de la vapeur étant sensiblement celle que j'ai assignée précédemment.

3°. Tout ce qui précède est relatif à l'effet de la machine lorsqu'elle est employée exclusivement à élever de l'eau; mais la détermination importante est celle de la vitesse qu'il conviendrait de donner à la machine dans les circonstances où elle produirait tout l'effet dont elle est capable: or, la série de mes expériences offre à cet égard des faits très-dignes d'attention. On a vu que lorsque après bien des difficultés je suis parvenu à faire établir un appareil d'épreuve

pour obtenir un travail supplémentaire à celui des pompes, les agens de M. Edwards, qui, jusqu'alors, semblaient plutôt vouloir accélérer que ralentir le mouvement, avaient, dès le premier moment de la pose de mon appareil, suivi une marche toute contraire: de manière que, dans dans le cours de mes trois dernières séances, je n'ai eu, valeur moyenne, que quinze à seize tours par minute. Ma fonction de simple observateur m'imposait la loi de m'abstenir soigneusement d'exercer aucune influence sur la manière de régler le mouvement: en conséquence j'ai laissé agir avec la plus parfaite liberté les agens de M. Edwards, qui leur avait sûrement donné des instructions et des ordres.

4°. Enfin, une confirmation irrécusable de tout ce que je viens d'avancer se trouve dans les calculs manuscrits de M. Edwards que j'ai entre les mains, et où je vois l'évaluation de l'effet de sa machine constamment établi d'après une vitesse de seize tours de manivelle par minute.

(83). Je passe aux observations annoncées n°. (22) sur la réduction à faire aux résultats du calcul de la force de sa machine lorsqu'on se donne *à priori* les élémens de ce calcul. J'ai dit que la réduction d'un tiers, qu'on avait regardée comme exagérée, ne me paraissait pas telle: en effet, indépendamment des déchets qui ont lieu dans les cas ordinaires, et qui tiennent aux frottemens, à l'inertie des masses, aux mouvemens alternatifs, aux contractions et résistances diverses qu'éprouve le mouvement de l'eau dans les pompes, etc., il y a ici une cause de perte particulière, et dont l'influence n'est rien moins que négligeable. L'eau, après avoir franchi les corps de pompes, est introduite dans un tuyau

vertical qui a plus de 50 mètres de longueur, et qui doit débiter environ 100 mètres cubes de fluide par heure : or, on sait que par cette seule circonstance le mouvement de l'eau éprouve des résistances, qui consomment, pour les surmonter, une quantité notable de force motrice, et qui dépendent de la vitesse du fluide, de la forme et des dimensions de la section transversale de la paroi sur laquelle il coule, soit dans un canal à ciel ouvert, soit dans un tuyau. Ces résistances sont telles qu'elles annullent l'action de la pesanteur, dans le cas où le mouvement du fluide étant descendant il a acquis la vitesse constante qu'on appelle *de régime*; elles doivent donc, si le mouvement est ascendant, exiger pour ce second cas un surcroît de force motrice équivalent à celle qu'elles détruiraient dans le premier, les autres circonstances étant supposées les mêmes. Les *Principes d'hydraulique* de Dubuat renferment d'excellentes recherches sur cette matière, que j'ai aussi traitée, avec beaucoup de soin, dans mes *Recherches physico-mathématiques sur les eaux courantes*.

Une autre cause du déchet tenant à l'élévation d'une grande masse d'eau dans un tuyau vertical est le défaut de constance de la vitesse ; les jeux des pompes sont heureusement combinés pour que cette vitesse ne soit jamais nulle, et même pour que ses diminutions périodiques soient comprises entre des limites rapprochées ; mais les dépenses de force qu'entraînent ses variations, même légères, deviennent sensibles lorsqu'elles sont répétées à de très-petits intervalles de temps, et que la masse à mouvoir est considérable.

Le travail des pompes n'emploie qu'une partie

de la force de la machine garantie par le vendeur : on ignore à quel effet utile sera appliquée la partie qui reste disponible ; on ne peut, par conséquent, rien arbitrer de précis sur la perte de force à attribuer au jeu de la machine, qui agira concurremment avec les pompes. Cette incertitude tient principalement à la dépendance dans laquelle se trouvent, l'un par rapport à l'autre, deux systèmes qui reçoivent leur mouvement d'un même balancier, et aux dispositions à faire aux pièces de mécanisme à ajouter pour que chacun d'eux prenne la vitesse qui lui est convenable sans nuire à l'autre.

Lorsque les expertises de 1818 et 1819 ont eu lieu, le volant n'était pas placé comme il l'est maintenant ; son déplacement a nécessité une addition de pièces et un engrenage, et on a remarqué que ce commencement de complication influait déjà sur l'effet de la machine.

Enfin, les méthodes de calcul employées dans les précédentes expertises, et que j'emploierai aussi pour évaluer l'effet total de la machine, donnent un résultat qui pêche par excès, erreur provenant et de l'application rigoureuse de la loi de Mariotte et de l'emploi exclusif des pressions exercées sur les pistons aux extrémités de leurs courses, sans combiner ces pressions extrêmes avec des pressions intermédiaires. [ Voyez, sur cette dernière cause d'erreur, et sur la règle de calcul perfectionnée, dont j'ai parlé plus haut, la note du n°. (86). ]

Par toutes ces considérations, il me paraît que la proportion d'un tiers de déchet de l'effet total pour en conclure l'*effet utile* n'est rien moins qu'exagérée, et qu'on s'approche plus de la vérité en portant ce déchet à un demi. Cette ré-

duction ne fait pas perdre aux nouvelles machines à feu leurs avantages sur celles qui ont pour moteurs les animaux, l'eau ou l'air; celles-ci sont encore réputées bonnes, même avec deux tiers environ de déchet.

§ 7. *Détails descriptifs nécessaires pour les évaluations numériques.*

(84). Avant de faire à l'évaluation de l'effet dont la machine est capable une application des principes généraux, modifiée par les observations qui précèdent, il faut entrer dans quelques détails sur les dimensions de cette machine, sur le mode d'introduction, de distribution et d'action de la vapeur dans ses parties intérieures. M. Mallet et moi avons pris des mesures très-exactes à l'extérieur, et j'ai eu la facilité, quelque temps après la fin de nos expériences, de mesurer les diamètres des pistons des cylindres à vapeur. On trouve, quant à ce qui concerne la distribution et l'action de la vapeur dans ces cylindres, tous les renseignements nécessaires dans le rapport de M. Girard; M. Edwards, qui a fait imprimer ce rapport, a déclaré que sa machine était *dans le même état de fonctionner* où elle se trouvait à l'époque des expériences qui y sont décrites; on doit donc regarder tout ce qui y est dit sur la circulation intérieure de la vapeur comme parfaitement exact. Mes mesures linéaires et par conséquent de surfaces et de capacité (la course du petit cylindre exceptée), ne diffèrent que très-légerement de celles qui sont consignées dans les rapports de 1818 et 1819; ces dernières sont en général traduites des mesures anglaises, et les miennes sont immédiatement prises sur la

machine; d'ailleurs les différences dont je parle sont tout-à-fait négligeables.

Le diamètre du grand cylindre est de  $0^m,56276$ , d'où on conclut, pour la section transversale du piston,  $0^{m\text{ét. cur.}},24874$ . La course de ce piston est de  $1^m,519$ , et l'espace cylindrique parcouru, dans une course, égal à  $0^{m\text{ét. cub.}},37783$ .

Le diamètre du petit cylindre est de  $0^m,3086$ , d'où on conclut, pour la section horizontale du piston,  $0^{m\text{ét. car.}},074797$ . La course de ce piston est de  $1^m,120$  (1), et l'espace cylindrique parcouru

(1) On a supposé, par mégarde, dans le rapport fait en 1821, que les courses du grand et du petit piston étaient égales entre elles et à la plus grande des deux. Pour bien faire concevoir que la course du petit piston est nécessairement moindre que celle du grand, sans entrer dans des détails trop minutieux, je me bornerai à dire que les parallélogrammes qui assurent la verticalité du mouvement des pistons, ont été combinés, quant à leurs dimensions et à leurs positions, de manière que, lorsque les pistons sont au plus haut de leurs courses, les articulations par lesquelles les sommets des tiges sont suspendus aux angles de leurs parallélogrammes respectifs se trouvent sur la même horizontale passant par l'axe fixe de rotation du balancier; et une même droite, partant de cet axe fixe, passe par les articulations supérieures des parallélogrammes. Au moyen de cette disposition et du parallélisme constant entre les côtés des parallélogrammes qui se trouvent en regard, les sommets des tiges des pistons sont toujours dans une même ligne droite partant de l'axe fixe de rotation du balancier, et comme la tige du piston du petit cylindre est placée entre cet axe fixe et la tige du piston du grand cylindre, le sommet de la première tige doit nécessairement moins s'abaisser au-dessous de l'horizontale commune de départ que le sommet de la seconde; les courses des pistons sont respectivement égales aux espaces parcourus par ces sommets: donc, etc.

Cet arrangement est heureusement combiné; j'ai vérifié

dans une course égal à  $0^{\text{mètre.cub.}}$ , 083772 : le rapport entre cette capacité et celle du grand cylindre a pour valeur  $\frac{83772}{377830}$  ou 0,22172.

Les deux cylindres sont placés, comme on sait, dans un espace commun, où leur paroi extérieure se trouve constamment en contact avec la vapeur affluant immédiatement de la chaudière, et que l'on considère comme n'ayant pas changé de température ; la même supposition a lieu pour les masses de vapeur renfermées dans les cylindres, quel que soit leur degré de dilatation ; de manière que quand on connaît leur tension sous un volume donné, on en déduit, par la loi de Mariotte, la tension sous tout autre volume.

Les courses des deux pistons commencent et finissent ensemble et ont lieu dans le même sens, les longueurs simultanées parcourues ayant entre elles des rapports qui dépendent des distances de chaque tige de piston à l'axe de rotation du balancier.

Le petit cylindre est le seul qui puisse recevoir la vapeur affluant immédiatement de la chaudière, et se répandant alternativement d'un côté et de l'autre du piston de ce cylindre dans ses courses successives.

Supposons, pour fixer les idées dans l'explication des effets intérieurs de la vapeur, que

---

les mesures prises sur la machine en les calculant par les formules de mon *Traité des Machines à feu*, art. 1478 et suivans, où j'ai donné l'équation de la courbe ovoïde, dont le sommet de la tige de chaque piston parcourt un arc qui, ayant un point d'inflexion sur sa longueur, se confond sensiblement avec une ligne droite. (Voyez la première Note à la suite du Rapport.)

chacun des pistons est, au sommet de son cylindre, prêt à commencer une course descendante. A ce moment, les communications sont établies, 1°. entre la vapeur de la chaudière et la surface supérieure du petit piston ; 2°. entre la vapeur dilatée dans le petit cylindre, au-dessous de son piston, et la surface supérieure du grand piston ; 3°. entre la partie du grand cylindre inférieure à son piston, et le condenseur.

La vapeur dilatée comprise entre le dessous du petit piston et le dessus du grand est celle que la chaudière avait fournie dans la course précédente ; et on voit que, quelles que soient les positions des pistons, il y a toujours deux pressions qui sont les mêmes, si on les rapporte à l'unité de surface ; savoir, la pression du petit piston dans le sens contraire à son mouvement, et la pression du grand piston dans le sens de son mouvement.

Pour déduire de cet état des choses les pressions partielles et totales de chaque piston, il faut savoir que lorsque le petit piston est à moitié de sa course, soit ascendante, soit descendante, la communication du petit cylindre avec la chaudière est interceptée, et que les deux pistons achèvent leurs courses entre des vapeurs dilatées, telles, cependant, que la plus forte somme de pressions agit toujours dans le sens du mouvement actuel.

Ainsi, lorsque le petit piston commence sa course, que j'ai supposée descendante, la vapeur qui l'a poussé dans le sens du mouvement ascendant de sa course précédente a acquis le double du volume, et se trouve réduite à la moitié de la tension qu'elle avait dans la chaudière :

c'est avec cette tension sous-double qu'elle presse le dessous du petit cylindre et le dessus du grand.

A ce même moment, le dessus du petit cylindre éprouve la pression complète de la vapeur de la chaudière, et le dessous du grand cylindre n'est pressé que par la vapeur raréfiée qui remplit l'espace où la condensation s'est opérée, et exerce une pression qu'on évalue à  $\frac{1}{10}$  d'atmosphère.

Les deux pistons étant arrivés au bas de leurs cylindres respectifs, chacun de ces cylindres est rempli d'une même quantité, en masse ou en poids, de vapeur, laquelle occupait, dans la chaudière, un volume égal à la demi-capacité du petit cylindre.

Ainsi, dans cette position inférieure, le dessous du petit piston et le dessus du grand sont pressés par une vapeur qui a passé de la densité qu'elle avait dans la chaudière à une densité moindre, et qui est, à la première, dans le rapport de la demi-capacité du petit cylindre à la capacité entière du grand. Le dessus du petit piston éprouve une pression sous-double de celle qui serait due à la tension de la vapeur dans la chaudière, et il n'existe encore au-dessous du grand que la pression de  $\frac{1}{10}$  d'atmosphère, due à la vapeur raréfiée qui reste après la condensation.

Mais dans cette position du piston, la communication de la vapeur de la chaudière avec le dessous du petit piston et celle de l'espace supérieur au petit piston avec le dessous du grand piston se rétablissent; la condensation s'opère au-dessus du grand piston, et dès-lors com-

mence une course ascendante, à laquelle on peut appliquer tout ce que je viens de dire de la course descendante, en inversant seulement les positions.

§ 8. *Évaluation numérique de l'effet total et de l'effet utile de la nouvelle machine.*

(85). Il est aisé, d'après les explications précédentes, d'arriver à des déterminations numériques. On a suivi, dans les rapports de 1818 et 1819, l'usage assez général d'employer dans le calcul la demi-somme des *pressions totales* d'un piston aux deux extrémités de sa course, en considérant le produit de cette demi-somme par la course totale, comme équivalent à la somme des produits des *pressions totales*, variables à chaque point de la course, par les élémens d'espaces parcourus auxquels elles correspondent; je me conformerai à cet usage, en proposant, néanmoins, des méthodes théoriquement plus rigoureuses. (Voyez la note du n°. (86).)

Le terme de comparaison général pour l'évaluation des pressions, soit *partielles*, soit *totales*, des pistons des cylindres à vapeur, est la tension de la vapeur dans la chaudière, et comme on suppose qu'elle est tenue à la même température dans tous les états de dilatation où elle se trouve depuis sa sortie immédiate de la chaudière jusqu'à sa condensation, sa tension, dans l'un quelconque de ces états, s'évalue, ainsi que je l'ai dit précédemment, par la loi de Mariotte.

Voici le tableau des données et des détails du calcul: l'objet de cet écrit m'engage à présenter ce calcul sous une forme prolix, dont on pourrait s'éviter l'ennui en arrivant immédiatement au résultat à l'aide d'une formule très-simple. (Voyez la note du n°. suivant.)

Lorsque les deux pistons sont à l'origine d'une course et prêts à la commencer, la pression sur le piston du petit cylindre, dans le sens suivant lequel il va se mouvoir, est de.....

La pression dans le sens contraire, pour le petit cylindre, et dans le sens direct pour le grand cylindre est  $\frac{3^{atm}.7}{2}$ , ou.....

La pression en sens contraire du mouvement naissant, est, dans le grand cylindre, de.....

*Pressions totales à l'origine de la course.*

Lorsque la course est achevée, la pression sur le piston du petit cylindre, dans le sens du mouvement qui vient de se terminer, est de  $\frac{3^{atm}.7}{2}$ , ou.....

La pression, dans le sens contraire pour le petit cylindre, et dans le sens direct pour le grand cylindre, est égale au produit de  $3^{atm}.7$  par le rapport de la demi-petite capacité à la grande, ou au produit de  $3^{atm}.7$  par  $\frac{1}{2} \times \frac{0,083772}{0,37783}$  égale à.....

La pression en sens contraire du mouvement qui se termine, est, dans le grand cylindre, de.....

*Pressions totales à l'extrémité de la course.*

Sommes des pressions à l'extrémité de la course.....

Moitié de ces sommes, ou *pressions totales moyennes*.....

Pour déduire de ces deux *pressions totales moyennes*, exprimées en atmosphères, les deux *pressions totales absolues moyennes* en kilog. rapportées aux aires des sections des pistons, il faut d'abord les multiplier chacune par 10395, nombre de kilog. mesurant la pression de l'atmosphère sur un mètre carré, et ensuite multiplier chacun des produits relatifs à un des cylindres par la section transversale de ce cylindre ci-dessus donnée, et on aura pour résultat.....

Enfin, pour avoir les quantités d'action rapportées au mètre pris pour unité de longueur, et à la seconde, prise pour unité de temps, il faut multiplier ces derniers nombres respectivement par les longueurs de courses des pistons des cylindres auxquels ils appartiennent, et diviser chaque produit par la durée d'une course, qui, à raison de 32 courses par minute, est égale à  $1\frac{1}{4}$ , et on a pour produits.....

Nombre de kilogr., qui, élevés à un mètre de hauteur pendant  $1\frac{1}{4}$  de temps, représentent la *quantité totale d'action*.....

Petit cylindre.	Grand cylind.
3 <sup>atm</sup> .70	.....
1 <sup>atm</sup> .85	1 <sup>atm</sup> .85
.....	0 <sup>atm</sup> .10
1 <sup>atm</sup> .85000	1 <sup>atm</sup> .75000
.....	.....
1 <sup>atm</sup> .85000	.....
.....	.....
0 <sup>atm</sup> .41018	0 <sup>atm</sup> .41018
.....	0 <sup>atm</sup> .10000
1 <sup>atm</sup> .43982	0 <sup>atm</sup> .31018
.....	.....
3 <sup>atm</sup> .28982	2 <sup>atm</sup> .06018
1 <sup>atm</sup> .64491	1 <sup>atm</sup> .03009
.....	.....
1278kil.9	2663kil.4
.....	.....
763kil.95	2157kil.80
.....	.....
2921kil.75	

(86). Cette élévation de 2921  $\frac{3}{4}$  kilogrammes (1) à un mètre de hauteur dans une seconde

(1) Je vais donner, en faveur de ceux qui voudraient vérifier ce résultat de calcul, une formule par laquelle on l'obtient immédiatement avec promptitude et facilité.

Soient *h* et *H* respectivement les longueurs de course des pistons du petit et du grand cylindre, *b* et *B* les sections horizontales respectives de ces deux pistons; *T* la durée d'une course; *A* le poids équivalent à la pression de l'atmosphère sur l'unité de surface; *N* le nombre d'atmosphères mesurant la tension de la vapeur dans la chaudière; *n* une fraction indiquant la portion d'atmosphère qui mesure la tension de la vapeur raréfiée dans l'espace où la condensation a eu lieu.

Qu'on fasse, pour abrégé,  $HB = C$  ;  $\frac{hb}{C} = K$ ,

*P* et *R* étant respectivement les *pressions totales absolues* (ou rapportées à l'aire de la section) du piston du grand cylindre à l'origine et à la fin de sa course, *p* et *r* les quantités correspondantes pour le piston du petit cylindre, et *E* l'effet mécanique qu'on veut calculer, la méthode de calcul, adoptée sans le texte, donne

$$E = \frac{(P + R) H + (p + r) h}{2 T} \dots (1),$$

ou, en substituant les valeurs de *P*, *R*, *p* et *r*,

$$E = \frac{NAC}{T} \left\{ K \left( \frac{3 - K}{4} \right) - \frac{n}{N} + \frac{1}{4} \right\} \dots (2).$$

Faisant dans cette dernière formule *A* = 10395 kilogrammes; *C* = 0<sup>m.cub.</sup>37783; *N* = 3,7; *n* = 0,1; *T* =  $1\frac{1}{4}$ ; *K* = 0,22173, on trouvera *E* = 2921,75, comme dans le texte.

J'ai dit n°. (83) que cette règle de calcul donnait un résultat trop fort; ce qui tient à la loi de variation des pressions totales entre l'origine et l'extrémité de la course du piston. On voit, en effet, que le petit piston éprouve,

de temps, mesure ainsi l'effet *total* de la nouvelle machine d'une manière *absolue* et indépendante de toute convention sur l'unité *dynamique*. Je dis l'effet *total*, qu'il faut distinguer de l'effet *utile*, ce dernier n'étant, d'après les explications données n°. (83), que la moitié du premier (on a vu, au n°. cité, pourquoi j'ai substitué cette proportion à celle des deux tiers adoptée dans les précédentes expertises) : ainsi, cet effet *utile* doit être représenté par l'élévation d'un poids de 1460<sup>k</sup>,875, élevés à un mètre de hauteur pendant une seconde de temps.

(87). Il faudrait maintenant, pour remplir les intentions de la Cour royale, rapporter l'effet mécanique dont je viens de donner l'évaluation absolue à une unité dynamique, ou, pour se conformer au langage ordinaire, dire à quel nombre de *chevaux* correspond l'élévation d'un

pendant la première moitié de sa course, une pression constante sur une de ses faces, due à la tension entière de la vapeur dans la chaudière, et que, pendant la seconde moitié, cette pression va toujours en diminuant; sa valeur, au point milieu, n'est donc pas *moyenne arithmétique* entre ses valeurs aux points extrêmes, ce qui serait une des conditions indispensables pour rendre exactes les formules (1) et (2), conditions qui sont aussi violées dans le grand cylindre.

Je crois convenable de donner ici une autre règle de calcul, d'un usage à-peu-près aussi facile que celui de la formule (2), mais qui ne laisse rien à désirer quant à l'exactitude dont on a besoin dans la pratique; elle est déduite d'une méthode, exposée article 224 de la première partie de mon *Architecture hydraulique*, et applicable au calcul par approximation des *intégrales définies*.

Soient  $Q$  et  $q$  respectivement les pressions totales *absolues* (ou rapportées aux aires des sections) qui ont lieu aux points milieux des courses des pistons du grand et

poids de 2921  $\frac{3}{4}$  kilogrammes à un mètre de hauteur pendant une seconde de temps; mais il est manifeste, par les explications très-détaillées que j'ai données dans le § 2 du présent rapport, qu'on n'a pour cette détermination aucune base, aucun type de mesure, soit légalement fixé, soit consacré par l'usage général, soit enfin convenu entre les parties contractantes; et on a même vu, dans le § cité, que les pièces et documens servant à l'instruction du procès offrent le type de mesure, appelé *cheval*, employé tantôt avec une valeur, tantôt avec une autre.

Dans cet état de choses, j'ai pris le parti de

du petit cylindre, toute la notation précédente étant d'ailleurs conservée, on aura, par la méthode citée,

$$E = \frac{1}{6} \cdot \frac{(P+4Q+R)H + (p+4q+r)h}{T} \quad (3)$$

et, en substituant pour  $P, Q, R, p, q, r$ , leurs valeurs

$$E = \frac{NAC}{T} \left\{ \frac{K}{6} \left( \frac{19+3K}{2(1+K)} - \frac{K}{2} \right) - \frac{z}{N} + \frac{1}{12} \right\} \quad (4)$$

Attribuant aux quantités littérales leurs valeurs numériques ci-dessus données, on a  $E = 2709,66^l$ : ainsi, la formule (2) donne un résultat, dont l'erreur, par excès, est de 212,09. On voit, en effet, que les valeurs déduites des formules (2) et (4) ou (1) et (3) ne peuvent être identiques que dans le cas où on aurait...  $Q = \frac{P+R}{2}$ , et  $q = \frac{p+r}{2}$ , cas de la moyenne arithmétique dont j'ai parlé ci-dessus: or, dans l'état réel des choses,  $Q$  est plus petit que  $\frac{P+R}{2}$

et  $p$  plus grand que  $\frac{p+r}{2}$ , et ces inégalités, quoique de signes contraires, ne se compensent pas.

calculer le nombre des unités dynamiques ou chevaux, mesurant tant l'effet total que l'effet utile de la nouvelle machine, dans les six hypothèses, sur la valeur de l'unité dynamique ou cheval, qui sont le plus accréditées en France et en Angleterre : le tableau suivant offre le résultat de mes calculs.

DESIGNATIONS des unités dynamiques	Unités dynamiques définies par des poids énoncés.		Applications des diverses unités définies ci à côté, à l'expression de l'effet mécanique de la nouvelle machine,	
	En livres, à avoir du poids, et élevées à 1 pièd (au- dessus) de hauteur pendant 1 de temps.	En kilog. et élevées à 1 mètre de hauteur pendant une se- conde de temps.	effet total.	eff. utile.
1. Unité dynamique fran- çaise employée dans le rapport du 6 avril 1819.	Livr. à voir du poids. 34742	kilogram. 80,000	36,522	18,261
2. Unité dynamique an- glaise, dite routinière, adoptée par M. Edwards dans ses relations avec la Société d'encouragement, dont il a fait imprimer l'avis. (Voyez le Bulletin de cette Société du mois de juin 1818.)	33000	75,990	38,450	19,225
3. Unité dynamique de Watt et Boulton, em- ployée dans le rapport du 4 décembre 1818.	32000	73,687	39,651	19,825
4. Unité dynamique em- ployée par M. Edwards dans les renseignements et calculs manuscrits qu'il a fournis au rapporteur.	28000	64,476	45,315	22,657
5. Unité dynamique de Desaguillier.	27500	63,325	46,139	23,069
6. Unité dynamique de Smeaton.	22916	52,769	55,369	27,684

(88). Ainsi, suivant qu'on voudra adopter l'une

ou l'autre des unités dynamiques précédemment définies, entre lesquelles je ne vois aucun motif péremptoire de préférence, on pourra énoncer l'effet utile de la nouvelle machine par des nombres de chevaux différens, depuis  $18 \frac{26}{100}$  jusqu'à  $27 \frac{68}{100}$ . On remarquera que la quantité d'action rapportée à une seconde de temps, et fournie par un cheval attelé au manège, et travaillant huit heures par jour sans être surmené, approche beaucoup plus de l'unité dynamique de Smeaton, qui donne les  $27 \frac{68}{100}$  chevaux que de l'unité dynamique française, qui donne les  $18 \frac{26}{100}$  chevaux ; les rapports entre ces trois quantités sont exprimés par les nombres suivans.

Quantité d'action rapportée à une seconde de temps, ou égale à  $\frac{1}{28800}$  de la quantité d'action totale journalière fournie par le cheval attelé au manège et travaillant huit heures sur vingt-quatre.

Unité dynamique de Smeaton. . . . . 55  $\frac{37}{100}$   
Unité dynamique française. . . . . 80 »

§ 9. Vérification des calculs consignés dans le paragraphe précédent au moyen des expériences faites avec l'appareil d'épreuve.

(89). On a vu précédemment, § 3 et n°. (50), que lorsque je suis parvenu, non sans difficulté, à établir un appareil d'épreuve propre à mesurer la partie de la puissance de la nouvelle machine qui pouvait être disponible en sus de celle qui était nécessaire pour donner le mouvement aux pompes à eau, j'ai vu avec surprise que les agens de M. Edwards, auparavant si disposés à pousser le feu et à donner de l'activité à la machine, modéraient au contraire l'un et l'autre,

de manière que la force motrice moyenne observée pendant les expériences de l'appareil d'épreuve se trouvait moindre qu'elle ne l'avait été dans le cours de toutes les expériences précédentes.

Présumant bien que le ralentissement d'activité avait lieu d'après les instructions et les ordres de M. Edwards, et m'étant imposé la loi de n'influer en rien sur la manière dont on conduisait la machine, je me suis borné à faire note de ce que je voyais, sans donner d'avis, et sur-tout sans rien prescrire aux personnes chargées de chauffer et de régler : d'ailleurs, je devais redouter soit l'excès de condescendance, soit l'amour-propre des ouvriers, dont l'imprudance n'est que trop connue, qui auraient pu prendre de simples remarques pour des reproches, ou se prévaloir de ces remarques en les faisant passer pour des ordres. Je vais donc examiner comment, en parlant des faits consignés au § 3, n<sup>o</sup>. (45) et suivans, on peut vérifier le calcul *a priori* de la puissance entière, donné aux n<sup>os</sup>. (85) et (86), par l'observation d'un travail qui emploie seulement une partie de cette puissance.

(90). J'ai dit précédemment, et en cela je suis d'accord soit avec les experts qui m'ont précédé, soit avec tous les mécaniciens éclairés, que si la machine à vapeur est exclusivement employée à mouvoir les pompes à eau, son produit a des limites indépendantes de celles de sa puissance effective; on a vu, dans le détail de mes expériences, qu'en poussant le feu à un certain degré, on diminuait ce produit au lieu de l'augmenter. Cet excédant de force fatigue la machine, agit en pure perte sur ses parties inertes, augmente les déchets provenant soit des mouvemens alter-

natifs, soit des mouvemens qui, sans être alternatifs, varient en intensités, etc.

Les phénomènes de répartition de force offrent d'autres combinaisons lorsqu'on a le moyen d'adapter à la machine un appareil d'épreuve disposé pour obtenir un travail supplémentaire remplaçant celui qui aurait pour objet des opérations manufacturières, et susceptible d'être augmenté ou diminué à volonté, condition qu'on ne peut pas remplir, du moins quant à l'augmentation, avec un système donné de pompes à eau. Dans ce cas, si le travail supplémentaire imposé n'excède pas les limites convenables, la force disponible se distribue à l'appareil d'épreuve et aux pompes à eau, suivant certaines proportions, qui dépendent, ainsi que les quantités absolues d'effet, de la charge de l'appareil d'épreuve et de la tension de la vapeur. On obtient ainsi une somme de travail supérieure au maximum du produit des pompes, même avec une tension, qui ne donnerait point ce maximum si les pompes jouaient seules; de plus, on est sûr d'avoir, pour un état donné de la vapeur tirée de la machine, l'équivalent de tout l'effet utile dont elle est capable, lorsqu'en faisant varier la charge de l'appareil d'épreuve, la quantité d'action qu'on lui fait perdre se reporte sur les pompes, et réciproquement. Cette constance de somme d'effets serait nécessairement dérangée s'il restait encore de la force disponible qui ne fût point absorbée par le mouvement de la machine.

J'aurais désiré voir la tension de la vapeur poussée jusqu'à quatre atmosphères environ, et j'ai exposé plus haut les considérations décisives

qui m'ont déterminé à laisser agir les chauffeurs de M. Edwards avec une entière liberté ; cependant, comme la température moyenne de 108 degrés de Réaumur correspond à une tension de trois atmosphères  $\frac{2}{10}$ , les résultats de mes observations s'approchent assez de ceux que m'aurait donnés la température de 112 degrés, pour me fournir une vérification expérimentale du calcul *à priori* de l'effet total applicable à cette dernière température, calcul dont on trouve les détails dans les nos. (85) et (86).

(91). Voici le tableau des quantités observées, au moyen desquelles on peut faire la vérification dont je viens de parler ; elles sont tirées du § 3, nos. (46) et suivans.

DATES des expériences.	Poids suspendus à l'appareil d'épreuve.		Poids dont l'élevation à 1 mètre de hauteur pendant une seconde de temps représente l'effet utile fourni.		
	Valeur.	Distance du centre de gravité à l'axe de rotation.	par l'appareil d'épreuve.	par les pompes.	par l'appareil d'épreuve et par les pompes. Somme des deux effets ci à côté.
1	2	3	4	5	6
1821.	kilog.				
3 août....	60	1,910	192,00	881,76	1073,76
27 juillet...	70	2,214	243,44	824,88	1068,32
3 août....	80	1,910	240,00	828,16	1068,16

*Nota.* On obtient les nombres portés dans la 4<sup>e</sup>., 5<sup>e</sup>. et 6<sup>e</sup>. colonne, en multipliant par 80 les nombres correspondans d'unités dynamiques françaises prises dans les nos. 46 et suivans.

On remarquera d'abord dans ce tableau le peu de différence qui existe entre les sommes des effets consignés dans la 6<sup>e</sup>. colonne ; la petitesse de cette différence, qui prouve l'exactitude des observations, est telle qu'on peut la compter pour rien : l'égalité des sommes d'effets était une conséquence nécessaire : 1<sup>o</sup>. de la constance de la force motrice ou de la tension de la vapeur, qui a été sensiblement la même pendant le cours des expériences des 27 juillet et 3 août ; 2<sup>o</sup>. de la mise à profit *complète* de la partie de cette force motrice, qui n'était pas absorbée par le mouvement propre de la machine et les résistances diverses.

Examinons quelques circonstances particulières du travail de la machine : deux charges différentes de l'appareil d'épreuve, l'une de 70 kilogrammes, l'autre de 80 kilogrammes, ont donné les résultats partiels de même espèce presque identiques : ce fait a son explication immédiate dans la presque égalité entre les produits des poids par les distances des centres de gravité à l'axe de rotation : on a, en effet,

$$70 \times 2,214 = 155, \text{ et } 80 \times 1,91 = 153 ;$$

et ce sont ces produits qui déterminent la valeur absolue de l'effet obtenu par l'appareil d'épreuve. (Voyez la deuxième note imprimée à la suite du présent rapport.)

Cette identité de produit n'a pas lieu entre l'épreuve faite sous la charge de 60 kilogrammes et chacune des deux autres ; cependant la somme de 1074 kilogrammes, correspondante à cette charge de 60 kilogrammes consignée dans la 6<sup>e</sup>. colonne du tableau, ne diffère que de 5 à 6 ki-

logrammes des sommes cotées 1068 kilogrammes sur la même colonne, différence négligeable dans des déterminations de cette espèce. On voit que la quantité d'action laissée libre par la diminution du poids d'épreuve s'est reportée sur les pompes, de manière à opérer la compensation. Cette répartition, presque exacte, est la conséquence et la preuve de la mise à profit *complète* de la partie disponible de la force motrice dont j'ai parlé plus haut.

(92). Ainsi voilà une somme d'effets mécaniques dont une partie a été évaluée d'avance par un calcul très-rigoureux (Voyez la 2<sup>e</sup>. note ci-dessus citée), et dont l'autre est donnée par la seule observation, somme qui fournit un moyen direct et commode de vérifier la méthode de calcul employée, nos. (85) et (86), pour déterminer l'*effet total* et l'*effet utile* de la machine. Il sera bon, au lieu de suivre la marche prolixo du n<sup>o</sup>. (85), de se servir de la formule (2) de la note du n<sup>o</sup>. (86), qui conduit au même résultat d'une manière bien plus expéditive.

On a dans cette formule  $A = 10395$  kilogr. ;  $C = 0^{\text{m.c.}}, 57783$ ;  $K = 0,22173$ ;  $n = 0,1$ , quantités communes aux cas des nos. cités et à celui dont il s'agit ici. Mais, dans ce dernier cas, il faut faire  $N = 3,2$ , vu que la température de la vapeur ne s'est élevée qu'à 108 degrés de Réaumur ; quant à  $T$ , si on veut en avoir une valeur qui convienne à un résultat moyen embrassant les trois expériences, il faut que cette valeur soit entre  $\frac{60}{3}$  et  $\frac{60}{3,2}$ , et il est convenable que chaque expérience influe sur cette valeur en raison de l'effet produit pendant sa durée, à laquelle durée l'effet peut être regardé comme proportion-

tionnel : on aura, d'après cette règle, le nombre moyen, pour une minute de temps, des tours de manivelle du volant en calculant la fraction

$$\frac{16 \times 1^{\text{h}},433 + 15 \times 2^{\text{h}},700 + 15 \times 3^{\text{h}},536}{1,433 + 2,700 + 3,536} = \dots$$

$$\dots \frac{116,468}{7,669} = 15,187.$$

Le double de ce nombre moyen de tours est le nombre moyen de courses des pistons des cylindres à vapeur pendant une minute, et la durée d'une de ces courses, ou

$$T = \frac{\frac{1}{2} \cdot 60''}{15,187} = 1'',9754.$$

Substituant toutes ces valeurs dans la formule citée, on trouve, pour l'*effet total*,  $E = 2371^{\text{k}},7$ , et pour l'*effet utile*, considéré comme moitié de de l'effet total . . . . . 1185 kil.

Le nombre moyen, représentant l'effet utile dans les trois expériences du tableau du n<sup>o</sup>. 91, est. . . . . 1070

Différence. . . . . 115 kil.

Ainsi, le calcul fait *à priori* excède d'une quantité comprise entre le  $\frac{1}{11}$  et le  $\frac{1}{10}$  de sa valeur le résultat expérimental ; l'excès serait plus considérable si on ne calculait que d'après les données fournies par l'épreuve faite sous une charge de 60 kilogrammes : il paraît donc que la méthode d'évaluation employée dans les nos. (85) et (86) exagère le produit effectif plutôt qu'elle ne l'atténue. On pourrait attribuer à l'application rigoureuse de la loi de Mariotte une partie de

l'anomalie; mais ce n'est pas ici le lieu de traiter cette question délicate, qui tient à la théorie physico-mathématique de la chaleur.

§ 10. *Comparaison des quantités de combustible consommées par la nouvelle et l'ancienne machine : ces quantités étant rapportées à l'élévation d'une même quantité d'eau au haut de la tour.*

(95). On a vu dans les § 3 et 4 les détails de tous les soins que j'ai pris pour éviter la plus légère erreur dans la partie importante de mon examen relative à l'économie du combustible qu'on peut obtenir par la substitution de la nouvelle machine à l'ancienne. J'ai dit qu'ayant pris des renseignemens sur la dépense habituelle de combustible de l'une et l'autre machine quand elles faisaient le service des eaux de Paris, j'ai trouvé ces renseignemens assez bien d'accord avec les résultats de mes propres comparaisons : ce sont ces derniers résultats, sur lesquels je ne puis pas avoir la plus légère incertitude, que je vais rapporter ici avec les données d'observations desquelles ils sont déduits.

	DATES des expé- riences.	Nos. du rapport où les nombres sont con- signés.	Volumés d'eau éle- vés au haut de la tour.	Poids du charbon brûlé pour opérer l'élévation.	
				du volum. d'eau ci à côté.	d'un mè- tre cube d'eau.
Nouvelle machine.	1821.		mèt. cub.	kilog.	gram.
	6 juillet.	30	1060	734	692,46
	27 juillet.	49	300	227	756,67
	3 août.	56	360	276	766,67
			1720	1237	719,19
Ancienne machine.	1822.				
	25 janv.	60	680	555	816,17
	30 janv.	73	930	769 $\frac{2}{5}$	827,11
			1610	1324 $\frac{7}{10}$	822,79

*Nota.* Les nombres 719,19 et 822,79 sont respectivement égaux à  $\frac{1237}{1720} \times 1000$  et  $\frac{13247}{16100} \times 1000$ .

(94). Ainsi, en comparant des volumes d'eau élevés, dont j'ai moi-même pris les jauges, avec le charbon consommé pour opérer cette élévation, que j'ai pesé, avec le plus grand soin, et qui a été brûlé sous mes yeux, on a, pour la nouvelle machine, un produit de 1720 mètres cubes d'eau obtenu avec une dépense de 1237 kilogrammes de charbon, ce qui donne 719  $\frac{1}{5}$  grammes par mètre cube; et, pour l'ancienne machine, un produit de 1610 mètres cubes d'eau obtenu avec une dépense de 1324  $\frac{7}{10}$  kilogrammes de char-

sance de la nouvelle machine, en prenant successivement pour terme de comparaison les six principales de ces unités; les nombres de *chevaux* ainsi calculés sont d'autant plus petits que les unités sont plus grandes, et réciproquement, et ces nombres sont compris entre  $18\frac{26}{100}$  et  $27\frac{68}{100}$ . Il m'est, je le répète, impossible de motiver l'adoption, soit d'un de ces nombres-limites, soit d'un nombre intermédiaire; j'ai prévenu, à la fin du n°. (23) de mon rapport, que, pour fixer les idées et faciliter par la petitesse des nombres les comparaisons entre des résultats de calcul, j'emploierais l'unité dynamique que j'appelle *française*; mais j'ai eu soin d'ajouter qu'il ne fallait voir dans cet emploi aucun motif de préférence; tout autre type de même espèce aurait également rempli mon objet.

## ART. III.

Il résulte des faits rapportés fort en détail dans les § 2 et 3 du précédent rapport, faits observés avec les soins les plus scrupuleux, et qui ont fourni les élémens des calculs dont les résultats sont consignés dans le § 10, que pour élever une même quantité d'eau au haut de la tour du Gros-Caillou, les poids de la même espèce de charbon respectivement consommés par l'ancienne et la nouvelle machine sont entre eux dans le rapport de 8228 à 7192, rapport qu'on rend plus facile à saisir en disant que pour produire un même *effet utile* on obtient par la nouvelle machine une économie d'environ 13 pour 100 sur le combustible brûlé par l'ancienne.

## ART. IV.

Les éloges donnés, dans les actes des anciennes expertises, à la belle exécution de la machine de M. Edwards, me paraissent très-justement mérités; mais les massifs de maçonnerie dont son établissement a nécessité la construction ont besoin d'être réparés et consolidés.

Paris, le 10 mars 1823. *Signé* DE PRONY.

## PREMIÈRE NOTE

*Sur le parallélogramme du balancier de la machine à feu.*

J'ai donné, avec beaucoup de détails, dans mon *Traité des machines à feu* (*Architecture hydraulique*, 2<sup>e</sup> partie. Paris, 1790) l'histoire, la description et les propriétés de cette invention ingénieuse, au moyen de laquelle on peut, par une combinaison de mouvemens circulaires, produire un mouvement sensiblement rectiligne. Je pense qu'il sera agréable à plusieurs lecteurs de trouver ici cette matière considérée plus généralement qu'elle ne l'a été dans le rapport précédent.

Le sommet de la tige du piston du cylindre à vapeur, suspendu à l'un des angles du parallélogramme du balancier, décrit, dans sa course (Pl. 2, fig. A), un arc *st* d'une courbe ovoïde *rstuvr* (art. 1483 et 1492 du *Traité* ci-dessus cité), et cet arc, sur lequel se trouve un point d'inflexion à-peu-près au milieu de sa longueur, diffère très-peu, si les proportions de l'appareil

sont convenablement réglées, de la droite menée entre ses extrémités  $s$  et  $t$ . Je vais établir des formules au moyen desquelles on pourra déterminer les relations entre les positions diverses du sommet de la tige du piston et les mouvemens que prennent les autres parties du système lorsque l'angle que forme l'axe du balancier avec la verticale, ou l'horizontale, varie. Je considérerai aussi les relations entre les dimensions des pièces de la machine, dont on peut assujettir la construction à certaines conditions.

Ces formules, préférables, pour la commodité du calcul, à celles que j'ai publiées, en 1790, dans mon *Traité des machines à feu*, seront appliquées à la machine décrite dans mon rapport.

A et K (Pl. 2, fig. B) sont les deux centres de rotation fixe du système; BDHG, BCFE le grand et le petit parallélogramme; AD et GK les droites qui tournent respectivement autour des centres fixes A et K, dans le plan vertical qui contient les parallélogrammes; H et F les points de suspensions articulées des tiges des pistons.

Je trace les horizontales CX, BX', AM, mH, VK, et les verticales AV, Cc, Ef, Dd, QH, MK; ces lignes de constructions faciliteront la vérification des formules à ceux qui seront curieux de se rendre compte de leur exactitude.

Soient :

AB =  $\rho$ ; CK =  $r$ ; AM =  $h$ ; AV =  $K$ ;  
 BG =  $a$ ; BD =  $b$ ; BE =  $a'$ ; BC =  $b'$ ;  
 AQ =  $x$ ; QH =  $y$ ; Aq =  $x'$ ; qF =  $y'$ ;  
 Angle DAM =  $\alpha$ .

On calculera les valeurs

$$(1) \dots \text{tang. } \zeta = \frac{K + \rho \sin. \alpha}{h - \rho \cos. \alpha};$$

$$c = \frac{K + \rho \sin. \alpha}{\sin. \zeta} = \frac{h - \rho \cos. \alpha}{\cos. \zeta}.$$

$$(2) \dots 2R = a + c + r; \sin. \left( \frac{1}{2} \gamma \right) = \left( \frac{(R-a)(R-c)}{ac} \right)^{\frac{1}{2}};$$

$$\delta = \zeta + \gamma,$$

et on aura les coordonnées horizontales et verticales des sommets H et F des tiges des pistons du grand et du petit cylindre, rapportées à l'origine fixe A par les formules

$$(3) \dots \begin{cases} x = a \cos. \delta + (b + \rho) \cos. \alpha; & y = a \sin. \delta - (b + \rho) \sin. \alpha \\ x' = a' \cos. \delta + (b' + \rho) \cos. \alpha; & y' = a' \sin. \delta - (b' + \rho) \sin. \alpha. \end{cases}$$

Ces valeurs générales sont indépendantes de toutes relations particulières entre les longueurs des côtés des grand et petit parallélogrammes, elles ne supposent que les parallélismes de  $a$  et  $a'$ , de  $b$  et  $b'$ ; mais on peut y introduire une condition très-avantageuse pour les applications pratiques, et qui abrège le calcul de  $x'$  et  $y'$ . Cette condition consiste à rendre égaux les rap-

ports  $\frac{a}{a'}$ ,  $\frac{b}{b'}$ , au moyen de quoi, dans toutes les positions des parallélogrammes, le centre fixe A et les points de suspensions mobiles F et H se trouveront toujours dans une même droite : alors faisant...

$$\frac{\rho + b'}{\rho + b} = \mu,$$

on aura (4)...  $x' = \mu x$ ;  $y' = \mu y$ .

Ces formules s'appliquent immédiatement au

calcul des mouvements des sommets des tiges des pistons dans un système donné; mais on peut s'en servir utilement pour les déterminations relatives à un projet de machine qui doit satisfaire à certaines conditions. Il est convenable d'abord de considérer comme conditions communes à tous les projets: 1°. l'horizontalité de la ligne passant par le centre fixe A de rotation et par le sommet H. de la tige du piston le plus éloigné de A, dans sa position initiale supérieure; 2°. l'égalité de rapport sur laquelle les équations (4) ci-dessus sont établies, et d'où il résulte que les points A, F et H sont toujours en ligne droite; 3°. l'égalité des angles formés par l'horizontale AM et par l'axe AD du demi-balancier, dans les positions extrêmes, supérieure et inférieure, de ce demi-balancier.

Ces préliminaires posés, on considérera le système dans trois positions déterminées du balancier; savoir, dans ses positions extrêmes, supérieure et inférieure, et dans sa position moyenne, celle qui rend son axe horizontal. Désignant par  $2A$  l'angle total que décrit cet axe entre les positions extrêmes, les équations (1), (2), (3) et (4) fournissent trois groupes correspondant à  $\alpha = A$ ,  $\alpha = 0$  et  $\alpha = -A$ , et procurent les moyens d'établir des relations entre les parties du système, d'après les conditions exigées: ainsi, il faudra que la corde verticale de l'angle  $2A$ , décrit du rayon AD, soit d'une longueur donnée égale à la course du piston; il faudra sur-tout que les valeurs de  $x$ , tirées des trois groupes, soient ou égales ou à très-peu près égales entre elles; que les valeurs correspondantes de  $y$  soient, la première nulle et la

deuxième à très-peu près moitié de la troisième, qui mesure la course totale, etc. On verra bientôt que la machine d'Edwards remplit ces conditions d'une manière très-satisfaisante.

Je me borne, dans la présente note, à ces indications générales; j'ajouterai seulement aux formules (1), (2) et (3) les suivantes, qui sont particulièrement applicables au cas de la position initiale supérieure du balancier. Je fais (*fig. n°. 1*)

Angle initial  $DAM = A$ ;  $AD = b + p = m$ ;  $AH = n$ .

Verticale  $Dd = q$ ;  $Ad = p$ ;  $dH = p'$ ,

et on a les relations

$$(5) \dots \begin{cases} p = m \cos. A; p' = (a^2 - q^2)^{\frac{1}{2}} = (a^2 - m^2 \sin.^2 A)^{\frac{1}{2}} \\ q = m \sin. A; m^2 + n^2 - 2mn \cos. A - a^2 = 0. \end{cases}$$

Dans le cas où l'on aurait à déterminer A par  $m$ ,  $n$  et  $a$ , on pourrait employer les formules

$$(6) \dots \begin{cases} 2Q = a + m + n \\ \text{Sin. } (\frac{1}{2}A) = \left[ \frac{(Q-m)(Q-n)}{mn} \right]^{\frac{1}{2}}; \\ \text{cos. } (\frac{1}{2}A) = \left[ \frac{Q(Q-a)}{mn} \right]^{\frac{1}{2}}. \end{cases}$$

Les relations dépendantes des dimensions et de la position initiale du parallélogramme BDHG, doivent être compatibles avec la longueur et la position initiale du rayon  $GK = r$ , qui, tournant autour du centre fixe K, est, par son autre extrémité, attaché à articulation à l'angle G du parallélogramme: voici des formules qui lient aux valeurs précédentes celles qui tiennent à ce rayon.

On a, relativement aux coordonnées horizontale et verticale du point G (fig. n<sup>o</sup>. 1), les valeurs respectives rapportées à l'origine K.

$$(7) \dots \begin{cases} \xi = h - \rho \cos. A - (a^2 - m^2 \sin.^2 A)^{\frac{1}{2}}, \\ \eta = K - b \sin. A. \end{cases}$$

qui fournissent les élémens du calcul de

$$r = (\xi^2 + \eta^2)^{\frac{1}{2}};$$

mais la formule suivante donne une valeur de  $r$  immédiatement liée à la position initiale du point H et aux positions fixes de M et K. Soient

$$\text{angles } \begin{cases} \text{KHM} = \varepsilon \\ \text{GHK} = 180^\circ - (A + \varepsilon) = \lambda \\ \text{KH} = s, \end{cases}$$

on aura

$$(8) \dots \begin{cases} \text{tang. } \varepsilon = \frac{K}{h-n}; \quad s = \frac{K}{\sin. \varepsilon} = \frac{h-n}{\cos. \varepsilon} \\ r = [4bs \sin.^2 (\frac{1}{2} \lambda) + (b-s)^2]^{\frac{1}{2}}. \end{cases}$$

On peut appliquer les formules précédentes, ou une partie d'entre elles, au système décrit dans le rapport précédent; ce système est construit d'après la condition  $\frac{a}{a'} = \frac{b}{b'}$ , qui a fourni les équations (4); les sommets des tiges des pistons et le centre de rotation fixe A sont toujours sur une même ligne droite, laquelle est horizontale dans la position initiale (Pl. 2, n<sup>o</sup>. 1); de plus, dans cette position initiale, le sommet D de l'angle supérieur du grand parallélogramme, et le centre de rotation fixe K sont à la même distance verticale de l'horizontale AM, passant par le centre de rotation fixe A, l'un

au-dessus, l'autre au-dessous, et cette horizontale AM partage en deux parties égales l'angle total  $2A$  décrit par le demi-balancier AB pendant une course entière du piston: toutes ces dispositions sont très-bien combinées.

Prenant pour données (Pl. 2, n<sup>o</sup>. 1),

$AD = m$ ;  $AC = \rho + b'$ ;  $AB = \rho$ ;  $DH = a$ ;  $AH = n$ , longueurs dont les valeurs numériques sont inscrites au haut de la planche. On peut d'abord vérifier les valeurs de AF et CF, qui établissent la condition exigée par les équations (4), et on trouve

$$AF = 1^m,7951; \quad CF = 0^m,55809.$$

Calculant, d'après les mêmes données, l'angle initial  $DAH = A$ , soit par la dernière équation (5), soit par l'une des deux dernières équations (6), on trouve

$$A = 17^\circ.35'.30'' : \text{d'où } Dd = m \sin. A = 0^m,76011.$$

On aurait eu plus simplement l'angle A s'il eût été pris pour donnée, au lieu de  $DH = a$ , la verticale  $Dd$ , qui, d'après une des conditions ci-dessus énoncées, doit être égale à MK ou à K, c'est-à-dire sensiblement à la valeur de la demi-course du piston, et le côté DH aurait été conclu de cette valeur et des autres données.

La grandeur et la position du parallélogramme BDHG étant connues, ainsi que la position de l'horizontale VK, donnée par la condition  $Dd = MK$ , la position du centre immobile K peut être fixée en prenant pour donnée, soit le rayon  $GK = r$ , soit la distance  $AM = h$ , d'où  $HM = h - n$ .

Prenant pour donnée  $h = 3^m,022$ , on a  $HM = 0^m,571$ , d'où

$$\text{Tang. } \varepsilon = \frac{K}{h-n} = \frac{0,76011}{0,571}; \varepsilon = 53^{\circ}.5'.10'';$$

$$\lambda = 180^{\circ} - (A + \varepsilon) = 109^{\circ}.19'.20'';$$

$$s = \frac{K}{\sin. \varepsilon} = \frac{h-n}{\cos. \varepsilon} = 0^m,95069,$$

et finalement  $GK = r = 1^m,712$ .

Je passe à la propriété importante de l'appareil, celle du mouvement sensiblement rectiligne du sommet de la tige du piston, et je prends d'abord ce sommet de tige au milieu de sa course lorsque le demi-balancier AD arrive à la position horizontale sur la ligne AM (Pl. 2, n<sup>o</sup>. 2); dans ce cas on a, équations (1), (2) et (3),

$$\begin{aligned} \epsilon &= 24^{\circ}.43'.50''; c = 1^m,8166; \gamma = 69^{\circ}.56'.00''; \\ \delta &= 94^{\circ}.39'.50''; x = 2^m,453; y = 0^m,7595 (*). \end{aligned}$$

La déviation dans le sens horizontal, ou l'écart par rapport à la verticale passant par le point de départ, est d'environ 2 millimètres ou  $\frac{1}{30}$  de la demi-course, et la valeur de  $y$  ne diffère pas sensiblement de celle de  $K$ .

Supposons enfin le piston au bas de sa course ou le sommet de sa tige arrivé à l'horizontale VK (Pl. 2, n<sup>o</sup>. 5), on a, dans ce cas, d'après les conditions ci-dessus assignées,

$$\begin{aligned} \alpha &= -A = -17^{\circ}.35'.30''; \epsilon = 111^{\circ}.23'.20''; \\ c &= 1^m,7488; \gamma = 74^{\circ}.36'.20''; \delta = 85^{\circ}.59'.40''; \\ \text{d'où... } x &= 2^m,4508; y = 1^m,5202 (**). \end{aligned}$$

L'écart, par rapport à la verticale passant par le point de départ, s'est réduit à  $\frac{1}{5}$  de millimètre,

(\*) Il faut, si on vérifie le calcul, faire attention au signe de  $\cos. \delta$ .

(\*\*) Il faut, si on vérifie le calcul, faire attention au signe de  $\sin. \alpha$ .

et la valeur de  $y$  est sensiblement la course totale projetée : c'est toute la précision qu'on peut désirer.

On calculera fort aisément, d'après ces valeurs, la position du sommet de la tige du petit parallélogramme par les équations (4) adaptées au système particulier dont il s'agit ici, et on aura, au bas de la course,

$$x' = \frac{\xi + b'}{\xi + b} x = \frac{1,842}{2,515} \times 2^m,4504 = 1^m,7947.$$

$$y' = \frac{\xi + b'}{\xi + b} y = \frac{1,842}{2,515} \times 1^m,52044 = 1^m,114.$$

L'écart, par rapport à la verticale passant par le point de départ, n'est pour toute la course que de  $\frac{3}{10}$  de millimètre. La conformité des mesures déduites du calcul et de celles que j'ai prises immédiatement sur la machine et consignées dans mon rapport, est une garantie de l'exactitude de mes opérations.

J'ai employé, dans ce qui précède, les méthodes de calcul, vu que ce sont les seules par lesquelles on puisse obtenir la plus parfaite exactitude, tant pour vérifier ce qui est fait que pour projeter ce qu'on veut exécuter; cependant avec beaucoup de soin, et en traçant, ou de dimension réelle ou sur de grandes échelles, on emploiera utilement les méthodes graphiques. Ainsi, par exemple, si on a (fig. n<sup>o</sup>. 3) le système ABDHG, tournant autour du point fixe A, avec articulation en B, D, H et G, et qu'on veuille faire parcourir au point H une ligne peu différente de la verticale QH, on fera une *épure*, dans laquelle ce système aura trois positions, dont deux placeront le point H aux extrémités et l'autre au milieu de sa course, dans une même verticale; ces trois po-

sitions du système en fourniront trois correspondantes du point G ; faisant passer un cercle par ces trois derniers points, on connaîtra le centre fixe K, et le rayon KG remplissant la condition de régler le mouvement du point H, de manière que de Q en H il se trouve trois fois sur la même verticale, dont il s'écartera peu dans les autres points, si d'ailleurs les proportions sont bien établies. On arrivera aisément aux mêmes résultats par le calcul (\*); mais je m'en tiens à ces indica-

(\*) La verticale QHn (fig. B) étant dirigée dans le prolongement de l'axe du piston, et le système articulé ABDHG étant donné dans un plan vertical, on pourra, en faisant tourner ce système dans le même plan autour du point fixe A, prendre arbitrairement trois positions du point H sur la verticale Qn, ou son prolongement, soit supérieur, soit inférieur; on aura, pour chacune de ces positions, les longueurs de la verticale QH et de l'horizontale commune AQ : d'où on conclura l'angle QAH, l'hypothénuse AH, l'angle DAH (les trois côtés du triangle DAH étant connus), et enfin l'angle DAM = GHm : on aura donc, HG étant donné, les longueurs de l'horizontale Hm, de la verticale mG, et, par conséquent, les coordonnées horizontale et verticale du point G, par rapport à une origine prise à volonté sur une des verticales AV ou Qn. Soient, l'origine étant sur AV,  $x_1$  et  $y_1$ ;  $x_2$ , et  $y_2$ ;  $x_3$  et  $y_3$ , les trois couples de coordonnées ainsi déterminées,  $r$  le rayon du cercle passant par les trois points auxquels elles se rapportent,  $\xi$ ,  $n$ , les coordonnées horizontale et verticale du centre de ce cercle, on calculera les valeurs :

$$\frac{x_2^2 + y_2^2 - (x_1^2 + y_1^2)}{2(x_2 - x_1)} = u;$$

$$\frac{x_3^2 + y_3^2 - (x_1^2 + y_1^2)}{2(x_3 - x_1)} = u, \quad \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = v;$$

$$\frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1} = v', \quad \text{et on aura } n = \frac{u - u'}{v - v'};$$

tions générales et j'ai lieu d'espérer que les détails renfermés dans cette note seront utiles aux mécaniciens qui veulent raisonner leurs projets de construction.

## DEUXIÈME NOTE

### Sur un moyen de mesurer l'effet dynamique des machines de rotation.

(Voyez la Planche 3.)

Le procédé qui forme l'objet de cette note m'a été fort utile pour des expériences que j'ai eu à faire sur les machines à feu à haute pression, et particulièrement pour celles qui constituent l'objet du rapport précédent. Il a l'avantage de donner la mesure de l'effet dynamique, soit total, soit partiel, d'un système tournant, par le poids et la position d'une masse qu'on maintient dans l'état d'immobilité. Cette condition est remplie à

$$\xi = u - v_n = u_1 - v_{n1}; \quad r = [(\xi - x_1)^2 + (n - y_1)]^{\frac{1}{2}}.$$

On peut vérifier le calcul de  $r$ , en substituant à  $x$ , et  $y$ , respectivement, ou  $x_2$  et  $y_2$ , ou  $x_3$  et  $y_3$ .

Si avec la condition d'avoir trois positions du point H sur la verticale Qn, au lieu de se donner ces positions on se donnait trois valeurs de l'angle DAM = GHm, on en conclurait immédiatement, pour chacune, les valeurs de Hm et de mG, et pour avoir les coordonnées des points G, il suffirait de trouver les valeurs des hauteurs QH. Soient une des valeurs de DAM =  $\alpha$ , et les constantes AD =  $m$ , AQ =  $X$ , on calculera un angle  $\mu$  par la formule

$$\cos. \mu = \frac{X - m \cos. \alpha}{a},$$

et on aura QH =  $a \sin. \mu - m \sin. \alpha$ .

l'aide du frottement, et cependant on obtient les résultats cherchés, indépendamment de toute considération tant sur la nature de cette espèce de résistance, que sur sa relation avec la pression normale; les termes qui se rapportent à ces diverses circonstances disparaissent dans l'équation finale; il en est de même du rayon du cylindre ou essieu, autour duquel s'exerce le frottement. Voici la description et la théorie de l'appareil, dont je pense qu'il serait bon de propager l'usage.

Le cercle  $KK'K''K'''$  représente un système quelconque tournant, fixé à l'essieu ou tourillon  $ADBE$ , qui repose sur des paliers fixes et dont l'axe mathématique, passant par le centre  $C$ , est horizontal. Ce système et son essieu sont supposés tourner dans le sens indiqué par la flèche, avec une vitesse angulaire constante.

L'essieu  $ADBE$  est embrassé par un frein composé des deux pièces  $GF, G'F'$ , parallèles entre elles et unies par les boulons  $bb, b'b'$ , dont les têtes sont aux extrémités inférieures  $b, b'$ , et qui, au moyen des écrous  $e, e'$ , mus avec une clef de fer, donnent la facilité de serrer, à volonté, le frein contre l'essieu.

Les pièces du frein sont en équilibre autour de l'axe horizontal passant par le centre  $C$ , c'est-à-dire que leur centre de gravité se trouve sur cet axe; mais un poids additionnel  $P$ , posé en  $H$  sur la branche  $GF$ , tend à faire tourner le système  $GF, G'F'$  dans le sens opposé à celui qu'indique la flèche.

On suppose que le frein est serré de manière à exercer sur l'essieu  $ADBE$  une pression de laquelle résulte un frottement tel que, pendant la rotation du système représenté par  $K'''K''K'K$ ,

les branches  $GF$  et  $G'F'$  de ce frein se maintiennent dans une situation horizontale, soutenant ainsi le poids  $P$  à une hauteur constante. L'expérience m'a prouvé qu'un ouvrier médiocrement adroit, qui se tient, avec une clef de fer en main, près des boulons  $bb, b'b'$ , peut très-aisément conserver au système  $FG, G'F'$  cette position, en serrant ou desserrant un des écrous au besoin. Il faut avoir la précaution de garnir la partie de la surface du frein, qui frotte sur l'essieu, avec des lames de tôle ou de cuivre, afin de prévenir les effets de l'échauffement des matières en contact.

Il s'agit de déterminer généralement la valeur de l'effet dynamique qui est produit lorsque ces conditions se trouvent satisfaites. Soient :

Le poids suspendu au point  $H$  du frein =  $P$

La distance entre la verticale menée par le centre de gravité de ce poids et l'axe horizontal de l'essieu passant par le point  $C$  = . . . . .  $R$

$r$  étant le rayon de l'essieu, et  $\pi$  la demi-circonférence, dont le rayon =  $r$ ,  $n$  est un nombre tel que l'arc décrit par un point de la surface cylindrique de cet essieu pendant l'unité de temps = . . . . .  $2\pi nr$

Unité de force ou unité dynamique, à laquelle on rapporte un effet dynamique quelconque, et qui est égale au produit d'un poids, de valeur convenue, par la hauteur, pareillement convenue, à laquelle on suppose ce poids élevé pendant l'unité de temps = . . . . .  $Q$

Nombre d'unités de force mesurant l'effet dynamique qu'il s'agit de déterminer =  $M$   
je nomme  $d\pi$ , la pression normale exercée par

un des élémens de la portion de surface du frein qui est en contact avec l'essieu, sur l'élément correspondant de la surface de cet essieu. Cette pression  $d\pi$ , qui peut, en général, varier d'un point à l'autre des surfaces en contact, engendre, en vertu du frottement, une force tangentielle que je désigne par  $dF$ ; or, quelles que soient et la loi de variation des pressions normales  $d\pi$ , et la loi de relation entre ces pressions et les forces tangentielles  $dF$ , il est incontestable: 1°. que chacune de ces dernières forces a un moment, par rapport à l'axe horizontal de l'essieu passant par le point C, égal à  $r dF$ , et que par conséquent la somme de leurs momens, prise dans l'étendue entière des surfaces en contact, est égal à  $rF$ ; 2°. que la valeur de la somme  $rF$  ne varie point pendant que les barres du frein sont maintenues dans une position horizontale, et que par conséquent le poids P ne s'élève ni ne s'abaisse; et puisque la constance de cette position et de cette hauteur est uniquement due aux forces  $dF$ , les conditions d'équilibre existent entre ces forces et le poids P; ce qui donne

$$PR = Fr; \text{ d'où } F = \frac{PR}{r},$$

en faisant attention que la somme des momens du système des masses du frein est nulle, puisque le centre de gravité de ce système se trouve sur l'axe passant par le point C.

Je remarque maintenant que la force tangentielle  $dF$  s'exerce, pendant l'unité de temps, sur une zone élémentaire de la surface cylindrique de l'essieu, d'une longueur égale à  $2 n \pi r$ ; l'effet dynamique de cette force a donc, en unités de son espèce, une valeur égale à  $\frac{2 n \pi r dF}{Q}$ ,

et le nombre total M d'unités dynamiques, existantes pendant que le frein est maintenu dans sa position horizontale, est donné par l'équation

$$M = \frac{2 n \pi r F}{Q}, \text{ ou en substituant à F sa va-}$$

$$\text{leur } \frac{PR}{r};$$

$$M = \frac{2 n \pi PR}{Q} \quad (1),$$

$$\text{d'où. . . . . } R = \frac{QM}{2 n \pi P}$$

$$\pi = 3,14159265; \log. 2 \pi = 0,7981799.$$

On voit que tout ce qui tient à la considération du frottement a disparu de l'équation finale, et même que le rayon  $r$  de l'essieu ne s'y trouve plus. La valeur de M dépend donc uniquement du poids P, de la distance R de la verticale passant par son centre de gravité, à l'axe de rotation (proportionnelle à la circonférence  $2 \pi R$ , décrite du rayon R), et du nombre  $n$ , qui est connu lorsqu'on sait combien le système tournant fait de révolutions dans un temps donné; K étant ce nombre de révolutions, et  $t$  le nombre d'unités de temps pendant lequel elles s'exécutent, on

$$a n = \frac{K}{t}$$

On est dans l'usage de rapporter la mesure de l'effet mécanique d'une machine à feu à une unité, ou terme de comparaison de force, qu'on appelle fort improprement *cheval*. Je renvoie, relativement à cette unité, aux moyens et à la nécessité de lui donner une valeur fixe et légale, à ce que j'ai dit dans le § 2 de mon rapport sur les machines à feu du Gros-CailloU. Je me bornerai ici à appliquer les formules (1) à l'espèce

d'unité que j'ai employée dans ce rapport, et que j'ai désignée sous le nom d'*unité dynamique française*.

Le kilogramme, le mètre, et la seconde de temps ( $\frac{1}{86400}$  de jour moyen) étant pris chacun pour unité des quantités de son espèce, l'*unité dynamique française* équivaut à l'*élévation d'un poids de 80 kilogrammes à un mètre de hauteur pendant une seconde de temps*. D'après cette définition ou convention, les équations (1) deviennent

$$M = AnPR; R = \frac{BM}{nP} \dots (2),$$

$$A = 0,0785398; B = \frac{1}{A} = 12,7324$$

log. A =  $\bar{2},8950899$  } La caractéristique seule est  
log. B =  $1,1049101$  } négative dans log. A.

On a vu, dans mon rapport ci-dessus cité, que l'*unité dynamique française* obtenue pendant un travail de huit heures fournissait sensiblement le double de la *quantité de l'action journalière* d'un cheval attelé à un manège sans être surmené. Il est donc aisé, ainsi que je l'ai expliqué dans ce rapport, de comparer, en ayant égard aux *durées d'action*, l'effet mécanique d'une machine, exprimé en *unités dynamiques françaises*, à l'effet mécanique qu'on se procurerait avec des chevaux. On peut faire un rapprochement analogue en prenant pour terme de comparaison l'effet mécanique dont est capable l'homme appliqué aux machines de rotation, et il est convenable alors de considérer son action dans l'emploi des roues à *chevilles* ou à *tambours*, et dans celui des manivelles.

L'expérience a fait connaître que, dans le pre-

mier cas, lorsque le poids de l'homme est appliqué vers le bas de la roue, la *quantité d'action* fournie dans une seconde (la seconde est prise pour unité de temps) équivaut à l'élévation d'un poids de 12 kilogrammes à une hauteur de  $0^m,70$ ; ce qui donne

$$Q = 12^k \times 0^m,70 \times 1'' = 8,40,$$

et les équations (1) deviennent

$$M = anPR; R = \frac{bM}{nP} \dots (3).$$

$$a = 0,7479984; \dots b = \frac{1}{a} = 1,3369$$

$$\log. a = \bar{1},8739006$$

$$\log. b = 0,1260994.$$

Dans le second cas, celui de l'emploi de la manivelle, la *quantité d'action* fournie dans une seconde de temps équivaut à l'élévation d'un poids de 8 kilogrammes à  $0^m,75$  de hauteur; ce qui donne  $Q = 8 \times 0,75 \times 1'' = 6,00$ , et les équations (1) deviennent

$$M = anPR; R = \frac{\epsilon M}{nP} \dots (4)$$

$$a = 1,047198; \epsilon = 0,95493.$$

$$\log. a = 0,0200286$$

$$\log. \epsilon = \bar{1},9799714.$$

En produisant les effets dynamiques dont je viens de donner les valeurs, un homme de force moyenne peut, sans s'excéder, travailler huit heures par jour.

*Exemple.* Supposons que le système tournant fasse 18 révolutions dans une minute ou  $60''$ , et

que le frein garde la situation horizontale lorsqu'un poids de 70 kilogrammes est placé à 2<sup>m</sup>,214 de l'axe de rotation, on aura,

$n = \frac{18}{60}$ ;  $P = 70$ ;  $R = 2,214$ ,  
et en introduisant ces valeurs dans la première équation (2),

$$M = \frac{A \times 18 \times 70 \times 2,214}{60} = 46,494 A = 3,6516,$$

l'effet dynamique est de 3  $\frac{65}{100}$  unités dynamiques françaises.

L'équation  $R = \frac{BM}{nP}$  peut servir à déterminer la distance à laquelle il faut, la vitesse angulaire proportionnelle à  $n$  étant donnée, placer un poids déterminé, pour que ce poids équivale à un nombre pareillement déterminé d'unités dynamiques françaises. Supposons qu'à 20 tours par minute, on veuille trouver le point où 20 kilogrammes représentent une de ces unités, on fera  $M = 1$ ,  $P = 20$ ,  $n = \frac{20}{60}$ , et on aura par la deuxième équation (2),

$$R = \frac{60B}{400} = \frac{3B}{20} = 1^m,90986.$$

Dans cette hypothèse de vitesse angulaire, un poids dont le centre de gravité serait placé à 1<sup>m</sup>,91 du plan vertical passant par l'axe de l'essieu, représenterait autant d'unités dynamiques françaises qu'il contiendrait de fois 20 kilogrammes.

Si on introduit dans la première équation (3) les données numériques qui ont servi ci-dessus à faire une application de la première équation (2), le nombre d'unités rapportées au travail de

l'homme qu'on aura, sera au nombre d'unités dynamiques françaises déduit de cette première équation (2), comme 0,748 : 0,079 environ comme 9  $\frac{1}{2}$  : 1.

Les mêmes données introduites dans la première équation (4) donnent, entre le nombre d'unités déduites du travail de l'homme et le nombre d'unités dynamiques françaises, qui représenterait le même effet mécanique, le rapport de 1,047 : 0,079 environ comme 13  $\frac{1}{3}$  : 1. Généralement, les données  $n$ ,  $P$  et  $R$  étant les mêmes, les nombres d'unités dynamiques françaises, déduits de la première équation (2), et ceux qu'on déduirait respectivement des premières équations (3) et (4), relatives au travail de l'homme, seront entre eux dans les rapports des nombres  $A$ ,  $a$  et  $u$ , ou des nombres 10000, 95238 et 133333. En résultat, si, conformément aux explications détaillées données dans mon rapport sur les machines à feu du Gros-Cailloü, on réduit à moitié l'unité dynamique française pour la rapporter au travail effectif d'un cheval attelé à un manège, et si on considère ce travail ainsi que celui de l'homme, pendant une durée de 8 heures sur 24, on conclura de ce qui précède que 10 chevaux attelés à des manèges équivalent environ à 48 hommes appliqués à des roues à chevilles, et à 67 hommes appliqués à des manivelles. On voit ainsi comment, en ayant égard aux diverses manières d'employer les moteurs animés comme *agens mécaniques*, on peut concilier des évaluations qui, sans cette distinction d'emplois, paraîtraient discordantes.

## TABLE DES MATIÈRES

Contenues dans le rapport de M. DE PRONY.

§ 1. Faits antérieurs aux opérations officielles d'expertise. . . . .	Pag. 3
§ 2. Observations générales sur les expressions numériques de la puissance d'une machine à vapeur, et sur le mode d'évaluation de cette puissance. . . . .	4
§ 3. Description historique des expériences faites sur la nouvelle machine à vapeur du Gros-Cailloü . . . . .	18
§ 4. Description historique des expériences faites sur l'ancienne machine à vapeur du Gros-Cailloü. . . . .	38
§ 5. Observations sur les faits consignés dans les paragraphes précédens. . . . .	45
§ 6. Discussion des bases du calcul qu'on peut faire de l'effet mécanique de la nouvelle machine, sans employer les données expérimentales fournies par les épreuves auxquelles on a soumis cette machine. . . . .	51
§ 7. Détails descriptifs nécessaires pour les évaluations numériques. . . . .	58
§ 8. Évaluation numérique de l'effet total et de l'effet utile de la nouvelle machine. . . . .	63
§ 9. Vérification des calculs consignés dans le paragraphe précédent, au moyen des expériences faites avec l'appareil d'épreuve. . . . .	69
§ 10. Comparaison des quantités de combustible consommées par la nouvelle et l'ancienne machine : ces quantités étant rapportées à l'élévation d'une même quantité d'eau au haut de la tour . . . . .	76
§ 17. CONCLUSIONS. . . . .	78
Première note. Sur le parallélogramme du balancier de la machine à feu. . . . .	81
Deuxième note. Sur un moyen de mesurer l'effet dynamique des machines de rotation. . . . .	91

## ERRATA.

Page 8, lignes 3 et 4. Attelé à une voiture chargée sur son dos, allant au pas, lisez attelé à une voiture, chargé à dos, allant au pas.  
 Page 11, lignes 4 et 5. Ci-dessus, n°. 18, lisez ci-dessus cité, n°. 14.  
 Page 30, lignes 14 et 15. A 115,0  $\frac{1}{2}$  et elle était à 110,0 quand, lisez à 115°  $\frac{1}{2}$  et elle était à 110°, quand.  
 Page 72, tableau au bas de la page, les nombres de la colonne 2 expriment des mètres, et ceux des colonnes 4, 5 et 6 expriment des kilogrammes.

## ERRATA.

Page 8, lignes 3 et 4. Attelé à une voiture chargée sur son dos, allant au pas, lisez attelé à une voiture, chargé à dos, allant au pas.

Page 11, lignes 4 et 5. Ci-dessus, n°. 18, lisez ci-dessus cité, n°. 14.

Page 30, lignes 14 et 15. A 115,0  $\frac{1}{2}$  et elle était à 110,0 quand, lisez à 115°  $\frac{1}{2}$  et elle était à 110°, quand.

Page 72, tableau au bas de la page. Les nombres de la colonne 3 expriment des mètres, et ceux des colonnes 4, 5 et 6 expriment des kilogrammes.

Page 77, titre commun des deux dernières colonnes à droite du tableau. L'élévation, lisez l'élévation à 55 m. de hauteur.

Pages 85, ligne 8, et 86 ligne 10, à partir du bas de la

page,  $\frac{b}{b'}$  lisez  $\frac{g+b}{g+b'}$ .

du  
mi-  
i.e et  
ition  
gite.

## NOTICE

*Sur la couche de galène argentifère de Tarnowitz (1).*

Par M. MANÈS, Ingénieur au Corps royal des Mines.

I. *Gisement et exploitation du minerai.*

Le gîte métallifère qui fait l'objet de cette notice, s'étend de Georgenberg à Lagiewnick, sur une longueur d'environ  $1 \frac{1}{2}$  mille. Il forme une couche irrégulière dans un terrain de calcaire secondaire, qui paraît devoir être rapporté au calcaire alpin; il repose sur un calcaire bleuâtre, distinctement stratifié et chargé d'un grand nombre de pétrifications, et est recouvert d'un calcaire jaunâtre ferrugineux sans stratifications ni pétrifications, mais riche en silex. Ce dernier s'élève quelquefois jusqu'au jour; le plus souvent il est recouvert lui-même d'un terrain d'alluvion, formé de couches d'argile, de sable et de kurzawka, mélange intime de sable et d'argile, qui absorbe toute l'humidité du terrain et oppose les plus grandes difficultés au mineur.

Étendue du gîte de minerai.

La couche métallifère est dirigée du nord-ouest au sud-est, et plonge de quelques degrés

Nature et disposition de ce gîte.

(1) La toise de Silésie = 6 pieds deux tiers de Silésie = 80 pouces =  $1^m,92$ .

Le quintal de Silésie = 132 liv. de Breslau = 53kil.,5.

La livre = 2 marcs = 32 lots.

Le boisseau de Silésie = 2,8 pieds cubes du Rhin = 0,7 hectolitres.

vers le sud-ouest. Elle forme un grand nombre de selles et de bassins dans le sens de sa direction et de son inclinaison. Sa puissance moyenne est d'environ deux pieds; elle varie du reste beaucoup, quelquefois elle a jusqu'à 3 et 4 pieds d'épaisseur; d'autres fois elle se réduit à rien. Sa teneur en minerai est aussi très-variable: ici, elle renferme des milieux assez riches, et là, d'autres qui sont entièrement stériles. On a remarqué d'ailleurs que le rapport des premiers aux seconds est environ celui de 2 à 1, et que c'est principalement dans les enfoncements que se trouvent les milieux les plus riches; enfin un grand nombre de fentes remplies d'argile traversent cette couche dans tous les sens en l'élevant ou en l'abaissant.

La couche métallifère se compose le plus souvent d'une argile glaise ferrugineuse, brunâtre ou jaunâtre, dans laquelle la galène se trouve en veines, ou disséminée en masses arrondies, ou en cristaux cubiques isolés, qui sont plus ou moins gros. En quelques points, et sur-tout près de l'affleurement, cette argile prend une couleur bleuâtre et se charge d'une grande quantité de pyrites de fer; d'autres fois, la couche consiste en un calcaire analogué à celui du toit, qui contient aussi de la galène disséminée ou en veines. On trouve, en outre, dans cette couche, mais très-rarement, du plomb carbonaté cristallin, blanc ou terreux et jaunâtre, ainsi que du plomb phosphaté et chromaté.

Travaux exécutés anciennement.

Le gîte de galène ci-dessus a été autrefois l'objet de grandes exploitations, comme le prouvent le grand nombre de halles et de pinges qu'on remarque aux environs des petites villes de Beu-

then et de Tarnowitz. Il paraît qu'on le reconnut d'abord vers l'an 1526, et que dans l'intervalle de 1526 à 1532, il donna lieu à des recherches multipliées près de ces deux villes. Alors on donna de part et d'autre plus d'étendue aux travaux et on en tira les plus grands avantages; le duc d'Oppeln éleva les villes de Beuthen et de Tarnowitz au rang de villes minières avec privilèges; il publia des édits sur la matière, et fit poursuivre avec activité et succès l'exploitation de la couche de galène. A mesure qu'on s'enfonça, on fut gêné de plus en plus par les eaux: on les éleva d'abord à l'aide de tonnes à bras, puis on y employa des machines à molette; puis, enfin, on entreprit des galeries pour leur donner un écoulement naturel; mais la nature du terrain opposa les plus grandes difficultés. C'est par suite de ces obstacles qu'en 1584 on fut obligé d'abandonner les travaux de Beuthen, qui n'ont plus été repris: ceux de Tarnowitz se poursuivirent jusqu'en 1619; repris en 1629, on y travailla encore sans interruption jusqu'en 1775, mais avec beaucoup moins de succès qu'avant, et alors les eaux qu'on élevait à grands frais, à l'aide de machines à molette, forcèrent de nouveau à les abandonner. Plus tard, les principautés de Beuthen et de Tarnowitz ayant été cédées à la Prusse, le comte de Reden, directeur général des mines de ce royaume, fit encore reprendre, en 1783, les mines de Tarnowitz; il fit venir d'Angleterre des machines à vapeur pour extraire les eaux; il soumit toutes les exploitations à un système général d'épuisement; et, grâce au zèle de ce ministre éclairé, les travaux de Tarnowitz se voient enfin assurés d'un long avenir.

Dernière re-  
prise des  
travaux.

M. le comte de Reden, voulant mettre promptement toutes les mines à sec, ne choisit point pour l'emplacement de la nouvelle galerie d'écoulement le vallon le plus bas, qui aurait trop éloigné des travaux, mais duquel on eût pu gagner les plus profonds : il imagina de la commencer dans un petit vallon à une lieue au nord-ouest de Tarnowitz, à un niveau un peu plus élevé que celui des plus bas travaux, de faire communiquer ensemble toutes les mines, de mener la galerie la plus profonde de toutes vers la galerie d'écoulement, et d'établir au point de jonction une machine à vapeur pour élever les eaux des usines à la hauteur de la galerie d'écoulement et les y verser. Cette dernière étant rendue au point fixé pour l'emplacement de la machine à vapeur, long-temps avant la galerie inférieure des mines, pour hâter le percement de celle-ci on l'entreprit sur plusieurs points à-la-fois, à l'aide de six machines à vapeur; enfin, le projet, commencé en 1783, fut achevé en 1806, et on ne conserva plus qu'une machine à vapeur de 60 pouces pour verser les eaux des mines dans la galerie d'écoulement.

Par suite de ce plan, les mines de Tarnowitz sont divisées en quatre districts, épuisées par quatre galeries à quatre étages différens : les trois premières sont trois galeries d'allongement percées sur la couche, et la quatrième est la galerie d'écoulement. Elles vont toutes en s'abaissant de l'est à l'ouest comme la couche; les quatre districts sont les suivans :

Le premier district à l'est est celui du Trockenberg; il est asséché par la galerie dite zufluchtersohle, située à..... toises sous jour.

Le deuxième district est celui de Bobrownick, asséché par la Heinstzeriohle, plus profonde de 3 toises que la précédente.

Le troisième district, celui de la ville de Tarnowitz, asséché par la galerie Reden (Redensohle), plus basse d'une  $\frac{6}{8}$  toise que la dernière.

Enfin, le quatrième district est celui de la galerie d'écoulement, asséché par cette dernière, qui est plus élevée de 3 toises que la précédente.

Les recherches de la couche ayant été faites dans chaque district par des coups de sonde et des puits espacés de 80 à 100 toises les uns des autres, et les grundstrecke (galeries d'allongement) ayant été établies au point le plus bas possible pour leur facile épuisement, on prépare l'exploitation de la couche au-dessus de ces grundstrecke en carrés de 40 à 50 toises, en joignant les pieds de quatre puits correspondans par des galeries principales qu'on recoupe par d'autres intermédiaires. On a soin de reconnaître toujours la couche par un assez grand nombre de puits, comme la teneur par un assez grand nombre de carrés; on s'est ainsi assuré d'une exploitation continue pendant au moins cinquante ans.

Les puits de recherches qui servent ensuite à la descente et à l'extraction du minerai ont ordinairement 11  $\frac{2}{8}$  de longueur et  $\frac{6}{8}$  de largeur; on les boise généralement sur toute leur hauteur, à l'aide de cadres équidistans et de bois de garnissage. Dans les endroits où la pression est plus forte, on emploie un cuvelage complet; lorsqu'on rencontre des milieux mouvans, on les

Travaux  
prépara-  
toires.

traverse à l'aide de palpanches ; enfin, lorsque l'eau est très-abondante, on fait un double cuvelage, et on remplit l'intervalle qui les sépare d'une couche d'argile-glaise. Ces puits se font toujours à prix fait, et reviennent, par toise, de 20 à 25 écus dans le terrain mouvant.

Les puits où sont placées les machines à vapeur ont ordinairement de plus grandes dimensions, et sont tous murillés circulairement. Ce muraillement s'exécute le plus souvent pendant le percement même des puits ; dans les terrains les plus meubles, il se fait par assises de 2 à 3 toises, hauteur de maçonnerie, qu'on élève successivement, à mesure qu'elles s'enfoncent par leur propre poids. Dans les puits où le terrain a plus de consistance, on le fait par piliers de même hauteur, qu'on établit de haut en bas, en creusant chaque fois le puits d'autant. Ce travail se fait encore à la toise. Un puits de 6 pieds de diamètre, creusé de cette manière, et dans lequel on donna 18 pouces d'épaisseur à la muraille, coûta, pour la main-d'œuvre seulement, d'abord 10, puis 15 à 20 écus par toise.

Les galeries principales ont ordinairement  $1\frac{1}{4}$  toise de hauteur, et  $\frac{5}{8}$  toise de largeur ; elles sont percées horizontalement dans le calcaire du mur, et coûtent, moyennement, de 20 à 22 écus par toise de main-d'œuvre. Quelquefois, ce calcaire est fissuré, peu solide : alors on le boise régulièrement. D'autres fois, par suite de l'irrégularité des couches, ce calcaire est remplacé par des argiles vitrioliques, des sables mouvans, et c'est alors qu'on ne les pousse qu'à l'aide de palpanches, et qu'on les muraille ensuite. Dans

la Redenstrecke, on traversa, en 1801, un tel milieu, et les frais de main-d'œuvre furent de 25 écus la toise.

Les galeries intermédiaires sont menées horizontalement, ou en montant ou en descendant, suivant la disposition de la couche qu'elles suivent toujours ; on leur donne  $\frac{6}{8}$  toise de hauteur, et  $\frac{1}{2}$  toise de largeur : elles reviennent de 10 à 12 écus la toise ; elles sont ordinairement boisées.

Dans tous les travaux établis à prix fait, l'ouvrier doit payer les frais de transport et d'élevation au jour, les frais de poudre et de chandelle, ainsi que ceux de réparation d'outils.

L'exploitation des carrés préparés sur la couche par des galeries correspondantes aux *grunds-trecke* se fait de deux manières, selon la richesse des milieux qu'ils renferment ; savoir, par des *streböiter* dans les milieux de teneur variable, et par *breitenblick* dans ceux d'une richesse uniforme.

Dans la méthode dite *strebenbau*, on place ordinairement sur l'une des faces du carré cinq hommes à  $1\frac{1}{2}$  toise de distance l'un de l'autre. Chacun de ces mineurs pousse une petite galerie de 4 pieds de largeur et de 3 à 4 pieds de hauteur, qu'il conduit seulement dans les parties métallifères de la couche, et qu'il fait tourner autour des points stériles. En même temps qu'il avance, il enlève, sur les côtés, la partie avoisinante de la couche, sur environ 2 pieds de profondeur, et remblaie ensuite ces excavations avec la roche du toit.

Dans la méthode par *breitenblick*, on place vingt-quatre hommes de front sur la face d'un carré ; ils s'avancent tous ensemble perpendicu-

Travaux  
d'exploita-  
tion.

Travaux  
des  
mineurs.

lairement à la galerie, enlèvent la couche et le toit sur une hauteur d'environ 3 pieds, soutiennent le toit à l'aide d'étais, et remblaient derrière eux, en ménageant au milieu des déblais une galerie pour le roulage.

Dans les deux cas, le mineur commence à déchausser au pic la couche, sur une hauteur de quelques pouces; puis il abat les parties supérieures, soit au pic, soit à la poudre. On donne aux coups de mine de 15 à 20 pouces de profondeur, dans les travaux de Tarnowitz, et on les charge avec un mélange à volume égal de poudre et de sciure de bois. Cette méthode de tirage a été adoptée après un grand nombre d'essais, qui ont prouvé qu'on économisait  $\frac{1}{3}$  de poudre sur l'ancien mode de tirage à poudre simple.

Lorsque le mineur a exploité une certaine quantité de minerai, il le trie, et fait les divisions suivantes : 1<sup>o</sup>. stuff-erz, ou galène pure en masses; 2<sup>o</sup>. letten-erz, ou galène massive mélangée de marne, argile et ocre; 3<sup>o</sup>. scheide-erz, ou minerai de triage, calcaire imprégné de galène; 4<sup>o</sup>. graupen-erz, galène à grains ordinairement disséminés dans l'argile; 5<sup>o</sup>. enfin grubenklein, ou menus débris.

Roulage des minerais. Ces divers minerais sont roulés séparément aux puits d'extraction, dans des chiens hongrois du contenu de 3 cübel ( $1\frac{1}{3}$  pied cube); puis, élevés au jour, à l'aide de treuils à deux hommes, dans des tonnes du contenu de . . . Les rouleurs doivent, en 12 heures, conduire aux puits, sur une longueur de 40 toises, 120 cübel de minerai. Les extracteurs doivent, dans le même temps, élever, sur une hauteur de 20 toises, la

même quantité de minerai. Les premiers reçoivent 6 gros, et les seconds 5.

Les mineurs de la couche travaillent 12 heures; ils sont aussi payés à prix fait. Non-seulement ils doivent fournir aux frais de roulage et d'extraction, payer la poudre, la chandelle et les outils; mais il faut encore qu'ils paient les frais de lavage. On leur donne, par quintal de minerai pur livré, de 16 gros à 5 écus, selon la richesse des milieux, et, terme moyen, 1 écu 16 gros. Quoique ce mode de paiement soit sujet à de grandes difficultés pour assurer aux mineurs leur paie journalière de 9 gros, et qu'il exige une connaissance parfaite du gîte de minerai, il est cependant très-avantageux, par cela même qu'il exige une attention continuelle de la part des chefs, et qu'il est le plus propre à empêcher les tromperies des mineurs.

Les minerais extraits des mines de Tarnowitz, Préparation mécanique. ayant, pour gangue, le plus souvent une argile ferrugineuse, et d'autres fois un calcaire marneux assez tendre, offrent peu de difficultés à la préparation mécanique. Cette opération s'exécute dans un établissement situé à  $\frac{1}{4}$  de lieue de la ville.

Les minerais qu'on y livre sont : 1<sup>o</sup>. letten-erz; 2<sup>o</sup>. grubenklein; 3<sup>o</sup>. scheid-erz. Quant aux stuff-erz et graupen-erz, ils sont livrés immédiatement à l'usine.

1<sup>o</sup>. Les letten-erz sont jetés par un gamin dans un courant d'eau, qui les conduit sur un wasch-graben, ou caisse à tombeau, longue d'environ 20 pieds, et munie, à son extrémité inférieure, d'une grille communiquant à des bassins extérieurs. Deux hommes les y agitent for-

tement et continuellement avec un râble, jusqu'à ce que la caisse en soit pleine : alors les morceaux de minerai, dégagés des terres qu'ils retenant, se rangent grossièrement par ordre de pesanteur et de richesse; tandis que les bourbes sont entraînées par le courant, qui les dépose dans les bassins; et de ce premier lavage il résulte les divisions suivantes :

- 1°. Dans les bassins : schlamm ou bourbes-vasés ;
- 2°. Sur le wasch-graben :
- |  |                           |              |
|--|---------------------------|--------------|
| 1°. grobes haufwerk, ou minerai pauvre supérieur mis en tas à l'air. | 1°. rein wascherz, ou     | 1°. bon.     |
|  |                           |              |
| 2°. minerai riche infér.,  | 2°. sieb-erz ou minerai à | 2°. cribler. |
- séparé à la main, en. . .

Les sieb-erz précédens sont passés dans des cribles à base de fil de laiton, dont les interstices sont de  $\frac{3}{8}$  pouce carré. On fait plonger ces cribles dans des cuves d'eau, et on leur donne deux mouvemens différens, d'abord pour séparer les terres, ensuite pour opérer la division des minerais.

Les premiers cribles, dans lesquels on passe ces sieb-erz venant du wasch-graben, sont suspendus à des cordes. Chargés et plongés dans l'eau, on leur donne un fort mouvement rotatoire horizontal, en les élevant et les abaissant de temps en temps au-dessus et au-dessous de l'eau, pour faciliter la séparation des parties pauvres plus légères, et de cette opération on obtient :

- Sur le crible :
- |  |  |
|--|--|
| 1°. minerai pauvre supérieur mis avec le grobes-haufwerk ; | 2°. minerai riche infér., pour les criblages suivans ; |
|--|--|

Dans les tonneaux, une vase, qui est mise en réserve.

Les seconds cribles, auxquels on passe les minerais déjà purifiés sur les premiers, sont suspendus à l'extrémité d'un levier, au moyen duquel un homme leur donne un fort mouvement dans le sens vertical, et, par cette manipulation, les minerais, successivement soulevés par l'eau, se rangent sur le crible par ordre de pesanteur spécifique, et on obtient les produits suivans :

- Sur le crible :
- |  |   |
|--|---|
| 1°. minerai pauvre supérieur, qui va aux grobes-haufwerk ; | 2°. miner. riche inf., ou wasch-erz, bon p <sup>r</sup> . l'usine ; |
|--|---|

Dans le tonneau, vases à la réserve. En général, sept hommes lavent ainsi par 12 heures 150 tonnes de letten-erz, donnant environ 12 quintaux de wasch-erz.

Les vases de tonneaux obtenues dans les divers criblages, et qui sont une propriété de la mine, sont repassées de la même manière à des cribles plus fins, et donnent des klein-graupen et des résidus de tonneaux. Ces derniers vont ensuite sur des schlem-graben, où ils donnent un minerai fin nommé schlich-graben.

D'abord, on les passe à des schlem-graben de 9 pieds de longueur, ayant à la tête un gefälle de 3 pieds de longueur. On charge le minerai dans le gefälle, où on l'agite doucement avec un râble; les parties terreuses et plus légères sont entraînées par l'eau qui s'extravase : une partie se dépose dans la caisse suivante, tandis que les vases se déposent dans les bassins, et on obtient ainsi :

- Une demie à la tête, donnant du grober-schlich ou schlich grossier;  
 Une demie à la fin, donnant du fin schlich ;  
 Zahle schlamm, ou vases dans les bassins.

Ensuite, les schlichs précédens sont repassés

sur des schlem-graben, ou caisses à tombeau de 8 pieds de longueur, 2 pieds de largeur, et 3 pouces d'inclinaison, dans lesquels on les remue continuellement avec un râble, qu'on promène de la tête au pied. Par cette opération, on purifie de nouveau ces schlichs, et on fait les divisions suivantes :

- Un tiers à la tête, qui est repassé une nouvelle fois, et donne alors un boh schlich;
- Un tiers mittel ou moyen schlich, bon pour la sichertrog;
- Un tiers au pied qui va au grobes-haufwerk;
- Sumpf-schlamm, ou vases des canaux.

2°. Les gruben-klein, ou menus débris de la mine, sont passés immédiatement sur les cribles de la même manière que les letten-erz, et donnent de gros et de petits graupen.

3°. Les scheid-erz ou minerais de triage sont cassés au jour par des gamins, et divisés en :

- 1°. poch-erz, ou minerais de bocard;
- 2°. scheid-mehl, ou fin, qui va sur les caisses à tombeau, et donne des klein-graupen, des graben-schlich et des schlamms.

Le grobes-haufwerk ou minerais pauvre, qui provient de ces divers lavages, et qui a été mis en tas à l'air, après y avoir subi une longue exposition, est trié par des gamins, et les gros morceaux sont cassés au marteau. On en retire encore de gros graupen et des minerais mélangés. Ces derniers sont alors passés sur un crible de fil de fer de  $\frac{1}{4}$  pouce carré, qui est suspendu à des perches inclinées, portées sur une petite charpente, et auquel on donne à-la-fois un mouvement horizontal et vertical. On obtient de ce lavage de nouveaux graupen et un résidu de tonneau.

Les minerais de bocard provenant des scheid-

erz sont passés sur des batteries à trois pilons, du poids de 5 quintaux environ, et de 12 pouces de levée. La farine s'échappe de l'auge par une grille de fer de 14 pouces carrés, et va se déposer dans un gefälle et quatre canaux contigus. Le résidu du gefälle va ensuite à la table dite sichertrog, et celui des canaux aux tables à secousse.

La sichertrog, ou petite table à secousse, de 6 pieds de longueur,  $2\frac{1}{2}$  de largeur, et 8 pouces de profondeur, est mue par l'arbre du bocard, portant quatre mentonnets, et divisée en trois étages, où se font trois divisions du schlich. La première, ou celle de la tête, est un schlich pur; celle du milieu doit encore être repassée une fois pour être pure; enfin la dernière est rejetée.

Les tables à secousse, où l'on passe les vases des canaux de bocard sont à trois levées, comme à l'ordinaire; elles reçoivent de 3 pouces à  $2\frac{1}{2}$  pouces de tension, suivant qu'on y passe les vases grossières ou fines. Chacune y est lavée trois fois consécutives, et, à chaque fois, on y fait deux divisions, dont la dernière est rejetée. A la troisième fois, la première division est divisée elle-même en deux; celle de la tête donne un bon schlich, et la deuxième doit être relavée encore une fois pour donner le même résultat.

On voit, en récapitulant, que les produits de la laverie de Tarnowitz sont les suivans : 1°. wasch-erz; 2°. grau-pen-erz; 3°. graben-schlich; 4°. herd-schlich.

La mine de Tarnowitz occupe annuellement 300 mineurs environ et 150 laveurs; elle produit environ 28,000 quintaux de minerais; savoir, 18,000 quintaux de erz, 10,000 quintaux de schlich. Le prix d'extraction d'un quintal de mi-

Résultats  
généraux.

nerai revient, terme moyen, à 1 écu 12 gros, et celui de lavage de la même quantité, de 3 à 4 gros.

## II. Fonte des minerais.

Nature des minerais.

Les minerais extraits des mines de Tarnowitz sont apportés, après avoir été lavés, à l'usine de Frédéric, pour y être fondus. On les divise en deux classes : 1°. minerais en roches, dits erz, qui comprennent les stuff-erz, wasch-erz et graupen-erz, et tiennent seulement de 5 à 10 pour 100 de gangue; 2°. minerais en schlichs, comprenant les graben-schlich ou schlichs des caisses à tombeau, qui ont une teneur en plomb de 40 à 50 pour 100, et les heerd-schlich ou schlichs des tables, qui tiennent seulement de 30 à 40 pour 100 de plomb. Tous ces divers minerais sont fondus au coak; les minerais en roche, dans de petits fourneaux à manche, et les schlichs, dans de demi-hauts-fourneaux.

### 1°. Fonte des minerais en roche dits erz.

Fonte des minerais.

Cette fonte s'effectue dans un four à manche, dont la cuve a la forme d'un parallépipède rectangle droit, et qui a  $4\frac{1}{2}$  pieds de hauteur, 18 pouces de largeur ou de distance entre les deux costières, et 3 pieds de profondeur ou de distance entre les faces de vent et de contrevent. La tuyère placée à . . . . ., au-dessus de la sole, a une inclinaison de 1 à  $1\frac{1}{2}$  pouce; elle reçoit les buses de deux soufflets en bois, construits à l'ordinaire. Le creuset, qui est recouvert d'une brasque faite de parties égales d'argile et de coak pilé, communique au bassin de réception extérieur par un œil de 3 pouces de largeur et de  $2\frac{1}{2}$  pouces de hauteur, pratiqué dans la

face de devant. Ce bassin communique lui-même avec un deuxième bassin dit de percée.

Lorsqu'on veut fondre, on prépare près du fourneau des lits de fusion, composés ainsi qu'il suit :

100	quintaux de minerais en roche;
36	quintaux de scories pauvres en plomb, venant des fontes antérieures;
12	quintaux de fer métallique;
12	quintaux de scories de fer.

Total. 160

Le fourneau étant convenablement chauffé, ce qui exige 4 à 5 heures de temps et environ 2 quintaux de houille, on charge en coak et en minerai. La charge de coak demeure constante, et se place sur le devant; celle en minerai varie d'après les circonstances, et se met sur le derrière de la cuve: on fond d'ailleurs à forme claire.

Lorsque le travail va bien, on passe, en 17 heures, un lit de fusion de 160 quintaux, avec 48 à 50 pieds cubes de coak, et on en retire, moyennement, 66 quintaux de plomb d'œuvre, à une richesse variable de 1 à  $2\frac{1}{2}$  lots; 24 quintaux de matte, tenant environ 2 pour 100 de plomb; 27 à 28 quintaux de crasses, tenant de  $\frac{1}{2}$  à 3 pour 100 de plomb; 4 à 5 quintaux de débris de fourneaux, tenant de 6 à 20 pour 100; enfin des scories pauvres ne tenant pas au-delà de . . . . .

Les scories pauvres sont en partie réservées pour les fontes suivantes et en partie jetées. Les mattes vont à la fonte des schlichs. Quant aux crasses et débris de fourneaux, on les met à part pour être traitées séparément.

Les fourneaux restent ordinairement une semaine en feu; on charge le lundi, et on met hors

le samedi : on passe ainsi 700 quintaux de minerai en 9 ou 10 postes de 12 heures.

Chaque fourneau occupe un fondeur, un charrieur et un aide. Ces ouvriers, payés à prix fait, reçoivent 1 gros par quintal de plomb d'œuvre retiré.

2°. *Fonte des schlichs.*

Fonte des schlichs.

Les fourneaux à manche dont on se sert dans cette opération ont 20 pieds de hauteur ; leurs autres dimensions sont d'ailleurs les mêmes qu'à ceux employés dans la fonte des minerais.

Les lits de fusion qu'on prépare ont la composition suivante :

100 quintaux de schlichs,
32 quintaux de mattes de la fonte des minerais,
12 quintaux de débris,
10 quintaux de fer métallique,
24 quintaux de scories de fer,
120 quintaux de scories de fonte de schlich précédente.

Total. 298 quintaux.

On fond ici avec un nez et à une haute température. Les charges de coak se placent toujours sur le devant du fourneau, et celles de minerai sur le derrière. Souvent, il se produit des engorgemens ; on y remédie en perçant, à différentes hauteurs dans la face de devant, des trous, par lesquels on introduit un petit ringard, qui détache ces masses engorgées. La grande fluidité des scories est l'indice d'une bonne marche.

On passe un lit de fusion en 40 heures, avec 150 à 155 pieds cubes de coak, et on en retire moyennement 40 quintaux de plomb d'œuvre, à la teneur de 2 à 3 lots au quintal ; des mattes, qu'on rejette comme tout-à-fait stériles, et des débris de fourneaux, qu'on met à la réserve.

On emploie encore ici trois ouvriers ; savoir, un fondeur, un charrieur et un aide. Ils reçoivent 4 gros par quintal de plomb d'œuvre produit.

3°. *Fonte des résidus.*

La fonte des crasses et débris de fourneaux qui ont été obtenus dans les fontes précédentes, et qui n'ont pas été passés avec les schlichs, se fait dans les mêmes fourneaux qui ont servi à la fusion de ces derniers ; on les y passe avec des scories de la fonte précédente des résidus, avec environ 40 pour 100 de mattes de minerai, 8 à 10 pour 100 de scories de fer, et 1 à 1  $\frac{1}{2}$  pour 100 de fer métallique.

Fonte de résidus.

On passe ainsi en 15 heures 100 quintaux de résidus, qui donnent de 3  $\frac{1}{2}$  à 4 quintaux de plomb d'œuvre, tenant de 1  $\frac{1}{2}$  à 2 lots, et on use pendant ce temps 34 à 36 pieds cubes de coak.

On a ici, comme dans les autres fontes, trois ouvriers ; mais ces ouvriers sont payés par postes de 12 heures, pendant lesquelles ils reçoivent de 9 à 5 gros.

La méthode de fondage usitée à Tarnowitz repose sur la propriété qu'a le fer d'enlever le soufre au plomb qui est contenu dans le minerai ; elle consiste, comme on voit, à fondre au four à manche ce minerai à l'aide du coak, à y ajouter du fer métallique et des scories de forge pour précipitans, et des scories pauvres en plomb pour fondans. Il se produit, dans cette opération, des scories pauvres, provenant de la fusion des terres que retiennent toujours le minerai ; des mattes ou sulfures de fer au minimum, qui retiennent un peu de plomb et doivent être retraitées avec les

Observations sur le mode de fondage.

crasses et débris de fourneau; enfin du plomb métallique.

Le mode de fondage de Tarnowitz est bien entendu quant à la proportion des matières précipitantes et la nature du combustible employé; il paraît d'ailleurs assez bon relativement au plomb produit.

La proportion de fer à employer doit dépendre de la richesse du minerai à traiter. Le minerai en roche tient au moins 70 pour 100 de plomb, qui répond à 10 de soufre. Pour s'emparer de ce soufre, il faudra environ 18 de fer: on n'en met, à la vérité, que 12 dans la fonte; mais on y ajoute aussi 12 de scories de forge, et celles-ci, étant très-riches en protoxide, agissent aussi comme désulfurans, et complètent cette quantité. Si on employait moins de ces matières ferreuses, il est évident qu'elles seraient en trop petite proportion; mais l'expérience a appris aussi que si on mettait plus de fer métallique, il se formait des engorgemens qui rendaient la fusion difficile, et qu'on obtenait moins de plomb. Dans la fonte des schlichs, si on ajoute plus de scories de fer qu'il ne semble nécessaire, c'est dans le but de faciliter la fusion des gangues, qui sont ici en plus grande quantité.

On fondait autrefois, à Tarnowitz, avec du charbon de bois; le charbon de houille, qu'on y a substitué en 1791 a produit de très-grands avantages. Le coak donne en effet plus de chaleur; il rend la masse plus fluide, produit plus de plomb d'œuvre et moins de mattes. D'ailleurs, ces mattes sont toujours très-pauvres; tandis qu'auparavant elles retenaient jusqu'à 30 pour 100 de plomb, et devaient être retraitées sépa-

rément, ce qui entraînait dans beaucoup de frais.

La teneur exacte des minerais de Tarnowitz n'étant point connue, puisque cette teneur n'a été déterminée jusqu'ici qu'au moyen d'un flux qui retient toujours des quantités considérables de plomb, il suit qu'on ne peut savoir d'une manière sûre la perte en plomb produite dans ce mode de fondage. Tout porte à croire cependant qu'elle surpasse de très-peu celle qui a lieu dans les meilleures méthodes usitées. Les minerais en roche contiennent une proportion de gangue qui ne paraît pas devoir s'élever au-delà de 6 pour 100. Admettons qu'ils en contiennent seulement 5 pour 100, 100 de minerai tiendront 82 de plomb: or, par la fusion, on obtient directement 67; d'ailleurs, les résidus produits rendent encore 1,5 de plomb: la perte ne semble donc être, dans cette fonte, que de 13,5 pour 100 de minerai, ou de 16 pour 100 du plomb contenu. Les schlichs ont une teneur qui varie de 35 à 45; la moyenne est de 40. Admettons que les essais en petit donnent une erreur de 10 pour 100, qu'ils tiennent moyennement 50 pour 100, la quantité de plomb obtenue immédiatement étant de 40, et les résidus produits rendant encore environ 2, il en résulte que, dans cette fonte, la perte en plomb ne s'élève pas non plus au-delà de 16 pour 100 de plomb; tandis qu'à Pesey elle est, comme on sait, de 15 pour 100.

Nous avons dit plus haut qu'on extrayait annuellement aux mines de Tarnowitz une quantité moyenne de 18,000 quintaux de minerai en roche et de 10,000 quintaux de schlich. Ces minerais, fondus comme nous l'avons exposé, pro-

Résultats  
généraux.

duisent ordinairement 16,000 quintaux de plomb d'œuvre, à une teneur moyenne de  $1\frac{3}{4}$  lot. Les frais de fonte s'élèvent à 15 gros par quintal; savoir, 2 gros pour main-d'œuvre, 3 gros pour combustible et 10 gros pour fers, outils, etc., etc.: 1 quintal exige d'ailleurs 1,65 pied cube de coak.

Tableau de fonte d'une année moyenne à Tarnowitz.

	MINÉRAIS.		FER MÉTALLIQUE.		SCORIES DE FORGE.		COAK.		PLOMB D'ŒUVRE.	
	Quintal de Silésie	Quintal de tal métrique.	Quint. de Silésie.	Quint. métrique.	Quint. de Silésie.	Quint. métrique.	Pieds cub.	Hecto-litres.	Quint. de Silésie.	Quint. métrique.
1°. Erz.....	18,000	9,630	2,160	1,155	2,160	1,155	9,000	2,700	12,000	6,420
2°. Schlichs.	10,000	5,350	1000	535	2,400	1,284	15,000	4,500	4,000	2,140
3°. Résidus.	8,000	4,280	100	53	800	428	3,000	900	320	171
	TOTAL...		3,260	1,743	5,360	2,807	27,000	8,100	16,320	8,731

Les 18,000 quintaux de erz à la teneur de 80 à 81 pour 100 de plomb, tiennent. . . . . 14,500 }  
 Les 10,000 quintaux de schlich à la teneur de 50 pour 100. . . . . 5,000 }

La perte en plomb est donc de. . . . . 3,180 qx.  
 ou de 16 pour cent du plomb contenu.

#### 4°. Coupellation des plombs d'œuvre.

La coupellation des plombs d'œuvre s'effectue, à Friederickshütte, dans un fourneau à dôme mobile et à sole de marne, qui est chauffé à la houille. Dans une première opération, on concentre l'argent dans une moindre quantité de plomb: c'est ce qu'on nomme l'affinage pauvre, et dans une seconde opération, qui est l'affinage riche, on retire l'argent du plomb concentré.

L'emploi que l'on fait, dans cet affinage, du combustible houille, qui ne revient pas au-delà de 4 gros le boisseau, rend seul possible le départ de l'argent sur des plombs d'œuvre dont la teneur moyenne n'excède jamais  $1\frac{3}{4}$  lot au quintal.

Le double affinage auquel on soumet ces plombs d'œuvre pauvres procure cet avantage, que la sole de coupelle de l'affinage pauvre, excepté la partie de la voie qui va à la revivification riche, peut, de suite et sans perte considérable d'argent, passer à la revivification, et qu'on perd ainsi moins d'argent par la teneur des litharges.

Enfin, l'emploi d'une sole de marne, au lieu de celle de cendres de bois dont on faisait autrefois usage, donne aussi cet avantage, qu'on retire plus de plomb et plus d'argent avec moins de dépenses en frais de main-d'œuvre.

Le fourneau de coupelle dont on se sert à l'usine de Frédéric a 9 pieds de diamètre intérieur; il est bâti en briques, et sa sole forme un cercle complet, qui est entouré d'une couronne haute de 26 pouces, avançant de 6 pouces dans l'intérieur. Dans cette couronne sont pratiquées les ouvertures suivantes: 1°. celle du vent, qui a la

Coupellation du plomb d'œuvre.

forme d'une demi-ellipse, de 3 pieds 4 pouces de longueur, et 9 pouces de plus grande hauteur; 2°. la voie des litharges, qui a la hauteur de la couronne et 1 pied de largeur; 3°. les conduits de la flamme, qui sont carrés et pratiqués au-dessous d'une cheminée, dont le but est d'activer le courant d'air et d'accroître l'intensité de la chaleur.

Le foyer, placé en côté du fourneau, a 4 pieds de longueur intérieure et... hauteur. La grille, située à 5 pieds au-dessus du sol de l'usine, a 3 pieds 9 pouces de longueur et 1 pied 7 pouces de largeur: elle est fermée de tous côtés, excepté du côté long opposé au fourneau; elle communique d'ailleurs à un bassin inférieur, de 3 pieds de profondeur, qui est rempli d'eau, et d'où on retire un coak, qu'on utilise dans les fondages.

La sole, qui se préparait autrefois avec un mélange de cendres de bois et de chaux, se fait maintenant avec une marne préparée directement, et formée de vingt-sept parties de calcaire argileux et de cinq parties d'argile grasse et rougeâtre. On mélange à sec cette marne avec une partie de la sole du dernier affinage, dans la proportion de 8 à 6; puis on dispose à l'ordinaire cette masse humectée dans le fourneau, en lui donnant une épaisseur de 6 pouces sur les bords et de 3 pouces au centre.

La sole étant préparée, on introduit dans le fourneau 150 à 160 quintaux de plomb d'œuvre, qu'on dispose en rangées circulaires, en ménageant des espaces vides devant les ouvertures du vent et de la flamme; on recouvre le fourneau de son chapeau, puis on commence le feu, qu'on conduit d'abord lentement, jusqu'à ce que tout

le plomb soit fondu; ce qui dure environ 6 heures: alors on ouvre la voie des litharges, et on enlève les abstrichs, ce qui se fait en  $\frac{3}{4}$  d'heure à une heure; puis on referme la voie avec des briques; on chauffe fortement pendant deux heures; on ouvre de nouveau cette voie; on donne le vent, et on commence à recevoir les litharges par un feu modéré; ce que l'on continue jusqu'à ce que la concentration soit poussée suffisamment loin, ordinairement pendant trente-six heures. Dans un affinage de 160 quintaux, on réduit la masse à 10 ou 14 quintaux de plomb concentré, à la teneur de  $1\frac{1}{4}$  à  $1\frac{1}{2}$  marc d'argent au quintal; on le retire du fourneau par la voie des litharges, et on le met à part pour l'affinage riche.

Cet affinage riche a lieu tous les mois; on y emploie les plombs d'œuvre de 12 à 15 affinages pauvres, environ 150 quintaux. L'opération ne diffère qu'en cela qu'au lieu de s'arrêter à une masse concentrée, on pousse jusqu'à la coruscation; on en retire ordinairement 190 à 200 marcs d'argent, à 15 lots de fin. Tandis que l'affinage pauvre ne dure que 56 heures, l'affinage riche dure, au contraire, 60 à 62 heures.

En général, 100 quintaux de plomb d'œuvre exigent, par cette méthode d'affinage, 14 à 15 boisseaux de houille, et donnent 40 quintaux de litharge marchande, 45 quintaux de litharge à revivifier, 18 quintaux de sole, de coupelle et de litharge impure, et 4 à 5 quintaux d'écumes et de cendres. La quantité d'argent est d'ailleurs de 8 marcs 10 lots à 15 lots de fin.

5°. *Raffinage de l'argent de coupellation.*

Raffinage de l'argent.

Le raffinage de l'argent de coupellation se fait dans un fourneau à réverbère de forme parallépipède, qui se compose : 1°. du foyer latéral, long de  $1 \frac{1}{2}$  pied, large de 1 pied, et élevé de  $2 \frac{1}{2}$  pieds au-dessus du sol de l'usine, avec sa porte et son cendrier; 2°. du fourneau proprement dit, communiquant, d'un côté, à la chauffe, et, du côté opposé, à une cheminée, par où se fait le tirage. Ce fourneau a une forme ovale, il est ouvert seulement par-devant, et de grandeur convenable pour recevoir le têt de la coupelle. Celui-ci, également de forme ovale, et construit en tôle, a 2 pieds de longueur,  $1 \frac{1}{2}$  pied de largeur, et 4 à 5 pouces de profondeur. On le recouvre d'une couche de cendre d'os, à laquelle on donne une épaisseur de 2 à 3 pouces, et on le fait poser dans le fourneau sur des barres de fer, au niveau de la grille du foyer et à 7 pouces de la voûte, de manière que la flamme en rase mieux la superficie : on a soin d'enduire aussi d'argile-glaise l'espace qui se trouve entre le têt et la muraille.

Cela fait, on charge sur la coupelle environ 200 marcs d'argent à 15 lots de fin. On chauffe à la houille, et on voit bientôt les parties étrangères s'infiltrer dans la sole. Lorsque l'argent paraît pur, on laisse tomber peu-à-peu le feu; l'argent se refroidit, se recouvre de bulles. Quand on remarque qu'il ne s'en forme plus de nouvelles, on retire le têt; on jette de l'eau fraîche dessus, puis on retire le culot d'argent, qu'on nettoie et qu'on livre au maître de l'usine pour être pesé et marqué.

Le raffinage de 200 marcs d'argent dure ordinairement 3 à 4 heures; il brûle 2 à  $2 \frac{1}{2}$  boisseaux de houille, et donne 184 marcs d'argent à 15 lots  $\frac{3}{4}$  de fin, plus 6 liv. de têt, dans lequel est encore  $\frac{1}{2}$  marc d'argent. On emploie à ce travail deux hommes, dont un raffineur et un aide.

6°. *Revivification des soles et cendres de coupelle.*

La revivification des fonds de coupelle riche, des écumes, cendres et litharges impures, s'effectue séparément à la houille dans un fourneau à manche de 5 pieds de hauteur,  $1 \frac{1}{2}$  pied de largeur et 3 pieds de profondeur, avec addition de 10 à 12 pour 100 de scories de fer, et aussi  $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{2}$  pour 100 de fer métallique, lorsque les plombs d'œuvre qu'on en retire donnent beaucoup d'écumes à l'affinage.

On passe 100 quintaux de soles, cendres, etc., avec 36 boisseaux de houille, dans l'espace de 15 heures, et on en retire 66 à 68 quintaux de plomb d'œuvre de  $1 \frac{1}{2}$  à 2 lots et 80 à 100 quintaux de scories.

Ces scories, repassées au haut-fourneau avec du coak et un mélange de 10 pour 100 de scories de fer, 10 pour 100 de mattes, et 5 pour 100 de calcaire, rendent encore de 10 à 12 pour 100 de plomb d'œuvre à 1 lot au quintal, et de nouvelles scories à environ une livre de plomb, qui vont avec les résidus.

7°. *Revivification des litharges.*

Des litharges produites dans la coupellation, une partie est versée dans le commerce sous le nom de litharge marchande, ce sont les plus fines; les autres sont revivifiées. Cette revivification se fait dans le même fourneau à manche que

Revivification riche.

Revivification pauvre.

celle des soles et cendres de compelle : elle a lieu aussi à la houille, mais sans addition.

En général, 100 quintaux de litharge sont revivifiés en 8 heures au plus avec 14 à 15 boisseaux de houille; elles donnent 88 à 90 quintaux de plomb, à la teneur de  $\frac{1}{16}$  à  $\frac{1}{8}$  lot d'argent au quintal, et 13 à 16 quintaux de scories.

Ces dernières sont repassées séparément au haut-fourneau, au coak et avec addition de 10 pour 100 de scories de fer, 2 pour 100 de fer métallique, et 5 pour 100 de calcaire; 100 quintaux de ces scories donnent encore ainsi 20 à 21 quintaux de plomb, à  $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{2}$  lot au quintal, en 26 à 28 heures, avec 75 à 80 pieds cubes de coak.

Observations sur le mode d'affinage. La méthode d'affinage que nous venons d'exposer est aussi bonne qu'aucune de celles suivies par-tout ailleurs, et on peut dire qu'elle opère la séparation de l'argent de la manière la plus complète qu'il soit possible. La teneur moyenne des litharges produites pendant l'année entière ne s'élève, en effet, jamais au-delà de  $\frac{3}{16}$  de lot d'argent au quintal, et difficilement en trouverait-on de plus pauvres. La perte d'argent est, à la vérité, du neuvième environ de la teneur totale, tandis que, dans d'autres lieux, elle n'est jamais au-dessus de  $\frac{1}{20}$  ou même de  $\frac{1}{40}$ ; mais on conçoit que ceci tient à la différence de richesse des plombs d'œuvre traités, et ceux de Tarnowitz sont, sans contredit, au nombre des plus pauvres. D'ailleurs, cette méthode d'affinage a un grand avantage sur celle suivie autrefois, et dans laquelle on faisait usage de sole faite de cendres : c'est ce que montre le tableau suivant, dans lequel on a supposé toutes les litharges converties en plomb marchand.

Tableau comparatif des coupellations à sole de marne (1) et à sole de cendre (2), effectuées sur 100 quintaux de plomb d'œuvre, à  $1\frac{3}{4}$  lot au quintal ou à 10 marcs 15 lots.

N <sup>os</sup> .	ARGENT OBTENU.	PLOMB OBTENU.	PERTE en argent.		PERTE en plomb.	
			au total.		au total.	
(1)	7m <sup>s</sup> . 13l <sup>s</sup> . directement... 1 13 des soles.....	9 m. 10 l. 77 quintaux directem... 18 quintaux des soles.....	95 quint.	1m,5l. 0,12	5	0,05
(2)	6 m <sup>s</sup> . 9l <sup>s</sup> . directement... 2 1 des soles.....	8 m. 10 l. 67 $\frac{1}{2}$ quintaux directem... 23 $\frac{1}{2}$ quintaux des soles.....	91 quint.	2m,5l. 0,21	9	0,09

D'où il suit que l'affinage à sole de marne donne, par 100 quintaux de plomb d'œuvre, 1 marc d'argent et 4 quintaux de plomb de plus que l'affinage à cendre, avantage énorme. Dans cet affinage, d'ailleurs, la perte en plomb est de  $\frac{1}{20}$  de son poids, et celle d'argent est de  $\frac{1}{9}$  environ.

Il suit encore de là que la perte totale en plomb produite dans le traitement des minerais de Tarnowitz est du cinquième environ du contenu. En effet, la perte de ce métal produit dans la fonte des schlichs est, comme nous avons vu, de  $\frac{16}{100}$  de son poids; celle dans l'affinage est d'ailleurs de  $\frac{5}{100}$ ; la perte totale est donc de  $\frac{21}{100}$  ou de  $\frac{1}{5}$  environ.

L'affinage des 16,000 quintaux de plomb d'œuvre provenant du traitement de 18,000 quintaux de minerai et 10,000 quintaux de schlich, donne

Résultats généraux.

ordinairement 8,000 quintaux de litharge marchande, 8,000 quintaux de plomb marchand, et 1,500 marcs d'argent. Les frais d'affinage reviennent, par marc d'argent, à environ 3 écus 18 gros; savoir, 20 gros pour combustible, 10 gros pour main-d'œuvre, et 2 écus 12 gros pour outils, fer, etc., etc.

Les frais généraux de fonte et d'affinage étant répartis sur les produits, on voit que ces frais sont, par quintal de plomb et de litharge, de 18 gros, et, par marc d'argent, de 3 écus 18 gros. Or, la valeur du quintal de plomb et de litharge est de 8 écus dans le commerce; celui du marc d'argent, de 14 écus. Le bénéfice net obtenu est donc de 810 écus environ par 100 quintaux de plomb d'œuvre, ou de 130,000 écus par an.

Pour terminer, nous donnerons encore ici le tableau des opérations résultant de l'affinage des 16,520 quintaux de plomb d'œuvre obtenus du traitement des 1,800 quintaux de minerai et des 10,000 quintaux de schlich, comme le montre le tableau n°. 1.

Tableau d'affinage d'une année moyenne à Tarnowitz.

NATURE des Matières.	QUANTITÉ TRAITÉE.		ARGENT OBTENU.		LITHARGE marchande.		PLOMB MARCHAND.		COMBUSTIBLE.	
	Quintal de Silésc.	Quintal de métri- que.	Marc.	Kilog.	Quintal de Silésc.	Quintal de métri- que.	Quintal de métri- que. Silésc.	Quintal de métri- que.	Boisseaux.	Hectolitr.
1°. Plomb d'œuvre. . . . .	16,320	8,731	1,290	258	6,530	3,493	6,460	3,456	3,600	2,520
2°. Soles. . . . .	4,600	2,461	280	56	1,200	642	1,200	642	2,300	3,610
3°. Scories. . . . .	6,000	3,210	"	"	"	"	800	428	1,100	7,70
		TOTAL....	1,580	314	7,730	4,135	8,460	4,526	7,000	4,900

Les 16,320 quintaux de plomb d'œuvre à  $1\frac{3}{4}$  lot tiennent 1715 marcs d'argent; on en tire 1580, la perte est donc de 215 ou de 12 pour 100 du contenu.

Si on ajoute aux 8,460 quintaux de plomb marchand obtenus encore 7,000 quintaux contenus dans les 7,730 quintaux de litharge, on aura un total de 15,460 quintaux: donc la perte en plomb ne sera que d'environ 860 quintaux ou de 5 pour 100 de son poids.

Ce tableau montre encore que, pour obtenir un marc d'argent, on consomme environ 4 boisseaux de houille.

Enfin, on déduit des tableaux de fonte et d'affinage combinés, que le fondage de 100 quintaux métriques de minerai, composé de deux tiers minerai en roche et deux tiers schlich, donne environ 60 quintaux métriques de plomb d'œuvre, avec une dépense de 10 quintaux métriques de fer métallique, 20 quintaux métriques de scories de forge, et 30 quintaux métriques de coak.

Et que l'affinage de ces 60 quintaux métriques de plomb d'œuvre, usant 40 quintaux métriques de houille, donne 2<sup>k</sup>,15 d'argent, 30 quintaux métriques de litharge marchande et 30 quintaux métriques de plomb marchand.



## CHIMIE. (EXTRAITS DE JOURNAUX.)

1. *Mémoire sur l'électricité des gaz et sur les causes de l'électricité de l'atmosphère*; par M. Pouillet. (Bul. phil. 1825, p. 68 et 100.)

Il n'y a point d'électricité de développée, ni dans la fusion, ni dans la vaporisation, ni dans les changemens inverses que peuvent subir les corps.

Par le fait de la combustion, les corps combustibles se constituent à l'état négatif, et le corps comburant à l'état positif, et les électricités passent des molécules qui se combinent, à celles qui sont prêtes à se combiner.

Dès que la végétation d'une plante est bien développée, il se produit de l'électricité dans le sol.

Les dissolutions alcalines de soude, potasse, baryte, strontiane, quelque peu concentrées qu'elles soient, donnent de l'électricité; l'alcali qui reste après l'évaporation de l'eau est électrisé positivement.

Les autres dissolutions de sels ou d'acides donnent pareillement de l'électricité, et le corps combiné avec l'eau prend alors l'électricité résineuse.

2. *Recherches sur les pouvoirs réfringens des fluides élastiques*; par M. Dulong. (Bul. phil. 1825, pag. 152.)

MM. Biot et Arago ont prouvé que la puissance réfractive d'un même gaz est proportionnelle à sa densité. Il en résulte que si l'on détermine la densité d'un gaz lorsqu'il réfracte précisément

autant que l'air, par exemple, il suffit d'une simple proportion pour connaître le rapport des puissances réfractives des deux gaz sous la même pression.

C'est par ce mode que j'ai déterminé le rapport des puissances réfractives des vingt gaz suivans, à force élastique égale :

Gaz.	Puissances réfractives.	Densités.
Air atmosphérique. . . . .	1,	1,
Oxigène. . . . .	0,924	1,1026
Hydrogène. . . . .	0,470	0,0685
Azote . . . . .	1,020	0,976
Chlore. . . . .	2,623	2,470
Oxide d'azote. . . . .	1,710	1,527
Gaz nitreux . . . . .	1,030	1,039
Acide hydro-chlorique. . . . .	1,527	1,254
Oxide de carbone. . . . .	1,157	0,972
Acide carbonique. . . . .	1,526	1,524
Cyanogène . . . . .	2,832	1,818
Gaz oléfiant . . . . .	2,302	0,980
Gaz des marais. . . . .	1,504	0,559
Éther muriatique. . . . .	3,720	2,234
Acide hydro-cyanique. . . . .	1,531	0,944
Ammoniaque. . . . .	1,309	0,591
Gaz oxichloro carboniq. . . . .	3,936	3,442
Hydrogène sulfuré . . . . .	2,187	1,178
Acide sulfureux . . . . .	2,260	2,247
Éther sulfurique. . . . .	5,280	2,580
Soufre carburé . . . . .	5,179	2,644

Les puissances réfractives des gaz ne paraissent avoir aucune relation nécessaire avec leur densité.

Il n'existe point de relation appréciable entre le pouvoir réfringent des composés et ceux de leurs élémens. L'espèce particulière de condensation qui accompagne la combinaison ne paraît avoir aucune connexion avec la réfringence.

Le pouvoir réfringent de l'air atmosphérique

est égal à celui de l'azote, de l'oxigène et de l'acide carbonique réunis, chacun d'eux étant calculé pour sa densité correspondante dans l'air ; c'est une preuve que les élémens de l'air ne sont pas combinés ensemble.

3. *Sur la relation entre la forme des cristaux et leur dilatation par la chaleur*; par M. Mitscherlich. (An. der. phy. und che., 1824, p. 125.)

Les cristaux qui appartiennent au système régulier, et n'ont que la réfraction simple, se dilatent également en tous sens par la chaleur, et n'éprouvent par conséquent aucun changement dans leurs angles. Ceux dont la forme primitive est un rhomboïde ou un prisme hexaèdre régulier, se comportent autrement dans la direction de l'axe principal que dans les directions transversales ; les trois axes perpendiculaires au premier subissent des variations parfaitement égales ; les cristaux dont la forme primitive est un octaèdre rectangulaire ou rhomboïdal, et généralement tous ceux qui ont deux axes de réfraction, se dilatent différemment dans leurs trois dimensions, et cela de manière qu'en général les petits axes se dilatent plus à proportion que les grands.

4. *Sur quelques perfectionnemens dans les essais au chalumeau*; par M. Smithson. (An. of phil., mai 1823.)

Pour reconnaître si un minéral contient un acide, on le fond avec de la soude; on fait dissoudre dans l'eau le globule obtenu; on met sur une plaque de verre bien propre une goutte de

la dissolution; on neutralise celle-ci avec de l'acide acétique, et on y ajoute une goutte d'une solution d'acétate de plomb; la réaction a lieu à l'instant, parce que tous les acides minéraux, à l'exception de l'acide nitrique, forment des sels insolubles avec l'oxide de plomb.

On reconnaît la présence de l'acide sulfurique ou du soufre dans une substance minérale, en la fondant avec de la soude au feu de réduction; et en mettant le globule avec de l'eau sur une feuille d'argent bien nette, la moindre trace d'hépar noircit à l'instant la surface du métal.

J'emploie pour servir de support aux particules très-petites, que l'on doit essayer au chalumeau, un fil de platine très-fin, dont j'aplatis le bout sous le marteau, et que je trempe ensuite dans une pâte claire d'argile infusible. Lorsque cet enduit a été séché avec précaution, on peut l'exposer à la température la plus élevée sans qu'il se détache. J'emploie aussi des plaques d'argile enveloppées de papier, que je prépare de la manière suivante: je prends un morceau aminci d'argile infusible; je l'enveloppe entre deux feuilles de papier, et je l'aplatis sous un marteau à large tête; après quoi, je découpe le morceau en triangles très-aigus, que je fais sécher. Ces triangles peuvent servir de support pour le borax et pour la litharge, et ils peuvent remplacer le charbon et le fil de platine dans la plupart des cas. Quand on s'en sert, le papier se brûle et il ne reste que l'argile; si l'on fait un trait sur un de ces supports avec un morceau de graphite, et si l'on dirige le dard du chalumeau sur ce trait, le charbon se brûle, et la couleur

noire se change en une couleur rouge, qui prouve la présence du fer dans le graphite.

5. *Description d'un chalumeau à mouvement spontané*; par M. H.-B. Leeton. (Repertory of arts, 1824, p. 172.)

On prend des bouteilles de gomme élastique, de couleur brune, qu'on puisse tirer en lames assez minces pour qu'elles deviennent transparentes; on les met tremper pendant environ un quart d'heure dans l'eau bouillante. Lorsqu'elles sont refroidies, on introduit dans le col un tube de cuivre jaune, portant près de son extrémité une saillie qui sert à fixer la bouteille, qu'on attache avec un fil ciré très-fort. Ce tube de cuivre est muni d'un robinet vers son milieu, et à son autre extrémité il se visse à une pompe de compression, au moyen de laquelle on fait entrer dans la bouteille le gaz qu'on veut y introduire. La bouteille se dilate, et l'on peut aller jusqu'à ce qu'elle ait acquis un diamètre de 14 à 17 pouces. Cela fait, on dévisse la pompe, et l'on met à sa place le tube du chalumeau, garni, s'il est nécessaire, de toile métallique très-fine. Cet instrument ainsi préparé peut donner un jet de gaz constant pendant une demi-heure ou une heure, selon la force du courant qu'on veut établir. La bouteille ne reprend pas son volume primitif en se vidant; elle occupe un espace à-peu-près double. On peut sans danger y comprimer le mélange détournant d'oxigène et d'hydrogène; en cas d'inflammation, la vessie se déchire sans blesser l'opérateur.

6. *Appareil pour filtrer hors du contact de l'atmosphère*; par M. Donovan. (Phil. mag., juil. 1825, p. 76.)

L'appareil que je vais décrire peut servir pour filtrer toutes les liqueurs que l'on veut soustraire à l'action de l'acide carbonique ou de l'air; il convient aussi pour les liqueurs très-volatiles, telles que l'alcool, l'éther, etc.

L'appareil consiste en deux vases de verre; le vase supérieur A (Pl. IV, fig. 9) a un col en b, lequel contient un bouchon de liège percé de manière à recevoir un tube de verre c; l'autre extrémité de ce vase se termine en entonnoir, dont le bec s'ajuste dans un des cols du vase D, soit en usant à l'émeri, soit avec un bouchon de liège, etc. On met dans la gorge de l'entonnoir un morceau d'étoffe ou des cailloux grossièrement pilés, puis on y introduit la liqueur par l'orifice b. On ferme alors cet orifice avec le bouchon, muni du tube courbé, et l'on fait communiquer l'autre extrémité avec le vase D par la tubulure e, qui a dû être munie d'un bouchon. La liqueur tombe en filtrant du vase A dans le vase D, et l'air passe à mesure du vase D dans le vase A par le tube c. La filtration peut donc être conduite aussi lentement qu'on le veut, sans qu'on ait à craindre l'absorption de l'oxigène, de l'acide carbonique ou de l'humidité, et sans qu'il y ait d'évaporation sensible.

7. *Recherches physico-chimiques sur le CHARBON*; par M. Cheuvreuse, professeur de chimie à l'École royale de l'artillerie et du génie. (Ann. de ch., t. 29, p. 426.)

Carbouisation. Les charbons provenant de la distillation des substances végétales et animales peuvent se trouver dans deux états opposés, résultant de

l'intensité du calorique qu'on leur a appliqué lors de leur préparation.

Pour changer les propriétés d'un charbon végétal, il suffit de le faire rougir; mais les charbons animaux ne peuvent passer du premier au second état que par un coup de feu violent.

Les charbons au premier état de carbonisation (peu chauffés) ne conduisent pas l'électricité, et ne développent pas d'électricité par leur contact avec le fer ou avec le zinc. Au contraire, les charbons au second état sont d'autant meilleurs conducteurs de l'électricité, et en développent d'autant plus avec le fer ou avec le zinc, qu'ils ont été exposés à une température plus élevée.

Les charbons au premier état sont mauvais conducteurs du calorique, et très-combustibles, tandis que les charbons au second état sont bons conducteurs du calorique, et moins combustibles que les premiers.

Pour un même bois, les charbons au deuxième état sont plus denses que les charbons au premier état.

Les charbons au premier état absorbent la même quantité d'eau que les charbons au deuxième état, mais moins promptement, ainsi que le fait voir le tableau suivant:

Quantités d'eau absorbées par 100 parties de charbon.

		Durée de l'exposition à l'humidité.				Saturés d'eau par immersion.
		1 <sup>er</sup> . jour.	3 <sup>e</sup> . j.	8 <sup>e</sup> . j.	30 <sup>e</sup> . j.	
Charbon de peuplier.	1 <sup>er</sup> . état.	0,176	0,235	0,235	0,235	752,04
	2 <sup>e</sup> . état.	0,153	0,230	0,230	0,235	482,08
Charbon de gaïac.	1 <sup>er</sup> . état.	0,058	0,082	0,082	0,119	77,24
	2 <sup>e</sup> . état.	0,021	0,040	0,058	0,094	45,98

Électricité.

Calorique.  
Combustibilité.

Densité.

Hygrométrie.

Décomposi-  
tion de l'eau.

Les charbons au premier état décomposent plus facilement l'eau que les charbons au second état. Qu'on prenne deux charbons venant d'une même branche de bourdaine, l'un dans le premier état de carbonisation, l'autre dans le deuxième; après les avoir mouillés légèrement, qu'on les loge dans un creuset d'argile rempli de sable; que l'on chauffe rapidement jusqu'au rouge si, après le refroidissement, on recherche les charbons, on remarque que le premier est entièrement détruit, tandis que le deuxième est resté sans altération.

8. *Nouveaux composés de carbone et d'hydrogène*; par M. Faraday. (Phil. mag., 1825, pag. 73.)

Lorsque l'on comprime sous la pression de 30 atmosphères le gaz extrait de l'huile, il se dépose environ  $\frac{1}{8500}$  de son volume d'un liquide incolore, plus léger que l'eau, très-peu soluble dans ce liquide, ainsi que dans les dissolutions alcalines; soluble dans l'alcool, l'éther, les huiles, et brûlant avec une flamme douce; il ne se solidifie pas à  $-18$  degrés: c'est un excellent dissolvant du caoutchouc. Il paraît ne contenir que du carbone et de l'hydrogène. Par la distillation, il se partage en produits inégalement volatiles: les premiers se dégagent à la température de 15 degrés; les derniers ne bouillent qu'à 121 degrés; en comprimant quelques-uns de ces produits en des feuilles de papier joseph, à la température de  $-18$  degrés, on se procure un nouveau composé très-remarquable de carbone et d'hydrogène.

Ce composé est un liquide transparent, inco-

Bi-carbure  
d'hydro-  
gène.

lore, d'une odeur analogue à-la-fois à celle du gaz de l'huile et à celle des amandes, d'une pesanteur spécifique de 0,85 (à 15 degrés  $\frac{1}{2}$ ), susceptible de se congeler en cristaux dendritiques, et en se contractant fortement, à la température de 5 degrés  $\frac{1}{2}$  à  $-18$  degrés; il est friable à-peu-près comme du sucre; il n'est pas conducteur de l'électricité; il est légèrement soluble dans l'eau, les huiles fixes et volatiles, l'alcool et l'éther; il se vaporise spontanément dans l'air; il bout à 85 degrés  $\frac{1}{2}$ . Sa vapeur pèse à-peu-près quarante fois autant que le gaz hydrogène. Quand on le fait passer dans un tube rouge, il se transforme en hydrogène carboné et dépose du carbone; il est très-combustible, et brûle avec flamme et fumée; il est sans action sur le potassium. Le chlore le décompose, mais seulement à la lumière solaire; il se forme de l'acide hydrochlorique et deux composés nouveaux de chlore, de carbone et d'hydrogène; avec l'acide nitrique, il se produit de l'acide hydrocyanique; l'acide sulfurique l'absorbe très-facilement, et forme avec lui une combinaison particulière sans production d'acide sulfureux. On l'a analysé soit en le faisant passer sur de l'oxide de cuivre chauffé au rouge, soit en le faisant détonner avec du gaz oxygène; il consomme 7,5 fois son volume de ce gaz. On a trouvé que la substance, dégagée de tout mélange de vapeur d'huile, doit être composée de

Carbone.	12.	0,9231	2 <sup>r</sup> .	1 at.
Hydrogène.	1.	0,0769	1 <sup>r</sup> .	1 at.

c'est donc un bi-carbone d'hydrogène.

Six proportions de carbone et trois proportions d'hydrogène donnent un volume de ce nouveau composé.

Nouveau  
carbone  
d'hydro-  
gène.

Si l'on chauffe à une faible température, par exemple à la chaleur de la main, le liquide provenant du gaz de l'huile, et qu'on fasse passer la vapeur dans un tube refroidi à  $-18$  degrés, il se dépose dans ce tube un liquide d'une pesanteur spécifique de 0,627; qui entre en ébullition à une température inférieure à  $0^{\circ}$ , et qui produit une vapeur que l'on peut conserver sur le mercure. Cette vapeur a une densité vingt-sept à vingt-huit fois aussi grande que celle du gaz hydrogène; elle brûle avec une flamme brillante; elle est peu soluble dans l'eau; mais l'alcool en dissout beaucoup. L'acide sulfurique en condense cent fois son volume; il se produit beaucoup de chaleur, l'acide noircit, prend une odeur particulière, et acquiert la propriété de former avec les bases des sels distincts, mais il ne se dégage pas d'acide sulfureux. Un volume de vapeur exige, pour sa combustion, six volumes d'oxygène, dont quatre sont employés à former de l'acide carbonique avec le carbone, et deux à former de l'eau avec l'hydrogène: elle renferme donc ses deux élémens dans les mêmes proportions que le gaz oléfiant; mais ces élémens doivent y être dans un état très-différent de combinaison, puisqu'ils sont deux fois plus condensés que dans le gaz oléfiant (1). On sait que le gaz

(1) Maintenant qu'on est averti de l'existence de corps composés des mêmes élémens dans les mêmes proportions, mais différant dans leur propriété, ils se multiplieront probablement. M. Serullas a obtenu un composé de gaz oléfiant et d'iode identique par sa composition avec celui que j'ai fait connaître, mais très-différent par ses propriétés. MM. Liebig et Gay-Lussac ont fait voir que l'acide fulminique a la même composition que l'acide cyanique déca-

oléfiant absorbe deux fois son volume de chlore, et forme avec ce gaz un hydrochlorure de carbone liquide; le nouveau carbure d'hydrogène n'absorbe que son volume de chlore, et produit un liquide incolore, transparent, plus pesant que l'eau, et d'une saveur sucrée, mais en même temps très-amer.

Le gaz qui provient de la distillation de l'huile est saturé des vapeurs du liquide qu'il abandonne par sa compression; le gaz qui provient du charbon de terre en contient beaucoup moins.

L'acide sulfurique est un excellent agent pour reconnaître et absorber les vapeurs huileuses qui se trouvent dans les gaz; il agit instantanément sur toutes, sans qu'il se dégage d'acide sulfureux. J'ai trouvé par ce moyen qu'au bout de deux heures le gaz de l'huile des gazomètres perd 0,227 de son volume, le gaz de l'huile d'une lampe de Gordon 0,18, et le gaz de la houille 0,0325. L'acide sulfurique peut absorber jusqu'à sept fois son volume de gaz oléfiant; mais cette absorption n'a lieu qu'au bout de vingt-quatre heures, et en deux heures la quantité absorbée est à peine appréciable. On peut remplacer l'acide sulfurique par l'huile d'olive, l'huile sèche de térébenthine, et même les liquides résultant de la condensation du gaz.

9. *Analyse du CHLORURE DE SOUFRE*; par M. Dumas.  
(Bull. phil., 1825, p. 23.)

J'ai préparé mon chlorure de soufre en faisant

vert par M. Wohler, et on ne peut expliquer la différence de propriétés des deux acides qu'en admettant entre leurs élémens un mode différent de combinaison.

arriver du chlore sec sur 20 à 30<sup>s</sup>. de fleur de soufre placée au fond d'une éprouvette ouverte, haute de 18 à 20 pouces, et d'un pouce de diamètre au plus. Le liquide obtenu était d'un beau jaune orangé foncé; sa densité se trouvait de 1,68.

Pour l'analyser, j'en ai introduit environ 15,5 dans une ampoule de verre étirée à la lampe, et celle-ci a été placée au fond d'un long tube de verre, fermé par un bout, et rempli ensuite avec de la tournure de fer. Ce tube était garni de clinquant extérieurement, et communiquait avec la cuve à mercure. J'ai chauffé d'abord la partie qui contenait le fer, puis, en portant une lampe sous l'ampoule, le chlorure s'est réduit en vapeur, et a été absorbé et décomposé par le fer; il en est résulté du protochlorure et du protosulfure de fer. J'ai dosé le chlore par le moyen du nitrate d'argent; et dans une seconde expérience, j'ai dosé le soufre en décomposant le sulfure par un acide, et recevant le gaz hydrogène sulfuré dans une dissolution d'acétate de plomb. J'ai répété la même analyse en substituant la tournure de cuivre à la tournure de fer. Mes résultats prouvent que le chlorure de soufre se compose d'un atome de chacun de ses élémens:

Par le fer.	Par le cuivre.	Calculé.	
Soufre. 0,3000	. . 0,3072	. . 0,314	. . 1 at.
Chlore. 0,7167	. . 0,6922	. . 0,686	. . 1 at.

Cette substance avait déjà été analysée par A. Bertholet, qui y avait trouvé 0,52 de soufre, et 0,68 de chlore; et par M. Davy, auquel elle avait donné 0,276 de soufre, et 0,724 de chlore. J'ignore comment M. Tomson a obtenu un chlorure qui contient, selon lui, 0,46 de soufre, et 0,48 de chlore.

10. *Sur le bore*; par M. J. Berzélius. (An. of phil., août 1825, p. 125.)

Le meilleur moyen de préparer le bore consiste à décomposer un fluoborate alcalin bien desséché par le potassium. Il faut laver le bore avec de l'eau chargée de sel ammoniac, et ensuite avec de l'alcool, parce que l'eau pure entraînerait une partie à travers le filtre. Préparation.

La composition de l'acide borique, telle que je l'ai donnée dans mes tables, est inexacte. Acide borique.

En décomposant le borax par un mélange d'acide sulfurique et d'acide fluorique, on trouve qu'il est composé de

Acide borique.	0,365248	. . 100
Soude.	0,163753	. . 44,8336
Eau.	0,471000	

Arfwedson a analysé trois borates d'ammoniaque différens, qui lui ont donné

Acide borique.	0,6400	. . 0,6334	. . 0,5595
Ammoniaque.	0,0790	. . 0,1288	. . 0,2155
Eau.	0,2810	. . 0,2378	. . 0,2250

Dans ces sels, 100 d'acide borique sont combinés avec des quantités d'ammoniaque qui équivalent à des quantités de bases oxidées, contenant 5,734, 11,408 et 17,202 d'oxigène. Arfwedson a conclu de l'analyse du borate de magnésie natif que la capacité de l'acide borique est 16,83. Dans le borate de potasse cristallisé, préparé par voie humide, cette capacité est de 5,7; et dans le même borate, préparé par voie sèche avec le carbonate de potasse, elle est de 23,51; enfin, dans le borate de soude, préparé par voie sèche avec le carbonate de soude, elle est de 34,66. D'après cela, et comme par la combus-

tion du bore, on trouve que cet acide renferme plus de 0,62 d'oxygène, il est évident qu'il est composé de

Bore.... 0,311896 . . 100,00  
Oxygène. 0,688104 . . 220,62

L'acide borique formant cinq sortes de sels, dans lesquelles il contient deux, quatre, six, huit, et douze fois autant d'oxygène que la base, et les rapports 1 à 6 et 1 à 12 se présentant plus fréquemment que les autres, il est très-probable que cet acide renferme 6 atomes d'oxygène. Dès-lors son atome pèse 871,96, et l'atome de bore 271,96. Les sels qui correspondent au borax sont les sels neutres.

L'acide borique cristallisé contient 6 atomes d'eau, ou

Acide borique.... 0,5638  
Eau. . . . . 0,4362

Lorsqu'on le chauffe à une température supérieure à 212°, il perd la moitié de cette eau, c'est-à-dire qu'il n'en contient plus que 3 atomes, ou

Acide borique... 0,721  
Eau. . . . . 0,279

La chaleur ne peut pas lui enlever cette dernière portion d'eau; il ne s'en sépare qu'en se combinant avec des bases.

Sulfure. Le bore prend feu lorsqu'on le chauffe fortement dans la vapeur de soufre; il se forme un sulfure, qui est blanc et opaque. Quand on plonge ce sulfure dans l'eau, il se convertit rapidement en acide borique et en gaz hydrogène sulfuré, avec dépôt de soufre.

Chlore. Le bore s'enflamme dans le chlore gazeux, même à la température ordinaire, ainsi que l'a

observé sir H. Davy. Le produit de la combinaison est un gaz incolore qui répand autant de vapeurs dans l'air que l'acide fluoborique, et qui se transforme en acides borique et hydrochlorique en se dissolvant dans l'eau; l'alcool l'absorbe et acquiert l'odeur de l'éther. Il forme avec la moitié de son volume de gaz ammoniac sec un sel concret inaltérable par la chaleur, et moins volatil que le muriate d'ammoniaque. Le chlorure de bore se compose de

Bore..... 0,09259...100  
Chlore. . . . 0,90743...980,05.

L'acide fluorique n'oxide et ne dissout le bore qu'à l'aide de l'acide nitrique. Acides.

Chauffé avec les alcalis hydratés, il s'acidifie avec dégagement d'hydrogène. Alcalis.

Il détonne avec les alcalis carbonatés; l'acide carbonique est décomposé. Carbonates.

Il détonne avec le nitre presque aussi fortement que la poudre à canon, même à une faible chaleur. Nitre.

Le bore se rapproche autant du silicium par l'ensemble de ses propriétés, que le soufre du sélénium et l'arsenic du phosphore; mais ses affinités sont en général plus fortes.

11. *Recherches sur la dilatation de l'eau par la chaleur et sur la température à laquelle correspond son maximum de densité; par G.-G. Hällström, professeur de physique à Abo. (An. de ch., t. 28, p. 56).*

Pour mesurer la dilatation de l'eau par l'élévation de la température, les physiiciens ont employé plusieurs méthodes. Deluc observait

pour différens degrés de chaleur, la hauteur de l'eau dans un tube barométrique un peu fort et terminé par une boule. Blagden et Gilpin se servaient d'un vase de 2<sup>p</sup>,8 de diamètre, qu'ils remplissaient jusqu'à une certaine hauteur d'eau à différentes températures, et ils mesuraient les variations de volume par les variations de pesanteur spécifique. Tralles et Hope plongeaient dans une masse d'eau échauffée à la surface de quelques degrés au-dessus de zéro, deux thermomètres, l'un à la surface, l'autre au fond, et observaient à quel degré ils indiquaient la même température. Schimidt, Charles et Lefèvre Gineau prenaient la pesanteur spécifique d'un corps dans une masse d'eau chauffée à différentes températures, et ils se servaient, soit d'un aréomètre, soit d'un cylindre creux de laiton. J'ai employé le même procédé il y a quelques années en substituant une boule de verre pleine à l'aréomètre.

Ces moyens présentent, tous, quelques inconvéniens; il m'a paru que j'obtiendrais des résultats plus exacts en pesant dans l'eau une boule de verre creuse, mince, et lestée de manière à n'avoir qu'une pesanteur spécifique très-peu supérieure à celle de l'eau; mais comme les différentes espèces de verre ne sont pas également dilatables, j'ai commencé par déterminer, avec toute la précision possible, la dilatation linéaire d'un tube fait avec le même verre que ma boule. Je mets dans le tableau suivant les nombres auxquels j'ai été conduit, en regard avec ceux que Lavoisier et Roy ont donnés.

*Dilatation du verre, dont la longueur à 0° est prise pour unité.*

Température.	Lavoisier.	Roy.	Hallstrom.
0°	0,000000	0,000000	0,000000
10	0,000087	0,000078	0,000030
20	0,000175	0,000155	0,000081
30	0,000263	0,000233	0,000153
40	0,000350	0,000310	0,000246
50	0,000438	0,000388	0,000361
60	0,000526	0,000466	0,000496
70	0,000613	0,000543	0,000652
80	0,000701	0,000621	0,000829
90	0,000788	0,000698	0,001027
100	0,000876	0,000775	0,001246

Cela posé, j'ai pris une boule de 2,26 pouces décimaux de diamètre, ayant par conséquent un volume de 6<sup>p</sup>,05; je l'ai lestée avec du sable, et je l'ai fermée hermétiquement à la lampe: elle pesait 167<sup>g</sup>,464 à la température de 20 degrés, le baromètre étant à 25<sup>p</sup>,6; comme on se servait de contre-poids de laiton, son poids, ramené au vide, s'est trouvé de 167<sup>g</sup>,574. Je l'ai suspendue à un cheveu très-court, et je l'ai pesée dans l'eau chauffée à différentes températures; j'ai calculé les erreurs probables par les méthodes connues, et j'ai pu dresser la table suivante, qui donne la pesanteur spécifique de l'eau entre 0° et 30°.

Température.	Pesant. spécifiques.	Volumes.
0	1,0	1,0
1	1,0000466	0,9999536
2	1,0000799	0,9999202
3	1,0001004	0,9998996
4	1,00010817	0,9998918
4,1	1,00010824	0,99989177
5	1,0001032	0,9998968
6	1,0000856	0,9999144
7	1,0000355	0,9999445
8	1,0000129	0,9999872
9	0,9999579	1,0000421
10	0,9998906	1,0001094
11	0,9998112	1,0001688
12	0,9997196	1,0002864
13	0,9996160	1,0003841
14	0,9995005	1,0004997
15	0,9993732	1,0006273
16	0,9992340	1,0007666
17	0,9990832	1,0009176
18	0,9989207	1,0010805
19	0,9987468	1,0012548
20	0,9985615	1,0014406
21	0,9983638	1,0016379
22	0,9981569	1,0018463
23	0,9979379	7,0020664
24	0,9977077	1,0022976
25	0,9974666	1,0025398
26	0,9972146	1,0027932
27	0,9969518	1,0030575
28	0,9966783	1,0033328
29	0,9963941	1,0036189
30	0,9960993	1,0039169

On voit, par ce tableau, que le *maximum* de densité a lieu à la température de 4°,1 centig.

12. *Rectification à froid de l'ALCOOL*; par M. Pajot-Descharmés. (An. de ch., t. 29, p. 328.)

On verse dans un vase à fond plat une quantité donnée de l'alcool que l'on veut rectifier. Dans un autre vase, à large surface, et posé sur un ou plusieurs pieds au milieu de celui qui contient l'alcool, on met une quantité donnée de muriate calcaire ou de muriate de manganèse secs et réduits en poudre grossière; puis on ferme hermétiquement le vase qui renferme l'alcool, en collant des bandes de papier sur les bords du couvercle, et on l'abandonne à lui-même pendant quatre ou cinq jours. Au bout de ce temps, on débouche le vase; on enlève le sel qui est tombé en déliquescence, pour le remplacer par du sel sec, et l'on renouvelle la même opération autant de fois que cela est nécessaire pour amener l'alcool au degré désiré. On peut le concentrer jusqu'à marquer 40 à 42 degrés de l'aréomètre de Baumé.

Il paraît que ce procédé serait susceptible d'être employé en grand.

13. *Observations sur la distillation de l'ALCOOL*; par M. Scëmmering. 1824.

Lorsqu'on distille de l'alcool faible, les parties les plus légères passent les premières. L'inverse a lieu avec l'alcool très-déphlegmé, c'est-à-dire que les parties les plus légères et les plus pures ne passent qu'à la fin de l'opération. Il résulte de là que la densité et la volatilité de l'alcool ne suivent pas une même progression, et que plus l'alcool est déphlegmé, plus il est difficile de lui enlever l'eau qu'il contient: de sorte que,

proportion gardée, l'alcool faible cède bien plus facilement sa partie aqueuse que l'alcool fort.

14. *Premier mémoire sur la distillation* DES CORPS GRAS; par M. Dupuy, élève en pharmacie. (An. de ch., t. 29, p. 319.)

Lorsqu'on distille les huiles grasses à la chaleur de leur ébullition, on obtient un produit liquide dans tout le cours de l'opération; mais quand on n'élève pas la température jusqu'au point de l'ébullition, les résultats sont différens; il se forme deux produits bien distincts, sans compter l'eau et les gaz, que je n'ai pas examinés. Le premier produit est le plus considérable, puisqu'il forme les trois quarts de l'huile employée; il est d'une consistance qui approche de celle de l'axonge, jaunâtre au commencement de l'opération, mais peu-à-peu il devient d'un très-beau blanc; il est fortement acide; il a une odeur extrêmement désagréable et pénétrante. Ce produit est composé 1°. d'acides margarique, stéarique, oléique, sébacique, butirique et phocéique; 2°. d'une matière odorante, volatile, non acide; 3°. d'une matière qui devient brune par le contact de l'oxigène; et 4°. d'une matière grasse non acide.

Quand le produit solide de la distillation cesse de se former, si l'on élève la chaleur jusqu'à l'ébullition, on obtient un liquide jaune ambré, sensiblement acide, d'une odeur analogue à celle de l'huile empyreumatique du succin; le poids de ce liquide s'élève environ au quart du poids de l'huile employée; il reste dans la cornue 0,03 à 0,04 de charbon très-cassant et difficile à incinérer.

En additionnant tous les produits, on trouve qu'ils surpassent le poids de l'huile; ce qui prouve qu'il y a absorption d'oxigène atmosphérique pendant la distillation.

15. *De la distillation* DES CORPS GRAS; par MM. A. Bussy et L. R. Lecanu. (An. de ch., t. 30, p. 5.)

La distillation des corps gras (huiles, suif, axonge) offre trois époques distinctes, caractérisées par la nature des produits qu'ils fournissent, et présente sous ce rapport une grande analogie avec la distillation du succin, si fidèlement décrite par MM. Robiquet et Colin.

A partir du moment où l'ébullition se détermine, il se forme, outre les produits gazeux, une quantité plus ou moins considérable d'acides margarique et oléique dont la présence caractérise essentiellement cette première époque de la distillation.

Plus tard l'on obtient dans le récipient une huile empyreumatique, qui, vers la fin de l'expérience, ne contient plus d'acides gras. Enfin, lorsque la matière est complètement distillée, l'on voit se sublimer, ainsi que cela se remarque également dans la distillation du succin, une matière jaune rougeâtre, dont la production annonce la fin de l'expérience; il reste 0,01 à 0,02 de charbon dans la cornue.

Les gaz, beaucoup plus abondans au commencement qu'à la fin de l'opération, se composent d'une grande quantité de gaz inflammable, mélangé d'hydrogène carbone, et d'oxide de carbone, plus une certaine quantité de gaz acide carbonique, qui va toujours en diminuant, et

finir par cesser de se produire lorsqu'on arrive à la fin de l'opération.

Premier produit.

Le premier produit de la distillation est de consistance molle, de couleur jaunâtre, très-odorant; il se dissout entièrement dans l'alcool, rougit fortement le tournesol, et se combine en grande partie avec l'eau de potasse affaiblie, de manière à former un véritable savon. On peut le considérer comme un mélange d'acides acétique, sébacique, oléique, margarique, d'huile empyreumatique, d'huile volatile odorante, et de matière volatile odorante non acide.

Second produit.

Le produit liquide, dont la formation caractérise la seconde époque de la distillation, est d'un vert ou d'un jaune léger, mais devenant brun au contact de l'air; il n'excite pas la toux comme le premier produit; son odeur est légèrement empyreumatique; il n'est pas acide; l'alcool n'en dissout qu'une très-petite quantité; il ne se saponifie pas avec la potasse.

Dernier produit.

Le troisième produit, dont la quantité est très-peu considérable, est solide, d'un rouge orangé, transparent, à cassure vitreuse; il n'a ni saveur ni odeur; il se fond au-dessous de 100 degrés; l'alcool ne le dissout bien qu'à l'aide de la chaleur; l'éther est son véritable dissolvant.

Ce produit paraît dû à la réaction des principes de l'huile, et non à la matière odorante; car on le retrouve dans la distillation du suif et de l'axonge, qui ne contiennent pas de principe odorant.

Le suif et l'axonge fournissent une proportion d'acide margarique plus grande que les huiles.

L'oxygène de l'air n'est pas indispensable à la

production des acides oléique et margarique; car nous avons obtenu une grande quantité de ces acides en distillant du suif dans une cloche courbe, que nous avons remplie de gaz hydrogène.

16. *Nouvelle formation d'ACIDE SULFURIQUE ANHYDRE*; par M. C.-G. Gmelin. (An. der ph. und ch., t. 2, p. 419.)

Quand on distille de l'acide sulfurique, si l'on change de récipient au moment où il se remplit de vapeurs opaques, et si l'on entoure le second récipient de glace, on recueille dans celui-ci de l'acide sulfurique anhydre, qui se dépose en cristaux sur les parois, et de l'acide liquide, moins dense que celui qui reste dans la cornue: en sorte qu'il paraît que pendant la distillation l'acide sulfurique se divise en deux parties, dont l'un cède son eau à l'autre.

17. *DE L'ACIDE IODEUX*; par le docteur Luigi Sementini, professeur de chimie à Naples. (Société royale des Sciences de Naples.)

On fait un mélange de chlorate de potasse et d'iode à parties égales; on triture les deux matières ensemble; on introduit le mélange dans une cornue; on y adapte un récipient tubulé, qui porte un tube recourbé, propre à conduire les gaz qui se dégagent dans une cuve pneumatique; on chauffe graduellement et médiocrement, par exemple avec une lampe à alcool: il se forme des vapeurs jaunes très-denses, qui se condensent le long du col de la cornue, en un liquide jaune, et il se dégage du gaz hydrogène.

Le liquide est l'acide *iodeux*; il est d'un jaune

d'ambre; sa consistance est huileuse; il est plus pesant que l'eau; son odeur est désagréable et se rapproche de celle de l'oxide de chloré; sa saveur est acide, astringente et brûlante. Il rougit les couleurs bleues d'une manière permanente; il est très-soluble dans l'eau et dans l'alcool; il s'évapore promptement à l'air, et il brûle à la température de 50 degrés. Le soufre le décompose sans détonnation et avec apparition de vapeurs violettes. Le charbon n'a aucune action sur lui ni à froid ni à chaud. L'acide sulfureux liquide le décompose et en précipite une poudre brune qui paraît être de l'oxide d'iode; il enflamme le phosphore et le potassium.

L'acide iodeux peut dissoudre beaucoup d'iode: il devient alors plus dense et d'une couleur plus foncée.

Une analyse approximative, faite par le moyen du phosphore, a donné à-peu-près la proportion d'iode qui, d'après la théorie atomique, doit constituer l'acide iodeux.

18. *Recherches sur l'ACIDE FLUORIQUE*; par M. J. Berzélius. Suite. — (An. of phil., août 1825, p. 123.)

Acide fluo-  
borique.

Le gaz *fluoborique* est en partie décomposé par l'eau comme le gaz fluosilicique; mais en concentrant la dissolution jusqu'à un certain point, la combinaison se régénère. Le gaz est composé de telle manière que les deux acides renferment la même quantité d'oxigène, c'est-à-dire qu'il contient,

Acide fluorique. 0,47942—3 at.

Acide borique.. 0,52058—1 at.

Quoique l'acide borique ait beaucoup plus

d'affinité pour l'acide fluorique que la silice, il ne décompose cependant pas complètement l'acide fluo-silicique. Le gaz fluosilicique n'éprouve aucune altération de la part de l'acide borique sec; mais il est absorbé par l'acide borique cristallisé; il se forme un composé chimique, dans lequel les trois acides contiennent des quantités égales d'oxigène. L'eau le décompose, mais n'en sépare que les trois quarts de la silice.

Pour préparer l'acide fluoborique, je sature l'acide fluorique d'acide borique.

Cette combinaison doit être regardée comme un fluat et non comme un acide double. Elle forme quelquefois avec les bases des sels à deux acides; mais le plus souvent elle produit des sels à deux bases, dont l'une est l'acide borique.

Le *fluoborate de potasse* a une saveur légèrement amère, mais non acide. 100 d'eau froide en dissolvent 1,42; il est beaucoup plus soluble dans l'eau bouillante; il se dissout à chaud dans les dissolutions d'alcalis et de carbonates alcalins: il s'en sépare à l'état cristallin par le refroidissement; lorsqu'on le chauffe il fond, et laisse dégager du gaz fluoborique; mais pour que la décomposition soit complète, il exige une température beaucoup plus élevée que le sel de silice correspondant.

Le *fluoborate de soude* est plus soluble à chaud qu'à froid, et il cristallise en grands prismes rectangulaires transparents. Il est anhydre; sa saveur est amère et acide.

Le *fluoborate de lithion* a la même saveur que le sel de soude; il est très-soluble dans l'eau, et cristallise en grands prismes, qui tombent en déliquescence dans l'air humide.

Fluates  
doubles d'a-  
cide borique  
et de  
potasse.

De soude.

De lithion.

D'ammoniaque. Le *fluoborate d'ammoniaque* obtenu en introduisant de l'acide borique dans une dissolution de fluat d'ammoniaque, est acide et a la même saveur que l'ammoniaque; il est très-soluble dans l'eau et dans l'alcool; il n'a pas la même composition que celui qu'on obtient en mêlant le gaz fluoborique avec le gaz ammoniac. Il est remarquable qu'il se dégage de l'ammoniaque quand on fait agir l'acide borique sur le fluat de cette base.

De baryte. Le *fluoborate de baryte* cristallise en prismes rectangulaires qui s'effleurissent à 104°; il a la réaction acide, et il est soluble dans l'eau. L'alcool le décompose en un sel très-acide, et un sous-sel que je n'ai pas examiné.

De chaux. Le *fluoborate de chaux* est gélatineux et acide.

De magnésic. Le *fluoborate de magnésie* a une saveur amère; il est très-soluble et cristallise en grands prismes.

D'alumine et d'yttria. Les fluoborates d'alumine et d'yttria ne sont solubles dans l'eau qu'à la faveur d'un excès d'acide; ils cristallisent par l'évaporation.

De plomb. Le *fluoborate de plomb* a une saveur d'abord douce et astringente, puis acidé; il est soluble dans l'eau; il cristallise par évaporation en tables rectangulaires.

De zinc. Le *fluoborate de zinc* est déliquescent. On l'obtient aisément en dissolvant du zinc dans l'acide fluoborique.

De cuivre. Le *fluoborate de cuivre* cristallise en aiguilles déliquescentes, d'un très-beau bleu.

Composition. Pour déterminer la composition des fluates d'acide borique doubles, j'ai reconnu que le moyen le plus simple et le plus exact était d'opérer par synthèse, et j'ai trouvé que dans les sels neutres les quantités d'oxygène de la base de

l'acide borique et de l'acide fluorique sont entre elles : : 1 : 3 : 4.

Il paraît qu'il se produit des fluoborates, c'est-à-dire des sels dans lesquels l'acide borique fait fonction d'acide quand on sature un fluat double de sa base. Fluoborates.

Lorsqu'on verse de l'acide fluorique sur de l'acide titanique, même préalablement calciné, celui-ci s'échauffe et se dissout complètement à l'aide de la chaleur. La solution donne par l'évaporation des cristaux que l'eau décompose en fluat acide soluble et en fluat basique insoluble. Ce dernier ne se décompose que très-difficilement par la chaleur et n'abandonne tout son acide fluorique que dans une atmosphère d'ammoniaque. Le fluat acide est analogue à l'acide fluosilicique liquide, et peut former avec les bases une série de sels que j'appellerai *fluotitanates*. Acide fluotitanique et fluat de titane.

Le *fluotitanate de potasse* s'obtient en saturant la liqueur acide jusqu'à commencement de précipité. Il cristallise en écailles brillantes, comme l'acide borique; par la distillation, il laisse dégager peu d'eau et de l'acide fluorique, qui entraîne une petite quantité de titane. Le résidu, traité par le sulfate acide de soude, donne encore une portion d'acide fluorique et de titane; mais la plus grande partie reste dans le composé. L'acide sulfurique le décompose complètement. Si on le chauffe avec du potassium, il y a ignition très-vive, le titane se réduit, et, en lavant avec de l'eau, on obtient ce métal sous forme de poudre noire, qui prend l'éclat métallique sous le brunissoir. Dans cet état, le titane est insoluble dans les acides, même dans l'acide fluorique; mais il. Fluo-titanates de potasse.

se dissout très-bien dans un mélange d'acide fluorique et d'acide nitrique

J'ai analysé le fluotitanate de potasse en le décomposant par l'ammoniaque, et le résultat que j'ai obtenu prouve que ce sel doit contenir :

Potasse . . . . .	0,3733	$\text{K } \ddot{\text{F}} + \ddot{\text{T}} \ddot{\text{F}}^{\text{a}}$
Acide titanique .	0,3727	
Acide fluorique .	0,2540	

De soude. Le *fluotitanate de soude* est très-soluble et incristallisable.

D'ammoniac. Le *fluotitanate d'ammoniaque* ressemble au sel de potasse. Chauffé dans un appareil de platine, il donne d'abord du fluat d'ammoniaque, puis, en portant la chaleur au rouge, le résidu se fond, se sublime en totalité et se dépose sous forme de flocons; ce sublimé est soluble dans l'eau; sa saveur est aigre et styptique; il est probable qu'il contient moitié moins de fluat d'ammoniaque que le premier sel.

De chaux. Le *fluotitanate de chaux* n'est soluble que dans l'eau acide et cristallise en prismes. L'eau décompose ces cristaux en partie.

De magnésic. Le *fluotitanate de magnésic* est soluble et cristallise en aiguilles. Sa saveur est amère.

De plomb. Le *fluotitanate de plomb* est très-soluble, et donne, par l'évaporation, des cristaux incolores que l'eau dissout complètement.

De cuivre. Le *fluotitanate de cuivre* est très-soluble et donne des cristaux aciculaires d'un bleu verdâtre pâle.

De fer. Le *fluotitanate de fer* est jaunâtre et se prend, par l'évaporation, en une masse cristalline que l'eau décompose.

Acide fluo-tantalique. Fluat de tantale. L'acide *tantalique* calciné ne se dissout pas dans l'acide fluorique; mais il absorbe une partie

de cet acide qui s'en sépare à la chaleur rouge.

L'acide *tantalique*, préparé par la fusion avec du sulfate acide de potasse, se dissout instantanément dans l'acide fluorique et donne une liqueur limpide incolore. Si on évapore la dissolution à une température qui ne dépasse pas 30°, elle dépose des cristaux complètement solubles dans l'eau, qui paraissent être analogues à l'acide fluosilicique, et qui peuvent se combiner avec les bases.

Le *fluotantalate de potasse* cristallise en écailles par le refroidissement de sa dissolution concentrée. L'eau bouillante décompose ces cristaux en donnant naissance à un dépôt blanc. On obtient un autre fluotantalate, qui contient  $\frac{1}{4}$  de moins de potasse que le premier, en traitant par l'acide fluorique l'acide tantalique fondu avec la potasse. Ce sel est soluble dans l'eau et cristallise en aiguilles. Les deux fluotantalates de potasse sont indécomposables par la chaleur et par le sulfate acide de potasse; mais l'acide sulfurique les dissout avec dégagement d'acide fluorique.

Le *fluotantalate de soude* est entièrement soluble et incristallisable.

Le *fluotantalate d'ammoniaque* ressemble au sel de potasse. Lorsqu'on le chauffe, il se dégage du fluat d'ammoniaque contenant de l'acide tantalique, et il reste de l'acide fluotantalique inaltérable par la chaleur. Tous les fluotantalates ont une disposition marquée à se décomposer en deux autres sels par l'ébullition, par l'évaporation et sur-tout par la dissolution des cristaux dans l'eau chaude.

L'affinité de l'acide fluorique pour l'acide *tungstique* est très-faible. Pour que ce dernier

Fluotantalates de potasse.

De soude.

D'ammoniac.

Acide fluo-tungstic et fluo-tungstates.

soit attaqué, il faut qu'il n'ait pas été calciné. La combinaison est un liquide jaune laiteux, soluble dans une grande quantité d'eau, et incristallisable. Si l'on rapproche beaucoup, l'excès d'acide se dégage, et l'eau décompose le résidu en une liqueur acide et en acide tungstique, qui retient un peu d'acide fluorique dont on ne peut le débarrasser complètement par la calcination que dans une atmosphère d'ammoniaque.

Si l'on sature d'une base salifiable la dissolution de l'acide fluotungstique, il se forme des sels particuliers, dont la composition n'est pas analogue à celle des combinaisons dont j'ai parlé dans ce qui précède. On obtient les mêmes sels en combinant un tungstate avec l'acide fluorique.

Fluotung-  
state de po-  
tasse.

Le *fluotungstate de potasse* est beaucoup soluble à chaud qu'à froid et cristallise en écailles semblables à de l'acide borique par le refroidissement. Sa saveur est amère et un peu métallique. Il est inaltérable à l'air; il contient de l'eau de cristallisation, qu'on peut lui enlever sans le décomposer; on peut même fondre ce sel sans l'altérer: il est alors un peu verdâtre: je l'ai analysé en le décomposant par l'acide sulfurique, et dosant d'une part l'acide tungstique, préalablement bien lavé, avec de l'acide hydrochlorique, et d'une autre part la potasse à l'état de sulfate neutre. Les résultats que j'ai trouvés s'accordent parfaitement avec la supposition que la composition du sel est exprimée par la formule

$(\ddot{K} \ddot{F} + \ddot{W} \ddot{F}^2) + \ddot{K} \ddot{W}^2 + 4Aq$ , qui donne:

Potasse . . . . .	0,24047	} 1,00000.
Acide tungstique . . . . .	0,60462	
Acide fluorique . . . . .	0,10908	
Eau . . . . .	0,04583	

J'ai dissous ce sel et je l'ai fait cristalliser dans la supposition que le tungstate de potasse, qui en fait partie, se changerait en fluotungstate; mais le sel, obtenu par la cristallisation, était absolument le même qu'auparavant.

Le *fluotungstate de soude* est très-soluble et cristallise. De soude.

Le *fluotungstate d'ammoniaque* ressemble au fluotungstate de potasse. D'ammoniaque.

L'*acide molybdique* se dissout beaucoup plus facilement dans l'acide fluorique que l'acide tungstique. La dissolution a une saveur acide et métallique très-désagréable; elle se dessèche, par l'évaporation, en une masse jaunâtre et sirupeuse, qui n'offre aucun signe de cristallisation, et qui, quand on la chauffe, tire sur le jaune ou sur le bleu. Lorsque la matière a été desséchée, elle ne se dissout plus complètement dans l'eau. La portion qui échappe à la dissolution est cependant une combinaison d'acide fluorique et d'acide molybdique. Cette combinaison est peu soluble dans l'eau, et ce qui se dissout se précipite lorsque, pendant le lavage, il tombe dans le liquide plus acide qui a passé le premier par le filtre. Acide fluo-molybdique et fluo-molybdates.

L'*acide molybdeux* se combine aussi avec l'acide fluorique. La dissolution est incolore; mais elle devient bleue par la dessiccation, et si l'on redissout dans l'eau la masse sèche, il reste une poudre bleue qui retient encore de l'acide fluorique.

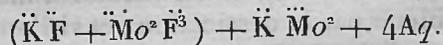
L'*oxide de molybdène* ne se dissout pas dans l'acide fluorique; mais il se réduit à l'instant à l'état métallique, et la liqueur contient de l'acide molybdique et un peu d'acide molybdeux.

L'*acide fluomolybdique* donne avec les bases, Fluomolybdates; de potasse.

des sels analogues aux fluotungstates. Pour avoir le fluomolybdate de potasse exempt d'acide molybdeux, j'ai fondu du molybdate de potasse avec un peu de nitre, et je l'ai dissous dans l'acide fluorique. Ce sel cristallise en écailles comme le fluotungstate; en perdant son eau de cristallisation, il devient jaune gris. On peut le fondre sans le décomposer; il est alors d'un jaune brunâtre. Pour l'analyser, je l'ai décomposé par l'acide sulfurique, puis j'ai fait dissoudre la masse dans de l'eau mêlée d'un peu d'ammoniaque et j'ai précipité par l'acétate de plomb: la liqueur, évaporée et saturée d'acide hydrochlorique, m'a donné, après la calcination du résidu, de la potasse à l'état de chlorure de potassium. J'ai traité les sels de plomb par l'hydrosulfate d'ammoniaque, pour dissoudre le sulfure de molybdène; j'ai fait évaporer la liqueur et j'ai fait dessécher le résidu jusqu'à ce qu'il se transformât en acide molybdique pur. Le sel s'est trouvé composé de :

	Résultat trouvé.	Résultat calculé.
Potasse . . . . .	0,3163	0,3161
Acide molybdique . . . . .	0,4580	0,4803
Acide fluorique . . . . .	0,1657	0,1433
Eau . . . . .	0,0600	0,0603

La formule de ce sel est



Fluate de  
potasse et de  
fer.

J'ai préparé le fluatate de potasse et de fer en mêlant une dissolution de fluatate de potasse à une dissolution de fluatate de fer en excès: par l'ébullition le précipité a pris l'aspect cristallin. J'ai décomposé ce sel par l'acide sulfurique et j'ai trouvé que sa composition est telle qu'il y a  $1\frac{1}{2}$  autant d'oxygène dans l'oxide de fer que dans la potasse, et par conséquent qu'il contient

Potasse . . . . .	0,4173
Peroxide de fer . . . . .	0,3461
Acide fluorique . . . . .	0,2366

Le fluatate double de potasse et d'alumine préparé de la même manière a une composition analogue et contient :

Potasse . . . . .	0,4736
Alumine . . . . .	0,2580
Acide fluorique . . . . .	0,2684

Fluate de  
potasse et  
d'alumine.

Il y a deux combinaisons de fluatate de potasse et de fluatate de zircone. On obtient la première en versant du fluatate de zircone dans du fluatate de potasse, et la seconde en versant du fluatate de potasse dans du fluatate de zircone, avec la précaution, dans les deux cas, de ne pas achever la précipitation. Ces sels sont sensiblement solubles dans l'eau, plus à chaud qu'à froid; ils cristallisent; les cristaux sont petits et grenus: ils ne renferment pas d'eau combinée. On peut, après les avoir desséchés, les calciner au rouge sans les décomposer. J'ai analysé ces sels de deux manières, 1<sup>o</sup>. en décomposant par l'acide sulfurique, dissolvant dans l'eau et précipitant la zircone par l'ammoniaque en excès, etc.; 2<sup>o</sup>. en traitant par l'acide sulfurique et calcinant les sels jusqu'à décomposition du sulfate de zircone, etc., je les ai trouvés composés de

Fluates de  
potasse et de  
zircone.

	Le 1 <sup>o</sup> .	Le 2 <sup>o</sup> .
Potasse . . . . .	0,4076	0,3250
Zircone . . . . .	0,3680	0,4382
Acide fluorique et un peu d'eau . . . . .	0,2244	0,2368

Dans les deux sels, la quantité d'oxygène des bases est égale à la quantité d'oxygène de l'acide, et les quantités d'oxygène de la potasse et de la

zircones sont entre elles, dans le premier :: 1 :  $1\frac{1}{2}$ , et dans le deuxième :: 1 : 2. L'analogie de composition du premier fluaté double avec les fluates doubles de peroxide de fer et d'alumine, m'ont déterminé à admettre que la zircone renferme 3 atomes d'oxigène comme ces deux bases.

19. *De quelques combinaisons remarquables produites dans la préparation du POTASSIUM par la méthode de Brunner; par M. L. Gmelin. (Ann. der ph., und ch., mai 1825, p. 31.)*

Lorsqu'on prépare le potassium par la méthode de Brunner, le canon de fer s'engorge promptement et se remplit d'une substance grise qu'on ne peut en détacher qu'à l'aide d'un ciseau : il sort, par le tube de verre que l'on adapte au récipient de cuivre, un gaz qui dépose une matière grise brunâtre sur les corps froids, et qui brûle avec une flamme blanche, rougeâtre, brillante lorsqu'on en approche une lumière. Les mêmes phénomènes ont lieu quand on remplace le tartre par un mélange de carbonate de potasse et de charbon, et lors même que l'on n'emploie pas d'huile de naphte pour condenser le potassium; la substance qui remplit le canon de fer est de même nature que la matière déposée par le gaz; mais elle est mélangée de potassium, de carbonate de potasse et de charbon.

Si l'on traite la matière brune par une petite quantité d'eau, elle se partage en deux parties : l'une qui se dissout et qui colore la liqueur en jaune brun; et l'autre, d'un beau rouge de cochenille, susceptible de se dissoudre aussi dans une plus grande quantité d'eau : elle est ordinairement mélangée d'une certaine quantité de charbon. La

dissolution, soumise à une évaporation rapide sur le feu, ne fournit guère que du carbonate de potasse teint au brun; mais quand on la laisse s'évaporer spontanément à la température de l'atmosphère, elle dépose d'abord un sel en aiguilles, de couleur orange, et vers la fin du bicarbonate de potasse. On purifie aisément le sel en aiguilles par des cristallisations répétées : je lui ai donné le nom de *croconate de potasse*, parce qu'il renferme un acide jaune et qui forme beaucoup de combinaisons de la même couleur.

Le *croconate de potasse* a pour forme primitive un rhomboïde dont les angles sont de 106 et 74° : il est neutre, inodore; sa saveur est analogue à celle du nitre et faible. Croconate de potasse.

Par la calcination en vases clos, ou au contact de l'air, ce sel perd d'abord son eau de cristallisation et devient d'un jaune serin, puis il décrépète vivement et se décompose; il se manifeste une légère odeur de naphte et il se dégage un mélange d'acide carbonique et d'oxide de carbone, et peut-être aussi d'un peu d'hydrogène; le résidu, qui conserve la forme du sel, est du carbonate de potasse mêlé de charbon. Ce sel est très-soluble dans l'eau, plus à chaud qu'à froid, et il cristallise par le refroidissement. Il est insoluble dans l'alcool absolu : ce réactif lui enlève l'eau de cristallisation et le fait devenir jaune serin.

Le chlore gazeux et sec est sans action sur le croconate de potasse, même à une température suffisante pour lui enlever l'eau de cristallisation; mais le chlore décolore immédiatement la dissolution de ce sel dans l'eau, et paraît le trans-

former en un autre sel dont je n'ai pas examiné les propriétés.

L'iode produit les mêmes changemens que le chlore sur la dissolution de croconate de potasse.

L'acide sulfurique concentré fait passer immédiatement la croconate de potasse au jaune serin en lui enlevant son eau de cristallisation : si l'on chauffe doucement, il y a dissolution, et par le refroidissement il se dépose de grands cristaux jaune pâle transparens. Si au contraire l'on chauffe fortement, le sel est décomposé avec boursofflement; il se dégage de l'acide sulfurique; et en portant la chaleur au rouge, tout le charbon se brûle et il ne reste que du sulfate de potasse.

L'acide nitrique dissout le croconate de potasse avec une vive effervescence; la liqueur est incolore; elle donne, par l'évaporation, une masse d'un jaune pâle cristallisée confusément, soluble dans l'eau et donnant, avec la potasse, la baryte et la chaux, des sels jaunes qui paraissent être les mêmes que ceux que produit le chlore : il ne se forme pas d'acide oxalique.

La dissolution aqueuse du croconate de potasse donne : avec

Les sels de baryte, un précipité pulvérulent jaune citron;

Le muriate de chaux, des cristaux de la même couleur;

Le sulfate et le muriate de fer, une liqueur brune;

Le sulfate de cuivre, des grains cristallins orangés;

Le protomuriate acide d'antimoine et le ni-

trate acide de bismuth, des précipités jaune citron solubles dans un excès des sels;

Le protomuriate d'étain, une poudre orange;

L'acétate de plomb, le nitrate d'argent et le protonitrate de mercure, des flocons jaunes solubles dans l'acide nitrique. Le précipité d'argent contient de la potasse; le sublimé corrosif, un petit précipité blanc qui paraît être du calomel; avec le muriate d'or, de l'or métallique;

Le sulfate de magnésie, l'alun, les muriates de titane, de chrome, de manganèse, de cobalt, de nickel et d'urane, et le sulfate de zinc, ne produisent aucun changement dans la dissolution de croconate de potasse.

On obtient facilement l'acide croconique en traitant le croconate de potasse par de l'alcool absolu, auquel on ajoute de l'acide sulfurique sans excès; il se forme du sulfate de potasse et l'acide croconique se dissout.

Acide croconique.

On ne peut pas préparer cet acide en décomposant le croconate de plomb par l'acide sulfurique ou par l'hydrogène sulfuré : dans le premier cas, l'acide croconique est toujours mêlé d'acide sulfurique; dans le second cas, il contient du soufre, et peut-être produit-il avec ce corps un acide particulier comme le cyanogène.

Le croconate d'argent est facilement décomposé par l'acide muriatique; mais comme ce sel contient toujours de la potasse, l'acide obtenu n'est pas pur.

L'acide croconique cristallisé en grains ou en aiguilles : il est transparent, d'un beau jaune orangé; inodore, d'une saveur à-la-fois très-acide et âpre; il rougit fortement le tournesol.

On peut le chauffer jusqu'à 100° sans l'altérer ; mais à une température plus élevée, il noircit et il brûle facilement sans laisser de résidu. Il est très-soluble dans l'eau et dans l'alcool qu'il colore en jaune citron.

J'ai analysé le croconate de potasse, en le décomposant, 1°. par la chaleur, 2°. par le deutroxyde de cuivre, et j'ai dosé la potasse qu'il contient en le traitant par l'acide sulfurique ; quoique je n'y aie pas trouvé d'hydrogène, tout porte à croire qu'il en contient une petite quantité et que l'acide du sel est un hydracide analogue à l'acide prussique, et qu'il serait par conséquent convenable d'appeler acide *hydrocroconique*. Il est probable que son radical est combiné au potassium dans la matière qui est entraînée par le gaz, et que l'eau change le *croconure* en *hydrocroconate*.

La composition la plus probable du sel est telle qu'il suit :

	at.	Rés. calc.	Rés. d'exp.
Potasse . . . . .	1 . 48	0,3721	0,3681
Acide-hydro- croconique.. {	Carbone . . . . . 5 . 30	0,2323	0,2380
	Oxigène . . . . . 4 . 32	0,2481	0,2554
	Hydrogène . . . . . 1 . 1	0,0077	.....
Eau de cristallisation . . . . .	2 . 18	0,1398	0,1518
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	1 129	1,0000	1,0133

La matière grise qui accompagne le potassium se forme ou dans le vase de fer par l'action du charbon sur l'acide carbonique du carbonate alcalin, ou dans le canon, et dans toutes les parties où s'opère la condensation. Cette dernière supposition est la plus vraisemblable, parce qu'elle rend compte de la présence du car-

bonate de potasse. Cependant je dois dire que j'ai tenté sans succès de former du carbonate de potasse en faisant agir du potassium sur de l'oxyde de carbone ; peut-être ce sel ne se forme-t-il qu'à de certaines températures déterminées. Je n'ai obtenu dans mes essais qu'une matière brune colorant l'eau en brun.

Il est impossible d'obtenir parfaitement pure la matière rouge dont j'ai parlé au commencement de cet article ; elle contient toujours une certaine quantité de croconate de potasse, c'est pourquoi je n'en ai pas fait l'analyse.

Desséchée avec soin, elle est pulvérulente et d'un beau rouge de cochenille. En la chauffant à une température suffisante, elle brûle avec flamme et fumée en répandant une odeur empyreumatique, et elle laisse un charbon difficile à incinérer : après que celui-ci a été brûlé, il reste du carbonate de potasse pur.

La matière rouge se dissout très-bien dans l'eau, qu'elle colore en orange. La dissolution se conserve sans s'altérer dans des vases bien bouchés ; mais quand on la laisse exposée à l'air, elle devient bientôt d'un jaune pâle et elle se change en croconate de potasse.

La dissolution non altérée est immédiatement décolorée par l'acide nitrique.

Elle donne avec l'eau de baryte un abondant précipité brun rouge ; avec l'eau de chaux, quelques flocons rouge pâle ; avec le protomuriate d'étain et l'acétate de plomb, des flocons d'un rouge foncé ; avec le protonitrate de mercure, un précipité d'un beau rouge carmin ; avec le nitrate d'argent, un précipité rouge noir, etc.

La matière rouge étant changée en croconate

de potasse par des causes oxigénantes faibles, il paraît qu'elle est composée de potasse combinée à un acide qui ne diffère de l'acide croconique qu'en ce qu'il renferme une proportion moindre d'oxigène.

20. *Sur l'acide SULFO-PRUSSIQUE*; par M. J. Berzelius. (An. of. phil., 1825, p. 180.)

On peut obtenir l'acide sulfo-prussique ou hydro-sulfo-cyanique, en distillant une dissolution de sulfo-cyanure de potassium faite dans le moins d'eau possible avec de l'acide phosphorique; l'hydracide se condense dans le récipient. Cet acide est constitué de telle manière, que ses élémens, s'ils étaient gazeux, occuperaient chacun le même volume.

Sa capacité de saturation est telle, comme cela a lieu avec tous les hydracides, qu'il se combine avec une quantité de bases dont l'oxigène est exactement suffisante pour former de l'eau avec l'hydrogène.

Wohler a découvert un autre acide sulfo-prussique, qui paraît contenir deux fois autant de soufre que le précédent: il est pulvérulent, jaune orange, insoluble dans l'eau; le potassium le décompose, à l'aide de la chaleur, avec dégagement de gaz hydrogène, et il reste un mélange de sulfure et de sulfo-cyanure de potassium. Il se produit, soit lorsqu'on fait bouillir avec le contact de l'air l'acide sulfo-cyanique ordinaire liquide, soit lorsqu'on fait chauffer à une chaleur modérée le sulfo-cyanure de mercure dans une atmosphère d'acide muriatique ou de gaz hydrogène. Il se dépose sur les parois du vase de l'acide sulfo-prussique ordinaire, anhydre et

crystallisé, qui, au bout de très-peu de temps, se décompose en abandonnant du cyanogène et en se transformant en acide sulfo-prussique persulfuré.

21. *Essais sur la préparation du POTASSIUM et du SODIUM*; par M. Brunner, professeur de chimie et de pharmacie. (Berne, 1823.)

Pour préparer le potassium et le sodium, je me sers de l'appareil de Bucholz et de Tromsdorf, modifié, comme on le voit dans la Pl. IV, *fig. 1*, 2, 3 et 4. A, *fig. 1<sup>re</sup>*, est une cornue en fer forgé, d'un demi-pouce d'épaisseur, et qui peut contenir environ 16 onces d'eau; on y adapte à vis un canon de fusil très-fort et recourbé. On chauffe cette cornue dans un fourneau à vent ordinaire, tel que ceux qui servent à faire des essais de minerais métalliques. A, *fig. 2* et 3, est le foyer, qui peut être fermé au moyen du couvercle incliné B; C est la cheminée, qui ne doit pas être trop large, afin que le tirage se fasse bien. La paroi antérieure, E, est faite avec une moitié de creuset de graphite dont on a enlevé le fond, et qui repose sur une plaque de fer F, percée à son milieu d'un trou d'un pouce de diamètre.

On nettoie la cornue à l'intérieur avec de l'acide sulfurique, on la fait sécher, on y introduit le mélange qui doit donner le métal alcalin, et on y adapte le canon de fusil, sur lequel on roule du fil de fer; ensuite on enduit le tout d'un lute d'argile; on place la cornue ainsi lutée dans le fourneau, en l'appuyant sur le fond d'un petit creuset renversé, et de manière à faire passer l'extrémité du canon par le trou pratiqué dans la plaque de fer. Ce canon entre à frottement dans

le couvercle du réservoir, dans lequel le métal alcalin doit se condenser. Ce réservoir est en cuivre rouge; il plonge dans une chaudière pleine d'eau froide, et il porte sur un de ses côtés un tuyau de 4 pouces de longueur, par lequel les gaz peuvent s'échapper (voyez *fig. 2* et *4*). On met dans le réservoir une quantité suffisante d'huile de naphte, pour que l'extrémité du canon de fusil en soit recouverte. On peut, si l'on veut, adapter au tuyau que porte le réservoir un tube de verre recourbé, qui permet, soit de recueillir les gaz à l'appareil pneumatique, soit de les faire passer une seconde fois à travers de l'huile de naphte.

On chauffe graduellement : il se dégage d'abord un gaz qui brûle avec une flamme diversement colorée, puis l'on aperçoit des vapeurs blanches, et ordinairement au bout de 35 minutes l'intérieur du canon de fusil se remplit d'une lumière verdâtre très-vive. Alors on augmente le feu, parce que le potassium commence à paraître, et au bout de 25 minutes l'opération est terminée. Pendant tout le temps que le métal alcalin se dégage, les gaz qui passent dans l'allonge, brûlent avec une flamme violette, et l'on y aperçoit des étincelles brillantes, qui sont dues à l'inflammation rapide des particules métalliques que le courant entraîne.

A la fin de l'opération, le canon de fusil se trouve souvent obstrué par une matière charbonneuse imprégnée de potassium. L'alcali n'est jamais complètement réduit : on en retrouve toujours au fond de la cornue une quantité assez considérable, qui résiste à l'action du réductif.

Le potassium se condense dans l'huile de naphte en petites grenailles métalliques. Pour

réunir ces grenailles en un seul culot, on les fait chauffer dans l'huile à la flamme d'une bougie, à l'aide d'une petite cuiller de cuivre, *fig. 5*, et quand elles sont ramassées, on les comprime avec un petit pilon; on chauffe de nouveau la masse pour la faire fondre, et elle prend, par le refroidissement, la forme d'une boule aplatie.

Pour découvrir quel est le mélange qui donne la plus forte proportion de potassium ou de sodium, j'ai fait, au moyen de l'appareil que je viens de décrire, plusieurs essais dont je vais faire connaître les résultats.

1°. 4 onces de potasse caustique fondues au rouge, 6 onces de copeaux de fer et 1 once de charbon de bois récemment calciné, ont été très-mélangées, placées au fond de la cornue et recouvertes de 2 onces de tournures de fer. Il en est résulté 2  $\frac{1}{2}$  drachmes de potassium. Potasse, fer et charbon.

2°. 8 onces de carbonate de potasse calciné, 6 onces de tournures de fer, et 2 onces de charbon de bois, recouvertes de 1 once de tournures de fer, ont donné 2 drachmes 20 grains de potassium, et il est resté dans la cornue 1  $\frac{1}{2}$  once de carbonate de potasse mêlé de charbon et qui paraissait contenir de l'acide prussique (1). Carbonate de potasse, fer et charbon.

3°. 6 onces de carbonate de potasse et 3 onces de charbon ont produit 3 drachmes de potassium. Le résidu était composé de 2 onces de carbonate de potasse, et 2 onces 3 drachmes de charbon : d'où l'on voit que 5 drachmes de charbon ont suffi pour décomposer 4 onces de carbonate de potasse. Carbonate de potasse et charbon.

(1) Il se forme souvent de l'acide prussique quand on décompose les sels végétaux de potasse par le nitre : par exemple, lorsqu'on brûle un mélange de 10 parties de tartre et 1 de nitre, ou 2 parties d'acétate de potasse et 1 de nitre.

Potasse  
caustique et  
fer.

4°. L'expérience précédente prouvant que la présence du fer était superflue, on a recherché si ce métal a par lui-même la propriété de réduire la potasse. Pour cela, j'ai d'abord fait l'expérience dans une cornue d'argile, la réduction a eu lieu; puis j'ai chauffé dans une cornue de fer un mélange de 4 onces de potasse caustique; et de 6 onces de tournures de fer parfaitement pures: il s'est dégagé pendant quelque temps un gaz brûlant avec une flamme rougeâtre; mais il ne s'est pas volatilisé la plus petite quantité de potassium. Il paraît donc d'après cela que le fer n'a pas la faculté de réduire la potasse à la température à laquelle j'ai opéré. Cependant puisque les chimistes français ont réussi en employant ce seul agent, il faut ou qu'ils aient opéré à une chaleur plus forte, ou que le fer dont ils se sont servis contient du charbon ou un mélange de charbon et de particules métalliques.

Comme le fer se combine facilement avec le potassium, dont il retient une portion assez fortement, la présence de ce métal est toujours nuisible dans la préparation des métaux alcalins.

Tartre brut  
calciné. 5°. 24 onces de tartre brut ayant préalablement été calcinées en vases clos, ont donné, dans mon appareil 4 dracmes 56 grains de potassium, et il n'est presque rien resté dans la cornue (1).

Tartre calciné et charbon. 6°. 14  $\frac{1}{2}$  onces de tartre, et 1  $\frac{1}{3}$  once de charbon calciné en vases clos, ont produit, à l'appareil, 2  $\frac{1}{2}$  drachmes de potassium, c'est-à-dire à-peu-près comme dans l'essai précédent.

Soude et sels de soude. La soude et les sels de soude se comportent comme la potasse et les sels de potasse. Le sodium

(1) Le tartre brut calciné en vases clos contient 0,21 de charbon et 0,79 de carbonate de potasse.

diffère du potassium par une plus grande dureté, et en ce qu'il se consume sur l'eau sans produire d'étincelles.

On sera sans doute étonné de la faible proportion de potassium que l'on a obtenue dans ces différens essais. Cela provient, 1°. de ce qu'une partie de l'alcali échappe à la réduction; 2°. de ce que la masse charbonneuse, qui s'amasse toujours dans le col de la cornue, retient de la potasse et du potassium; 3°. de ce qu'une partie du métal alcalin s'allie avec le fer; et 4°. de ce qu'une autre partie, qui paraît être considérable, est entraînée par le gaz, soit mécaniquement, soit peut-être à l'état de combinaison gazeuse avec l'hydrogène. J'ai essayé de recueillir la portion de métal alcalin ainsi entraînée, par divers moyens, entre autres, en cherchant à l'amalgamer avec du mercure; mais je n'ai pas réussi.

Il résulte de mes recherches que le meilleur moyen de préparer le potassium est de distiller, comme je l'ai indiqué, du tartre charbonné. Il est probable que le tartrate de soude serait aussi la matière qui produirait le sodium avec le plus d'avantage.

22. *Méthode avantageuse de préparer le POTASSIUM;* par M. F. Wohler. (An. der ph. und ch., 1825, l. 5, p. 23.)

Cette méthode n'est qu'une modification de celle de M. Brunner.

On prend un des vases de fer forgé, dans lesquels on transporte le mercure. On le fait chauffer au rouge pour en expulser les petites portions de mercure qui restent dans les fissures et dans les cavités; puis on y introduit une quantité de

crème de tartre charbonnée, suffisante pour occuper environ le tiers de sa capacité. Pour charbonner la crème de tartre (on peut aussi employer le tartre brut); on en chauffe 5 à 6 livres dans un creuset muni de son couvercle, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de gaz; on la pile chaude, on y mélange quelques onces de charbon, et on l'introduit dans le vase de fer avant qu'elle se soit complètement refroidie, de peur qu'elle attire l'humidité; on visse aussitôt à ce vase un morceau de canon de fusil d'environ un pied de longueur, et on le place horizontalement dans un fourneau à vent, tel que celui qui est représenté Pl. IV, *fig. 6*: *a* est la grille, *b* la cheminée, qui doit avoir au moins 12 à 15 pieds de hauteur; *c* est une ouverture par laquelle on met le combustible; *d* est une ouverture par laquelle on introduit l'appareil et que l'on bouche ensuite avec des briques. La cornue pose horizontalement sur une brique haute d'environ 6 pouces. Il est essentiel que la partie antérieure de la cornue touche presque le devant du fourneau, afin que le canon de fusil ne soit pas trop échauffé et puisse être très-court.

On chauffe la cornue: dès qu'elle est rouge, il s'en dégage de l'humidité, et après cela de l'oxide de carbone; quand elle a acquis la chaleur blanche, il en sort une fumée épaisse, alternativement blanche, grise, brune, verdâtre et presque noire: cette fumée est très-combustible et brûle avec une flamme très-brillante. Presque immédiatement après, on voit la cornue se remplir d'un gaz verdâtre: il est temps alors de placer le récipient, dans lequel le potassium doit se condenser.

Ce récipient est de l'invention de M. Berzelius. On le fait en cuivre ou en tôle. Il a 1 pied de haut, 6 pouces de large et 1 pouce  $\frac{1}{2}$  d'épaisseur. Il se compose de deux pièces, *fig. 7* et *8*: la première, *fig. 7*, entre à frottemens jusque sur le fond de la seconde, *fig. 8*; il est partagé en deux parties inégales par un diaphragme, *a a*, percé d'un petit trou *b*, qui se trouve sur la même ligne que les tubulures *c* et *e*; enfin sur l'une de ses larges faces, il porte une troisième tubulure, par laquelle les gaz s'échappent. On met de l'huile de naphte dans le récipient à-peu-près jusqu'à moitié de sa hauteur, et on le place dans un vase rempli de glace ou d'eau constamment entretenue très-froide, *fig. 6*; puis on adapte la tubulure *c* au canon de fusil, et on lute la jointure avec de l'argile, si cela est nécessaire. Le gaz que fournit la cornue entre dans le récipient par la tubulure *c*, et comme il est forcé de passer par la très-petite ouverture *b*, il dépose la plus grande partie du potassium qu'il entraîne avant de sortir par le tube *d*; il en dépose encore une certaine quantité de l'autre côté du diaphragme, et enfin pour lui enlever les dernières portions qu'il peut encore contenir, on adapte à l'ouverture *d* un large tube de verre que l'on fait plonger dans l'huile de naphte.

On juge que l'opération marche bien à la régularité du courant du gaz qui se dégage par le tube *d*: quand ce dégagement se ralentit, cela provient de ce que le canon de fusil s'obstrue par une matière noire infusible, qui paraît être un composé de potassium, de carbone et de potasse, résultant de la réaction du potassium sur l'oxide de carbone: alors on ouvre la tubulure *r*, ordi-

nairement fermée avec un bouchon de liège, et à l'aide d'une baguette de fusil aplatie à une de ses extrémités, et qu'on fait passer par les ouvertures *c b* et *e*, on tâche de déboucher le canon. Cette opération doit se faire avec précaution, parce qu'il arrive fréquemment qu'une forte expansion de gaz a lieu par l'ouverture *c f*, et qu'il pourrait en résulter des accidens graves si l'opérateur se trouvait placé dans sa direction. M. Gmelin dispose le diaphragme du récipient dans le sens de sa longueur, et alors il peut introduire par l'ouverture *e* une lame d'espadon, avec laquelle il débouche plus facilement le canon de fusil qu'avec une baguette.

On parvient assez bien à déboucher le canon à deux ou trois reprises; mais au bout d'un certain temps, il se trouve tellement engorgé, qu'il faut nécessairement arrêter l'opération. Alors on retire les barreaux de la grille pour faire tomber le combustible; on enlève la cornue; on dévisse le canon, on le remplit d'huile de naphte; et on détache la matière qu'il contient; on l'adapte de nouveau à la cornue, et on replace celle-ci dans le feu pour recommencer à distiller ce qu'elle contient encore. On peut ainsi répéter la même opération trois ou quatre fois; et sur 4 à 6 livres de tartre, l'on obtient chaque fois environ 1 once de potassium.

En distillant la matière noire que l'on détache du canon de fusil, et celle qui passe quelquefois dans le récipient, on en retire la moitié de son poids de potassium.

Le potassium préparé par ce procédé contient du charbon en combinaison. Pour l'avoïr pur, il faut le distiller par petites portions dans une

cornue de verre chauffée jusqu'au rouge au bain de sable, et dont le col, très-incliné, plonge dans un vase plein d'huile de naphte.

23. *Description de deux procédés au moyen desquels on fait du verre avec le SULFATE DE SOUDE et le MURIATE DE SOUDE sans le secours des alcalis;* par M. Leguay. (Brevets d'invention, t. 8, p. 359.)

Premier procédé. On prend 100 parties de sulfate de soude desséché, 100 parties de muriate de soude, 656 parties de silice, et 340 parties de chaux éteinte à l'air; on mélange exactement ces matières. Les pots étant au rouge blanc, on y enfourne le mélange roulé par pelotes; on bouche les ouvertures, et dès qu'on s'aperçoit que la matière s'affaisse, on continue d'enfourner du mélange, jusqu'à ce qu'enfin les pots se trouvent remplis de matière vitreuse: alors on chauffe fortement. Lorsque les fumées diminuent, on tire de temps en temps des larmes d'essai, afin de connaître quand le verre est assez affiné; ce qui a lieu ordinairement au bout de vingt-deux heures. Le verre est alors bon à mettre en œuvre; mais on peut, sans le moindre risque, le laisser le double de temps dans les pots.

Deuxième procédé. On prend 100 parties de muriate de soude desséché, 123 parties de silice, 92 parties de chaux éteinte à l'air; on mélange bien ces matières, et on les fond comme il a été dit ci-dessus: au bout de seize heures, on a un beau verre bien affiné.

24. *Sur l'AMMONIAQUE*; par M. Bischof. (J. de Schweigger, t. 12, p. 257.)

Le gaz ammoniac ne détonne pas par l'étincelle électrique avec moins de 0,6 et plus de 3,7 fois son volume de gaz oxygène; il se forme toujours un peu d'acide nitrique, et la proportion en est d'autant plus grande que l'on emploie plus d'oxygène, et que les tubes dans lesquels on opère la détonnation sont plus larges; mais jamais il ne se produit de nitrate d'ammoniac. Quand cet alcali n'est pas complètement brûlé, il est décomposé par l'étincelle électrique en ses deux élémens, l'hydrogène et l'azote.

25. *Sur quelques circonstances de la formation de l'AMMONIAQUE, et sur les moyens de reconnaître la présence de petites quantités d'AZOTE, dans certains états*; par M. Faraday. (Quarterly journal, 1825.)

Les substances qui contiennent de l'azote donnent une grande quantité d'ammoniac lorsqu'on les chauffe avec de l'hydrate de potasse; mais ce qu'il y a de singulier, c'est que plusieurs substances dans lesquelles on n'admet pas d'azote, telles que le sucre, le ligneux, etc., donnent aussi une certaine quantité d'alcali volatil dans les mêmes circonstances, et que plusieurs métaux en produisent également.

Pour faire l'expérience, on met un petit morceau de feuille de zinc bien propre dans un tube de verre fermé à une extrémité, et d'environ un quart de pouce de diamètre; on porte sur le zinc un morceau de potasse, et l'on met, 2 pouces au-dessus, une bande de papier de curcuma. On

inclina alors le tube, et l'on chauffe doucement le fond pour liquéfier la potasse; le papier se colore presque aussitôt en rouge.

Les métaux paraissent agir avec la potasse par leur pouvoir d'absorber l'oxygène en décomposant l'eau. Le potassium, le fer, le zinc, le plomb, l'étain et l'arsenic, produisent beaucoup d'ammoniac; tandis que l'éponge de platine, d'or, d'argent, ne donne rien de semblable. Tel est la facilité de ce mode d'épreuve, que du sable récemment calciné, qui ne donne pas d'ammoniac quand il a été refroidi sur une plaque de cuivre, en produit sensiblement si on l'a tenu quelques instans dans la main.

Les phénomènes sont les mêmes dans des tubes remplis de gaz hydrogène.

Pour éviter la présence de toute substance nitreuse, prussique et animale, on a préparé de la potasse avec du tartre et de la chaux récemment calcinés, en décantant, pour éviter le contact des substances végétales et évaporant dans des vases neufs; on en a même préparé avec du potassium; on a nettoyé le zinc avec la plus scrupuleuse attention; mais l'on a toujours obtenu de l'ammoniac. Quant à l'eau employée, elle avait été distillée plusieurs fois; mais, selon l'observation de sir H. Davy, elle retient de petites quantités d'azote avec tant de force, que je ne puis me flatter d'avoir évité cette cause d'erreur: ce qui empêche de tirer aucune conséquence de ces expériences relativement à la composition de l'azote.

La soude, la baryte et la chaux produisent aussi de l'ammoniac avec les métaux, etc.;

mais les oxides de manganèse, de cuivre, d'étain, de plomb, etc., n'en produisent pas.

La potasse et la chaux bien préparées ne donnent pas d'ammoniaque lorsqu'on les chauffe seules; mais ces deux alcalis acquièrent la propriété d'en donner par leur séjour dans l'air.

Ces expériences rappellent celles de Woodhouse, qui a vu qu'un mélange de charbon, de potasse et d'eau laisse dégager beaucoup d'ammoniaque par la chaleur; et celle de sir H. Davy, qui a reconnu qu'un mélange d'une partie de potasse et de quatre de charbon, chauffé dans un vaisseau fermé, et refroidi sans le contact de l'atmosphère, donne de l'ammoniaque lorsqu'on y ajoute ensuite de l'eau et qu'on le distille. En répétant l'expérience sur la même matière, la quantité d'ammoniaque diminue graduellement, et finit par n'être plus sensible; mais si l'on ajoute une nouvelle dose de potasse, elle reparaît aussitôt.

26. *Sur le ZIRCONIUM*; par M. J. Berzelius. (Ann. der phis. und chem.—An. de ch., t. 29, p. 557.)

Zirconium.

On parvient facilement à réduire la zircone en chauffant avec du potassium le sel que cette terre forme avec l'acide fluorique; la réduction a lieu sans ignition. On peut l'opérer dans des tubes de verre; mais alors le zirconium est mêlé de silicium. Je préfère, à cause de cela, me servir de petits tubes de fer de  $\frac{1}{4}$  de pouce de diamètre intérieur, et de 1 pouce  $\frac{1}{4}$  de longueur; je ferme ces tubes avec un couvercle, et je les chauffe dans un creuset de platine par le moyen d'une lampe à alcool à double courant; quand le tube est froid, je le retire, et je le mets dans l'eau distillée. Le

fluat de potasse se dissout, et le zirconium se dépose; mais comme il reste toujours un peu de potassium, celui-ci décompose l'eau avec dégagement de gaz hydrogène, et la potasse qui se forme précipite un peu de zircone de la portion de fluat de cette terre non décomposée. Pour séparer l'hydrate de zircone du zirconium, je chauffe celui-ci à 40° ou 50° avec de l'acide muriatique concentré, étendu de son volume d'eau; je filtre et je lave d'abord avec de l'eau chargée de sel ammoniac, et ensuite avec de l'alcool, parce que l'eau pure entraîne du zirconium en suspension.

Le zirconium est en petites masses cohérentes, d'un noir de charbon; il prend sous le brunissoir un éclat métallique d'un gris foncé; il se laisse comprimer en feuilles minces; il ne conduit pas l'électricité; il s'enflamme dans l'air bien avant la chaleur rouge, et il brûle tranquillement, mais en dégageant une lumière vive, et il se transforme en zircone. Le zirconium est peu altéré par le chlorate de potasse et par le nitre, même à la chaleur rouge; mais lorsqu'il est mêlé avec du chlorate de potasse, il s'enflamme par le choc sans produire de détonnation; le carbonate de potasse l'oxide avec décomposition d'acide carbonique; le borax qui contient de l'eau, produit le même effet, l'eau est décomposée.

Lorsqu'on fait chauffer le zirconium jusqu'au rouge dans le vide, si après l'avoir laissé refroidir on le fait sortir du récipient, il s'enflamme; mais si on se borne à ouvrir celui-ci, le zirconium se réchauffe sans brûler. Ce phénomène paraît tenir à l'état pulvérulent du zirconium et à

la propriété qu'ont les corps poreux de condenser les gaz.

Le zirconium n'est que très-lentement attaqué par les acides muriatique et sulfurique, et par l'eau régale, même à la température de l'ébullition; la potasse caustique liquide ne l'attaque pas du tout.

**Sulfure.** On obtient facilement le sulfure de zirconium en chauffant le zirconium avec du soufre solide ou dans de la vapeur de soufre; la combinaison a lieu avec lumière faible. Le sulfure est couleur de cannelle foncée; il ne prend pas d'éclat sous le brunissoir, et il n'est pas conducteur de l'électricité; il n'éprouve aucune altération par l'eau, l'acide hydrochlorique ou l'acide nitrique. L'eau régale le dissout lentement; l'acide fluorique le dissout avec dégagement d'hydrogène sulfuré; la potasse sèche le change en zircone et sulfure de potassium; mais la potasse liquide ne l'attaque pas.

**Carbure.** Lorsqu'on réduit le fluaté de zircone par du potassium qui contient du carbone, on obtient du carbure de zirconium, qui a le même aspect que le zirconium pur. Quand on le traite par l'acide fluorique, le charbon se dépose; quand on le fait bouillir avec de l'acide hydrochlorique, il se dégage un gaz qui a la même odeur que celui qui se forme lorsqu'on dissout le fer dans cet acide.

**Chlorure.** Le zirconium chauffé dans le chlore gazeux s'enflamme, et donne un chlorure d'un aspect salin, non volatil et soluble dans l'eau.

**Zircone.** La zircone pure forme avec les acides des sels qui, ainsi que M. Chevreul l'a observé, ne se troublent pas par l'ébullition.

L'hydrate de zircone est très-hygroscopique; <sup>Hydrate.</sup> préparé à froid, il se dissout bien dans les acides étendus; mais si on le lave à l'eau bouillante, il ne se dissout dans les acides même concentrés, qu'à l'aide de l'ébullition ou d'une longue digestion. Il ne se dissout que très-difficilement dans le carbonate d'ammoniaque. M. Davy a remarqué que lorsqu'on chauffe l'hydrate de zircone, il entre en ignition, avant que la température ait été portée à la chaleur rouge. Je me suis assuré que ce phénomène a lieu après que l'eau s'est dégagée; ce qui prouve qu'il ne dépend pas de la séparation de ce liquide.

Pour déterminer la composition de la zircone, j'ai analysé le muriate neutre, l'hydrate et le sulfate neutre, et du zircon pur (*voyez* 2<sup>e</sup> livr.), et j'ai obtenu des résultats assez rapprochés les uns des autres. Pour savoir le nombre d'atomes d'oxygène que cette terre renferme, j'ai analysé le fluaté de potasse et de zircone, et j'ai comparé sa composition à celle du fluaté de potasse et de fer, et du fluaté de potasse et d'alumine. (*Voyez* page 162). J'en ai conclu que la zircone doit contenir le même nombre d'atomes d'oxygène que le peroxide de fer et l'alumine. Il résulte de ces observations et de mes expériences que la zircone est composée de

Zirconium . . . 0,75686 . . . 100, . . . 1 at.

Oxygène . . . 0,26314 . . . 35,697 . . . 3 at. . . *Zr*,

et que par conséquent son atome pèse 1140,08, et l'atome de zirconium 840,08, et que l'hydrate contient

Zircone . . . 0,8711 . . . 100, . . . 2 at.

Eau . . . . . 0,1289 . . . 14,7933 . 3 at.

**Carbonate.** Le carbonate de zircon se dissout complètement, mais lentement, dans le carbonate d'ammoniac; en faisant bouillir la dissolution, la zircon se précipite à l'état d'hydrate. Si le dissolvant est le bicarbonate d'ammoniaque, le précipité est blanc; si c'est le sous-carbonate, la zircon se prend en masse gélatineuse.

Les bicarbonates de potasse ou de soude, versés en excès dans les sels de zircon, précipitent cette terre et la redissolvent. En faisant bouillir la liqueur, une partie de la zircon tenue en dissolution par l'acide carbonique se précipite, et l'on peut séparer l'autre portion, qui est combinée avec le sous-carbonate alcalin, en faisant chauffer avec un sel d'ammoniaque.

**Nitrate.** La zircon peut former avec l'acide nitrique un sous-sel, soluble dans l'eau; il faut ajouter une très-grande quantité d'ammoniaque à la dissolution pour en précipiter la zircon.

**Sulfates.** Le sulfate neutre est très-soluble dans l'eau chaude, même lorsqu'il a été desséché à une chaleur peu inférieure au rouge; il est moins soluble dans l'eau chargée d'acide sulfurique: c'est pourquoi il cristallise par concentration; l'alcool versé dans sa dissolution en précipite un mélange de sulfate et de sous-sulfate.

Si l'on ajoute de l'hydrate de zircon à du sulfate neutre, il se forme un sous-sulfate soluble, et qui se prend en masse gommeuse ou émaillée par l'évaporation; si l'on chauffe cette masse, il s'endégage de l'eau, et elle se boursouffle; si on la traite par l'eau, il reste un dépôt blanc, qui est un autre sous-sulfate. Ce sous-sulfate est soluble dans l'acide muriatique. Pour l'avoir bien pur,

il faut précipiter le sulfate neutre par l'alcool, et laver le dépôt avec de l'alcool, et ensuite avec de l'eau.

Les sulfates de zircon sont complètement décomposés à la chaleur blanche; mais pour enlever la dernière portion d'acide, il est bon de mettre dans le creuset quelques morceaux de carbonate d'ammoniaque.

Ces trois sulfates sont composés comme il suit :

Sulfate neutre :	
Acide sulfurique. . . . .	0,5692 . . . . . 100, . . . . . 3 at.
Zircon. . . . .	0,4308 . . . . . 75,853 . . . . . 1 at.
1 <sup>er</sup> . sous-sulfate :	
Acide sulfurique. . . . .	0,3973 . . . . . 100, . . . . . 3 at.
Zircon. . . . .	0,6027 . . . . . 131,716 . . . . . 2 at.
2 <sup>e</sup> . sous-sulfate :	
Acide sulfurique. . . . .	0,3053 . . . . . 100, . . . . . 1 at.
Zircon. . . . .	0,6947 . . . . . 227,58. . . . . 1 at.

Il y a encore un autre sous-sulfate dont il est nécessaire que je fasse mention, parce qu'il a des propriétés singulières, et que je l'avais pris, dans mes anciennes expériences, pour de la zircon pure. Il paraît contenir six fois autant de base que le sel neutre, et en outre une très-petite quantité de potasse. Il se produit toutes les fois que ces trois élémens se rencontrent dans une même dissolution; il se forme également lorsqu'on verse une dissolution de sel neutre de zircon sur des cristaux de sulfate de potasse, à cause de la tendance qu'a ce dernier sel à se combiner avec une nouvelle dose d'acide sulfurique. Ce sel, peu lavé, est aisément soluble dans les acides; mais quand il a été lavé ou quand on l'a

Sous-sulfate  
de zircon et  
de potasse.

fait bouillir dans l'eau, il ne peut se dissoudre que dans une grande quantité d'acide concentré; les dissolutions se troublent par l'ébullition. A la chaleur rouge, il donne de l'eau et de l'acide sulfurique; mais il devient insoluble dans l'acide sulfurique bouillant, et il ne reprend sa solubilité que très-imparfaitement par la calcination avec un alcali. En le chauffant avec du sulfate acide de potasse, il redevient soluble; mais quand la quantité du sulfate acide est précisément telle qu'il faut pour dissoudre la zircone à la chaleur rouge, l'eau n'extrait de la masse refroidie que du sulfate acide de potasse, et laisse la zircone à l'état de sous-sulfate potassé. Ce sel n'est décomposé ni par l'ammoniaque caustique ni par les carbonates alcalins. Le carbonate d'ammoniaque le dissout; mais il se dépose lorsqu'on fait bouillir le liquide, et conserve toutes ses propriétés. Pour décomposer ce sel et en extraire de la zircone pure, il faut le fondre avec de la soude caustique et laver à grande eau.

Sulfate de zircone et d'ammoniac.

Le sulfate d'ammoniac donne, avec les dissolutions de zircone, une combinaison analogue à celle que forme le sulfate de potasse, mais tellement soluble dans l'eau et dans les acides, qu'on ne peut l'obtenir que très-difficilement. Le sulfate de soude ne précipite les sels de zircone ni à froid ni à chaud.

Hydrochlorate.

L'hydrochlorate neutre de zircone est cristallisable, mais les cristaux tombent en efflorescence à la température de 50 degrés; ils perdent en même temps la moitié de leur poids, et deviennent blancs et opaques: ils sont très-peu solubles dans l'acide hydrochlorique concentré. Il

y a un sous-hydrochlorate de zircone qui peut être considéré comme composé d'un atome de chlorure de zirconium et d'un atome de zircone. Il est soluble dans l'eau, mais lorsqu'on fait bouillir la dissolution, elle laisse déposer la plus grande partie de la zircone à l'état d'un sous-sel avec un plus grand excès de base, gélatineux, translucide, difficile à filtrer, et qui prend l'éclat vitreux par la dessiccation.

Pour séparer le fer de la zircone, je me suis long-temps servi du sulfate de potasse, qui ne précipite que la zircone. M. Chevreul lave les hydrochlorates avec de l'acide muriatique concentré (*Annales des Mines*, t. 6, p. 112); mais ce lavage est long, et le procédé ne peut pas être employé comme un moyen analytique, parce que l'acide enlève toujours de la zircone. MM. Dubois et Silveira recommandent de faire bouillir l'hydrate de zircone humide avec de l'acide oxalique (*Annales des Mines*, t. 6, p. 114). Un très-bon moyen consiste à dissoudre la zircone ferrugineuse dans l'acide tartrique, à sursaturer la liqueur d'ammoniaque, et à y ajouter ensuite de l'hydrosulfate d'ammoniaque, qui ne précipite que le fer. On peut encore séparer le fer de la zircone en faisant digérer dans de l'acide hydrochlorique l'hydrate de zircone soumis à l'ébullition, la plus grande partie de la zircone échappe à la dissolution. La zircone est exempte de fer lorsque les hydrosulfates alcalins n'altèrent pas sa blancheur.

Moyens de séparer la zircone du fer.

27. *Note sur la THORINE*; par M. J. Berzelius. (An. der phis. und chem.— An. de ch., t. 29, p. 365.)

En 1814 et 1815, j'avais cru découvrir dans un minéral de Finbo une terre nouvelle, à laquelle j'avais donné le nom de thorine. (*Annales des Mines*, t. 3, p. 151). Je viens de reconnaître que ce n'est autre chose qu'un sous-phosphate d'yttria indécomposable par l'ammoniaque et par le carbonate d'ammoniaque. Il donne, avec l'acide sulfurique en excès, un sel cristallisable, que l'eau décompose en sulfate qui se dissout, et en phosphate insoluble.

28. *Observations sur quelques SULFURES*; par M. Gay-Lussac. (An. de ch., t. 30, p. 24.)

M. Berthier a prouvé que les sulfates, chauffés avec du charbon à une haute température, sont changés en *monosulfures*; cependant on sait que lorsqu'on décompose un sulfate par le charbon à la chaleur rouge, on obtient un sulfure coloré, qui précipite du soufre par les acides: il faut donc que, dans ce dernier cas, les sulfures ne soient pas des monosulfures, et par conséquent qu'ils renferment une portion du métal combiné avec l'oxygène. J'ai trouvé, en décomposant du sulfate de soude par le charbon à une chaleur d'un rouge tirant sur le blanc, que la quantité de soufre contenue dans l'acide hydrosulfurique qui s'est dégagé lorsque le sulfure a été décomposé par un acide, était 5,7 fois plus grande que celle qui s'est précipitée. Dans une autre expérience avec le sulfate de potasse, et à une

température plus basse, j'ai obtenu environ 4,5 au lieu de 5,7.

J'ai fait voir que lorsqu'on chauffe un atome de potassium dans l'acide hydrosulfurique, il en décompose un atome, dont il s'approprie le soufre, et qu'il se combine avec un autre atome d'acide hydrosulfurique. Cette combinaison se dissout dans l'eau sans la colorer, et je l'ai considérée comme un hydrosulfate de sulfure de potassium; elle est précisément la même que celle qui se forme lorsqu'on sature un alcali d'acide hydrosulfurique, et à laquelle j'avais donné le nom de bihydrosulfate.

Les bihydrosulfates résistent à une température très-élevée sans perdre de leur acide; ce résultat me semble fortifier l'opinion que l'hydrosulfate de sulfure de potassium se dissout dans l'eau sans la décomposer. M. Berzelius a obtenu la même combinaison en chauffant du carbonate de potasse dans du gaz hydrosulfurique en excès.

En chauffant l'hydrosulfate de sulfure de potassium avec du soufre, il se dégage un atome d'acide hydrosulfurique, et il se dissout quatre atomes de soufre. Le composé est alors un sulfure à cinq atomes de soufre, semblable à celui que l'on obtient en chauffant la potasse avec un excès de soufre, ou bien il est formé par un atome de potasse et un atome d'hydrogène réunis à cinq atomes de soufre.

29. *Sur la température à laquelle bouillent plusieurs DISSOLUTIONS SALINES; par M. Griffith ( Journ. of scien., t. 18, p. 90. )*

SELS.	Salure. (1)	Température d'ébullition. (2)
Acétate de soude. . . . .	60	124,5
Nitrate de soude. . . . .	60	118
Tartrate de potasse et de soude. . . . .	90	115,6
Nitrate de potasse. . . . .	74	114,5
Muriate d'ammoniaque. . . . .	50	113,3
Sulfate de nickel. . . . .	65.	112,8
Tartrate de potasse. . . . .	68	112,3
Muriate de soude. . . . .	30	106,8
Nitrate de strontiane. . . . .	53	106,8
Sulfate de magnésie. . . . .	57,5	105.
Bisulfate de potasse. . . . .	»	105.
Borax. . . . .	52,5	105.
Phosphate de soude. . . . .	»	105
Carbonate de soude. . . . .	»	104,5
Muriate de baryte. . . . .	45	104,5
Sulfate de zinc. . . . .	45	104,5
Alun. . . . .	52	104,5
Oxalate de potasse. . . . .	40	104,5.
Oxalate d'ammoniaque. . . . .	29	103,3
Prussiate de potasse et de fer. . . . .	55	103,3.
Chlorate de potasse. . . . .	40	103,3.
Acide borique. . . . .	»	103,3
Sulfate de potasse et de cuivre. . . . .	40	102,8
Sulfate de cuivre. . . . .	45	102,2
Protosulfate de fer. . . . .	64	102,2
Nitrate de plomb. . . . .	52,5	102,2
Acétate de plomb. . . . .	41,5	101,7
Sulfate de potasse. . . . .	17,5	101,7
Nitrate de baryte. . . . .	26,5	101,1
Bitartrate de potasse. . . . .	9,5	101,1
Acétate de cuivre. . . . .	16,5	101,1
Cyanure de mercure. . . . .	3,5	101,1
Deutochlorure de mercure. . . . .	»	101,1
Sulfate de soude. . . . .	31,5	100,5

(1) Les nombres compris dans cette colonne indiquent la quantité de sels contenue dans 100 parties de solution.

(2) Les températures d'ébullition sont exprimées au degré du thermomètre centigrade.

30. *Observations sur quelques CARBONATES; par M.J.-B. Boussingault. (An. de ch., t. 29, p. 283.)*

Klaproth a analysé, il y a plus de vingt ans, un carbonate de soude *natif* d'Afrique, dans lequel il a trouvé plus d'acide que dans le carbonate ordinaire. J'ai rencontré un carbonate semblable dans un village de la cordillère orientale des Andes (*Annales des Mines*, t. 12); enfin M. R. Philips a analysé un carbonate de soude d'une fabrique de Londres, qui renferme la même proportion d'acide carbonique que les sels d'Afrique et d'Amérique. Ces faits tendent à prouver que ces sels ne sont pas de simples mélanges, et je pense, comme M. Thomson, que les minéralogistes devront désormais les considérer comme une espèce particulière qui pourra prendre le nom de *sesquicarbonate*, parce qu'elle contient une fois et demi autant d'acide que le carbonate ordinaire. Le sesquicarbonate se distinguera toujours facilement par la propriété qu'il a de ne pas s'effleurir à l'air, et de ne pas troubler les dissolutions de magnésie.

Je me propose d'examiner ici la nature des précipités que le sesquicarbonate de soude occasionne dans quelques dissolutions salines.

Le sesquicarbonate alcalin, versé dans une dissolution de nitrate ou d'hydrochlorate de chaux, produit une vive effervescence, et il se dépose du carbonate calcaire.

Le sulfate de cuivre, précipité par le sesquicarbonate de soude, a produit une vive effervescence, et il s'est déposé du carbonate vert.

Le sulfate de zinc, mêlé avec du sesquicarbonate de soude, laisse dégager quelques bulles de

Sels de chaux.

Sels de cuivre.

Sels de zinc.

gaz, et donne un précipité blanc qui, d'après l'analyse que j'en ai faite, est composé de

Oxide de zinc. . . . .	0,695. . . . .	10,06. . . . .	1 at.
Acide carbonique. . . . .	0,190. . . . .	2,75. . . . .	1 at.
Eau. . . . .	0,115. . . . .	1,68. . . . .	$\frac{1}{2}$ at.

Sels de magnésie.

Le sesquicarbonat de soude ne trouble pas instantanément la solution de sulfate de magnésie; mais au bout de quelques jours il s'y forme un sédiment cristallin, qui, après avoir été desséché à l'air, est d'un très-beau blanc et contient :

Magnésie . . . . .	0,30. . . . .	5,17. . . . .	1 at.
Acide carbonique. . . . .	0,31. . . . .	5,51. . . . .	2 at.
Eau. . . . .	0,39. . . . .	6,75. . . . .	6 at.

Sels de plomb.

Le sesquicarbonat de soude, ajouté à la solution d'acétate ou de nitrate neutre de plomb, occasionne un précipité très-lourd, sans apparence de dégagement de gaz. Plusieurs expériences m'ont prouvé que ce précipité est composé comme il suit :

Oxide de plomb. . . . .	0,802. . . . .	55,78. . . . .	2 at.
Acide carbonique. . . . .	0,198. . . . .	13,76. . . . .	5 at.

On peut le considérer comme formé d'un atome de carbonate,  $\text{Pb C}^2$ , et d'un atome de sesquicarbonat  $\text{Pb C}^3$ .

Sels de baryte.

Le chlorure de barium précipite abondamment par le sesquicarbonat de soude; durant la précipitation, on ne remarque pas d'effervescence.

Le précipité est sensiblement soluble dans l'eau; il est composé de

Baryte. . . . .	0,698. . . . .	1913. . . . .	1 at.
Acide carbonique. . . . .	0,302. . . . .	826. . . . .	3 at.

31. *De l'action réciproque des acides CARBONIQUE et HYDROSULFURIQUE sur les HYDROSULFATES et les CARBONATES*; par M. Henry fils. (Journ. de ch. méd., 1825.)

L'acide carbonique peut décomposer complètement les hydrosulfates alcalins et l'hydrosulfate de magnésie lorsque son action est suffisamment prolongée.

Cette décomposition s'opère soit par l'action de la chaleur en faisant bouillir un hydrosulfate dans l'eau chargée d'acide carbonique, soit à froid, en exposant un semblable mélange sous le récipient de la machine pneumatique, soit enfin en faisant passer dans l'hydrosulfate étendu d'eau un grand courant d'acide carbonique.

Les hydrosulfates qui proviennent de la transformation des sulfates en sulfures, d'après le mode de M. Berthier, sont beaucoup plus difficiles à attaquer.

Le résultat de la décomposition de tous ces sels est la production de bicarbonates; la quantité d'hydrogène sulfuré éliminée est proportionnelle à la quantité de carbonate formé.

Le gaz acide hydrosulfurique décompose immédiatement les bicarbonates de potasse et de soude avec dégagement d'acide carbonique.

Le même gaz décompose aussi les sous-carbonates alcalins; mais l'acide carbonique ne se dégage qu'au bout d'un certain temps, parce qu'il se forme d'abord, ainsi que l'avait déjà remarqué M. Chevreul, un mélange d'hydrosulfate et de bicarbonate.

Les carbonates de chaux et de baryte, humides, ou dissous dans l'acide carbonique, ne paraissent

éprouver que peu d'altération de la part de l'acide hydrosulfurique.

52. *Sur le volume que l'oxygène occupe dans les OXIDES*; par M. Hérapath. (Phil. mag., 1824, p. 322.)

Pour calculer le volume que l'oxygène occupe dans les oxides, M. Hérapath a déterminé avec un très-grand soin la pesanteur spécifique de ces oxides et des métaux qui en font la base, et il a supposé que le métal, en se combinant avec l'oxygène, n'éprouvait ni contraction ni dilatation; il a trouvé les pesanteurs spécifiques suivantes (prises à la température centigrade):

Pesanteur spécifique.	Pesanteur spécifique.
Cadmium . . . . . 8,659	Oxid. de plomb puce 8,902
Oxide de cadmium . . 8,183	Arsenic pur . . . . 5,672
Carbon. de cadmium 4,420	Acide arsénieux . . . 3,729
Cuivre fondu . . . . . 8,900	Bismuth . . . . . 9,831
Protoxide de cuivre fondu . . . . . 6,052	Oxide de bismuth . . 8,211
Deutox. de cuivre . . 6,401	Oxide rouge de fer. 4,959
Sulfure de cuivre . . . 5,792	Protox. de mercure . 10,690
Étain pur . . . . . 7,285	Deut. de mercure . . 11,074
Protoxide d'étain . . . 6,666	Calomel . . . . . 6,707
Deutoxide d'étain . . . 6,639	Oxide d'argent . . . 7,145
Plomb pur . . . . . 11,352	Chlorure d'argent . . 5,129
Protoxide de plomb. . 9,277	Suroxide de nickel. . 4,846
Minium . . . . . 9,096	Suroxide de cobalt. . 5,322
	Acide tungstique . . . 5,274

et de ces données, il a conclu la condensation de l'oxygène dans un certain nombre d'oxides, comme on le voit dans le tableau ci-contre.

OXIDES.	Condensation de l'oxygène.	VOLUMES	
		du métal.	de l'oxygène.
Oxide de plomb . . .	2036	5	1
Ox. rouge de plomb.	2472	2 $\frac{1}{2}$	1
Ox. puce de plomb.	2761	2	1
Protox. de mercure.	1262	3	1
Deut. de mercure . .	2500	3	1
Acide tungstique . .	1039	1	3
Oxide rouge de fer.	2003	4	6
Deutox. de nickel.	1896	2	5
Protox. de cuivre . .	1295	3	2
Deutox. de cuivre . .	2235	4	3
Oxide d'argent . . .	989	5	5
Deutoxide d'étain.	3694	5	2
Acide arsénieux . . .	1334	1	1

Les nombres contenus dans la colonne des condensations indiquent le rapport du volume de l'oxygène à l'état de gaz, au volume qu'il occupe dans l'oxide.

53. *Sur la précipitation des MÉTAUX de leurs dissolutions par d'autres métaux*; par M. Fischer, professeur à Breslau. (An. der phy. und ch., juillet, 1825, p. 291.)

La réduction d'un oxide métallique de sa dissolution dans un acide ou dans un alcali par un métal dépend des causes suivantes:

1°. Et principalement de l'affinité relative des deux métaux pour l'oxygène.

2°. De l'affinité de l'oxide du métal réduisant pour l'acide ou pour l'alcali: c'est pourquoi l'étain, le bismuth, et même le fer, ne peuvent réduire qu'un petit nombre de sels; tandis que le

zinc en réduit un grand nombre. C'est à cause de cela aussi qu'il n'y a que très-peu de dissolutions alcalines qui soient réduites par les métaux. L'argent dissous dans l'ammoniaque n'est pas réduit par le zinc; le cuivre dissous dans le même alcali n'est réduit ni par l'étain, ni par l'antimoine, le bismuth ou le fer.

3°. De la tension électrique qui peut avoir lieu entre le métal précipitant et le métal précipité.

4°. De l'affinité des métaux entre eux. Le cuivre est précipité par le fer à l'état de pureté; le même métal forme, avec le zinc, une espèce de laiton.

5°. Du degré de saturation et de concentration de la dissolution. La précipitation marche d'autant plus vite, que la liqueur est plus acide et plus concentrée. Si l'on veut avoir le métal cristallisé en belles dendrites, il vaut mieux au contraire que les dissolutions soient étendues. Beaucoup de sels métalliques réductibles par certains métaux lorsqu'ils sont dissous dans l'eau, ne peuvent l'être quand on les dissout dans l'alcool.

6°. De la tendance des métaux précipités à prendre l'état grenu et cristallin. Le plomb, l'argent et l'étain sont précipités beaucoup plus promptement de leurs dissolutions que l'or et le platine.

7°. De la position du métal réduisant par rapport à la dissolution. Quand ce métal est en lames ou en fils présentant une grande surface, la précipitation est prompte; quand au contraire il est placé à la surface de la liqueur, et qu'il ne la touche que par un point, la précipitation exige un long temps. Ayant pris deux quantités égales d'une même dissolution d'argent, et ayant plongé dans l'une une lame de cuivre, et placé

verticalement à la surface de l'autre un barreau de même métal, qui ne faisait que la toucher, j'ai trouvé que la première était dépouillée de tout son argent au bout d'une heure; tandis qu'après trois mois la seconde en contenait encore une quantité appréciable par l'acide muriatique.

Lorsque l'on introduit l'extrémité pointue d'une baguette de zinc dans une dissolution d'acétate ou de nitrate de plomb, la baguette de zinc se recouvre de dendrites de plomb, qui, au bout d'un certain temps, s'en détachent, tombent au fond du vase, et sont remplacées par d'autres dendrites plus petites; celles-ci tombent à leur tour, se redissolvent en partie, et sont bientôt remplacées par de nouvelles dendrites. Cette production et dissolution alternatives de plomb se continuent pendant un très-long-temps. Je ne crois pas que ce phénomène soit dû à une cause galvanique: on en trouve l'explication dans la propriété qu'ont la plupart des dissolutions métalliques saturées de base de dissoudre une petite quantité d'autres métaux. Par exemple, les nitrate, muriate et acétate de zinc saturés dissolvent lentement une quantité de plomb assez notable pour qu'on puisse facilement reconnaître la présence de ce métal dans la liqueur, par les réactifs. Le muriate de zinc, le muriate d'étain et l'acétate de plomb dissolvent un peu de cuivre; le nitrate de cuivre peut dissoudre de l'argent très-divisé. D'après cela, on voit que quand on place un morceau de zinc à la partie supérieure d'une dissolution de plomb, ce dernier métal, tombant au fond de la liqueur à mesure qu'il est réduit, se redissout en partie dans le sel de zinc

qui s'est formé, et qu'ainsi le sel de plomb se reproduisant sans cesse, et se répandant uniformément dans toute la dissolution, le zinc se trouve toujours en contact avec de l'oxide de plomb, et doit par conséquent se recouvrir sans cesse de plomb métallique.

Si l'on met de l'argent très-divisé au fond d'un tube étroit, et que l'on verse par-dessus l'épaisseur de deux pouces d'une dissolution de nitrate de cuivre saturée d'oxide, en plongeant un fil de cuivre dans la liqueur, sur une longueur d'une à deux lignes, il se recouvre bientôt de particules d'argent; et au bout de quatre à huit semaines, on y trouve attachées des aiguilles de ce dernier métal, extrêmement belles, et d'autant plus longues que le tube est plus étroit.

Il paraît que dans ces diverses circonstances il se forme des sels doubles. Il y a presque toujours des cristaux de sous-nitrate de cuivre entre les aiguilles d'argent produites par le moyen qu'on vient de décrire.

34. *Sur la décomposition des SULFURES MÉTALLIQUES par le gaz HYDROGÈNE*; par M. H. ROSE. (An. der phys. und che., mai 1825, p. 109.)

L'hydrogène, ayant moins d'affinité pour le soufre que pour l'oxigène, ne peut décomposer que quelques-uns des sulfures qui ont pour base des métaux dont il réduit les oxides. J'ai trouvé, par expérience, que le gaz hydrogène n'enlève le soufre qu'au bismuth, à l'antimoine et à l'argent; il décompose en partie seulement le sulfure d'étain, et il ramène à l'état de pyrite magnétique  $Fe S^4 + 6Fe S^2$  le persulfure de fer. Il est absolu-

ment sans action sur les sulfures de cuivre (1) et de zinc.

Après l'oxigène, le chlore est le corps qui a le plus d'affinité pour l'hydrogène, puis vient l'iode, et ensuite le soufre. Aussi l'hydrogène réduit-il très-facilement l'oxide de cuivre, moins facilement, mais complètement le chlorure de ce métal, imparfaitement l'iodure, et pas du tout le sulfure. Le phosphore de cuivre n'est pas non plus réduit à l'état métallique par l'hydrogène, mais le perphosphore est ramené à un état inférieur de phosphuration avec dégagement de gaz hydrogène phosphoré.

35. *Sur le TUNGSTÈNE*, par M. Wöhler. (An. der phys. und ch., 1825.)

J'ai suivi le procédé suivant pour préparer l'acide tungstique :

On fond ensemble un mélange de Wolfram pulvérisé et de carbonate de potasse; on fait dissoudre le tungstate de potasse dans l'eau, on y ajoute une quantité suffisante d'hydrochlorate d'ammoniaque: alors on évapore à siccité, et on fait rougir et fondre la masse dans un creuset de Hesse jusqu'à ce que le sel ammoniac soit entièrement décomposé et évaporé. Ce sel réduit l'acide tungstique en oxide, et en dissolvant la masse dans l'eau, cet oxide reste en poudre noire; on le fait bouillir avec une faible solution de potasse pure pour enlever une petite portion de tungstate de potasse acide et peu soluble qu'il retient, et enfin

(1) Arfwedson a trouvé que le sulfate de cuivre donne du cuivre métallique lorsqu'on le chauffe dans un courant de gaz hydrogène. Il faut nécessairement dans cette décomposition que le soufre se dégage à l'état d'acide sulfureux.

on lave avec de l'eau pure. Quand on le chauffe avec de la soude, il se partage en tungstène métallique et en acide tungstique. Cet oxide acquiert un éclat métallique blanc quand on le frotte avec le polissoir; chauffé à l'air, il prend feu beaucoup avant de devenir rouge, et il passe à l'état d'acide en absorbant huit parties d'oxygène pour cent. C'est M. Berzelius qui a découvert l'oxide de tungstène; il l'a obtenu en chauffant l'acide tungstique dans du gaz hydrogène: l'acide devient d'abord parfaitement bleu, puis peu à peu d'un brun foncé. On peut l'obtenir avec un éclat métallique et une couleur de cuivre foncée, en réduisant par l'hydrogène l'acide tungstique cristallin, ou en mettant en contact un mélange d'acide tungstique et de limaille de zinc avec de l'acide muriatique. Par ce dernier moyen, l'acide tungstique commence par devenir bleu; il reprend aussi cette couleur par le contact de l'air, et il se change promptement en acide jaune.

Une chose singulière, et que je ne puis expliquer, c'est que quand on réduit par le gaz hydrogène de l'acide tungstique qui contient un peu d'alcali, c'est le métal qui se produit et non l'oxide; en lavant la masse avec de l'eau, ce métal reste pur; il est très-pesant, assez blanc, et chauffé à l'air, il prend feu et absorbe environ 25 d'oxygène sur 100.

Le tungstate neutre desoude est inaltérable par l'hydrogène; mais le tungstate acide est en partie décomposé. On prépare facilement ce dernier sel en ajoutant de l'acide tungstique au sel neutre en fusion, jusqu'à ce que les dernières portions ne se dissolvent plus.

Si l'on fait passer du gaz hydrogène sur du

tungstate de soude acide, chauffé au rouge, il prend l'éclat métallique du cuivre, et par le refroidissement sa couleur se change en un beau jaune d'or. Si l'on fait bouillir la masse avec de l'eau, puis avec de l'acide muriatique concentré, et ensuite avec une solution de potasse pure, et si on lave ensuite avec le plus grand soin, on obtient la combinaison métallique à l'état de pureté. Cette combinaison est cristallisée en cubes réguliers d'autant plus grands, que l'opération a marché plus lentement; vue par transparence, elle paraît verte comme l'or. Chauffée à l'air ou dans le gaz oxygène, elle se fond et s'entoure d'un émail blanc, soluble dans l'eau, et qui est du tungstate de soude. Elle n'est attaquée par aucun acide, pas même par l'eau régale, excepté par l'acide fluorique concentré, qui la dissout. Elle se décompose lorsqu'on la chauffe fortement dans le chlore ou lorsqu'on la fait fondre avec du soufre.

Avec le chlore il se produit du chlorure de tungstène, qui se volatilise, du chlorure de sodium et de l'acide tungstique. Ce résultat prouve que la combinaison renferme le tungstène à l'état d'oxide et non à l'état métallique. Avec le soufre elle se change en un composé desulfure de tungstène et de sodium. En analysant ce composé par le moyen de l'eau régale, j'ai trouvé que la combinaison métallique est formée de :

	Expérience.	Atomé.	Calculé.
Oxide de tungstène.	0,862.	4.	0,8781
Soude.	0,138.	1.	0,1219

Le tungstate de potasse acide ne produit pas de combinaison analogue par le gaz hydrogène,

mais l'acide tungstique se réduit tout entier à l'état métallique.

On sait, par les expériences de sir H. Davy, que la tungstène brûle dans le chlore. J'ai trouvé qu'il existe trois chlorures. On obtient le perchlorure en chauffant l'oxide de tungstène dans le chlore. Avec l'oxide brun, il se forme en même temps de l'acide tungstique : ce chlorure ressemble à l'acide borique; il se volatilise à une basse température sans se fondre; par le contact de l'air humide ou de l'eau, il se transforme, au bout de quelque temps, en acide tungstique et en acide muriatique. D'après cela, il doit être composé de

Tungstène . . . . .	0,641 . . . . .	1 at.
Chlore . . . . .	0,359 . . . . .	3 at.

Le protochlorure se forme toujours et presque sans les autres lorsqu'on chauffe le tungstène métallique dans le chlore. Il se présente sous la forme d'une masse compacte fondue, d'un rouge foncé, ayant la cassure brillante du cinabre. Il se fond facilement, et se volatilise avec ébullition; sa vapeur est d'un rouge plus foncé que le gaz nitreux, et se condense en aiguilles fines ou en flocons laineux. Il se décompose peu-à-peu dans l'eau en acide muriatique et en oxide violet; il se dissout dans les alcalis fixes avec dégagement de gaz hydrogène; il paraît être analogue à l'oxide de tungstène, et par conséquent contenir

Tungstite . . . . .	0,7521 . . . . .	1 at.
Chlore . . . . .	0,2479 . . . . .	2 at.

Le troisième chlorure de tungstène se produit ordinairement avec le premier. Il est très-fusible, cristallise en belles aiguilles transparentes et d'un beau rouge; il est plus volatil que les deux

autres; au contact de l'air, il se change instantanément en acide tungstique; jeté dans l'eau, il se boursouffle comme la chaux, s'échauffe, et se change entièrement en acide tungstique. Je n'ai fait aucune expérience pour déterminer sa composition.

36. *Sur les propriétés du TANTALE*, par J.-M. Berzélius (An. der phys. und chem. 1825. An. de ch., t. 29, p. 303.)

Lorsqu'on chauffe le fluotantalate de potasse <sup>Métal.</sup> avec du potassium, il y a ignition et l'acide tantalique se réduit. En lavant la masse avec de l'eau, il reste du tantale métallique. Ce métal est très-souvent mélangé de silicium. Pour l'avoir bien pur, il faut préparer le fluotantalate de potasse avec de l'acide tantalique, que l'on a purgé de silice en le dissolvant à l'état hydré dans l'acide fluorique, puis en traitant le fluote par l'acide sulfurique et calcinant jusqu'au rouge.

Le tantale obtenu par ce procédé est pulvérulent et noir; il prend de l'éclat sous le brunissoir et devient d'un gris de fer; il est très-mauvais conducteur de l'électricité. Lorsqu'on le chauffe à l'air, il s'allume avant de devenir rouge, brûle avec vivacité et se change en acide tantalique. Il n'est attaqué ni par l'acide muriatique ni par l'acide nitrique; l'eau régale et l'acide sulfurique en dissolvent une petite quantité; l'acide fluorique le dissout avec chaleur et dégagement de gaz hydrogène.

Chauffé dans la vapeur de soufre, le tantale <sup>Sulfure.</sup> rougit et se change en un sulfure pulvérulent, gris et d'un aspect métallique. On peut obtenir aussi ce sulfure en faisant passer de la vapeur de

sulfure de carbone sur de l'acide tantalique chauffé au rouge, il se dégage de l'acide carbonique et il n'y a pas de charbon mis à nu : alors il est grenu, brillant, et se laisse étendre sur la peau comme du talc.

Le sulfure de tantale conduit bien l'électricité. Il s'allume dans l'air à la chaleur rouge, et il résulte de sa combustion de l'acide sulfureux et une combinaison d'acide sulfurique et d'acide tantalique, dont on ne peut séparer complètement l'acide sulfurique par la chaleur que dans une atmosphère d'ammoniaque. Les acides muriatique, nitrique et fluorique sont sans action sur le sulfure de tantale ; l'eau régale le change en acides sulfurique et tantalique ; l'acide fluorique mêlé d'acide nitrique lui enlève le tantale sans brûler le soufre.

En fondant le sulfure de tantale avec de l'hydrate de potasse, on obtient une masse de couleur orange, qui est un mélange de sulfure de potassium et de tantalate de potasse ; mais dès qu'on délaie la matière dans l'eau, le sulfure de tantale se régénère.

**Chlorure.** Le tantale brûle dans le chlore avec vivacité. Il se produit un gaz d'une couleur jaune foncé qui se condense en une poudre blanche tirant sur le jaune. L'eau transforme cette poudre en acide muriatique et en acide tantalique, qui se dépose en totalité par l'ébullition.

**Cyanure.** Le chlorure de tantale, humecté avec une solution d'hydrocyanate ferruré de potasse, se colore en orange foncé et se change en cyanure de tantale et de fer. Ce cyanure devient brun par la dessiccation. Il ne se forme pas lorsqu'on verse de l'acide fluotantalique dans l'hydrocyanate fer-

ruré de potasse. Cependant M. Wollaston a remarqué que cet hydrocyanate produit un précipité jaune dans la solution d'acide tantalique par l'oxalate acide de potasse.

Pour connaître la composition de l'acide tantalique, j'ai d'abord brûlé une quantité déterminée de tantale métallique ; mais comme il contenait un peu de silicium, et que l'augmentation de poids a varié de 15 à 17 pour 100, je n'ai pu regarder le résultat que comme une approximation. J'ai ensuite grillé du sulfure parfaitement pur, et j'ai calciné le résidu dans une atmosphère d'ammoniaque, j'ai obtenu 0,89600 à 0,89743 d'acide tantalique. Enfin j'ai fait l'analyse du même sulfure en le traitant par le chlore desséché dans un appareil de verre à boules ; les deux chlorures qui se sont formés se sont dissous l'un et l'autre dans l'eau ; mais, par l'évaporation, le tantale s'est totalement séparé de la dissolution à l'état d'acide tantalique et sous la forme d'une masse gélatineuse semblable à de la silice. J'ai obtenu 0,8957 d'acide tantalique. Il résulte de ces expériences que cet acide correspond au sulfure et qu'il doit contenir 0,11513 d'oxygène.

Comme dans les minerais de tantale la quantité d'oxygène de l'acide tantalique est à la quantité d'oxygène des bases, tantôt :: 3 : 1, tantôt :: 2 : 1, et tantôt :: 1 : 1 ; que la quantité de baryte nécessaire pour saturer l'acide tantalique renferme le tiers de l'oxygène de cet acide, et qu'enfin on connaît un oxide de tantale qui contient les deux tiers de l'oxygène de l'acide tantalique, je crois qu'on doit admettre qu'il y a trois atomes d'oxygène dans cet acide, et qu'ainsi il est composé de :

Composition  
de l'acide  
tantalique.

Tantale.. 0,88487. . . 100. . . . 1 at.  
 Oxygène . 0,11513. . . 15,01 . . 3 at.  $\ddot{\text{T}}\text{a}$ .

D'après cela, le poids de l'atome de tantale est 2305,75.

Oxide de tantale.

Quand on chauffe l'acide tantalique avec du charbon, il ne perd que le tiers de l'oxygène qu'il contient, et il se change en oxide de tantale, qui doit par conséquent être composé de :

Tantale.. 0,92019. . . 100 . . . . 1 at.  
 Oxygène . 0,07981. . . 8,674. . 2 at.  $\ddot{\text{T}}\text{a}$ .

Cet oxide revient à l'état d'acide par le grillage. Il n'est attaqué ni par l'acide fluorique pur, ni par un mélange de cet acide et d'acide nitrique, même à la température de l'ébullition.

37. *Sur le CHLORURE DE TITANE*, par M. E.-S. George. (An. of philos., 1825, p. 18.)

Le titane métallique (extrait des scories de quelques hauts-fourneaux d'Angleterre) n'est pas attaqué par le chlore à la température ordinaire; mais il absorbe ce gaz à la chaleur rouge et il se forme un liquide incolore, transparent, très-lourd, qui fume dans l'air en répandant l'odeur de chlore, et qui entre en ébullition à un peu plus de 100°. Lorsqu'on mêle ce liquide avec de l'eau, il s'échauffe beaucoup; il abandonne presque instantanément la moitié du chlore qu'il renferme, et la dissolution contient de l'hydrochlorate de titane. Ce phénomène prouve que le chlorure de titane renferme un nombre d'atomes de chlore double du nombre d'atomes d'oxygène que contient l'acide titanique. J'ai trouvé le mu-

riate de titane obtenu en décomposant le perchlorure par l'eau, composé de :

Oxide de titane.. 7,00 ou Titane. 6,12.  
 Acide muriatique. 3,74 ou Chlore. 3,64.

38. *Sur la séparation de l'acide TITANIQUE DE L'OXIDE DE FER*; par M. H. Rose. (An. de ch., t. 29, p. 130.)

Jusqu'ici on n'a su séparer que très-imparfaitement l'oxide de fer de l'acide titanique, le moyen suivant m'a parfaitement réussi. On dissout les deux substances dans l'acide hydrochlorique; on étend la dissolution de beaucoup d'eau et on y ajoute une quantité suffisante d'acide tartrique: alors elle ne se trouble pas par l'ébullition, et les alcalis, non plus que les carbonates alcalins n'y forment aucun précipité; on la sursature d'ammoniaque, et on y verse ensuite de l'hydrosulfure d'ammoniaque, qui, ramenant le fer à l'état de sulfure, le précipite complètement sans qu'il se dépose la plus petite trace de titane. En évaporant la liqueur filtrée à siccité, et calcinant les sels avec le contact de l'air, l'acide titanique reste pur si la dissolution ne contient aucune matière fixe.

Cette méthode me paraît également avantageuse pour la préparation de l'acide titanique en employant des minéraux solubles dans l'acide hydrochlorique.

L'infusion de noix de galle donne un précipité de couleur orange dans les dissolutions acides d'acide titanique qui contiennent de l'acide tartrique, et un précipité verdâtre sale dans les mêmes dissolutions, auxquelles on ajoute de l'ammoniaque; mais les liqueurs restent colorées

et retiennent du titane. On ne peut par conséquent pas se servir de ce moyen de précipiter le titane comme procédé analytique; mais je crois qu'on peut l'employer pour se procurer de l'acide titanique pur avec le rutile: pour cela on fond le minéral avec du carbonate de potasse; on dissout la masse fondue dans l'acide hydrochlorique; on en sépare le fer par le moyen indiqué ci-dessus, puis on précipite le titane par l'infusion de noix de galle, etc.

Le prussiate de potasse donne un précipité vert sale avec les dissolutions titaniques purgées de fer.

39. *Sur la faculté de quelques POUDRES MÉTALLIQUES de s'enflammer spontanément dans l'air atmosphérique, à la température ordinaire; par M. G. Magnus. (An. de ch., t. 30, p. 103.)*

Lorsqu'on réduit de l'oxide de fer, de l'oxide de cobalt ou de l'oxide de nickel purs, par le gaz hydrogène, à une température très-peu supérieure à celle de l'ébullition du mercure, on obtient des métaux qui s'enflamment spontanément lorsqu'on les expose à l'air après les avoir laissés refroidir dans le gaz hydrogène. Si la réduction a eu lieu à la chaleur rouge, le phénomène d'inflammation à l'air n'a pas lieu.

Quand les mêmes oxides sont mêlés d'une petite quantité d'alumine, les métaux que l'on obtient en les réduisant par le gaz hydrogène s'enflamment spontanément à l'air, même lorsque la réduction a eu lieu à la chaleur rouge; cependant je me suis assuré, en déterminant la quantité d'oxigène dégagée, que les oxides métalliques sont seuls réduits et que l'alumine n'est pas désoxidée.

En chauffant un métal susceptible de s'enflammer à l'air, dans du gaz acide carbonique, il perd cette propriété; mais il la reprend si on le chauffe de nouveau dans le gaz hydrogène.

Cependant l'hydrogène n'est pas la cause de l'inflammabilité des métaux; car lorsqu'on chauffe de l'oxalate de fer dans un vase à cul étroit, jusqu'à décomposition de l'acide oxalique, et qu'on laisse refroidir le vase, on obtient une poudre de fer métallique, qui s'enflamme spontanément dans l'air atmosphérique. Aucun des autres métaux que j'ai essayés ne m'a présenté les mêmes phénomènes que le fer, le cobalt et le nickel.

Il résulte de ces expériences que lorsque les métaux difficilement fusibles se trouvent dans un état de division extrême, et qu'ils n'ont été agglomérés ni par ramollissement ni par adhérence, ils ont la propriété de s'enflammer spontanément à l'air. Cette propriété est due probablement à ce que ces métaux condensent à leur surface une quantité d'oxigène qui produit les conditions suffisantes à l'oxidation du métal.

L'inflammabilité du pyrophore de Homberg, que l'on prépare en chauffant au rouge un mélange d'alun et de farine, dépend probablement de la même cause; car l'inflammation n'a lieu que quand la chaleur n'a pas été assez forte pour fondre le sulfure de potassium.

Ces phénomènes ont de l'analogie avec ceux que M. Doebereiner a observés sur le platine, et avec la faculté qu'ont le silicium et le zirconium de s'oxider dans certaines circonstances que M. Berzelius a fait connaître. Peut-être pourront-ils servir aussi à découvrir les causes de la formation de l'acide nitrique dans les nitrières artificielles.

40. *Note sur l'existence du PERSULFATE DE FER ANHYDRE dans le résidu de la concentration de l'acide sulfurique du commerce, et sur la réaction de l'acide sulfurique et des sulfates de fer;* par MM. A. Bully et L.-R. Lecanu. (An. de ch., t. 30, p. 20.)

L'acide sulfurique, convenablement étendu d'eau, dissout le sulfate de fer au maximum; mais l'acide sulfurique concentré ne dissout nullement ce sel.

Le protosulfate de fer cristallisé, mis en contact avec de l'acide sulfurique à 66°, ne tarde pas à devenir blanc en perdant son eau de cristallisation; en même temps l'acide dissout une partie du sel et acquiert une très-belle couleur pourpre. L'addition d'une quantité suffisante d'eau distillée décolore la liqueur sans troubler. La même décoloration s'opère, soit par la chaleur, soit par l'addition de tous les corps qui peuvent porter le fer au maximum d'oxidation; mais alors la liqueur se trouble et elle laisse déposer un persulfate anhydre, composé de :

Peroxide de fer . . . 0,40 . . . 1 at.  
Acide sulfurique . 0,60 . . . 3 at.

Ce persulfate est éminemment propre à la préparation de l'acide sulfurique fumant, et l'on pourra probablement mettre à profit l'action tout-à-la-fois oxigénante et siccatrice que l'acide sulfurique exerce sur le sulfate de fer au minimum, pour se procurer aisément une grande quantité de persulfate anhydre, propre à la fabrication de l'acide de Nordhausen.

Le dépôt qui s'amasse au fond des alambics dans lesquels on concentre l'acide sulfurique est du sulfate de fer, et non du sulfate de plomb,

comme on le croit généralement. La petite quantité de sulfate de plomb qui se forme par la réaction de l'acide sulfurique sur les chambres de plomb reste en dissolution dans cet acide, même après qu'il a été concentré.

41. *Alliage de FONTE et de LAITON;* par R. M. Fazie. (Archiv. fur Berghau, t. 8.)

M. Fazie prétend que les alliages de fonte et de laiton ont plus de ténacité et sont plus durables que la fonte et le laiton. Il forme ces alliages en diverses proportions, selon l'usage auquel il les destine. La meilleure manière de les préparer est de verser la fonte et le laiton fondus dans le moule et de déterminer l'homogénéité du mélange liquide en le brassant convenablement.

42. *Sur les combinaisons de L'OXIDE DE COBALT avec L'AMMONIAQUE et sur l'acide COBALTIQUE;* par M. L. Gmelin. (An. of phyl., j. 1825, p. 69.)

Le protoxide de cobalt ne forme pas de combinaison avec l'ammoniaque; mais les sels de cobalt donnent, avec les sels d'ammoniaque qui renferment le même acide, des sels doubles d'un beau rouge, solubles dans l'eau et cristallisables. Lorsqu'on verse de l'ammoniaque en excès dans un sel de cobalt, on obtient un pareil sel double et de l'hydrate de protoxide de cobalt, qui se précipite en flocons bleus. Si on laisse cet hydrate dans l'ammoniaque au contact de l'air, il absorbe peu-à-peu de l'oxigène et passe à l'état d'*acide cobaltique*, et il se dissout à mesure en colorant la liqueur en brun. L'absorption de l'oxigène est de 1 atome pour 1 atome d'oxide,

d'où il suit que l'acide cobaltique renferme  $\frac{1}{2}$  atome d'oxygène de plus que l'hyperoxyde.

Les dissolutions ammoniacales d'acide cobaltique se décomposent par l'exposition à l'air; il s'en dégage de l'azote, et elles deviennent d'un rouge foncé. Il est probable que cette décomposition est due à l'absorption de l'acide carbonique.

43. *Expériences et observations additionnelles sur l'application des combinaisons électriques à la conservation du DOUBLAGE DE CUIVRE des vaisseaux et à d'autres objets; par sir H. Davy. (An. de ch., t. 29, p. 187.)*

Depuis quelques mois, j'ai fait une série de nouvelles expériences sur ce sujet, et, grâce aux soins de l'amirauté, j'ai pu conduire mes opérations sur une très-grande échelle.

Des feuilles de cuivre en contact avec du zinc, du fer ou de la fonte ont été exposées pendant plusieurs semaines au mouvement de la mer, à Portsmouth. Lorsque le protecteur métallique avait une surface de  $\frac{1}{40}$  à  $\frac{1}{150}$  de celle du cuivre, il n'y avait ni corrosion ni diminution de poids de ce dernier métal; avec de plus petites quantités, telles que  $\frac{1}{200}$  à  $\frac{1}{400}$ , le cuivre éprouvait une certaine perte de poids. La fonte est plus propre à la protection du cuivre que le zinc et le fer, et elle a encore l'avantage sur ces métaux de coûter moins cher et de durer plus long-temps: la plombagine, qui se produit à sa surface, n'altère pas sa forme et n'empêche pas son action électrique.

Ainsi que je l'avais prévu, lorsque le cuivre est rendu trop négatif par le contact d'une grande surface de métal protecteur, comme  $\frac{1}{35}$  à  $\frac{1}{80}$ , il se

recouvre de carbonate de chaux, de carbonate et d'hydrate de magnésie; et les plantes croissent sur ce dépôt; mais quand le cuivre n'est défendu que par des surfaces de fonte ou de zinc de  $\frac{1}{150}$ , il reste parfaitement clair.

De faibles solutions de sel agissent fortement sur le cuivre, et de fortes solutions, comme la saumure, ne l'attaquent pas, probablement parce qu'elles ne contiennent pas d'air.

Les solutions alcalines empêchent l'action de l'eau de mer sur le cuivre, parce qu'elles constituent ce métal dans l'état électro-négatif.

Si le cuivre, en contact avec la fonte, est placé dans un vase à moitié plein d'eau de mer, et ayant ses surfaces partiellement au-dessus de l'eau, il se couvre de carbonates de soude, de chaux et de magnésie. Si le fer étant dans un vase, et le cuivre, formant un arc avec lui, dans un autre, on met un troisième vase rempli d'eau de mer en connexion électrique avec l'arc, au moyen de rubans d'asbeste, l'eau devient peu-à-peu moins saline, et sans doute, par la continuation du procédé, elle pourrait être rendue douce.

Mon ami, M. Pépys, a ingénieusement appliqué ces principes à la conservation du fer, en enfermant des instrumens très-tranchans dans des fourreaux doublés de zinc.

44. *Sur les combinaisons de L'ANTIMOINE avec le CHLORE et avec le SOUFRE; par M. H. Rose. (An. de ch., t. 29, p. 241.)*

On sait que l'on obtient une combinaison solide d'antimoine et de chlore, fusible à une chaleur modérée, quand on distille de l'antimoine métallique pulvérisé avec un excès de sublimé

Protochlorure.

corrosif. Cette combinaison est déliquescence et soluble dans l'acide muriatique; l'eau la transforme en acide muriatique et en un composé pulvérulent d'oxide et de chlorure d'antimoine qui est entièrement volatil; ce qui prouve qu'il ne contient ni acide antimonieux ni acide antimonique. Il suit de là que le chlorure dont il est question correspond au protoxide d'antimoine, et que par conséquent il est composé de

Antimoine. . . . . 0,5485 . . . . 1 at.  
Chlore. . . . . 0,4515 . . . . 3 at.

L'analyse m'a donné 0,5327 d'antimoine et 0,4673 de chlore. Pour faire cette analyse, j'ai dissous le chlorure dans l'eau chargée d'acide tartrique; j'ai précipité l'antimoine de la dissolution en y faisant passer un courant de gaz hydrogène sulfuré; j'ai chauffé doucement la liqueur filtrée pour chasser l'excès de ce gaz, et j'en ai précipité ensuite l'acide muriatique par le nitrate d'argent. Le sulfure d'antimoine a été fondu après avoir été desséché et décomposé ensuite par le gaz hydrogène sec: c'était le sulfure  $SbS^3$  mêlé d'une très-petite quantité de soufre.

C'est encore le protochlorure d'antimoine qui se forme lorsqu'on fait passer un courant de chlore sur le sulfure: le chlorure de soufre  $SCh^2$ , qui se produit en même temps, nage sur le chlorure d'antimoine solide: si l'on chauffe le mélange à une température suffisante seulement pour fondre le chlorure d'antimoine, celui-ci se dissout dans le chlorure de soufre, et s'en sépare par le refroidissement sous la forme de grands cristaux.

Perchlorure. Lorsqu'on chauffe l'antimoine métallique dans

le chlore gazeux sec, il brûle vivement en lançant des étincelles, et il se forme du perchlorure. Ce chlorure ressemble beaucoup à la liqueur fumante de Libavius; c'est un liquide blanc, très-volatile, d'une odeur forte et désagréable, qui répand des fumées dans l'atmosphère, et qui, exposé à l'air, attire l'humidité et se transforme en une masse blanche, dans laquelle on aperçoit des cristaux. Quand on le mêle avec de l'eau, il s'échauffe fortement, il devient laiteux et il se décompose en acide muriatique et en hydrate d'acide antimonique: il suit de là que ce chlorure contient 5 atomes de chlore et qu'il est composé de

Antimoine. . . . . 0,4215 . . . . 1 at.  
Chlore. . . . . 0,5785 . . . . 5 at.

Je l'ai analysé par le même moyen que le protochlorure et j'y ai trouvé 0,5944 de chlore; mais le chlorure d'argent était mêlé d'une quantité notable de sulfure.

Il y a trois sulfures d'antimoine qui correspondent aux trois oxides.

Le protosulfure natif est d'un gris de plomb, et se dissout sans résidu dans l'acide muriatique avec dégagement de gaz hydrogène sulfuré. On obtient le même sulfure en faisant passer de l'hydrogène sulfuré dans une dissolution quelconque qui contient l'antimoine à l'état de protoxide ou de protochlorure: il est alors d'une couleur rouge, et brunit en séchant. Le kermès, qui est rouge brunâtre, n'est autre chose non plus que le protosulfure, ainsi que M. Berzélius l'a démontré le premier.

Si l'on fond de l'acide antimonieux avec de la

Protosulfure.

Deutosulfure.

potasse, et si l'on traite la masse fondue par de l'eau aiguisée d'une suffisante quantité d'acide muriatique, on a une liqueur claire, dans laquelle le gaz hydrogène sulfuré fait un précipité de couleur orange, qui est le sulfure  $SbS_4$ ; car ce sulfure, décomposé par le gaz hydrogène sec, m'a donné :

Expériences.	Calcul.
Antimoine. 0,6655 . 1 at. . . . .	0,6673
Soufre. . . . . 0,3345 . 4 at. . . . .	0,3328

Quand on fait passer de l'hydrogène sulfuré dans une dissolution d'acide antimonieux qui contient de l'acide tartrique, il se passe des phénomènes très-remarquables que je ferai connaître dans un autre mémoire.

**Persulfure.** Le soufre doré des pharmaciens et le précipité que l'hydrogène sulfuré produit dans les dissolutions de perchlorure chargé d'acide tartrique, est le sulfure à 5 atomes de soufre, et qui, d'après le calcul, doit contenir :

Antimoine. . . . . 0,6159 . 1 at.
Soufre. . . . . 0,3841 . 5 at.

Il a une couleur orange qui ne change pas par la dessiccation.

Je l'ai analysé de deux manières, 1°. en le réduisant par le gaz hydrogène sec; il ne se forme pas d'eau; 2°. en le traitant par l'eau régale, ajoutant de l'acide tartrique à la liqueur, recueillant le soufre non acidifié et dosant l'acide sulfurique par le chlorure de barium. Les résultats ont concordé avec le calcul.

**Crocus.** Le protosulfure et le protoxide d'antimoine peuvent se combiner en beaucoup de proportions: on nomme les combinaisons qui en résultent *crocus* ou *oxi-sulfures*. Le kermès mi-

néral est une combinaison de ce genre en proportion définie, et contient 1 atome d'oxide et 2 atomes de sulfure.

45. *Analyse de l'ÉMÉTIQUE*; par M. R. Phillips. (An. of phil., mars 1825, p. 372.)

Toutes les analyses de l'émétique qui ont été publiées jusqu'à ce jour sont inexactes. D'après mes expériences, ce sel contient

Bitartrate de potasse. . . . .	0,4925 . 1 at.
Protoxide d'antimoine. . . . .	0,4535 . 5 at.
Eau . . . . .	0,0740 . 3 at.

1,0000

46. *Note sur l'ACÉTATE D'ARGENT et sur l'ACÉTATE DE MERCURE*; par M. Dumas. (Bullet., phil., 1825, p. 7.)

J'ai préparé l'acétate d'argent en versant une dissolution concentrée d'acétate de soude dans une dissolution saturée de nitrate d'argent, et j'ai filtré et lavé à l'eau froide les cristaux qui se sont déposés. Cet acétate, chauffé à la lampe à alcool, se décompose à une température très-basse; il prend feu et laisse pour résidu de l'argent métallique, élastique comme une éponge. Il est composé de

	Résultat calculé.
Oxide d'argent. . . . .	0,7053 . 0,6956
Acide acétique. . . . .	0,2967 . 0,3064

il est par conséquent anhydre

L'acétate de peroxide de mercure est jaunâtre, gommeux, déliquescent, incristallisable et facile à décomposer: on l'obtient en faisant digérer à froid de l'acide acétique sur l'oxide rouge de mercure.

Acétate de  
protoxide de  
mercure.

L'acétate de protoxide de mercure se présente en cristaux d'un blanc nacré, peu solubles : on le prépare avec facilité en faisant bouillir de l'acide acétique sur du peroxide de mercure. Pour l'analyser, je l'ai traité par l'eau régale et j'ai pesé le deutochlorure qu'il a produit. Il est composé de :

	Résultat	calculé.
Protoxide de mercure.	0,8066	0,8041
Acide acétique. . . . .	0,1954	0,1959 :

il ne contient donc pas d'eau.

47. *ALLIAGES propres à recouvrir les constructions et doubler les vaisseaux* ; par M. Pope. (Montly mag., 1825, p. 249.)

Les alliages proposés par M. Pope sont composés, l'un de zinc et d'étain, et l'autre de plomb, de zinc et d'étain. Ces alliages peuvent facilement se laminer. Le premier pourra remplacer le plomb pour former les tuyaux dans lesquels on fait couler le cidre et la bière.

48. *Sur l'ALLIAGE FUSIBLE et sur une combinaison métallique réfrigérante* ; par M. Döbereiner. (Journ. de Schweigger, t. 12, p. 182.)

L'alliage composé de

Plomb. . . . .	1035	. . . . .	0,540
Etain. . . . .	590	. . . . .	0,194
Bismuth. . . . .	1420	. . . . .	0,466

est fusible à 79° R. ; il peut être considéré comme composé d'un atome de l'alliage Bi. Pb., fusible à 130 ou 135°, uni à un atome de l'alliage Bi. Sn., qui se fond à 105 ou 110° ; lors de la combinaison de ces deux alliages il se produit du froid.

Ayant mêlé ensemble 207<sup>g</sup> de plomb, 118<sup>g</sup>

d'étain, et 284<sup>g</sup> de bismuth avec 1617<sup>g</sup> de mercure à la température de 14° R., le thermomètre s'est immédiatement abaissé à — 8°.

49. *Sur un sous-CHROMATE DE PLOMB écarlate* ; par M. J. Badams. (An. of. phil., 1825, p. 303.)

M. Dulong a annoncé dans les *Annales de chimie* (t. 82, p. 292), qu'en faisant bouillir ensemble du carbonate de plomb et du chromate de potasse en excès, il se forme un sous-chromate de plomb contenant exactement le double d'oxide de plomb que le chromate ordinaire. Ce sel est d'un rouge superbe, et il est suprenant qu'on n'ait pas encore pensé à en faire usage dans la peinture. Cependant je me suis assuré qu'il est très-beau lorsqu'il est broyé avec l'huile, qu'il ne perd pas sa couleur, comme le vermillon, par son mélange avec du plomb blanc ; qu'on peut le mêler avec toutes sortes de couleurs, et qu'il n'éprouve aucun changement par une longue exposition à l'air. On peut aussi l'appliquer sur les étoffes, au moyen des mordans qui sont connus des teinturiers, en mêlant ensemble du nitrate de plomb et une dissolution alcaline de chromate de potasse ; mais il est nécessaire que la couleur soit avivée par l'immersion des étoffes dans l'eau bouillante. Le chromate rouge contient réellement deux fois autant d'oxide de plomb que le chromate ordinaire, ainsi que M. Dulong l'a annoncé. On peut le préparer en broyant ensemble un atome de chromate de plomb ordinaire, et un atome d'oxide de plomb, en ajoutant de temps en temps une petite quantité d'eau chaude.

50. *Sur une espèce particulière de combinaison*; par M. F. Wöhler. (Ann. der phis. Poggen-dorf.)

Si l'on mêle deux dissolutions concentrées de nitrate d'argent et de cyanure de mercure, on obtient, au bout de quelque temps, un dépôt de cristaux blancs, transparens, semblables à du salpêtre, très-solubles dans l'eau, dans l'alcool et dans l'acide nitrique, facilement fusibles en un liquide transparent et décomposables à une température plus élevée; ces cristaux sont composés de nitrate d'argent et de cyanure de mercure comme il suit :

	Expériences.		Calcul.
Nitrate d'argent . . . . .	0,5796 . 1 at.		0,3865
Cyanure de mercure . . . . .	0,5374 . 2 at.		0,5356
Eau . . . . .	0,0760 . 8 at.		0,0779.

Le nitrate d'argent paraît jouer le rôle d'acide à l'égard du cyanure de mercure.

Si l'on fait bouillir du cyanure d'argent avec du nitrate d'argent, il se forme une combinaison cristalline analogue à la précédente et composée atomiquement de la même manière.

Les cyanures de nickel et de zinc produisent du cyanure d'argent avec le nitrate d'argent.

Le bleu de Prusse arrosé avec du nitrate d'argent devient aussitôt blanc, et le liquide ferrugineux jaune. Si l'on chauffe, il se dégage du gaz nitreux : la dissolution contient du nitrate de fer, et le résidu est un mélange de cyanure d'argent et d'oxide de fer.

Le cyanure de plomb est aussi changé en cyanure d'argent par le nitrate d'argent.

Le cyanure jaune de cuivre, que l'on obtient en précipitant par un acide le cyanure de cuivre

et de potassium, étant arrosé avec du nitrate d'argent, donne à l'instant de l'argent métallique en paillettes brillantes; le fluide surnageant devient vert et contient du cyanure d'argent.

Le cyanure de palladium n'éprouve aucun changement de la part du nitrate d'argent.

51. *CARBURE DE PALLADIUM*; par M. Wöhler. (Compte rendu par M. Berzelius, 1825.)

Quand on place du palladium dans la flamme d'une lampe à alcool, près de la mèche, il se recouvre d'une suie noire qui augmente continuellement; si l'on brûle cette suie, elle laisse un résidu métallique: une lame mince de palladium, chauffée de cette manière, devient promptement cassante. Il paraît que le platine partage avec le palladium cette propriété d'être attaqué par le charbon; car on remarque que quand on chauffe les creusets à la lampe, ils se recouvrent d'une poussière noire, qui laisse un résidu de platine quand on la chauffe au rouge avec le contact de l'air.

52. *ALLIAGE imitant L'OR*; par M. Hermbstädt. (Rev. encyclop., 1825, p. 900.)

On fond ensemble 16 parties de platine vierge, 7 de cuivre et une de zinc, en ayant soin de recouvrir le mélange de charbon. On obtient un alliage homogène qui a la même couleur et la même densité que l'or, et qui est aussi ductile.

53. *Note sur quelques faits relatifs à l'action des MÉTAUX sur les GAZ INFLAMMABLES*; par MM. A. de la Rive et F. Marcet. (Mém. de la S. de Genève, t. 2, p. 241.)

La meilleure manière d'obtenir ces métaux dans l'état le plus propre à produire l'inflammation des gaz est, ainsi que l'a observé M. Pleischl, d'imbibber une feuille de papier joseph d'une dissolution métallique, et de la faire sécher, à trois reprises, et de la brûler ensuite.

Le platine cesse de devenir rouge dans le courant d'hydrogène à la température de  $20^{\circ}$ . Il en est de même du palladium. L'or ne devient incandescent qu'à  $50^{\circ}$ , l'argent exige une température de  $120$  à  $130^{\circ}$ .

Le gaz oléfiant et le gaz hydrogène sulfuré rendent le platine incandescent, lorsque ce métal a une température initiale d'au moins  $100^{\circ}$ ; avec le gaz oxide de carbone, l'incandescence du platine n'a lieu qu'à  $80^{\circ}$  et celle du palladium à  $120^{\circ}$ .

Il semble résulter des expériences qui ont été faites : 1<sup>o</sup>. que les métaux jouissent tous, mais à des températures différentes, de la propriété d'opérer la combinaison des élémens gazeux dans lesquels ils se trouvent placés; 2<sup>o</sup>. que l'incandescence est due à la chaleur abandonnée par les élémens gazeux contractés pour se combiner; 3<sup>o</sup>. et que l'état de ténuité ou de porosité du métal influe considérablement sur cette propriété.

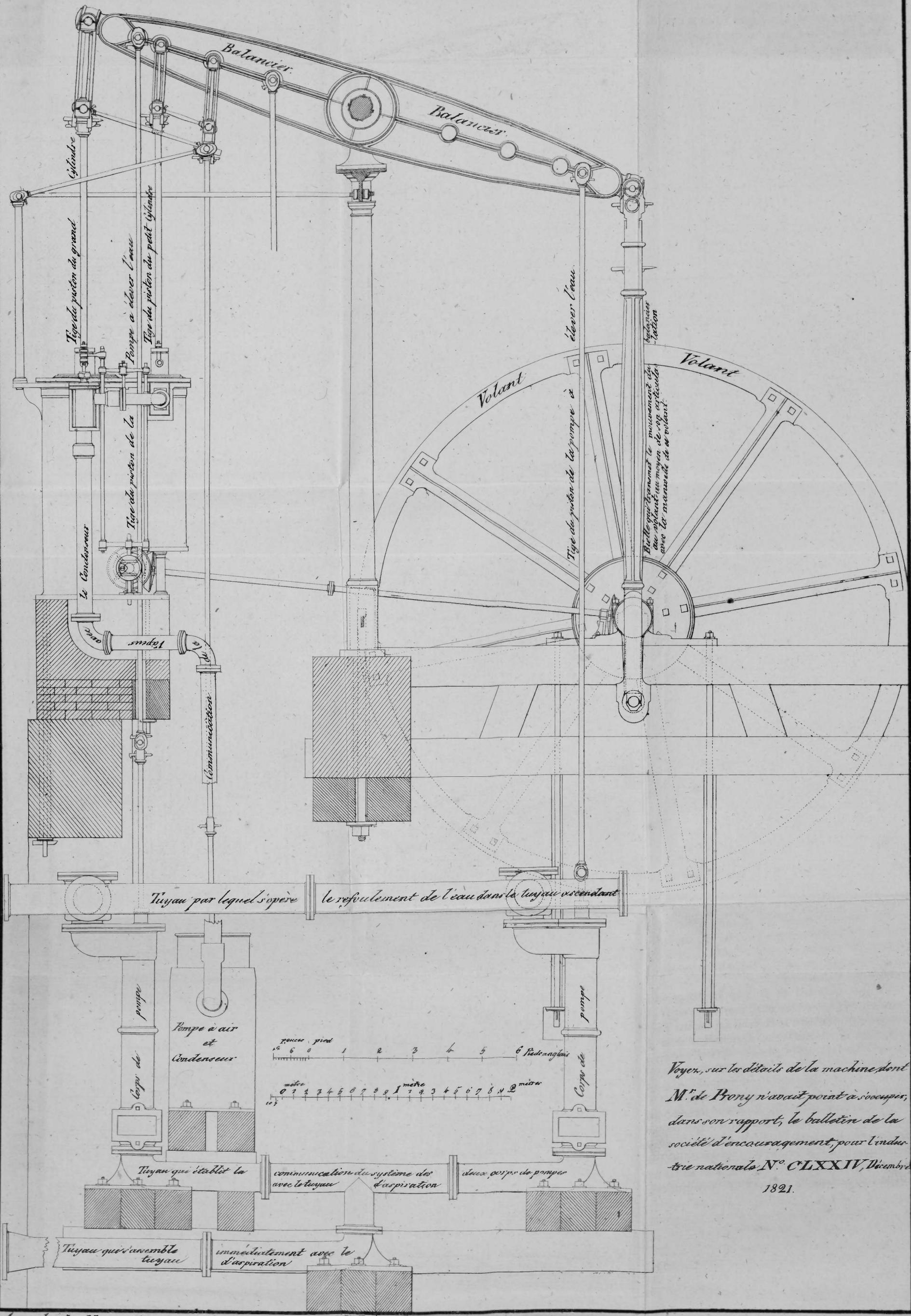
rds.



*Voyez, sur les détails de la machine, dont M. de Prony n'avait point à s'occuper, dans son rapport, le bulletin de la société d'encouragement, pour l'industrie nationale N.º CLXXIV, Décembre*

1821.

# Machine à vapeur de M<sup>r</sup> Edwards.



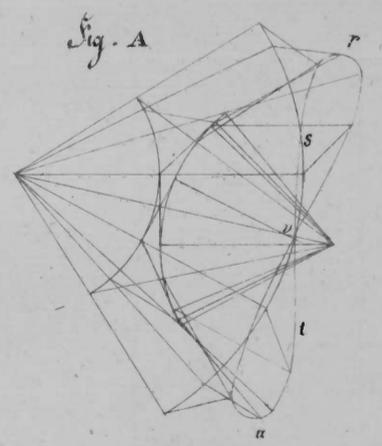
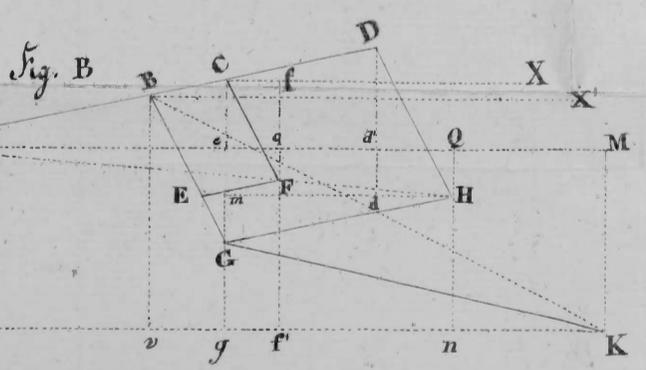
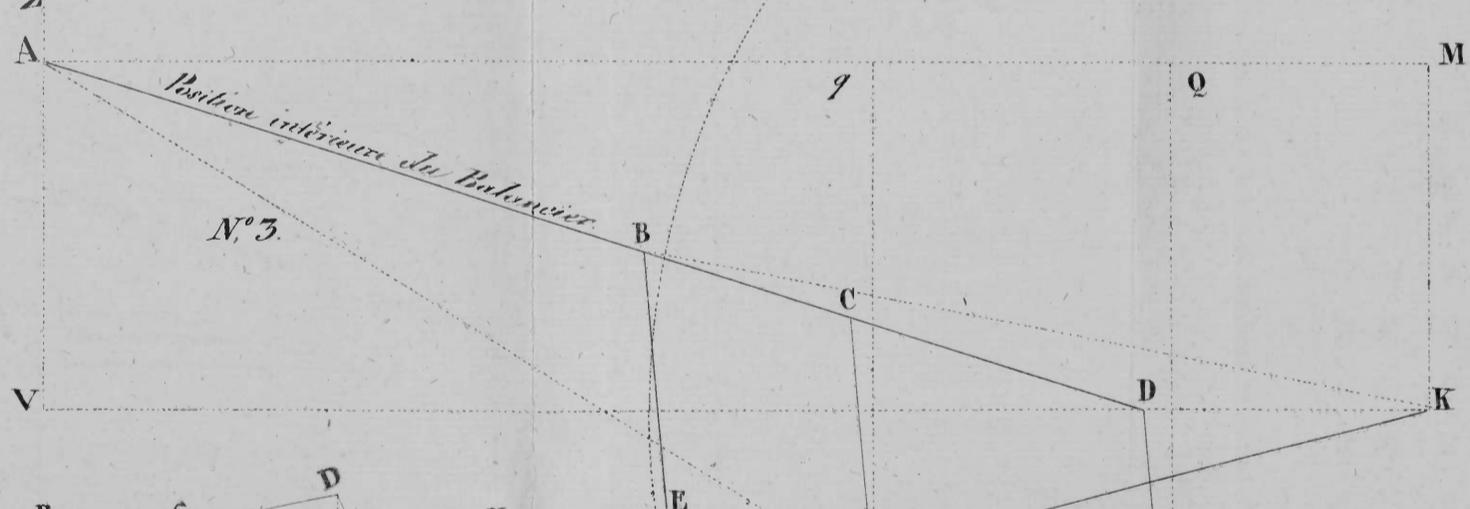
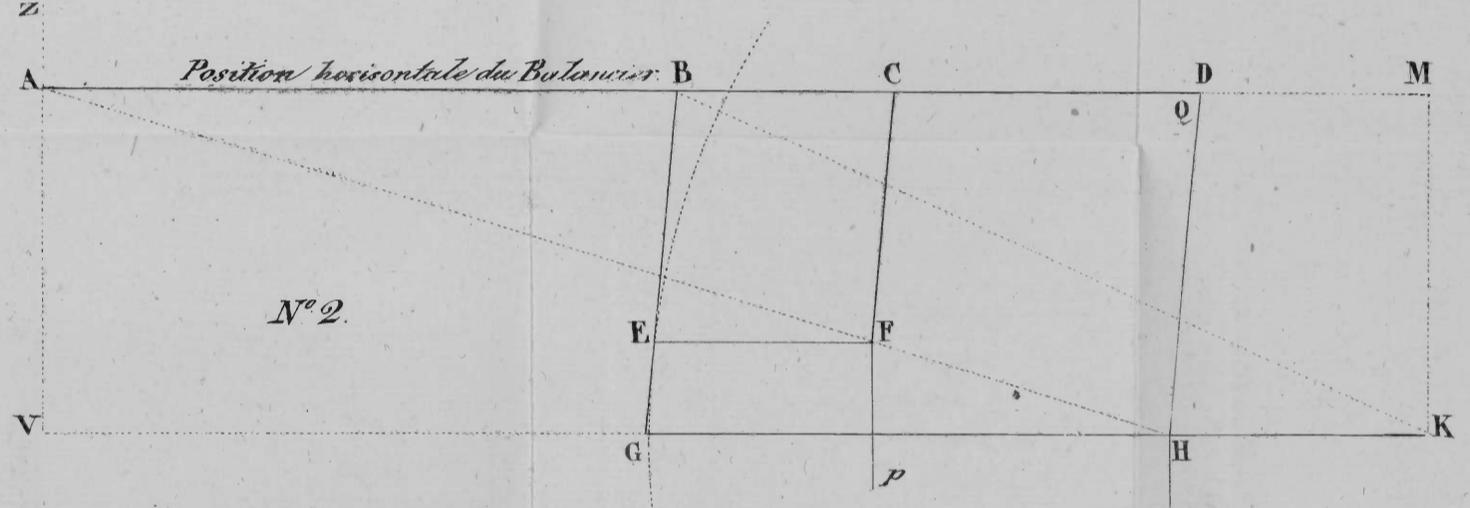
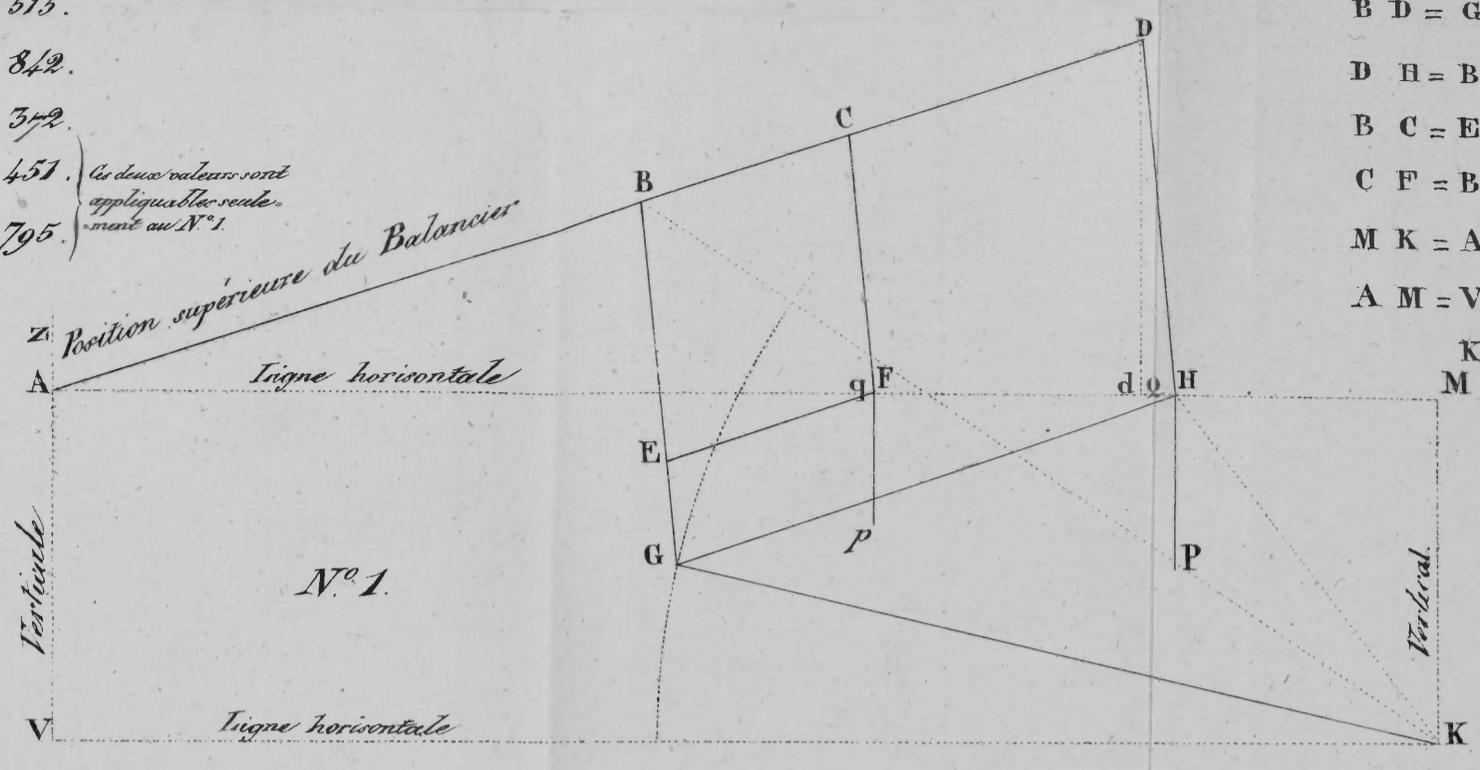
Voyez, sur les détails de la machine, dont M<sup>r</sup> de Bony n'avait point à s'occuper, dans son rapport, le bulletin de la société d'encouragement, pour l'industrie nationale N<sup>o</sup> CLXXIV, Décembre 1821.

# Parallélogramme de la Machine de M<sup>r</sup> Edwards.

- A D = 2, 515.
- A C = 1, 842.
- A B = 1, 342.
- A H = 2, 451.
- A F = 1, 795.

(Les deux valeurs sont applicables seules au N<sup>o</sup> 1.)

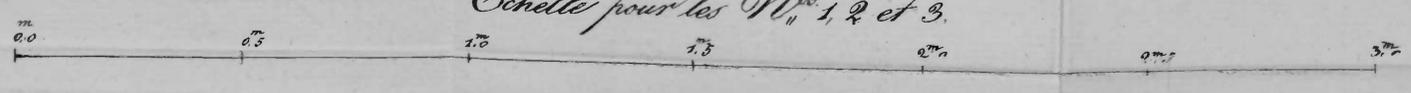
- B D = G H = 1, 143
- D H = B G = 0, 762
- B C = E F = 0, 470
- C F = B E = 0, 558
- M K = A V = 0, 760.
- A M = V K = 3, 022.
- K G = 1, 712.

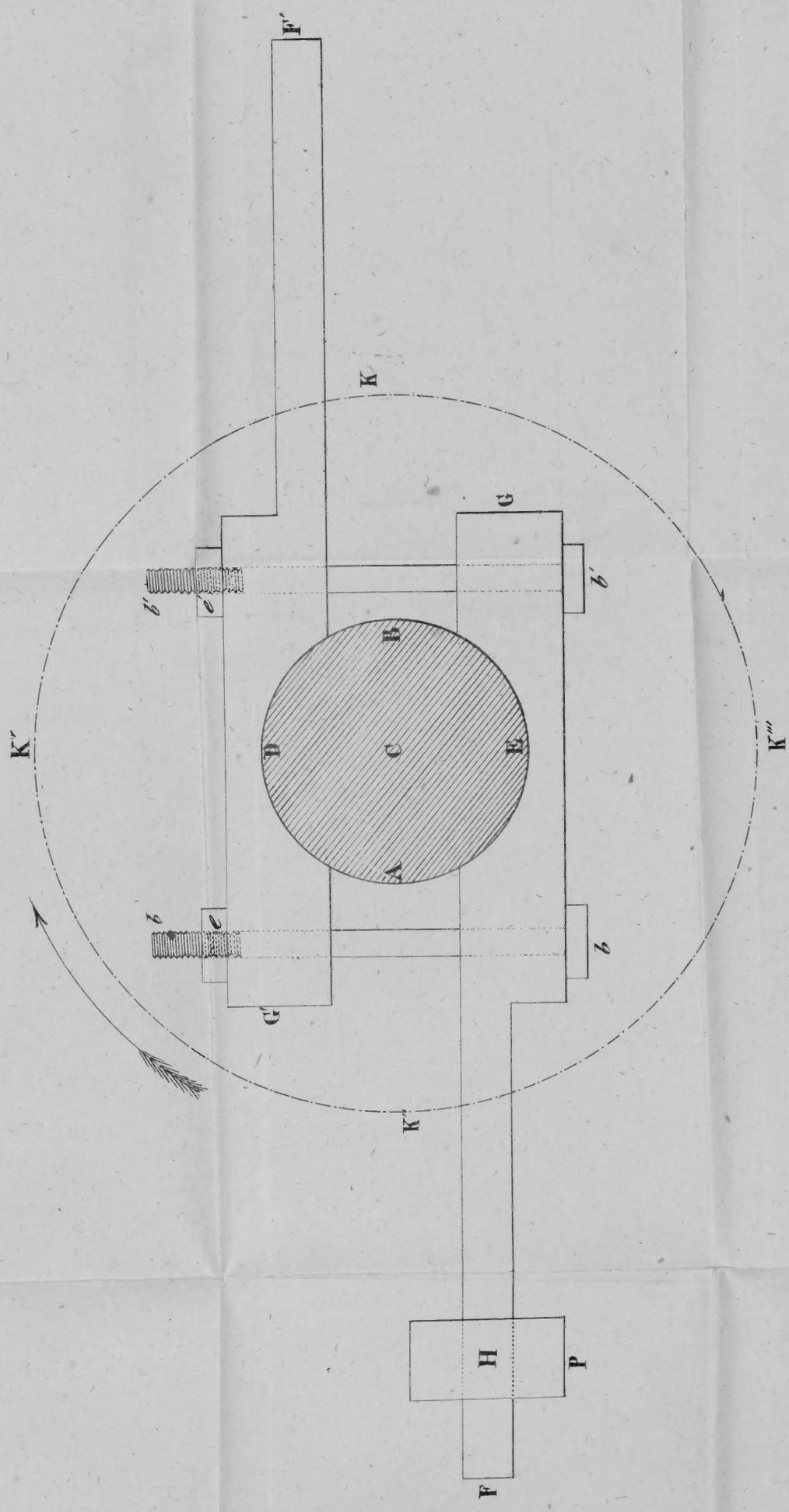


A ..... Axe du balancier; A M horizontale passant par cet axe  
 A B C D... Balancier  
 B D H G... Grand parallélogramme  
 H P..... Tige du piston du grand cylindre à vapeur  
 B C F E Petit parallélogramme  
 F p..... Tige du piston du petit cylindre à vapeur  
 K..... Centre fixe autour duquel tourne l'articulation G du grand parallélogramme  
 K G..... Rayon de l'arc de cercle décrit par l'articulation G du grand parallélogramme  
 H Q et F q N<sup>o</sup> 3, Courbes totales, respectives, des sommets des tiges des pistons du grand et du petit cylindre égal aux courbes des pistons, on voit, N<sup>o</sup> 1, que ces sommets de tiges ont leurs points de départ sur l'horizontale A M

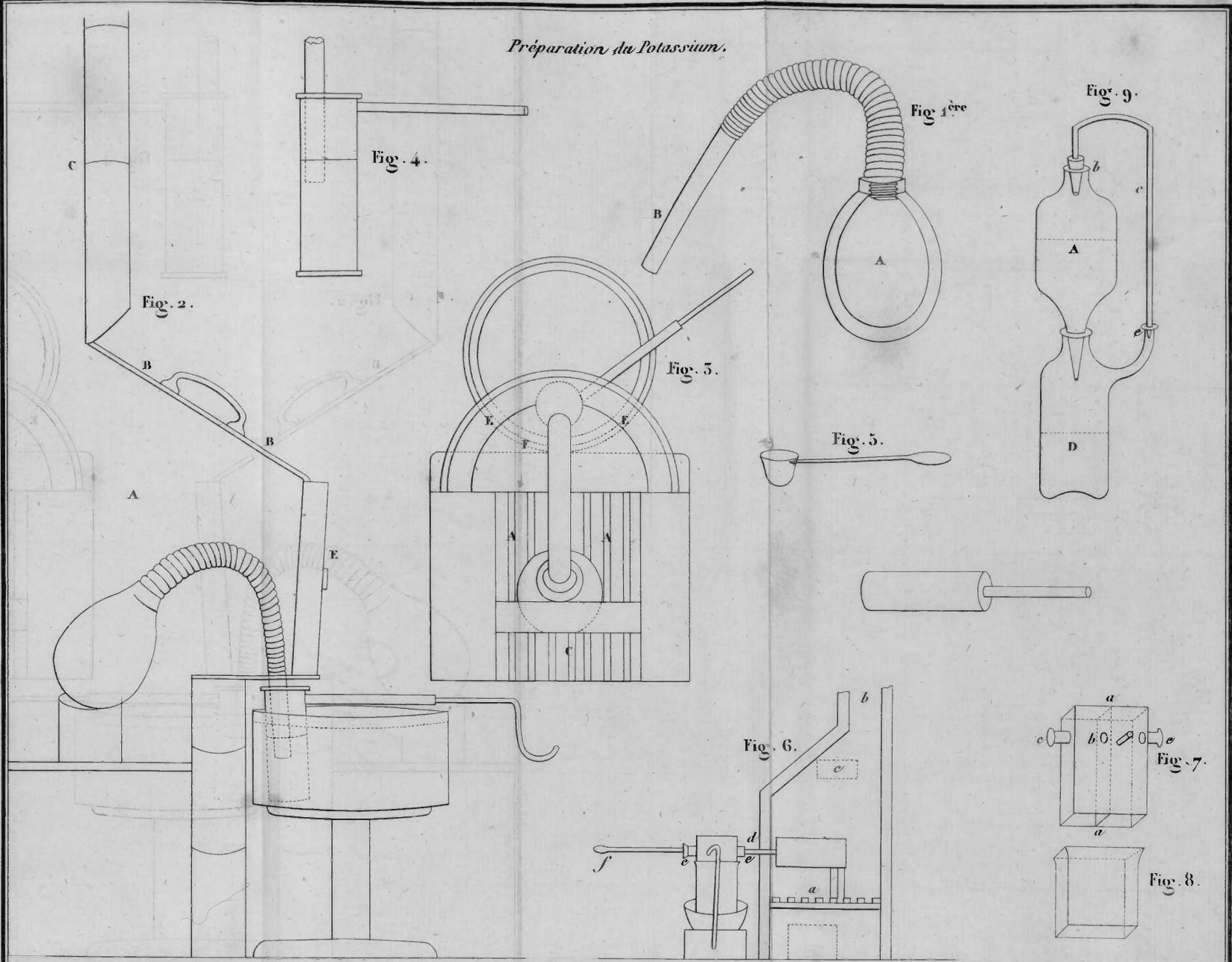
On remarquera que dans toutes les positions du balancier, les points A, F et H sont situés dans une même ligne droite. De plus l'articulation D du grand parallélogramme se trouve à la fin de la course sur l'horizontale passant par le centre fixe K; — l'horizontale A M, N<sup>o</sup> 1, se trouvant à égales distances des horizontales sur lesquelles les points K et D sont placés. (Voyez la 1<sup>re</sup> note à la suite du rapport.)

Echelle pour les N<sup>os</sup> 1, 2 et 3.





Préparation du Potassium.



## SUR UN CABESTAN

*Mis en usage par M. DE BÉTANCOURT ,  
lieutenant général au service de Rus-  
sie (1).*

( Article communiqué par MM. LAMÉ et CLAPEYRON,  
Ingénieurs au Corps royal des Mines, Lieutenans-colo-  
nels du génie au service de Russie. )

Le général de Bétancourt étant chargé de di-  
riger les travaux de construction de l'église de  
Saint-Isaac, à Pétersbourg, eut à s'occuper des  
moyens d'élever les colonnes du portique, tail-  
lées, chacune, dans une seule pièce de granit,  
sur une longueur de 56 pieds.

Le cabestan ordinaire ne lui parut pas devoir  
être employé facilement dans cette opération.  
L'usage de cette machine est en général très-in-  
commode quand il s'agit d'élever un poids; car  
étant obligé de s'arrêter souvent pour choquer  
ou relever le câble sur l'essieu du cabestan, il  
faut trouver le moyen d'assujettir le poids éle-  
vé, pour l'empêcher de rétrograder. Cet in-  
convénient s'accroît en raison du nombre de ca-

(1) Membre correspondant de l'Académie des Sciences ,  
connu en Europe par des découvertes importantes dans la  
mécanique industrielle. Cette notice a été rédigée d'après  
une description et des dessins trouvés dans ses papiers,  
après sa mort, arrivée en 1824.



bestans qui doivent servir dans une grande manœuvre.

Depuis long-temps on a senti ces défauts, et pour les éviter on a imaginé une multitude de moyens, qui, presque tous, sont sujets à des inconvéniens presque aussi grands que ceux auxquels on se proposait de remédier.

L'Académie des Sciences de France, dans l'intention de faire découvrir quelques améliorations utiles au cabestan employé dans la marine, proposa, en 1739, pour sujet du prix de mécanique, de trouver un cabestan qui eût les avantages du cabestan ordinaire sans en avoir les défauts. Aucun des mémoires présentés à l'époque fixée n'ayant rempli les vues de l'Académie, elle renouvela et doubla le prix, qu'elle partagea, l'année suivante, entre les quatre mémoires qui renfermaient les idées les plus utiles. C'est dans le quatrième de ces mémoires, dont l'auteur est M. Ludot, que le général de Bétancourt trouva le principe du cabestan qu'il a fait exécuter il y a quelques années, et qui possède tous les avantages que l'on pouvait désirer, ainsi que l'expérience l'a démontré.

Il y a beaucoup de machines fondées sur des principes simples et certains qui ne doivent leur succès qu'à la manière dont elles sont exécutées: c'est sans doute à sa mauvaise construction que le cabestan de M. Ludot doit d'être resté dans l'oubli durant quatre-vingt-cinq années. Tel qu'il était décrit, son emploi était presque impraticable, et sans les corrections nombreuses et la reconstruction presque totale que le général de Bétancourt lui a fait subir, cette machine serait encore inconnue des praticiens.

Les figures de la planche ci-jointe (Pl. V), et la légende suivante, donneront une idée complète de ce cabestan.

La *fig. 1* offre son élévation; il y est entièrement monté, avec sa corde et ses leviers. La *fig. 2* représente ce même cabestan dépourvu de sa corde et coupé par un plan vertical dont la trace horizontale est *ab* sur le plan (*fig. 3*). Enfin, la *fig. 4* donne la forme de la tête du cabestan, dans laquelle s'ajustent les leviers. Les mêmes lettres se correspondent dans toutes les figures; elles signifient :

A, l'axe du cabestan; il est en fer forgé, et a 5 pouces de diamètre. Sur cet arbre sont fixées deux rondelles cylindriques *c* et *d*, de 8 pouces de diamètre; celle *d* de la partie inférieure est en fer fondu, et forme une seule pièce avec la roue dentée *e*.

B, C sont deux cylindres creux en fonte, dans les circonférences desquels sont pratiquées des cannelures destinées à recevoir le câble. Ces cannelures sont disposées de manière que les convexités de celles d'un cylindre correspondent horizontalement aux cavités de celles de l'autre; la forme de leur coupe méridienne doit être parabolique et non circulaire, afin que la corde, venant à varier de diamètre, puisse être toujours comprimée sur les cotés sans toucher le fond.

Les axes de ces cylindres sont en fer forgé. A leurs extrémités inférieures sont fixées deux roues dentées, formant chacune une seule pièce avec une partie cylindrique qui touche la rondelle correspondante *d* de l'essieu A. On conçoit que les dents doivent excéder de presque la moitié de

leur longueur la partie cylindrique, afin de pouvoir s'engrener librement lorsque les rondelles sont en contact. La partie supérieure *Ff* de chacun des cylindres *B* et *C* est unie et du même diamètre que la rondelle inférieure; elle doit pareillement toucher la rondelle supérieure *c* de l'essieu *A*.

*D* est une poulie qui peut glisser carrément sur son axe; cet axe tourne en même temps que les cylindres *B, C*; ce mouvement lui est communiqué par la roue dentée *g*.

*F* est un levier fixé sur la charpente du cabestan, qui sert à presser la poulie *D*, au moyen de la corde *hi*, contre la partie supérieure du câble qui sort du cabestan.

Le cabestan qui vient d'être décrit a sur les cabestans ordinaires les avantages suivans : 1°. son mouvement est continu, et l'on n'est jamais obligé de choquer, propriété qui est très-importante quand il s'agit d'élever un poids; 2°. la corde se trouve toujours à la même place, et la partie de cette corde qui s'attache à la résistance est toujours dans la partie la plus basse du cabestan, ce qui facilite les moyens de le fixer, et permet aux hommes appliqués aux leviers de passer sur la corde sans interrompre leur action; 3°. le frottement est moindre, parce que le rapport entre la puissance et la résistance étant indépendant des dimensions des cylindres *B* et *C*, on peut à volonté augmenter leur diamètre et diminuer celui de leurs tourillons; 4°. la corde ne changeant pas de place, et pouvant ne faire autour des cylindres que quatre à cinq tours tout au plus, même pour élever les plus grands poids, les cylindres peuvent être très-

courts : c'est ce qui permet de placer les leviers à la hauteur la plus favorable à l'action des hommes.

Ce cabestan est employé utilement dans plusieurs établissemens, et notamment dans une corderie à Saint-Petersbourg, pour faire mouvoir une corde sans fin; on l'emploie avec succès pour remonter les barques à l'aide d'une corde attachée à un point fixe; ce genre de navigation est en usage sur le Volga. Ce cabestan pourrait être employé avec avantage dans l'exploitation des mines, pour le transport et l'élévation des minerais.

---

#### *Note des Rédacteurs.*

Le cabestan qui précède est construit évidemment sur les mêmes principes que celui qui est connu en France, depuis long-temps, sous le nom de *cabestan Cardinet*. Il en diffère par ses engrenages et ses cannelures, qu'on trouve aussi dans le cabestan de *Ludot*, et que *Cardinet* a supprimés.

Le cabestan de *Cardinet* a été éprouvé, à Paris, il y a plus de trente ans, avec un succès complet, pour le hallage des bateaux, et il a réuni alors les suffrages de *MM.* de *Borda* et de *Lagrange*, qui avaient été chargés de l'examiner et d'en faire leur rapport au Bureau de consultation des arts et métiers.

*Brisson* a donné une description de cette machine dans son *Traité de Physique*.

---

*NOTE de M. BAILLET, Inspecteur divisionnaire au Corps royal des Mines, sur des couteaux ou lames de silex, trouvés près de Douay, Département du Nord.*

M. Baillet a mis sous les yeux de la Société Philomatique deux couteaux ou lames de silex qu'on a trouvés vers 1822, auprès de Douay, en creusant les fondations d'un mur.

Lorsque ces couteaux ont été découverts, ils faisaient, dit-on, partie d'un amas ou magasin de 600 couteaux semblables, qui ont alors été dispersés, et dont la plupart ont été employés comme pierres à briquet.

Ces couteaux sont sur-tout remarquables par leur forme arquée, et par leur peu d'épaisseur relativement à leur longueur.

Le plus grand des deux est tranchant sur ses deux bords, et l'un de ces bords offre plusieurs brèches récentes, qui paraissent devoir être attribuées au choc de quelques coups de briquet.

Un de ses extrémités est pointue, et l'autre présente, sur la face intérieure, un renflement ou une légère protubérance, qui semble annoncer que la lame a reçu par cette extrémité un choc, qui l'a séparée d'un bloc dont la surface était courbe.

Sa longueur est de 19 centimètres; la flèche de sa courbure est de 13 millimètres; sa largeur au milieu est de 20 centimètres, et sa plus grande épaisseur n'est que de 5 millimètres; sa face intérieure est un peu convexe; sa face extérieure offre deux arêtes longitudinales comme celles qu'on remarque sur les écailles ou les *copeaux*

de silex destinés à faire des pierres à fusil, et qui indiquent que d'autres lames semblables ont été antérieurement détachées de cette surface.

L'autre couteau est aussi tranchant sur ses deux bords, mais sans aucune brèche; il n'a que 105 millimètres de longueur; la flèche de sa courbure n'est que de 5 millimètres; sa largeur est de 10 millimètres; sa plus grande épaisseur est de 4 millimètres; ses surfaces intérieure et extérieure sont semblables à celles du couteau précédent. Une de ses extrémités offre aussi un léger renflement sur la face intérieure, l'autre paraît avoir été rompue.

On ignore à quelle époque, pour quel usage et de quelle manière ces couteaux ont été fabriqués.

Quelques personnes pensent qu'ils étaient destinés pour le culte des druides ou pour les pratiques de la religion juive. D'autres croient reconnaître une analogie frappante entre ces lames et les *copeaux* de silex que les *caillouteurs* séparent par le choc du marteau, et qu'ils emploient ensuite pour façonner des pierres à fusil.

M. Baillet fait remarquer, sans émettre aucune opinion à ce sujet : 1<sup>o</sup>. que les couteaux qui étaient enfouis près de Douay paraissent fort anciens; 2<sup>o</sup>. qu'il n'existe aucune fabrique de pierres à fusil dans les environs; 3<sup>o</sup>. que la fabrication de ces sortes de pierres est très-moderne, et moins ancienne que l'invention des armes à feu, pour lesquelles on s'est d'abord servi de mèches, qu'on a remplacées ensuite par des pyrites; 4<sup>o</sup>. que les *copeaux* de silex qui servent à faire les pierres à fusil n'ont ordinairement que 7 à 8 centimètres de longueur;

5°. que, quelle qu'ait été la destination des lames de silex trouvées en 1822, il y a lieu de présumer qu'elles ont été façonnées suivant un procédé analogue à celui qu'on suit aujourd'hui dans les fabriques de pierres à fusil.

Il ajoute que dernièrement auprès d'Abbeville (où l'on a rencontré quelquefois, dans les champs, des haches et des casse-têtes antiques en silex, et où il n'y a jamais eu de fabriques de pierres à fusil), on a trouvé un fragment de silex dont la configuration a les plus grands rapports avec celle des couteaux trouvés auprès de Douay. Ce fragment, que M. Baillet a mis sous les yeux de la Société Philomatique, a une forme conoïdale; sa longueur est de 12 centimètres; sa base a 6 centimètres de diamètre; sa surface convexe est couverte de cannelures creuses, qui sont courbées suivant leur longueur, qui diminuent de largeur depuis la base jusqu'au sommet du conoïde, qui toutes présentent près de cette base une petite cavité de même forme que le renflement dont il a été parlé ci-dessus, et d'où enfin il paraît évidemment qu'on a autrefois détaché de semblables couteaux.

(Extrait du nouveau Bulletin des Sciences, par la Société Philomatique.)

---

## NOTE

### *Sur la fabrication des pouzzolanes, ou trass factices ;*

Par M. le général TREUSSART.

M. Raucourt, ingénieur des ponts et chaussées, a publié à Saint-Petersbourg, en 1822, un ouvrage sur les mortiers. Dans le chapitre 23, l'auteur a annoncé que le contact de l'air était nécessaire pour transformer par la calcination les argiles en bonnes pouzzolanes factices; il pense également que le contact de l'air est nécessaire pour la fabrication des chaux hydrauliques artificielles, provenant de chaux grasses chauffées avec une petite quantité d'argile; enfin, il pense que la magnésie et tous les oxides métalliques convenablement préparés par le feu peuvent former avec la chaux des combinaisons susceptibles de durcir dans l'eau.

Les expériences que j'ai faites sur les mortiers hydrauliques, et qui se trouvent dans le septième numéro du *Mémorial de l'officier du Génie*, ont fait voir que les oxides de fer et de manganèse ainsi que la magnésie ne donnaient à la chaux aucune propriété hydraulique, et jusqu'ici on n'a trouvé aucun oxide métallique qui puisse communiquer cette propriété.

M. Raucourt rapporte plusieurs expériences qui paraissent prouver qu'en faisant chauffer des chaux communes avec une petite quantité d'argile en contact avec l'air pour faire des chaux hydrauliques factices, le durcissement de ces chaux hydrauliques est plus prompt que lorsqu'on les chauffe sans le contact de l'air; mais cet

ingénieur n'a point examiné si la résistance des mortiers était plus grande.

M. Raucourt n'a rapporté aucune expérience pour prouver l'influence de l'air dans la fabrication des pouzzolanes artificielles; mais toutes celles que j'ai faites depuis 1820 sur cette fabrication m'ont présenté des anomalies que je n'ai pu expliquer que par l'influence de l'air atmosphérique. Je crois utile de les faire connaître, attendu qu'elles prouvent que l'air a en effet une grande influence sur la fabrication des pouzzolanes artificielles.

J'ai pris de l'argile qu'on fait venir des environs de Francfort à Strasbourg pour en faire de l'alun; cette terre, d'après l'analyse qui en a été faite par M. Berthier, ingénieur en chef des mines, contient les substances suivantes :

Silice . . . . .	0,500,
Alumine . . . . .	0,327,
Magnésie . . . . .	0,015,
Oxide de fer . . . . .	trace,
Eau . . . . .	0,160.

Sa couleur est noire; mais, en la chauffant, elle passe successivement par diverses teintes de bleu pour arriver ensuite à une couleur blanche lorsqu'elle a été fortement calcinée; j'ai pris des morceaux de cette terre de la forme et de la grosseur d'une brique moyenne, je les ai fait chauffer dans le four à alun, où les terres sont calcinées en contact avec l'air atmosphérique, et j'ai fait chauffer des mêmes terres dans un four à chaux, où la calcination a lieu sans que le contact de l'air soit à beaucoup près aussi grand, attendu que pour concentrer la chaleur on ferme la partie supérieure du four par des décombres, de manière à ne laisser passer que la

quantité d'air nécessaire pour entretenir la combustion; j'ai répété cette opération plusieurs fois, et j'ai pris dans les deux fours les morceaux qui me paraissaient, d'après leur couleur, avoir éprouvé le même degré de calcination. J'ai fait des mortiers, en prenant une partie de chaux commune et deux parties de ces argiles calcinées réduites en poudre; en examinant les expériences que j'ai faites depuis 1820, j'ai reconnu que les mortiers qui ont été faits avec les argiles de Francfort calcinées dans le four à alun où elles étaient en contact avec un courant d'air, ont durci dans l'espace de deux à trois jours, et ont supporté, au bout d'un an d'immersion dans l'eau, des poids de 192 à 263 kilogrammes avant de se rompre; tandis que ceux qui ont été faits avec les mêmes argiles calcinées dans le four à chaux, n'ont durci qu'au bout de trente jours et se sont rompus sous les faibles poids de 20 à 25 kilogrammes. Il y a même un de ces mortiers qui au bout d'un an d'immersion dans l'eau était encore très-mou; j'ai ensuite fait l'expérience suivante avec une autre argile.

J'ai pris de l'argile de Holzheim près Strasbourg: cette terre ne contient point de chaux, et elle renferme une assez grande quantité de fer; en la chauffant, on peut juger facilement du degré de calcination qu'elle a éprouvé par sa couleur, qui varie suivant qu'on l'a plus ou moins chauffée. J'ai formé deux briques de cette terre: l'une était sans addition d'aucune substance, et l'autre était mélangée avec  $\frac{25}{100}$  de chaux; j'ai ensuite fait calciner ces deux briques dans le four à chaux, en les plaçant avec les briques ordinaires et dans l'endroit où il m'a paru

qu'elles seraient le moins en contact avec l'air. J'ai ensuite pris un grand creuset de Hesse, au fond duquel j'ai fait un trou, et j'y ai placé de l'argile de Holzheim sans aucun mélange et de la même argile mélangée comme ci-dessus avec  $\frac{2}{100}$  de chaux; les morceaux de cette argile étaient de la grosseur d'une noix et n'étaient point comprimés; j'ai séparé par une ardoise percée de trous l'argile qui contenait de la chaux de celle qui n'en contenait point: j'ai alors mis ce creuset dans un fourneau à réverbère, en plaçant le trou entre deux des barreaux du cendrier; j'ai ensuite entouré le creuset avec du charbon, et j'ai poussé le feu de manière à tenir les morceaux d'argile à un rouge cerise: on voit qu'au moyen des précautions indiquées ci-dessus, il s'est nécessairement établi un grand courant d'air dans le creuset, et que tous les morceaux d'argile ont nécessairement été calcinés au milieu de ce courant. Au bout de six heures, j'ai reconnu que cette argile avait la même couleur que celle qui avait été calcinée au four à chaux; j'ai alors cessé le feu, et après le refroidissement j'ai réduit en poudre ces morceaux d'argile calcinés et les deux briques qui avaient été chauffées au four à chaux; j'ai fait ensuite quatre caisses de mortiers, en prenant une partie de chaux commune en pâte et deux parties de ciment dont je viens de parler; j'ai mis ces mortiers dans l'eau: ils ne sont point encore rompus; mais voici le résultat que j'ai obtenu quant au durcissement.

Le mortier fait avec le ciment d'argile chauffée au four à chaux sans aucun mélange, n'a durci qu'au bout de trente jours; celui qui a été fait avec la même argile mélangée avec  $\frac{2}{100}$  de chaux,

et chauffé dans le même endroit, a durci au bout de dix-sept jours.

Le mortier fait avec la même argile, chauffée sans aucun mélange, pendant six heures, dans le creuset, au milieu d'un courant d'air, a durci dans l'espace de cinq jours au lieu de trente qu'il a fallu dans le premier cas; enfin, le mortier fait avec la même argile mélangée de  $\frac{2}{100}$  de chaux et chauffée de la même manière, a durci dans l'espace de trois jours au lieu de dix-sept qu'il avait fallu dans le cas du mélange calciné au four à chaux sans courant d'air.

Il me paraît probable que si au lieu de chauffer aussi fortement pendant si peu de temps, j'avais chauffé moins fort et plus long-temps pour amener les argiles qui étaient dans le creuset au même degré de calcination que celles qui avaient été dans le four à chaux, j'aurais obtenu un durcissement encore plus prompt, attendu que les argiles se seraient trouvées pendant plus long-temps en contact avec l'air. Je me proposais de répéter ces expériences en faisant calciner diverses argiles à un courant d'air pendant divers laps de temps: d'abord sans y rien ajouter, ensuite en les mélangeant avec différentes quantités de chaux; mais mon changement de résidence m'a fait ajourner ces expériences. Il est difficile de prévoir tout l'avantage que l'on pourra tirer des argiles calcinées pendant long-temps dans un courant d'air atmosphérique.

L'argile de Francfort, dont j'ai parlé ci-dessus, contenant beaucoup de débris de végétaux, j'avais d'abord pensé qu'ils pouvaient produire des alcalis par la calcination, et j'avais fait les deux expériences qui sont rapportées sous les numéros 42 et 43 du *Mémorial*, en calcinant des ar-

giles avec un peu de lessive de cendres. On a vu que je n'avais obtenu qu'une légère augmentation dans la résistance des mortiers, et le durcissement a été lent. Depuis cette époque, j'ai fait calciner de l'argile de Holzheim avec diverses quantités de soude et de potasse ; les mortiers qui ont été faits avec ces cimens ne sont point encore rompus ; mais le durcissement a été de plus de quinze jours : j'ai aussi fait plusieurs expériences en mélangeant la même argile avec diverses proportions de magnésie, attendu que l'argile de Francfort en contient ; mais le durcissement a été encore plus lent. Enfin, la silice qu'on ferait calciner de la même manière ne fait point avec la chaux commune des mortiers qui durcissent dans l'eau.

D'après les expériences ci-dessus, j'ai dû conclure que l'air avait une grande influence sur la calcination des argiles. M. Raucourt paraît avoir eu la même idée, mais il ne cite aucune expérience, et s'il dit, page 130 de son ouvrage : « que le contact de l'air est nécessaire pour modifier de la manière la plus favorable les oxides » que contiennent les terres, afin qu'ils puissent former, avec les chaux, de bonnes combinaisons hydrauliques », d'un autre côté, il dit, page 161 : « que l'oxigène est sans action sur les oxides terreux : d'où l'on conclut que ce gaz n'a point d'influence sur les propriétés hydrauliques des chaux. »

La terre de Francfort avec laquelle j'ai fait les expériences ci-dessus, ne contient ni fer ni chaux, et cependant, en la calcinant à un courant d'air, j'ai obtenu un durcissement dix fois plus prompt et une résistance dix fois plus grande que lorsque la calcination a eu lieu sans

un grand contact avec l'air : j'ai fait voir que la silice et la magnésie exerçaient une faible action lorsqu'on les ajoutait aux terres qu'on voulait calciner ; j'ai donc été porté à conclure que toute cette action s'exerçait sur l'alumine ; j'ai pensé qu'à une température élevée, cette substance pourrait absorber de l'oxigène, et que, dans cet état, elle était plus susceptible de se combiner, par la voie humide, avec la chaux, pour former des mortiers hydrauliques.

Pour vérifier mes conjectures à cet égard, j'ai fait calciner de l'alumine à un courant d'air et au four à chaux ; je l'ai réduite ensuite en poudre, et je l'ai mélangée avec de la chaux provenant d'un marbre blanc. Le mortier fait avec l'alumine calcinée à un courant d'air a durci beaucoup plus vite qu'avec celle qui a été calcinée au four à chaux : d'un autre côté, j'ai été à même d'observer que, dans le premier cas, l'alumine se dissolvait plus facilement dans l'acide sulfurique que lorsque la calcination avait lieu sans le contact de l'air. Je suis donc porté à penser qu'à une température élevée l'alumine contenue dans les argiles absorbe de l'oxigène ; ce qui rend les cimens qui en proviennent plus propres à se combiner avec les chaux communes par la voie humide (1).

(1) Toutes nos places du Nord, qui sont construites en briques, éprouvent des écorchemens considérables en très-peu de temps. Il serait possible que cet effet fût dû en partie à ce que la calcination des briques a lieu ordinairement sans un grand contact avec l'air. D'après les faits qui sont exposés ci-dessus, il y a évidemment une grande différence entre de l'argile calcinée avec ou sans le contact de l'air ; je serais porté à croire que si l'on faisait calciner les briques sans fermer la partie supérieure des fours autant qu'on le fait (ainsi qu'il me paraît que cela avait lieu autre-

Les expériences faites avec l'argile de Holzheim font voir que la chaux hâte le durcissement, soit que la calcination ait lieu avec ou sans le contact de l'air : cela me ferait soupçonner que dans la calcination qui a lieu sans le contact de l'air, la chaux cède une partie de son oxygène à l'alumine.

La bonté de la cendrée de Tournai me paraît tenir à ce que la houille qu'on emploie dans la cuisson de la chaux contient une assez grande quantité d'argile qui se trouve calcinée dans un grand courant d'air pendant la combustion. On aurait donc suivi à Tournai, depuis long-temps et sans s'en douter, le meilleur procédé pour fabriquer de la pouzzolane factice.

D'après ce qui a été exposé ci-dessus, je proposerai, lorsqu'on voudra faire des pouzzolanes factices, de prendre des argiles qui soient grasses au toucher et qui contiennent un peu de chaux ; on en fera des briques de moyennes dimensions, que l'on fera calciner dans un four à réverbère, construit de manière à ce qu'elles soient pendant tout le temps de la calcination en contact avec un courant d'air. Dans les pays où l'on fait de la brique, on pourra éviter la construction de ce four en faisant calciner l'argile dans les fours ordinaires, et en ayant soin de ne pas fermer la partie supérieure du four, afin d'introduire pendant la durée de la cuisson un courant d'air entre toutes les briques. Avant de faire l'opération en grand, il sera convenable de faire chauffer pendant divers laps de temps, dans un petit fourneau à ré-

fois lorsque le combustible était moins rare), elles seraient plus propres à résister à l'action de l'air; elles éprouvent actuellement une espèce de décomposition qui n'aurait peut-être plus lieu : c'est un essai qu'on pourrait faire.

verbère, une petite portion de l'argile que l'on veut employer, afin de reconnaître le degré de calcination qui est le plus convenable. On réduira en poudre très-fine les argiles calcinées à divers degrés, et on en fera des mortiers en employant une partie de chaux commune mesurée en pâte, contre deux parties ou deux parties et demie de ces cimens. On mettra ces mortiers dans des verres, et on les plongera dans l'eau après leur avoir laissé prendre à l'air une demi-consistance pendant dix ou douze heures. Si au bout de trois ou quatre jours, le durcissement est tel qu'en pressant fortement le mortier avec le pouce on n'y fait aucune impression (ainsi que cela a lieu avec la pouzzolane et le trass naturels), on peut être certain que l'on a une véritable pouzzolane factice.

Dans la fabrication en grand on doit chercher à atteindre le degré de calcination du ciment qui fait durcir la chaux commune le plus promptement possible. Ce degré sera facile à reconnaître par la couleur que prend le ciment lorsque l'argile qu'on a employée contient du fer, ainsi que cela a lieu presque toujours.

Un grand nombre d'expériences m'ont fait connaître que lorsque les mortiers faits avec de la chaux commune et de la pouzzolane factice durcissent promptement, ils présentent toujours une grande résistance. Il est à observer qu'on se sert souvent pour les mortiers, à l'air, de cimens qui n'y produisent aucune amélioration et qui coûtent cependant fort cher. L'expérience m'a fait connaître, à cet égard, que tous les cimens qui n'avaient pas la propriété de faire durcir les chaux communes dans l'eau ne produisent pas

plus d'effet dans les mortiers à l'air que si on n'y mettait que du sable ; tandis que ceux qui faisaient durcir promptement les chaux communes dans l'eau produisaient aussi à l'air d'excellens mortiers. Avant d'employer aucun ciment pour les mortiers qui doivent être exposés à l'air, on doit donc s'assurer, par le moyen que je viens d'indiquer, s'il fait durcir promptement les chaux communes dans l'eau : ces sortes de cimens sont de véritables pouzzolanes factices ; on pourra les appeler des *cimens hydrauliques*.

Dans les pays où l'on trouve des chaux hydrauliques naturelles, on doit, ainsi que je l'ai dit dans le *Mémorial*, les employer de préférence aux chaux communes, soit pour les constructions dans l'eau, soit pour celles à l'air. Pour les constructions importantes, il sera toujours prudent de mêler un peu de ciment hydraulique avec le mortier. Quant aux pays où l'on ne rencontre point de chaux hydrauliques naturelles, la suite de mes expériences me fait persister à croire qu'au lieu d'en faire artificiellement, il est préférable, tant sous le rapport de l'économie que sous celui de la résistance des mortiers, de faire directement du mortier hydraulique en employant de la chaux commune, du sable et du ciment hydraulique. A Strasbourg, une partie de chaux commune mesurée en pâte, une partie et demie de sable et une partie et demie de ciment hydraulique m'ont donné un très-bon mortier, soit pour les constructions dans l'eau soit pour celles à l'air.

## NOTICE

### *Sur un gisement de calamine dans les environs de Philippeville, province de Namur ;*

Par M. BOUESNEL, Ingénieur en chef des Mines du Royaume des Pays-Bas.

Aux environs de Philippeville, on est par tout dans le terrain de transition qui constitue la plus grande partie du sol de la province de Namur. Il y existe beaucoup de mines métalliques, mais dont malheureusement on n'a encore reconnu aucune qui fût exploitable. La ville est assise sur un plateau composé de roches de schistes argileux et de grès (grauwackes), auxquels succèdent, vers le sud, des bancs de pierre calcaire. Plus loin, paraissent de nouveau les schistes argileux et les grès ; après encore, la pierre calcaire ; puis la formation distinguée particulièrement sous le nom de terrain ardoisier.

C'est dans le calcaire bleu, près du village de Sautour, que gît la pierre calaminaire ; elle forme la masse d'un filon d'une grande épaisseur, et qui paraît avoir une étendue considérable en direction : du moins tout annonce qu'un grand nombre de cavités que l'on aperçoit de distance en distance à la superficie, dans le sens de cette direction, proviennent de fouilles faites anciennement pour se procurer du minerai. La masse est souvent mouchetée de galène à grandes facettes. Comme la partie du filon dont la tête est apparente est placée sur un coteau, l'exploitation pourrait s'en faire pendant long-temps à ciel ouvert, et plus tard, s'il était susceptible d'une

extraction abondante, d'abord une galerie d'écoulement creusée au pied de la montagne, et ensuite des machines hydrauliques mises en mouvement par le ruisseau qui coule dans le vallon, mettraient à portée d'en tirer parti à une grande profondeur.

*Caractères extérieurs de la pierre calaminaire.*—

Sa couleur est le blanc de neige et le blanc jaunâtre; elle est grenue, à petites lames éclatantes et nacrées ou tirant au mat avec des parties cellulaires; les grains à petites lames sont translucides. Elle est demi-dure; sa pesanteur spécifique est d'environ 2,8; sa râclure donne une poussière légèrement jaunâtre.

*Caractères chimiques.*— Elle fait peu d'effervescence avec les acides tant qu'elle n'a pas été réduite en poudre; au feu, elle se calcine et devient canstique.

*Analyse.*— J'ai pris un échantillon dont la pesanteur spécifique était de 2,84; je l'ai réduit en poudre fine, et j'en ai dissous 5 grammes dans de l'acide nitrique étendu d'eau; la dissolution s'est opérée avec effervescence, et la liqueur filtrée n'a donné qu'un résidu de silice, dont le poids était de 0,0125; j'ai ensuite précipité par l'hydrosulfure d'ammoniaque, et le dépôt, rassemblé de suite sur un filtre, ayant été calciné et redissous dans de l'acide muriatique mélangé d'acide nitrique, j'ai versé dans la liqueur un grand excès d'ammoniaque, qui a laissé un dépôt d'oxide rouge de fer pesant 0,05. La dissolution ammoniacale a été alors mise en ébullition, puis saturée d'acide nitro-muriatique, qui a redissous le dépôt formé par l'ébullition, et l'on a précipité par le carbonate de soude, en

faisant bouillir pour faciliter la précipitation. On a ainsi obtenu par la filtration, et en calcinant le précipité, 0,45 d'oxide de zinc; la liqueur éprouvée par l'hydro-sulfure ne se troublait plus. Ayant repris la première dissolution, qui avait été dégagée des métaux qu'elle contenait par l'hydrosulfure d'ammoniaque, et l'ayant fait évaporer pour la concentrer et en chasser l'hydrogène sulfuré, j'y ai versé de l'oxalate d'ammoniaque et j'ai obtenu un précipité, qui, calciné fortement, m'a donné 1,29 de chaux pure. Enfin, une dissolution de potasse caustique ayant été jetée dans la liqueur après la séparation de la chaux, j'ai trouvé 0,98 d'une substance floconneuse, qui était de la magnésie.

Il ne restait plus qu'à doser l'acide carbonique que l'effervescence manifestée par la dissolution avait indiqué, et j'y suis parvenu de deux manières; 1°. par la différence de poids qu'a présentée avant et après la dissolution à froid, une fiole contenant de l'acide sulfurique, dans laquelle j'ai introduit 5 grammes de minéral; et 2°. en calcinant dans un creuset de platine 10 grammes de la matière pulvérisée. Les deux méthodes m'ont conduit à une perte égale de 2,262 sur 5 grammes.

Ainsi, en rassemblant les résultats de cette analyse, la pierre calaminaire serait composée comme il suit :

Résidu insoluble ou silice.	0,25	} 100,90.
Protoxide de fer. . . . .	0,90	
Chaux. . . . .	25,80	
Magnésie. . . . .	19,60	
Oxide de zinc. . . . .	9,00	
Acide carbonique. . . . .	45,35	

L'analyse faite de la même manière d'un second échantillon, dont la pesanteur spécifique

était 2,81, et dont j'avais séparé préalablement par un triage une mouche de galène, m'a donné :

Résidu siliceux . . . .	trace.	} 100,93.
Protoxide de fer . . . .	0,90	
Chaux . . . . .	27,52	
Magnésie . . . . .	20,91	
Oxide de zinc . . . .	5,00	
Acide carbonique . . . .	46,60	

La quantité d'acide carbonique trouvée dans ces deux analyses est ce qu'il faut pour saturer séparément la chaux, la magnésie, l'oxide de zinc et le protoxide de fer, et il s'agit ici d'un double carbonate de chaux et de magnésie (1 atome de carbonate de chaux et 1 atome de carbonate de magnésie), qui est mélangé de carbonate de zinc en diverses proportions, dont la quantité varie suivant la pesanteur spécifique.

Voilà donc, dans les Pays-Bas, un exemple de gisement de calamine et de galène dans le calcaire magnésien, et ce calcaire magnésien, renfermant, comme à Comberave près de Figeac, en France, de la calamine et du plomb sulfuré qui lui sont contemporains, est en filon puissant dans le calcaire de transition; circonstance remarquable qui réunit les deux modes de gisement sous lesquels le plomb sulfuré et la calamine se trouvent ensemble en Angleterre, et doit contribuer particulièrement à faire présumer que l'époque de la formation des autres filons de plomb et de calamine de nos contrées (ceux qui sont associés au fer hydraté et à l'argile) ne peut remonter plus haut que celle de la formation du calcaire magnésien.

Il suit toujours de mes analyses de la pierre calaminaire de Sautour, qu'en la calcinant parfaitement, le premier échantillon contiendrait

après cette opération, sur 100 parties, 16,4 d'oxide de zinc, faisant 13,1 de zinc métallique, et le deuxième échantillon, dans le même cas, 9,3 d'oxide de zinc, répondant à 7,4 de zinc métallique. Ainsi, en la considérant comme une calamine, ce serait une mine très-pauvre; et, en effet, ayant fondu, à la manière d'un essai de laiton, 10 grammes du premier échantillon parfaitement calciné, mêlé avec 5 grammes de poussier de charbon et recouvert de 10 grammes de cuivre métallique en petits morceaux, j'ai obtenu seulement 10,5 grammes de fonte; c'est-à-dire que la calamine a fourni 5 pour 100 environ de zinc au cuivre.

D'après ce qu'on m'a assuré dans le temps (c'est en 1818 que j'ai visité le gîte et que j'ai analysé la matière), une fonte en grand en aurait été faite dans une usine à laiton, en la mêlant avec de la calamine ordinaire, et elle aurait rendu  $8\frac{1}{4}$  pour 100; c'est-à-dire 3 pour 100 de plus que je n'ai obtenu; mais peut-être a-t-on employé des morceaux plus riches que ceux que j'ai analysés.

*Moyen de rendre plus facile la fabrication du fil de fer. (Tech. Rep., t. 7, p. 161.)*

Un fabricant de fil de fer et d'acier a reconnu dans le cours de divers essais auxquels il s'est livré, que du fil qui avait été plongé dans une liqueur acide dont on avait élevé la température par l'immersion d'un lingot de cuivre très-échauffé, passait ensuite par les trous de la filière avec une facilité remarquable, et cela en raison de la précipitation d'une portion de cuivre de la dis-

solution sur sa surface : ce fil n'a plus besoin d'être recuit aussi souvent qu'auparavant, sans doute parce que le cuivre empêche le déchirement de la superficie du fer par la filière. En conséquence de ce fait, le fabricant continue de se servir d'une faible dissolution de cuivre pour faciliter le tirage du fil de fer et de l'acier. La légère couche de cuivre qui le recouvre est entièrement enlevée dans le dernier recuit.

*Analyse d'un fer carbonaté argileux des houillères de Fins (Allier); par M. Guillemin.*

Ce minerai est d'un gris foncé, presque noir, compacte, à cassure raboteuse. Sa pesanteur spécifique est de 3,38; il se trouve en couche régulière de 2 à 4 pouces d'épaisseur dans la principale couche de houille exploitée à Fins. Il est exempt de pyrites comme la houille qui le renferme; mais les nombreuses fissures dont il est traversé sont remplies de chaux carbonatée et d'une substance blanche particulière (pholélite).

Il est remarquable par sa grande pureté. J'y ai trouvé

Carbonate de fer . . . . .	82,00	} 99,80.
Carbonate de chaux . . . . .	2,60	
Argile . . . . .	5,80	
Houille . . . . .	8,40	
Manganèse et magnésie . . . . .	trace.	
Acide phosphorique . . . . .	point.	

Fondu sans addition dans un creuset brasqué 0,40 de fonte carboné à gros grains et 0,05 d'une scorie vitreuse, transparente et incolore.

## NOTICE

### *Sur les mines et usines à zinc de la Silésie supérieure ;*

Par M. MANÈS, Ingénieur au Corps royal des Mines.

#### *I. Gisement et exploitation des minerais.*

Le dépôt des calamines de la Silésie supérieure forme, au sud de Tarnowitz, une suite de bassins qui s'étendent de l'ouest à l'est sur une longueur de deux lieues, et une largeur d'une demi-lieue de Stollarzowitz à Scharlin.

Ces bassins sont situés sur le calcaire vieux, la plupart sur la pente des collines, d'où ils s'étendent quelquefois jusque dans la vallée. Les plus considérables n'ont pas au-delà de 100 toises carrées, et une profondeur moyenne de 2 à 10 toises. Sur le Trockenberg, on a plusieurs bassins de cette nature, qui sont séparés les uns des autres par des élévations de calcaire vieux, ou par ces nids de fer qui sont contemporains à la calamine.

Ces bassins sont composés d'une argile-glaise jaune ou brune, dans laquelle la calamine est disposée en veines ou disséminée en parties irrégulières. Le plus souvent cette calamine est compacte, d'un jaune sale, gris clair ou même blanche; c'est ce qu'on nomme la calamine blanche; elle forme alors des veines qui varient de puissance de  $\frac{1}{4}$  pouce à 2 toises sur de très-petites distances, ou même qui disparaissent entière-

(1) Les mesures dont on se sert ici sont les mêmes que celles employées dans la *Notice sur la couche de galène argentifère de Tarnowitz*, page 101.

Etendue  
des dépôts  
calaminai-  
res.

Nature de  
ces dépôts.

ment. Quelquefois elle remplit les fentes du calcaire, d'autres fois elle imprègne ce dernier, et forme la roche nommée Sucharre.

Dans d'autres lieux, comme à Scharley, on a, sur la couche de calamine blanche, une couche de calamine rouge, séparée de la première par un banc d'argile rouge brun. Cette couche de calamine est puissante de  $\frac{1}{8}$  toise à 2 toises, plus compacte que la première, et divisée en fragmens irréguliers par des fentes qui sont remplies d'argile ocreuse. Elle tient en outre dans sa partie supérieure de la galène, comme on en trouve dans tous les autres dépôts de calamine. Cette galène est en quelques points assez abondante pour avoir donné lieu à quelques travaux des anciens; le plomb carbonaté blanc, et sur-tout le plomb oxidé terreux, l'accompagnent. Il ne me semble point du reste qu'on doive la considérer comme formant une seconde couche distincte.

Les dépôts calaminaires sont ordinairement recouverts par une argile compacte, de couleur gris jaunâtre ou brun rougeâtre. Cette argile forme des couches qui vont jusqu'au jour, ou que recouvrent encore plusieurs toises de terrain d'alluvion. Jamais, d'ailleurs, dans ces derniers temps, on n'a trouvé un recouvrement de roche solide. Seulement près de Scharley, on a remarqué sur d'anciennes halles des fragmens de calcaire qui devaient venir du toit calaminaire, et qui avaient beaucoup de ressemblance avec le dachgestein.

Dans la plupart des points, les dépôts de calamine sont à 4 ou 6 toises au-dessous du sol; vers l'ouest cependant on ne les trouve souvent qu'à 12 ou 16 toises du jour.

M. Smithson a prouvé que les minerais de zinc, qu'on confondait autrefois sous le nom de calamine, comprenaient deux espèces distinctes; savoir, une combinaison de zinc oxidé et de silice ou silicate de zinc, et une combinaison de zinc oxidé et d'acide carbonique ou carbonate de zinc. Les minerais qu'on rencontre dans les mines de Tarnowitz rentrent tous dans cette deuxième espèce. M. Karsten dit, cependant, qu'on y trouve aussi, mais rarement, du zinc silicaté.

La calamine blanche ordinaire est un carbonate de zinc, contenant toujours quelques parties ferrugineuses, par lesquelles elle passe à la calamine rouge, qui n'est autre chose qu'un carbonate de zinc mélangé de fer oxidé hydraté.

La calamine blanche a une couleur blanc grisâtre ou jaunâtre; elle se trouve compacte ou concrétionnée; sa cassure est le plus souvent unie; son éclat mat; sa pesanteur spécifique entre 3,5 et 4.

M. John, de Berlin, qui a analysé deux variétés de cette espèce; savoir, l'une de Tarnowitz, et l'autre de Rudipickar, a trouvé les résultats suivans :

	Tarnowitz.	Rudipikar.
Zinc oxidé.....	60,17 . . . . .	53,50
Acide carbonique . . . . .	29,25 . . . . .	25,00
Eau . . . . .	1,08 . . . . .	2,50
Silice, oxide de fer et chaux avec trace d'oxide de zinc.	9,50 . . . . .	19,00
Total. 100 »		100 »
Zinc métallique. . . . .	47,53 . . . . .	42,26

M. Karsten, qui a analysé aussi deux variétés de calamine blanche venant des mines de Scharley et de Gustave, a trouvé les compositions suivantes :

	Scharley.	Gustave.
Acide carbonique. . . . .	30,71 . . . . .	29,76
Eau. . . . .	0,57 . . . . .	1,30
Oxide de zinc. . . . .	56,33 . . . . .	53,25
Oxidule de fer. . . . .	1,85 . . . . .	3,45
Oxidule de manganèse. . . . .	0,50 . . . . .	0,66
Silice. . . . .	9,36 . . . . .	11,25
Chaux. . . . .	0,10 . . . . .	0,03
Oxide de cadmium. . . . .	0,25 . . . . .	0,09
Total. . . . .	99,67	99,79

Composition  
de la calami-  
ne rouge.

La calamine rouge a une couleur rouge de brique, rouge brunâtre ou jaune d'ocre; elle est compacte ou terreuse; sa cassure est unie; son grain mat; sa pesanteur spécifique entre 4 et 4,33. MM. John et Karsten ont soumis chacun à l'analyse deux variétés de cette espèce, et ils ont trouvé les compositions suivantes :

1°. M. John.	Calamine de Rudipickar.	De Beuthen.
Zinc oxidé . . . . .	39,00 . . . . .	35,00
Acide carbonique. } . . . . .	15,00 . . . . .	24,37
Eau. . . . .		10,63
Parties non dissoutes : silice, chaux, fer et manganèse oxidés. . . . .	46,00 . . . . .	30 »
Total. . . . .	100 »	100 »
Zinc métallique. . . . .	30,81 . . . . .	27,65

1°. M. Karsten.	Calamine de Scharley.	De Michowitz.
Acide carbonique. . . . .	27,41 . . . . .	} 25,10
Eau. . . . .	3,64 . . . . .	
Oxide de zinc. . . . .	44,50 . . . . .	27,30
Oxidule de manganèse. . . . .	1,66 . . . . .	» »
Oxide de manganèse. . . . .	» » . . . . .	1,75
Oxidule de fer. . . . .	3,27 . . . . .	» »
Oxide de fer. . . . .	13,25 . . . . .	34,56
Silice. . . . .	0,66 . . . . .	0,83
Alumine. . . . .	3,58 . . . . .	0,40
Total. . . . .	97,97	99,94

La première des variétés analysées par M. Karsten était rouge jaunâtre, et avait un aspect spathique; c'est, comme on voit, une combinaison des trois carbonates de zinc, d'oxidule de fer et d'oxidule de manganèse, laquelle est mélangée de fer oxidé. La deuxième variété, qui était rouge, et avait tout l'aspect d'un fer oxidé argileux compacte, est au contraire un mélange de carbonate de zinc et de fer oxidé.

L'exploitation des mines de calamine de la Haute-Silésie commença vers l'an 1674. En 1704 on les concéda à une Société particulière, qui les exploita jusqu'en 1805 par un système de petits puits, du bas desquels on menait quelques galeries dans les points les plus riches; enfin à cette époque elles furent reprises par le souverain, qui donna aux travaux toute la régularité dont ils sont susceptibles.

On commence par reconnaître la couche au moyen d'un grand nombre de puits qu'on forme sur elle à peu de distance les uns des autres, et du fond desquels on mène des galeries de recherche, qu'on pousse horizontalement suivant la

Exploitation  
des cala-  
mines.

direction ; et lorsqu'on s'est ainsi assuré qu'elle est exploitable, on y dispose les travaux de la manière qui paraît la plus convenable pour la sûreté et l'économie. On doit, dans tous les cas, ne pas préparer un trop vaste champ d'exploitation ; car alors la grande poussée des terres obligerait à des frais considérables de boisage.

Le mode d'exploitation doit être tel qu'en donnant la plus grande sûreté, il use le moins de bois possible, et permette encore de retirer la plus grande partie de ces bois. Le plus avantageux et le moins dangereux est celui par galeries qui embrassent la partie de la couche déjà préparée. Voici d'ailleurs comment on conduit le travail.

1°. Lorsque la couche est peu puissante, on exploite par galeries parallèles d'une demi-toise de largeur, entre lesquelles on laisse des piliers d'une toise. Lorsque ces galeries ont atteint leur extrémité, on les laisse écrouler en enlevant les boisages à partir du fond, et en gagnant à fur et à mesure la partie laissée en piliers. Ce moyen a été employé avec avantage dans une mine du Trockenberg, où la couche avait seulement 10 à 12 pouces de puissance, et dont le toit était solide.

2°. Dans une couche un peu puissante, on exploite par une suite de galeries parallèles, adossées les unes aux autres, qu'on perce successivement. Lorsqu'une d'elles a atteint son extrémité, avant de commencer la suivante, on enlève ordinairement de la dernière tout le bois possible, et on le remplace par des remblais. La largeur à donner à ces galeries dépend de la solidité des roches ; elle varie de  $\frac{1}{2}$  à 2 toises.

3°. Enfin lorsque la couche est plus puissante, on exploite par étages, en commençant par les plus inférieurs, et plaçant les galeries immédiatement les unes au-dessus des autres. C'est ainsi qu'à Scharley on exploite par deux étages la couche qu'on a divisée successivement en carrés de 10 toises, et dont chaque carré est ensuite exploité par galeries parallèles, comme ci-dessus.

Comme les dépôts de calamine ont principalement l'argile pour gangue, le percement des galeries n'est ni difficile ni coûteux. Il se fait toujours au pic et à la pioche, et une toise d'avancement coûte rarement au-delà de 1 à 1  $\frac{1}{2}$  écu, lorsque le travail se fait à prix fait. Dans le cas cependant où on trouve des eaux abondantes ou des milieux mouvans, le travail est plus cher.

Le percement des galeries qui fournissent de la calamine se paye d'après la quantité de minerai extrait ; on donne pour une tonne de 1  $\frac{1}{3}$  pied cube à extraire et à conduire sur la halde, de 6 liards à 2 gros. Quand la tonne de calamine ne peut être extraite pour 2 gros, c'est que la couche est trop pauvre : alors on paye les ouvriers par toise carrée, et pour les rendre attentifs à ne pas perdre de minerai, on leur donne pour chaque tonne qu'ils rapportent, une récompense de  $\frac{1}{2}$  à 1 gros.

Les mineurs séparent dans la mine la calamine d'avec le calcaire ; ils enlèvent aussi à la première la plus grande partie de l'argile qu'elle retient. Le roulage intérieur du minerai trié se fait ensuite à l'aide de brouettes ou de paniers, tandis que son élévation au jour se fait par les puits, à l'aide de treuils, ou par les galeries principales avec des brouettes.

Roulage des  
minerais.

Epuisement  
des eaux.

Lorsque les eaux ne sont pas très-abondantes, on les élève au jour à l'aide de tonnes qui ont environ  $2\frac{1}{3}$  pieds cubes; lorsqu'elles sont plus fortes, on s'en débarrasse à l'aide de pompes à bras; enfin à Scharley, où elles sont très-considérables, on a pris le parti de les conduire à un puits de 12 toises, et de les élever à l'aide d'une petite machine à vapeur de 24 pouces.

Exposition  
des calami-  
nes à l'air.

La calamine qui sort de la mine contient encore beaucoup de parties argileuses qui nuisent à la distillation, et dont on la sépare par une exposition prolongée à l'air. On la dispose pour cet effet en petits tas de quelques quintaux; on la retourne de temps en temps, et l'argile ne tarde pas à se déliter. Alors on trie de nouveau cette calamine, et on la casse en morceaux de la grosseur d'un œuf de pigeon. Le déchet, qui contient encore quelques petites parties de calamine, est passé sur une claie, et le plus gros trié à la main. La calamine rouge, qui contient proportionnellement moins d'argile, exige seulement trois mois d'exposition à l'air, et perd environ quinze pour cent dans cette préparation. La calamine blanche, au contraire, exige neuf à douze mois d'exposition, et perd au moins cinquante pour cent.

Pour la préparation d'un quintal de calamine, on donne ordinairement de 1 à 3 liards aux ouvriers; tandis que, par quintal retiré des déchets, ils reçoivent encore  $9\frac{2}{3}$  liards.

Résultats  
généraux.

La Silésie supérieure compte maintenant cinq mines de calamine, qui sont toutes exploitées par des sociétés.

De 1808 à 1825, ces mines ont livré 1,021,580 quint. (546,545<sup>q.m.</sup>) de ce minerai, en sorte que si

l'extraction eût été à-peu-près égale dans ces diverses années, on pourrait porter cette extraction annuelle à 68,000 quintaux (36,400<sup>q.m.</sup>); mais ce résultat ne donnerait qu'une idée inexacte de ce qui s'exploite aujourd'hui. Dans ces dernières années, cette exploitation a été en effet infiniment plus considérable que dans les premières, en raison du grand nombre de nouvelles usines qui se sont établies. Ainsi, en 1816, ces diverses mines ont livré ensemble 64,610 quintaux (34,566<sup>q.m.</sup>) de calamine, de la valeur de 25,694 écus (102,576 fr.), et avec un bénéfice net de 4,320 écus (17,280 fr.); tandis qu'en 1822 et 1823, la seule mine de Scharley a fourni annuellement de 180 à 200 mille quintaux (95,100 à 107,000<sup>q.m.</sup>) de calamine, qui lui est revenue en général à 2 gros le quintal (ou 0<sup>f</sup>,6 le quintal métrique), et qu'elle a livrée aux usines au prix de 10 gros, ou de 3<sup>f</sup>,10 le quintal métrique, d'où l'on voit qu'elle a fait un immense bénéfice.

## II. Fonte des Minerais (1).

La calamine retirée des mines de la Silésie supérieure fut d'abord toute calcinée sur la sole d'un four à réverbère, et envoyée en Suède et en Russie. En 1806, on commença à fabriquer du zinc avec les produits ou cadmies des hauts-fourneaux; enfin en 1808, le gouvernement prussien fit construire l'usine de Lydognia, près Königs-hütte, et on y traita pour zinc la calamine qu'on

Fonte des  
calamines.

(1) Nous avons suivi ici en plusieurs points la notice sur l'usine à zinc de Lydognia, publiée dans le n<sup>o</sup>. 1<sup>er</sup>. du livre 2 des *Archives* de Karsten.

avait jusque-là envoyée à l'étranger. Depuis ce temps, huit autres usines se sont successivement élevées, et la fabrication de ce métal est devenue pour la Silésie supérieure l'objet d'un très-grand commerce.

Nous allons exposer succinctement le mode employé ici pour retirer le zinc de la calamine.

1°. Calci-  
nation des  
calamines.

Des essais ayant prouvé que la calamine calcinée était non-seulement plus facile à distiller, mais qu'elle donnait aussi trois ou quatre pour cent de plus en zinc, et que ces avantages faisaient plus que compenser les frais de calcination, on a toujours soumis à cette opération préliminaire la calamine venant des mines.

Le fourneau dont on se sert est représenté par les figures I, II, III, Pl. 8.

*a*, est la grille qui a 3 pieds 6 pouces de longueur et 15 pouces de largeur;

*b*, la porte du foyer par où s'introduit le combustible;

*c*, le pont élevé de 12 pouces sur la sole;

*d*, l'intérieur du fourneau, dont la sole est faite de briques ordinaires;

*e*, les deux portes de travail;

*f*, le canal qui communique à la cheminée;

*g*, ouverture à la voûte du fourneau, et par laquelle on introduit la calamine;

*h*, plaques horizontales de tôle, reposant sur six barres de fer, et formant un plan uni, sur lequel on dépose la quantité de calamine nécessaire à un grillage.

Lorsque ce fourneau a été chauffé au rouge, on roule sur la plate-forme *h* 20 à 25 quintaux de calamine; un ouvrier les fait entrer ensuite dans le fourneau, pendant qu'un autre les étend

sur la sole au moyen d'un râble qu'il manœuvre par l'une des portes: alors on ferme ces portes, ainsi que l'ouverture supérieure. La calamine étant au rouge, pour exposer de nouvelles surfaces à l'effet de la chaleur, on la tourne et retourne d'heure en heure, jusqu'à ce que toute la masse ait atteint ce degré de chaleur, et que tout le gaz acide carbonique et l'humidité qu'elle contient, se soient dégagés. Ce point se reconnaît, et par la facilité avec laquelle la calamine se laisse écraser, et par la couleur qu'elle prend, laquelle doit être brune pour la calamine rouge, et rouge brunâtre pour la calamine blanche. Alors on la retire au moyen des râbles, et on charge de nouveau. Dans l'intervalle du chargement à la sortie de la calamine, on amène sur la plate-forme de nouvelle calamine pour la charge suivante, et on concasse en morceaux de la grosseur d'une noix celle qui a déjà été calcinée. De cette manière on fait quatre charges par vingt-quatre heures, c'est-à-dire qu'on calcine dans le même temps 100 quintaux de calamine brute, d'où l'on retire 60 à 65 quintaux de calamine calcinée. On brûle dans ce travail quinze boisseaux de houille, et on emploie quatre hommes, qui font deux postes de douze heures. Il résulte de là que pour obtenir un quintal métrique de calamine calcinée, il faut de 14,5 à 14<sup>m</sup>,6 de calamine brute avec environ 0,28 hectolitres de houille.

Le zinc se retire de la calamine calcinée, à l'aide du charbon, par la distillation. Cette distillation s'opère dans des mouffles de terre, qu'on place dans un four à réverbère, et qui communiquent avec un récipient placé à l'extérieur. On accole ordinairement deux fourneaux l'un à l'au-

2°. Distilla-  
tion des ca-  
lamines cal-  
cinées.

tre, et on donne le plus souvent dix moufles à chaque fourneau. Les figures V, VI et VII montrent la construction d'un de ces fourneaux, et la fig. VIII fait voir la disposition qu'on donne à ces fourneaux dans les établissemens les plus nouveaux.

Les figures V, VI et VII représentent :

*a* le cendrier qui est sous terre et qui communique au jour par un canal : c'est par ce canal qu'arrive l'air, et qu'on sort les petits morceaux de coak, dits cinder, qui tombent à travers la grille ;

*b*, la grille formée de trois barres de fer fondu, de forme triangulaire, sur lesquelles reposent les plaques de fer fondu qui supportent les parois de la chauffe ;

*c*, ouverture de la chauffe, qui va en diminuant vers l'intérieur du fourneau, et n'a là que six pouces carrés ;

*d*, foyer dont les parois, faites de briques réfractaires, sont verticales, et qui communique dans toute sa longueur avec l'intérieur du fourneau ;

*e*, forme intérieure où sont placées les moufles, et dont les parois et la voûte sont formées d'une masse composée d'une partie d'argile et de 2 à 3 parties de sable ; on forme cette voûte sur un cintre circulaire, et on lui donne huit à neuf pouces d'épaisseur : bien faite, elle peut durer trois ans ;

*f*, les moufles formées de deux parties d'argile réfractaire, et une partie d'anciennes moufles : une moufle dure ordinairement six semaines ;

*g*, plateau d'argile qui ferme la partie antérieure des moufles, et qui porte deux ouvertures,

dont l'inférieure sert à nettoyer les moufles, et la supérieure à recevoir le col du récipient ;

*h*, le col par lequel le zinc en vapeur se rend dans le récipient *i*, où il se condense ;

*k*, ouvertures pour le dégagement des fumées et de la flamme, il y en a quatre dans la voûte, et quatre dans les parois du fourneau. C'est par leur moyen que la chaleur se porte autour de chaque moufle et les chauffe également ;

*l*, les parois du fourneau qui supportent la voûte ;

La figure VIII représente une usine à zinc de quatre-vingts moufles ou de huit fourneaux accolés deux à deux :

*ff*... sont ces fourneaux ; *gg*... leurs grilles ;

*cc*, le canal principal souterrain, d'où l'on retire les cinder : il est à 6 pieds au-dessous du sol et y communique par des rampes ; on le tient d'ailleurs fermé.

*oo*, canaux transversaux, passant sous les grilles, et communiquant au jour par les canaux *aa*, qui sont ouverts à leurs extrémités : par leur moyen, un courant d'air actif anime à chaque instant le feu.

*pp*, portes d'entrée de l'usine, que l'on tient constamment fermées pour rendre aussi faibles que possible les pertes d'oxidation.

La préparation des moufles exige, comme nous avons dit, une argile réfractaire blanche. On sèche cette argile, on la bocarde, on la crible, puis on la mélange avec un tiers de vieux têts de moufles, également bocardés et criblés. Le mélange se fait à sec, puis on humecte la masse, que l'on marche et qu'on laisse reposer de huit à quinze jours ;

après quoi, on la marche encore plusieurs fois avant de l'employer. La préparation des moufles, auxquelles on donne une forme demi-elliptique est très-simple d'ailleurs; elle se fait toujours à la main: l'ouvrier forme d'abord sa base sur une planche, puis il l'élève successivement en donnant à ses parois une épaisseur de 1 à  $1\frac{1}{4}$  pouce.

La préparation des cols se fait à la main comme celle des moufles; seulement, comme il n'est pas nécessaire qu'ils soient réfractaires, on emploie une argile rouge commune qu'on mêle avec un tiers de vieux têt.

Les moufles étant sèches doivent encore être cuites et rougies avant de pouvoir être transportées dans les fourneaux de distillation. Le fourneau dont on se sert pour cette cuisson est représenté dans la *fig. IV.*

*a*, est le cendrier formé de briques ordinaires;

*b*, le foyer formé de briques réfractaires;

*c*, l'intérieur du fourneau, avec une sole de briques ordinaires;

*d*, mur de 18 pouces de hauteur, qui sépare la chauffe de la sole;

*ee*, tuyaux qui traversent les parois et servent au dégagement des fumées;

*f*, la porte par laquelle on introduit les moufles, et que l'on tient fermée par une porte mobile en fer.

Lorsqu'on entre les moufles dans ce fourneau de cuisson, on les place sur des morceaux de briques de 3 pouces de hauteur. Aussitôt qu'on les a disposées ainsi qu'on le voit dans la figure, on commence de faire sous le gril un feu faible, qu'on entretient pendant trois ou quatre jours.

Lorsque pendant ce temps la chaleur a augmenté tellement dans le fourneau qu'on ne puisse plus y tenir la main, on porte le feu sur la grille, et on le soutient de manière à produire peu-à-peu la plus grande chaleur possible; ce qui a lieu ordinairement après dix jours de l'entrée des moufles.

La sortie des moufles au rouge et leur placement dans le fourneau de distillation se fait de la manière suivante: après avoir soulevé la porte, un ouvrier pousse une barre de bois ou de fer sous les moufles, il les soulève un peu pendant qu'un second ouvrier met de côté les briques sur lesquelles elles reposaient. Alors on amène les moufles jusqu'à la porte au moyen de râbles, et on les fait glisser sur une planche plus longue qu'elles d'environ 4 pieds. Un ouvrier prend alors cette planche à l'extrémité la plus éloignée de la moufle, tandis que deux ouvriers portent l'autre extrémité au moyen d'une perche transversale; et afin que ces deux ouvriers ne souffrent pas trop des rayons de chaleur qu'envoie la moufle, on fait tenir de chaque côté par un quatrième et un cinquième ouvrier des éventails légers en bardeaux, qui empêchent aussi le trop prompt refroidissement des moufles.

C'est de cette manière qu'on change, dans le fourneau à distiller, les moufles endommagées, sans avoir besoin d'arrêter les autres moufles.

Lorsque les moufles ont été portées dans le fourneau à distiller qu'on avait préalablement chauffé, on ferme la face antérieure des moufles avec les plaques d'argile, qu'on assujettit entre leurs parois par des têtes de briques, et on recouvre les jointures d'une couche d'argile maigre.

On place ensuite les cols et leurs tuyaux, puis on commence à charger les moufles, à l'aide d'une pelle à bords élevés, qui est de largeur et hauteur à pouvoir passer par les cols.

On introduit dans chaque moufle un demi-quintal de calamine calcinée, que l'on a préalablement mélangé d'un volume égal ou environ 22 livres des petits coaks dits cinder, qui tombent sous la grille.

Le mélange de la calamine pilée grossièrement avec le cinder se fait dans des caisses séparées, qu'on place près des fourneaux. L'aide en remplit les pelles, et le maître les introduit dans le fourneau. Les charges se renouvellent toutes les vingt-quatre heures.

On chauffe à la houille; le vif courant d'air qui s'établit par les canaux souterrains occasionne une combustion rapide. La flamme ne s'étend pas seulement dans tout l'intérieur du fourneau, mais elle s'élançe encore au dehors par les ouvertures de la voûte, jusqu'à une hauteur considérable.

A la haute température produite, le zinc qui se trouve à l'état d'oxide dans la calamine, est réduit par le carbone du coak qui lui est mélangé, et conduit à l'état de vapeur par le col jusque dans le récipient, où il se condense.

Dans le commencement de l'opération, où le col des moufles est encore froid, une partie du zinc se condense dans le col même et l'obstrue; il est alors nécessaire de le nettoyer de temps en temps par l'ouverture supérieure, sans quoi les moufles creveraient bientôt. Dans le courant de l'opération, au contraire, la température s'élevant le col s'échauffe, et une partie des vapeurs de

zinc arrivant dans le récipient, brûlent avec une petite flamme verte et se convertissent en zinc oxidé blanc.

Dans cette opération de la distillation, on obtient donc dans le récipient du zinc en gouttelettes mélangé de zinc oxidé. Il reste en outre dans les moufles des résidus à demi fondus, qu'on doit retirer avant de faire une nouvelle charge. C'est ce qu'on fait au moyen d'un râble qu'on introduit par l'ouverture du bas des plaques d'argile. On rejette d'ailleurs ces résidus.

En général, 100 quintaux de calamine calcinée, répondant à 150 quintaux de calamine brute, usent 33 quintaux de coak, 522 boisseaux de houille, et donnent 48 quintaux de zinc et oxide, et 50 quintaux de résidus, ou encore le quintal métrique de zinc impur provient du traitement de 29<sup>m</sup>,08 de calamine calcinée, avec une dépense de 09<sup>m</sup>,68 de coak et de 14,22 hectolitres de houille.

Un fourneau occupe trois ouvriers, un fondeur et deux aides. Ces deux derniers se relèvent de douze en douze heures. Un fourneau de dix moufles donne 17 quintaux de zinc par semaine, et use environ 200 boisseaux de houille.

Le zinc en gouttelettes et mélangé d'oxide qu'on a obtenu de la distillation, doit être soumis à la fusion pour être purifié et coulé en formes convenables au commerce. Cette fusion s'opère dans des pots de fer, qui sont suspendus à la voûte d'un four à reverbère, et qui portent sur une plaque de fer, comme le montrent les figures IX et X.

Dans ces pots dont le diamètre et la profon-

3°. Refonte  
du zinc im-  
pur.

deur sont de 12 pouces, et qui peuvent contenir de 2 à 3 quintaux de métal, on fond par douze heures jusqu'à 15 quintaux de zinc, avec une dépense en charbon de 2 boisseaux. Lorsque la fusion s'est opérée, on puise le zinc avec une cuiller, et on le coule sur une plaque horizontale de grès. Le déchet dans cette fonte est d'environ 15 pour cent. Il est dû à l'oxide et aux matières étrangères que contient le zinc brut, comme argile, calamine et charbon. Ces crasses retiennent d'ailleurs encore 70 pour cent de zinc, et sont repassées à la distillation avec la calamine. Ainsi le quintal métrique de zinc impur rend environ 0,95 de zinc pur, avec une dépense de 0,175 hectol. de houille.

Il suit de là que les 48 quintaux de zinc et oxide provenant de la distillation de 100 quintaux de calamine calcinée produisent, à la fusion, 41 quintaux de zinc pur, plus 7 quintaux de crasses, tenant encore au moins 4 quintaux de zinc. Les 100 quintaux de calamine calcinée rendent donc environ 45 par cette méthode. Or, à la teneur moyenne de 45 pour cent les 150 quintaux de calamine brute, qui répondent à 100 quintaux de calamine calcinée, tiennent 68 : c'est donc une perte de 15 pour cent de la calamine brute, ou, en d'autres termes, la calamine brute qui tient 45 pour cent ne rend que 30 par ce procédé.

Quant à la consommation en combustible, elle est d'environ 12 boisseaux de houille par quintal de zinc retiré. En effet, les 45 quintaux provenant des 150 de calamine brute usent, pour la calcination des 150 de calamine, 22½ boisseaux ; pour la distillation des 100 quintaux de

calamine calcinée, 522 boisseaux, et pour la fonte du zinc impur, 5½ : total, 550 boisseaux ou 12 par quintal.

Il résulte aussi de ce qui précède que le quintal métrique de zinc pur provient du traitement de 39<sup>m</sup>,25 à 39<sup>m</sup>,50 de calamine brute, avec une dépense de 15 à 16 hectolitres de houille.

Les pots en fonte dont on se sert dans la fonte du zinc sont coulés aux usines à fer de la Silésie supérieure ; ils ne durent pas ordinairement au-delà de huit jours ; ils diminuent de plus en plus d'épaisseur, et le zinc qu'on en retire, retient toujours du fer, qui le rend peu propre au laminage. Pour cette raison, on avait pendant quelque temps fait la fusion du zinc brut dans des pots d'argile ; mais comme l'opération allait considérablement moins vite, qu'on dépensait plus en combustible et qu'on obtenait moins de zinc, on est bientôt revenu aux pots de fer.

L'usine de Königshütte dite Lydogna contient douze fourneaux à dix moufles ; on y traite annuellement 30,000 quintaux (16,050<sup>q</sup><sup>m</sup>.) de calamine brute, ou 20,000 quintaux (10,700<sup>q</sup><sup>m</sup>.) de calamine calcinée, qui donnent 8,400 quintaux (4,494<sup>q</sup><sup>m</sup>.) de zinc. On y traite aussi 1,200 quintaux (642<sup>q</sup><sup>m</sup>.) de débris de hauts-fourneaux, qui rendent encore environ 600 quintaux (321<sup>q</sup><sup>m</sup>.) de zinc : en sorte que la production totale annuelle est d'environ 9,000 quintaux (4,815<sup>q</sup><sup>m</sup>.)

La fabrication d'un quintal de zinc exige ici environ 3½ quintaux de calamine brute avec 12 boisseaux de houille, ou 2 quintaux de débris de hauts-fourneaux, et 16 boisseaux de houille.

Le zinc obtenu de la calamine revient à 3 écus

Résultats  
généraux.

13 gros le quintal de Silésie, ou à environ 26<sup>l</sup>,50 le quintal métrique, celui retiré des cadmies à 3 écus 20 gros ou à 28<sup>l</sup>,63. Tous ces zincs vont en grande partie vers Hambourg. On les vend au prix de 9 écus le quintal de Silésie ou d'environ 36 francs le quintal métrique, d'où il suit qu'on fait un bénéfice net considérable.

Les diverses usines à zinc de la Silésie supérieure ont produit, en 1816, 20,550 quintaux (10,994<sup>m</sup>) de zinc, de la valeur de 126,900 écus (507,600 fr.); elles ont occupé deux cent vingt-six ouvriers, et ont donné, après le remboursement des avances faites, un bénéfice net de 22,655 écus (90,620 fr.).

Les détails dans lesquels nous venons d'entrer suffiront sans doute pour prouver et l'importance des dépôts calaminaires des environs de Tarnowitz et le succès toujours croissant qu'obtient dans le commerce un métal dont l'emploi fut long-temps assez borné.

## ANALYSES

DE

## SUBSTANCES MINÉRALES.

(EXTRAITS DE JOURNAUX.)

1. *Analyse comparative de deux BITUMES ÉLASTIQUES d'Angleterre et de France*, par M. Henry fils. (Journ. de chim. médic., 1825.)

Le bitume d'Angleterre vient du Derbyshire; il est en masses brunes, légèrement translucides, d'une couleur verdâtre, vu par réfraction; il est mou et élastique; il brûle très-facilement avec une flamme blanche et en répandant une odeur bitumineuse: sa pesanteur spécifique varie de 0,90 à 1,23.

Le bitume de France ressemble au précédent; mais il est opaque: il surnage l'eau. Il a été découvert, en 1816, par M. Olivier, d'Angers, dans les mines de houille de Montrelais, à 70<sup>m</sup> de profondeur, au milieu d'une roche d'ophiolite, veinée de quartz et de chaux carbonatée.

L'analyse de ces bitumes a donné:

Bitume d'Angleterre.		Bitume de France.
Carbone.... 0,5225	} 1,0000	0,5826
Hydrogène. 0,0749		0,0489
Azote..... 0,0015		0,0010
Oxigène... 0,4011		0,3675
		} 1,0000.

2. *Note sur le SCHISTE BITUMINEUX, et sur le LIGNITE d'Ardes (Puy-de-Dôme)*, par M. Payen. (An. de chim., t. 29, page 335.)

Ce schiste a la même apparence que celui de

Menat; il est mêlé de pyrites; par la carbonisation, il devient d'un noir très-intense. Son pouvoir décolorant est un peu moindre que celui du schiste de Menat.

Le lignite donne, à la calcination, un charbon brillant et vitreux, qui contient une assez grande proportion de protosulfure de fer. Ce charbon, loin de décolorer la solution de caramel, augmente l'intensité de la couleur. Lorsqu'on le prive du protosulfure de fer par le moyen de l'acide hydrochlorique, il décolore, mais très-faiblement, et beaucoup moins que le charbon de bois.

### 3. Analyse de l'apophyllite, par M. Berzélius.

M. Brewster ayant remarqué que l'apophyllite de Féroë présente des phénomènes d'optique particuliers, en avait fait une espèce distincte, sous le nom de *tessalite*; mais l'analyse que M. Berzélius a faite de ce minéral, comparative-ment avec l'apophyllite d'Utoe, lui a prouvé que sa composition est absolument la même; il a trouvé:

	Dans la tessalite.	Dans l'apophyllite d'Utoe.
Silice. . . . .	0,5176	0,5118
Chaux. . . . .	0,2273	0,2171
Fluosilicate de chaux. . . . .	0,0353	0,0482
Potasse. . . . .	0,0531	0,0527
Eau. . . . .	0,1620	0,1620
		0,9918.

Les phénomènes optiques que présentent les minéraux dépendent, 1<sup>o</sup>. de la structure des cristaux; 2<sup>o</sup>. de la nature des éléments qui se remplacent dans les composés isomorphes; 3<sup>o</sup>. et des mélanges accidentels qui n'altèrent pas la transparence et qui donnent aux minéraux na-

tuellement incolores des couleurs variées. Quand l'influence particulière de ces trois causes sera bien appréciée, l'examen des phénomènes optiques fournira des caractères essentiels à la minéralogie.

### 4. Analyse du DIPLOÏT, par M. C.-G. Gmelin. (An. der phys. und chem., tome 3, page 43.)

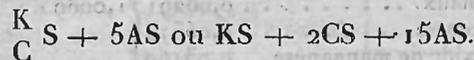
Ce minéral, qui paraît être le même que celui que M. Brooke a nommé *latrobite*, provient de l'île Amickok sur la côte du Labrador; il est accompagné de spath calcaire, de feldspath et de mica; il est d'un rouge fleur de pêcher et il a l'éclat de la nacre; il offre deux clivages inclinés de 95° l'un sur l'autre; au chalumeau, il devient blanc de neige et se boursoffle.

Deux analyses ont donné :

Silice. . . . .	0,44633	—0,41780
Alumine. . . . .	0,36814	—0,52827
Chaux. . . . .	0,08281	—0,09787
Oxid. de manganèse. . . . .	0,03160	—0,05767
Magésie. . . . .	0,00628	
Potasse. . . . .	0,06575	—0,06575
Eau. . . . .	0,02041	—0,02041

1,02132—0,98777

Sa formule de combinaison paraît être:



### 5. Description de l'HERCHÉLITE et de la PHILLIPSITE, par M. C.-A. Lévy. (An. of phys., 1825, page 361.)

Ces deux substances ont été rapportées d'Acireale, en Sicile, par M. Herschel; elles se trou-

vent dans les cavités d'une roche d'olivine qui ressemble à une lave.

L'*herschilite* est en petits cristaux blancs translucides et en prismes à six faces, portant un biseau sur chaque face latérale et dans lequel l'angle entre la base et une des faces du biseau est de  $132^\circ$ , et l'angle entre deux faces du biseau est de  $124^\circ,45$ . Le docteur Wollaston a reconnu que ce minéral contenait de la silice, de l'alumine et de la potasse.

La *phillipsite* est en petits cristaux blancs opaques dont la forme est un prisme à quatre faces surmonté par un pointement à quatre faces comme celui de l'harmotome; cependant les angles du pointement sont de  $123^\circ,30$  et  $117^\circ,30$  et diffèrent par conséquent des angles du pointement de l'harmotome. Le docteur Wollaston a reconnu que la phillipsite est composée de silice, alumine, potasse et chaux, et qu'elle ne contient pas de baryte.

6. *Analyse de la LATROBITE*, par M. Gmelin. (An. of phil., 1825, page 235.)

Ce minéral contient :

Silice. . . . .	0,44653	} 1,00893.
Alumine. . . . .	0,38214	
Chaux. . . . .	0,08291	
Potasse. . . . .	0,06575	
Oxide de manganèse. . . . .	0,03160	

7. *Analyse de la KILLINITE*, par M. Barcker. (Transact. d'Irl., tome 12.)

Cette pierre a été trouvée à Killiney, près Dublin, en veines dans un granite qui contient aussi du triphane; elle est composée de :

Silice . . . . .	0,5000	} 0,843.
Alumine. . . . .	0,3469	
Potasse. . . . .	0,0500	
Oxide de fer. . . . .	0,0249	
Oxide de manganèse. . . . .	0,0075	
Chaux. . . . .	0,0025	
Magnésie. . . . .	0,0025	
Eau. . . . .	0,0500	

8. *Analyse des EAUX MINÉRALES des environs d'Eger en Bohême*; par M. J. Berzélius. (An. der phys. und ch., 1825, n<sup>o</sup>. 7, p. 243.)

J'ai analysé l'eau de quatre sources différentes et j'ai obtenu les résultats suivans :

	Franzensbrunnen.	Eaux salées.	Marienbad (Ferdinand.)	Lacroix.
Sulfate de soude anhydre. . . . .	0,0031777	0,0028022	0,0029344	0,0049630
Muriate de soude anhydre. . . . .	0,0012019	0,0011479	0,0011714	0,0017465
Carbon. de soude anhydre. . . . .	0,0006756	0,0006781	0,0007982	0,0009288
Carb. de lithine. . . . .	0,0000049	0,0000035	0,0000088	0,0000149
<i>Id.</i> de chaux. . . . .	0,0002344	0,0001848	0,0000007	0,0000005
<i>Id.</i> de strontiane. . . . .	0,0000004	0,0000004	0,0000007	0,0000005
<i>Id.</i> de magnésie. . . . .	0,0000875	0,0001059	0,0003970	0,0003540
<i>Id.</i> de mangan. . . . .	0,0000056	0,0000016	0,0000120	0,0000050
<i>Id.</i> de fer. . . . .	0,0000306	0,0000092	0,0000520	0,0000229
Phosp. de chaux. . . . .	0,0000030	0,0000032	0,0000007	0,0000004
S <sup>3</sup> . phosph. d'alumine. . . . .	0,0000016	0,0000016	0,0000007	0,0000004
Silice. . . . .	0,0000616	0,0000639	0,0000872	0,0000505
Acide fluorique. . . . .	.....	.....	trace.	trace.
Iode. . . . .	.....	.....	trace?	trace?
TOTAUX. . . . .	0,0054848	0,0049923	0,0059847	0,0085988

Je me suis assuré, par de nouvelles expériences,  
Tome XII, 2<sup>e</sup>. livr.

del'existence du carbonate de lithine dans les eaux de Carlsbad ; mais la proportion en est très-petite et ne s'élève probablement pas à plus de 0,000030. Il n'y a pas de raison de supposer que le carbonate de lithine ait des propriétés médicinales différentes de celles des carbonates de soude, de chaux, etc., que renferment les eaux ; mais le charlatanisme ordinaire des propriétaires de sources minérales ne manquera sûrement pas de lui attribuer des vertus toutes particulières.

Je ne regarde pas comme invraisemblable qu'on trouve de l'avantage à extraire la lithine des eaux de la fontaine de Lacroix pour l'usage des chimistes, d'autant plus que ces eaux sont les plus riches que l'on connaisse en sulfate de soude, et qu'il faudrait commencer par en séparer la plus grande partie de ce sel par cristallisation.

Voici le procédé qui m'a paru le meilleur pour séparer la lithine du sel de soude et pour la doser : on rapproche une grande quantité d'eau minérale jusqu'à commencement de cristallisation ; on filtre pour séparer les carbonates terreux qui se déposent ; on évapore la liqueur filtrée jusqu'à sec et on chauffe le résidu au rouge naissant, puis on le redissout dans l'eau et on filtre pour recueillir une petite quantité de magnésie, qui reste non dissoute. (M. Mosander a fait voir que la présence de la magnésie dans la partie soluble des eaux minérales provient de ce qu'il se forme un carbonate double de soude et de magnésie peu soluble, et que l'eau décompose en un sel avec excès de carbonate de soude qui reste dans la liqueur, et en un autre sel avec excès de carbonate de magnésie qui se trouve

dans la partie insoluble : c'est à cause de cela aussi que j'ai toujours trouvé un peu de soude dans le dépôt de carbonates terreux.) On verse dans la liqueur filtrée du phosphate de soude et un peu d'ammoniaque ; il ne s'y fait pas d'abord de précipité ; mais, en la rapprochant, elle se trouble, et lorsqu'on a évaporé à siccité et qu'on reprend par l'eau, il reste du phosphate double de lithine et de soude, qui est à-peu-près insoluble. On le lave à l'eau froide et on le dessèche fortement. Ce sel est le phosphate double neutre,

$\text{L} \ddot{\text{P}} + \text{N} \ddot{\text{P}}$ , composé de

Lithine . . . . . 0,1508

Soude . . . . . 0,2587

Acide phosphor. . . . . 0,5905.

et il équivaut à 0,355 de carbonate de lithine. On ne peut pas se servir du phosphate d'ammoniaque, parce que, quoique le phosphate de lithine et d'ammoniaque soit insoluble dans l'eau, comme ce sel perd une partie de son ammoniaque et devient acide par l'évaporation, les eaux de lavage entraînent une partie notable de lithine.

On reconnaît le phosphate de lithine et de soude par l'essai au chalumeau, aux propriétés suivantes : il se fond assez facilement en un globule transparent, qui devient blanc et opaque en se refroidissant ; avec le nitrate de cobalt, il devient bleu ; avec le carbonate de soude, il est complètement absorbé par le charbon et il n'attaque pas le platine ; il fond avec le carbonate de chaux sans attaquer le platine ; mais quand on verse une goutte d'eau sur le globule, le métal est promptement oxidé.

Quand une eau minérale contient de l'acide

phosphorique, le fer s'en sépare promptement au contact de l'air à l'état de sous-phosphate de peroxide; mais cet effet n'a plus lieu quand on tient l'eau dans des flacons bouchés hermétiquement.

9. *Analyse du MICA de Cornouailles*; par M. E. Turner. (E. J. of sc., 1824, page 137.)

Brun, laminaire, peu transparent; pesanteur spécifique 3,08, il contient :

Silice. . . . .	0,3634	} 0,9990.
Alumine. . . . .	0,2547	
Peroxyde de fer. . . . .	0,2706	
Oxide de manganèse. . . . .	0,0192	
Chaux. . . . .	0,0093	
Potasse. . . . .	0,0547	
Acide fluorique. . . . .	0,0271	

10. *Des EAUX MINÉRALES de l'Allemagne et de la France*; par le Dr. G. Bichoff. Bonn, 1826.

Dans cet ouvrage, l'auteur donne d'abord l'analyse de trois eaux minérales du duché de Nassau; puis il décrit le terrain d'où sortent ces eaux, terrain qui est principalement composé de roches volcaniques. Il recherche ensuite quelle peut être en général l'origine de la chaleur des eaux minérales, et il discute les hypothèses de Becher, Klaproth, Berzélin, Hoff et Kefeirstein. Il classe les terrains volcaniques de l'Allemagne en sept groupes; savoir, 1°. l'Eifel, 2°. le Westerval, 3°. le Habiselval, 4°. le Fiechelgebirge, 5°. le Erzgebirge, 6°. le Mittelgebirge, et 7°. le Riesengebirge, et il leur compare l'Auvergne et les Pyrénées. Après cela, il fait connaître la composition des eaux minérales qui existent

dans ces différens groupes, et il examine d'où peuvent provenir les substances que les eaux tiennent en dissolution. Enfin, il termine en discutant la question de savoir à quel état de combinaison les acides et les bases se trouvent dans les eaux minérales et dans les dissolutions salines en général.

M. Bichoff a analysé quatre eaux minérales, qui lui ont donné les résultats suivans :

SELS anhydres.	Fachingen.	Geilnau.	Selters.	Roisdorff.
Carbon. de soude.	0,002140	0,000794	0,000762	0,000945
Sulfate de soude.	0,000022	0,000012	0,000032	0,000448
Phosph. de soude.	0,000001	0,000037	0,000036	0,000000
Chlor. de sodium.	0,000561	0,000039	0,002120	0,001789
Carbon. de chaux.	0,000325	0,000259	0,000243	0,000317
Carb. de magnésic.	0,000225	0,000291	0,000208	0,000280
Carbonate de fer.	0,000012	0,000021	0,000020	0,000010
Silice. . . . .	0,000011	0,000014	0,000037	0,000021
	0,003297	0,001467	0,003458	0,003810
Gaz acide } enpoids.	0,002566	0,003096	0,002027	. . . . .
Carboniq. } en vol.	1,348500	1,632200	1,087000	. . . . .

Les trois premières eaux se trouvent dans le duché de Nassau, et la quatrième dans la chaîne du Siebengebirge.

M. Bichoff a dosé ensemble le carbonate et le phosphate de soude en précipitant par le sulfate de zinc; et pour doser l'acide phosphorique, il a précipité une portion de l'eau minérale par l'eau de chaux, redissous le précipité dans un acide, neutralisé par l'ammoniaque, et ajouté à la liqueur du nitrate de plomb, qui en a séparé l'acide phosphorique à l'état de phosphate de plomb.

Il a remarqué que le vin de la Moselle peut servir de réactif pour les eaux minérales alcalines, parce qu'il tient en dissolution un sel d'alumine que le carbonate de soude décompose.

Enfin, dans le cours de ses expériences, il a observé que l'hydrochlorate de magnésie se transforme, par la calcination, en oxichlorure, formé d'un atome de chlorure de magnésium et de sept atomes de magnésie.

11. *Mémoire sur l'URAO (carbonate de soude)*; par MM. Mariano de Rivero et J.-B. Boussingault. (Imprimé à Bogotá, en 1824.)

Au sud-ouest de Mérida, à une journée de distance de cette ville, dans la direction de Grita, il existe un petit village d'Indiens nommé Lagunilla, parce qu'il est situé à peu de distance d'une petite lagune. Les indigènes extraient de cette lagune, depuis un grand nombre d'années, un sel nommé dans le pays *urao*.

La lagune peut avoir 1000 mètres de long sur 250 de large. Sa plus grande profondeur n'est pas de 3 mètres. Elle est située dans un terrain argileux qui contient de gros fragmens de grès secondaire; sa hauteur au-dessus de la mer est d'environ 1013 mètres. L'eau du lac est peu salée; les animaux la boivent avec plaisir. Le banc d'*urao* est peu épais, et il est recouvert par de la vase et par une couche renfermant beaucoup de cristaux de carbonate de chaux. Les Indiens pêchent l'*urao* en plongeant.

Ce sel est cristallisé en aiguilles prismatiques qui paraissent diverger d'un centre commun; son aspect est vitreux, sa densité peu inférieure à celle de la chaux carbonatée; il a la saveur al-

caline; il ne s'effleurit pas à l'air. Il contient plus d'acide carbonique que le carbonate de soude ordinaire, et moins que le bicarbonate. Il est analogue au *trona* du Fezzan, en Afrique, analysé par Klaproth. Voici leur composition comparative:

	Urao.	Trona.
Soude . . . . .	0,4122	—0,3800
Acide carbonique . . . . .	0,3900	—0,3900
Eau . . . . .	0,1880	—0,2300
Mat. terreuses et perte.	0,0098	—0,0000.

Le sel d'*urao* s'emploie dans le pays pour donner du mordant au *chimo* ou *moo*, extrait de tabac qui excite la salivation lorsqu'on le mâche.

12. *Sur le CARBONATE DE SOUDE NATIF*; par M. Haidinger (Edimb. Journ. of sc., 1824.)

On connaît trois espèces de carbonate de soude.

1°. Le *trona* a une cristallisation hémiprismatique, dans laquelle l'inclinaison de *n* sur *n* est de  $132^{\circ},30'$ , l'inclinaison de *M* sur *T* est de  $103^{\circ},15'$ , et l'inclinaison de *n* sur *T* est de  $130^{\circ},45'$ ; il présente un clivage qui s'obtient facilement parallèlement à *M*: il a l'éclat vitreux; il est blanc passant au blanc jaunâtre; les petits cristaux sont transparens, les grandes masses translucides. Ce minéral a la double réfraction; l'angle de réfraction ordinaire, mesuré à travers *M* et *T*, est d'environ  $1,43$ ; l'angle de réfraction extraordinaire est de  $1,52$ . Il est un peu plus dur que l'alun: sa densité est de  $2,112$ ;

2°. Le *natron hémiprismatique* a une forme hémiprismatique, dans laquelle  $P = \left( \begin{matrix} 79^{\circ},41 \\ 77^{\circ},14 \end{matrix} \right)$ ,

154°31', 115°22', et l'inclinaison de l'axe sur le plan de la grande diagonale est de 3° : sa cassure est conchoïde, il a l'éclat vitreux, et il est demi-transparent ; sa densité est de 1,423.

3°. Le *natron prismatique* a pour forme un prisme, dans lequel  $P=141^{\circ},48',52^{\circ},9', 145^{\circ},52'$ , et dans lequel  $a : b : c :: 1 : \sqrt{0,806} : \sqrt{0,107}$ . Il a l'éclat vitreux ; il est transparent ; sa densité est de 1,562.

Selon M. Donald Monro, le *trona* se trouve dans l'intérieur du pays de Tripoli, en veines minces, dans le sel gemme. D'après M. Brogge, consul suédois à Tripoli, le *trona* existe en couche très-mince, à la surface du sol, à vingt-huit journées de marche de la mer, dans la province de Sukava, à deux jours de Fezzan : on en exporte de grandes quantités dans le pays des nègres, en Égypte et à Tripoli. Klaproth l'a analysé, et son résultat est à-peu-près identique avec celui que M. Mariano de Rivéro a obtenu du carbonate de soude de Colombie : il suit de ces analyses que le *trona* pur se compose de

Soude. . . . .	0,5799	$\ddot{N} \ddot{C}^3 + 4Aq.$
Acide carbonique. . . . .	0,4015	
Eau. . . . .	0,2186	

Lorsqu'on chauffe ce sel à une chaleur modérée, il laisse dégager son eau avec bruit et sans perdre sa forme, parce qu'il ne se fond pas dans son eau de cristallisation comme le carbonate de soude ordinaire : il n'est pas du tout efflorescent.

Les carbonates hémiprismatique et prismatique ne diffèrent l'un de l'autre que par la proportion d'eau qu'ils contiennent ; mais cette proportion n'a pas encore été déterminée pour le

sel prismatique. On peut facilement obtenir ce dernier, en faisant évaporer pendant un certain temps une dissolution saturée de carbonate de soude à la température de 80 à 100° Fahrenheit, et laissant ensuite refroidir. Souvent on a un mélange de cristaux des deux espèces.

Lorsqu'on fait évaporer lentement une dissolution de bicarbonate de soude, il se dépose de petits cristaux prismatiques transparens qui diffèrent des précédents, mais dont la composition n'est pas connue : ils sont très-efflorescens.

13. *Sur l'existence de l'IODE dans l'eau d'une source de la province d'Antioquia*; par M. J.-B. Boussingault. (An. de ch., t. 30, p. 91.)

A Guaca, située dans la cordillère qui sépare le Rio-Magdalena du Rio-Cauca, on exploite une source salée fort riche, dont l'origine paraît être, comme à Cipaquirá, Tausa et Camaral, dans un dépôt de gypse anhydre et de houille immédiatement superposés au grès rouge ancien. On obtient le sel en évaporant l'eau salée presque à siccité. On le purifie en le mettant égoutter dans des cônes de terre cuite renversés et percés par le sommet : il s'en écoule un liquide jaune, d'une saveur piquante et d'une odeur d'eau de mer très-prononcée. Ce liquide porte le nom d'*aceyte de sal*; on l'emploie avec succès contre le goître dans le pays. Cette propriété m'y ayant fait soupçonner l'existence de l'iode, j'y ai recherché cette substance, et j'en ai effectivement reconnu la présence, soit en distillant avec de l'acide sulfurique, soit en versant dans la liqueur de la dis-

solution d'amidon et quelques gouttes d'acide sulfurique.

Cette eau-mère rougit légèrement le tournesol ; sa pesanteur spécifique est de 1,2349 ; elle ne se trouble pas par les sels de baryte. L'analyse que j'en ai faite m'a donné :

	Eau de mer.
Eau . . . . .	0,7064—0,9691
Hydrochlorate de soude . . . . .	0,1527—0,0218
Id. de potasse . . . . .	0,0002—trace.
Id. de magnésie . . . . .	0,0450—0,0049
Id. de chaux . . . . .	0,0930—0,0008
Id. de fer . . . . .	0,0027—0,0000
Sulfate de soude . . . . .	0,0000—0,0034
Hydriodate . . . . .	trace. —0,0000
Acide hydrochlorique . . . . .	trace. —0,0000
	<hr/>
	1,0000 1,0000

En comparant la composition de l'eau-mère de Guaca à celle de l'eau de la mer, on peut remarquer que la première contient à-peu-près les mêmes sels que la seconde.

#### 14. EAUX MINÉRALES d'Uriage, près Grenoble. (Brochure, 1825.)

Les eaux minérales d'Uriage ne marquent que 18 à 19° R. Les travaux de recherches que l'on a faits prouvent qu'il n'est pas possible de les obtenir à une température plus élevée ; mais M. l'ingénieur Gaymaud est parvenu, par un procédé très-simple (*An. des Min.*, t. 9, p. 805), à les échauffer artificiellement sans leur faire perdre aucune de leurs propriétés et de manière à pouvoir les administrer en bains.

L'analyse en a été faite par M. Berthier, qui a examiné les parties salines à Paris, et par MM. Guy-

mard et Breton, qui ont déterminé la nature et la proportion des gaz à Uriage même. Le résultat a été :

	Sels anhydres.	Sels cristallisés.
Carbonate de chaux . . . . .	0,000120—0,000120	
Id. de magnésie . . . . .	0,000012—0,000012	
Sulfate de chaux . . . . .	0,000710—0,000900	
Id. de magnésie . . . . .	0,000395—0,000698	
Id. de soude . . . . .	0,000840—0,002210	
Muriate de soude . . . . .	0,003560—0,003560	
Hydrosulfate. de chaux et de magnésie . . . . .	0,000110—0,000110	
	<hr/>	
	0,005747	0,007610
Acide carbonique . . . . .	trace.	
Azote . . . . .	0,006	
Hydrogène sulfuré . . . . .	0,00085	
	} en volume.	

#### 15. Analyse de l'EAU DE MER du port de Boston ; par M. S.-W. Webster. (Boston Journ. 1824, page 96.)

Une pinte de cette eau a donné, par la méthode d'analyse de M. Murray :

	grains.
Acide sulfurique . . . . .	16,10
Acide muriatique . . . . .	96,80
Soude . . . . .	95,00
Chaux . . . . .	2,40
Magnésie . . . . .	13,60
Fer . . . . .	trace.
	<hr/>
	223,90.

#### 16. Sur le Gmelinite ; par M. D. Brewster. Edimb. Journ. 1825, page 262.)

La forme du gmelinite est une prisme hexaèdre régulier, surmonté par une pyramide à six faces tronquée. L'angle d'une face du prisme et de la pyramide est de 131°,48, l'angle de deux faces de la pyramide est de 96°,24 et l'angle de

la base sur les faces de la pyramide est de  $138^{\circ},14$ ; il a un clivage parallèle à la base. Ce minéral est d'un rouge de chair; sa pesanteur spécifique est de 2,05; il a une réfraction double beaucoup plus forte que l'analcime et la chabasie.

Il a été trouvé, pour la première fois, à la Somma, par M. Thomson, et depuis on l'a rencontré en deux endroits différens dans le Vicentin. On lui avait donné le nom de *sarcolite*, et on l'avait regardé comme une variété de l'analcime, d'après l'autorité de M. Haüy. M. Vauquelin en a fait l'analyse, et a trouvé qu'il contenait moins de soude et plus d'eau que l'analcime.

17. *Analyse de la HAUYNE du lac Laacher*; par M. Nœgerath. (Westphalie rhénane, 2, 302.)

Silice. . . . .	0,3700	} 0,9959.
Acide sulfurique. . . . .	0,1156	
Alumine. . . . .	0,2750	
Soude. . . . .	0,1224	
Chaux. . . . .	0,0814	
Oxide de fer. . . . .	0,0115	
Oxide de manganèse. . . . .	0,0050	
Eau. . . . .	0,0150	

18. *Analyse du PERIKLIN*; par M. Gmelin. (Arc. de M. Karsten, 2, page 92.)

Silice. . . . .	0,6794	} 1,0048.
Alumine. . . . .	0,1893	
Soude. . . . .	0,0986	
Potasse. . . . .	0,0241	
Chaux. . . . .	0,0050	
Oxide de fer. . . . .	0,0048	
Perte au feu. . . . .	0,0036	

19. *Analyse du MICA de Chursdorf en Saxe*; par M. C.-G. Gmelin. (An. der phys. und chem., tome 3, page 43.)

Ce mica est couleur fleur de pêcher; sa grande fusibilité et la couleur pourpre qu'il donne, à la flamme du chalumeau, m'y ayant fait soupçonner la présence du lithion, j'en ai fait l'analyse de la manière suivante. Je l'ai chauffé avec six fois son poids de carbonate de baryte; j'ai dissous la masse dans l'acide muriatique et j'ai séparé la silice; j'ai précipité la baryte par l'acide sulfurique, l'alumine et le manganèse par l'ammoniaque et j'ai évaporé la liqueur à siccité. Le résidu ayant été calciné, je l'ai repris par l'eau et j'ai précipité la potasse par le muriate de platine, puis j'ai évaporé de nouveau et calciné; la matière lavée avec de l'eau m'a donné du sulfate de lithion. Quant à l'acide fluorique, je l'ai dosé par le moyen que M. Berzélius a employé pour analyser la topaze. J'ai eu pour résultat :

Silice. . . . .	0,52254	} 1,01026.
Alumine. . . . .	0,28345	
Prot. de manganèse. . . . .	0,03663	
Potasse. . . . .	0,06903	
Lithion. . . . .	0,04792	
Acide fluorique. . . . .	0,05069	

La potasse me paraît être aussi essentielle à ce minéral que le lithion, et je ne pense pas qu'on puisse le considérer comme un mélange de mica à potasse et de mica à lithion.

J'ai remarqué qu'en général le lithion et le fer s'excluent réciproquement, et qu'au contraire le lithion et le manganèse sont fréquemment ensemble.

20. *Analyse de la CÉLESTINE RADÉE de Norton, près de Hanovre*; par M. E. Turner. (Edimb. Journ., n<sup>o</sup>. 23, page 329.)

Ce minéral se présente en lits subordonnés à un calcaire secondaire à gros grains. M. Gruner l'avait déjà analysé et y avait trouvé 0,26 de sulfate de baryte. Mes expériences m'ont donné :

Sulfate de strontiane. . . 0,78205  
Sulfate de baryte. . . . . 0,20410,

Ce qui correspond à-peu-près à cinq atomes de sulfate de strontiate et un atome de sulfate de baryte.

21. *Analyse de l'ERLAN d'Erla, dans les montagnes de Schwarzenberg*; par M. Gmelin. (J. de Schweigger, n<sup>o</sup>. 7, page 76.)

Suivant M. Breithaupt, ce minéral est d'un vert grisâtre, compacte, assez dur pour rayer l'apatite; sa cassure est grenue et a l'éclat gras; sa pesanteur spécifique est de 3,0 à 3,1; il a des clivages apparens, mais qui n'ont pas encore été déterminés. On le trouve dans un gneiss ancien, accompagné de mica, de préhnite, de spath fluor, d'hornblende, d'épidote, de malacolite, de cuivre carbonate vert, de pyrites cuivreuses, etc.

Il est composé de :

Silice. . . . .	0,55160
Chaux. . . . .	0,14397
Alumine. . . . .	0,14034
Oxide de fer. . . . .	0,07138
Soude. . . . .	0,02011
Magnésie. . . . .	0,05420
Ox. de manganèse . . . . .	0,00639
Eau. . . . .	0,00606

} 0,99405.

22. *Essai pour déterminer la composition du PÉRIDOT*; par M. Walmstedt. (Mém. de l'Acad. de Stockolm, 1824; An. der phys. und chem. 1825, n<sup>o</sup>. 6.)

J'ai analysé comme il suit toutes les variétés de péridot que j'ai examinées.

Après avoir chauffé au rouge naissant le minéral réduit en poudre, dans un appareil rempli d'acide carbonique, pour éviter la suroxydation du fer, j'en ai pris un à deux grammes que j'ai fondu avec quatre parties de carbonate de potasse; j'ai séparé la silice par les moyens ordinaires, puis j'ai fait bouillir la liqueur avec de l'acide nitrique en excès et j'ai ensuite légèrement sursaturée d'ammoniaque. J'ai traité le précipité d'oxide de fer qu'a donné l'ammoniaque par la potasse caustique pour y rechercher l'alumine, après quoi je l'ai redissous dans l'acide muriatique; j'ai précipité le fer de la dissolution par un succinate alcalin et j'ai réuni la liqueur filtrée à la dissolution ammoniacale, qui contenait la plus grande partie de la magnésie; j'ai versé de l'oxalate d'ammoniaque dans cette dissolution pour y rechercher la chaux; mais il ne s'y est fait aucun précipité: alors j'en ai séparé la magnésie et le manganèse, au moyen du carbonate de potasse, avec les précautions accoutumées. Le précipité ayant été redissous dans l'acide muriatique, il s'en est séparé une certaine quantité de silice que j'ai dosée; le manganèse a été précipité par l'hyposulfate d'ammoniaque; enfin j'ai sursaturé la dissolution de magnésie par l'acide sulfurique, j'ai évaporé et calciné de manière à chasser l'excès d'acide et j'ai pesé les sels; en les traitant par

une solution de sulfate de chaux saturée, il est resté une très-petite quantité de chaux à l'état de sulfate. Le tableau suivant renferme les résultats que m'a donnés l'analyse de six variétés d'olivine.

	Iservièse en Silésie. (1)		Bohême. (2)		Le Puy en Velay. (1)	
		oxig.		oxig.		oxig.
Silice. . . . .	0,4154	21,6	0,4142	21,5	0,4144	21,6
Magnésie. . . . .	0,5004	19,4	0,4961	19,2	0,4919	19,0
Protoxide de fer. . . . .	0,0866	2,0	0,0914	2,0	0,0972	2,2
Prot. de manganèse. . . . .	0,0025	..	0,0015	..	0,0013	..
Chaux. . . . .	..	..	..	..	0,0021	..
Alumine. . . . .	0,0006	..	0,0015	..	0,0061	..
	1,0055		1,0047		1,0130	
	Du fer de Pal- las, Sibér. (4)		La Somma. (5)		Wilhelmshöhe près Cassel (6).	
		oxig.		oxig.		oxig.
Silice. . . . .	0,4083	21,2	0,4008	20,8	0,4261	22,2
Magnésie. . . . .	0,4674	18,5	0,4424	17,1	0,4886	18,9
Protoxide de fer. . . . .	0,1153	2,6	0,1526	3,5	0,0836	1,9
Prot. de manganèse. . . . .	0,0029	..	0,0048	..	0,0015	..
Chaux. . . . .	..	..	..	..	0,0022	..
Alumine. . . . .	..	..	0,0018	..	0,0014	..
	1,0039		1,0024		1,0034	

Il résulte de ces analyses que l'olivine et la chrysolite, déjà réunies par leurs caractères cristalographiques en une même espèce sous le nom de péridot, sont chimiquement identiques, et que la composition de cette espèce est exprimée par la formule

$M \left\{ \begin{array}{l} S \text{ ou } R^3 \text{ } \ddot{S}^2, \\ R \end{array} \right.$  désignant la classe de corps

isomorphes à laquelle appartiennent la magnésie et le protoxide de fer.

Dans l'intention de rechercher le changement qu'éprouve le péridot lorsqu'il s'altère, j'ai analysé un échantillon d'olivine de Wilhelmshöhe, près de Cassel, qui était à demi désagrégé, opaque et couleur de rouille claire. Ces caractères prouvent déjà qu'une partie du fer a passé à l'état de peroxide; le résultat analytique fait voir qu'il renferme un petit excès de silice (0,02) par rapport aux bases. Je suis porté à croire d'après cela, mais sans attacher d'importance à cette opinion, que la magnésie est entraînée, à mesure que la décomposition avance, et que le dernier résultat de cette décomposition serait un mélange de silice et d'hydrate de peroxide de fer. J'ai recherché si ce minéral contenait un alcali; mais je n'en ai pas trouvé la plus petite trace.

### 23. Analyses comparatives de l'OLIVINE et de la CHRYSOLITE; par M. Stromeyer.

J'ai obtenu les résultats suivans de l'analyse de deux échantillons d'olivine, d'un échantillon de chrysolite et de trois échantillons d'un minéral semblable à l'olivine, extrait d'aréolithes.

	Vogel- berg. (1)	Bohé- me. (2)	Collection de M. Blu- menbac. (3)	Du fer de Pallas. (4)	Olini- ta. (5)	Grim- m. (6)
Silice. . . . .	0,4009	0,4045	0,3973	0,3848	0,3835	0,6188
Magnésie. . . . .	0,5049	0,5067	0,5013	0,4842	0,4968	0,2582
Protoxide de fer. . . . .	0,0817	0,0807	0,0919	0,1119	0,1175	0,0912
Prot. de manganèse. . . . .	0,0020	0,0018	0,0009	0,0034	0,0011	0,0031
Oxide de nickel. . . . .	0,0037	0,0033	0,0032	..	..	..
Oxid. de chrome. . . . .	..	..	..	..	..	0,0033
Alumine. . . . .	0,0019	0,0019	0,0022	0,0018	..	..
	0,9951	0,9989	0,9968	0,9861	0,9989	0,9746

(1) Olivine provenant des basaltes de Vogelberg, près de Giessen, très-pur; pesanteur spécifique, 3,3386.

(2) Olivine provenant de basaltes de Kasalhof, en Bohême, très-pur; pesanteur spécifique, 3,3445.

(3) Chrysolite de la collection de M. Blumenbach; pesanteur spécifique, 3,3514.

(4) Olivine provenant de la masse de fer météorique de Pallas; pesanteur spécifique, 3,3404.

(5) Olivine provenant d'une masse de fer météorique trouvée à Olumba, dans l'Amérique du Sud; pesanteur spécifique, 3,3497.

(6) Minéral, ayant l'aspect du péridot, extrait d'une masse de fer que l'on dit avoir été trouvée à Grimmœ et que l'on conserve à Gotha, pesanteur spécifique, 3,2759.

Ces analyses prouvent que la chrysolite et l'olivine sont identiques. La présence de l'oxide de nickel dans ces minéraux est remarquable, et n'avait pas encore été observée; il paraît que cet oxide existe dans toutes les variétés qui gissent dans les roches volcaniques; car je l'ai trouvé dans celles du Vésuve, de l'Auvergne, de l'Eifel et de Itabichtswalde, et qu'au contraire il manque dans l'olivine des pierres météoriques.

Quant au minéral de Grimmœ, il diffère totalement de l'olivine et de la chrysolite par sa composition; il n'en mérite pas moins de fixer l'attention, parce que tout porte à croire qu'il forme la masse principale des aérolithes.

24. *Analyse de l'YTTRIA PHOSPHATÉE*; par M. Berzélius. (An. de Poggendorf, 1825, p. 203.)

Ce minéral a été trouvé par M. Tauk, à Lindesnaes, en Norwège, dans un granite. Il est amorphe, mais cristallin, lamelleux dans plusieurs sens; sa couleur est le jaune-brun; il a l'éclat gras, et il est translucide sur ses bords; le couteau le raye aisément; sa pesanteur spécifique est de 4,5577.

Il se comporte au chalumeau à-peu-près comme la chaux phosphatée; il s'en distingue par son infusibilité, et par la difficulté qu'il a à se dissoudre dans le sel de phosphore.

Pour l'analyser, on l'a fondu avec du carbonate de soude, et repris par l'eau; on a dosé l'acide phosphorique contenu dans la liqueur, et on a traité le résidu insoluble, qui était d'un jaune pâle, par l'acide muriatique; il s'y est dissous, à l'exception d'une très-petite quantité de silice; la dissolution a été versée goutte à goutte dans une dissolution de carbonate d'ammoniaque; le précipité qui s'est formé, s'est redissous complètement. Le carbonate d'ammoniaque ayant été chassé par évaporation, on a traité le résidu par l'acide muriatique, rapproché jusqu'à siccité, et repris par l'eau; il est resté du sous-phosphate de fer, et la liqueur contenait une terre que l'on a reconnue être de l'yttria à la saveur sucrée de ses sels, et aux propriétés de son sulfate, de couleur améthiste, devenant blanc à l'air, s'effleurissant difficilement, soluble dans l'eau. Le résultat de l'analyse a été

Yttria . . . . .	0,6258	} 1,000.
Acide phosphorique . . . . .	0,3349	
Sous-phosph. de fer . . . . .	0,0393	
Acide fluorique . . . . .	trace.	
Cérium . . . . .	point.	

La formule de cette espèce est  $\ddot{Y}^3 \ddot{P}^2$ . Elle est analogue à la chaux phosphatée.

25. *Analyse de l'HELVINE*; par M. Gmelin. (Tubingue, 1825.)

Silice.....	0,33258	} 0,98123.
Glucine et un peu d'alumine.	0,12029	
Protoxide de manganèse.....	0,31817	
Protoxide de fer.....	0,05564	
Sulfure de manganèse.....	0,14000	
Parties volatiles.....	0,01555	

26. *Analyse du DIASPORE*; par M. Children. (An. of phil.)

Alumine.....	0,7606	} 0,9854.
Oxide de fer.....	0,0778	
Eau.....	0,1470	

27. *Analyse de l'ALUMINE SULFATÉE NATIVE de Río-Saldava*; par M. J.-B. Boussingault. (An. de ch.; t. 30, p. 109.)

On trouve dans les schistes noirs de transition des Andes de Colombia une substance blanche, saline, ayant la saveur de l'alun, dont on fait usage dans les arts en guise de ce sel. Elle se rencontre tantôt à l'état d'efflorescence, et tantôt en petites masses cristallines; on la fait dissoudre dans l'eau, et on évapore la dissolution jusqu'à ce qu'elle soit assez concentrée pour se prendre en masse par le refroidissement. La matière est alors en pains sphériques, qui ressemblent aux pains de camphre que l'on voit chez les droguistes, et sa texture est celle du muriate d'ammoniaque. Je l'ai trouvée composée de :

	oxygène.
Acide sulfurique...	0,364—21,79
Alumine.....	0,160—7,47
Eau.....	0,466—41,25
Oxide de fer.....	0,004
Chaux.....	0,002
Argile.....	0,004
	1,000

Elle ne renferme pas la plus petite trace d'alcali. C'est donc le sulfate neutre d'alumine  $\ddot{A} \ddot{I} \ddot{S} u^3 + 18 Aq$ , ou  $Al Su^3 + 6 Aq$ , composé de

Acide sulfurique.....	0,3608
Alumine.....	0,1588
Eau.....	0,4854.

28. *Analyse de la TERRE ALUMINEUSE de Rigberge, près de Bonn*; par M. Nøegeth. (Westphalie, rhénane, 2, 281.)

Silice.....	0,45300	} 0,998803.
Alumine.....	0,10800	
Carbone.....	0,05950	
Soufre.....	0,03940	
Protoxide de fer.....	0,05500	
Oxide de manganèse.....	0,00600	
Protosulfate de fer.....	0,05729	
Sulfate d'alumine.....	0,01200	
Sulfate de potasse.....	0,01749	
Sulfate de chaux.....	0,01710	
Muriate de potasse.....	0,00351	
Acide sulfurique.....	0,00474	
Eau.....	0,16500	

29. *Recherches sur quelques ARGILES employées dans les usines à fer*. (Arch. met. de M. Karsten, t. 7, p. 371, d'après un journal suédois.)

J'ai examiné trois argiles très-réfractaires, qui m'ont donné, à l'analyse, les résultats suivans :

	Stour- bridge.	Rouen.	Høeganas.
Silice .....	0,6485	0,4480	0,5672
Alumine.....	0,2237	0,3446	0,2188
Oxide de fer.....	0,0335	0,0435	0,0300
Manganèse et alumine avec un peu de magnés.	0,0055	0,0061	0,0120
Chaux.....	trace.	trace.	trace.
Perte par calcination...	0,0850	0,1600	0,1740
	0,9960	1,0022	1,0020

Ces argiles sont d'un gris noir ou d'un gris cendré. Lorsqu'on les distille dans une cornue de verre, elles donnent de l'eau, quelques gouttes de bitume, et 0,01 à 0,015 de substances gazeuses; le résidu est grisâtre. Au chalumeau, elles se décolorent et se frittent sur les bords minces. L'acide muriatique ne les attaque presque pas, et dissout seulement un peu d'oxide de fer.

L'argile de *Stourbridge* est la plus réfractaire de toutes celles que l'on trouve en Angleterre. On l'emploie pour fabriquer les pots de verrerie et les creusets dans lesquels on fond l'acier; elle devient d'un blanc jaunâtre par la calcination.

L'argile de *Rouen* est souvent tachée çà et là d'oxide de fer; elle devient blanche par la calcination.

L'argile de *Høeganas*, en Suède, provient d'un terrain houiller; elle est schistense; elle devient d'un gris clair par la calcination.

30. CENDRES lancées avec de l'eau bouillante par un volcan, près de Manille, aux Philippines; par M. Ballarini. (J. de phys., 94, p. 171)

Résine mêlée d'un peu de soufre .	4	} 576 gros ou 1 once.
Silice . . . . .	234	
Alumine . . . . .	34	
Oxide de fer. . . . .	117	
Oxide de manganèse.....	33	
Chaux.....	47	
Sulfate de magnésie.....	22	
Sulfate de chaux . . . . .	trace	
Sulfate de fer.....	24	
Matières volatiles inconnues...	33	
Perte.....	28	

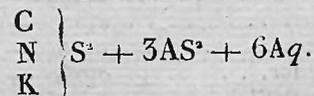
31. Sur la LÉVYNE; par M. D. Brewster. (Edimb., journ., 1825, p. 332.)

Ce minéral se trouve dans l'île de Feroë avec l'analcime, la chabasie et l'heulandite. Ses cristaux dérivent d'un rhomboïde, dont l'angle est de 79°, 29; il est blanc, demi-transparent, vitreux; sa double réfraction est négative.

Au chalumeau, il blanchit et bouillonne par la chaleur; avec le sel de phosphore, il donne un globule transparent, qui devient opaque au flamber; il n'est pas attaqué par les acides.

32. Analyse de la LÉVYNE; par M. Berzélius. (Mém. de l'Acad. de Stockholm, 1824, p. 259.)

J'ai analysé la lévyne; sa formule est



Ce résultat prouve qu'on doit la classer parmi les chabasies.

Voici le résultat des analyses qui ont été faites jusqu'à présent des différentes variétés de chabasies.

	Téroë.	Skotland.	Gustaw-berg.	Lévyne.	Mésolin.
Silice....	0,4830	0,4917	0,5065	0,4860	0,4750
Alumine..	0,1928	0,1890	0,1790	0,2000	0,2140
Chaux....	0,0870	.....	0,0973	0,0835	0,0790
Magnésie.	.....	.....	.....	0,0040	.....
Soude....	.....	0,1219	.....	0,0075	0,0480
Potasse..	0,0250	.....	0,0170	0,0040	.....
Eau.....	0,2000	0,1973	0,1950	0,1930	0,1819
	0,9878	0,9999	0,9948	0,9780	0,9979

33. *Analyse de l'AXINITE de Freseburg*; par M. Wiegmann. (J. de Schweigger, 11, p. 462.)

Silice.....	0,4500	} 0,9975.
Alumine....	0,1900	
Chaux.....	0,1225	
Oxide de fer..	0,1225	
Oxid. de manganèse.	0,0900	
Magnésie....	0,0025	
Acide borique.....	0,0200	

34. *Nouvelle analyse du STEINEHILITE ou DICHROÏTE d'Orjarvi*; par M. P.-A. Bonsdorf, (Mém. de l'Acad. de Pétersb., t. 9, p. 376.)

Silice.....	0,4995	oxigène. 25,12
Alumine....	0,3288	15,35
Magnésie..	0,1045	4,24
Oxide de fer..	0,0500	1,53
Parties volatiles.	0,0165	
	0,9993	

Cette composition est représentée par la formule  $MS^2 + 4 \left( \frac{A}{F} \right) S$ .

35. *Analyse d'un GRENAT MANGANÉSIFÈRE d'Amérique*; par M. Sybért. (Amer. journ., t. 6, p. 155.)

Ce grenat se trouve disséminé dans le granite; il est cristallisé, d'un rouge de sang, d'un éclat résineux; ses fragmens minces sont transparens; sa pesanteur spécifique est de 4,128. Je l'ai trouvé composé de

Silice.....	0,3585	oxigène. 18,02
Alumine.....	0,1806	8,43
Protoxide de fer..	0,1493	3,39
Protoxide de manganèse.	0,3096	6,79
Eau.....	0,0066	
	0,0044	

D'après cela, sa formule est  $fS + 2 Mg S + 2 AS$ .

36. *Analyse du ZIRCON d'Expailly*; par M. Berzélius. (An. der phy., Poggendorf, 1825.)

J'ai choisi pour l'analyse des zircons très-purs et devenant incolores par la calcination. Leur poussière est inattaquable par l'acide fluorique concentré, mais non fumant; l'acide sulfurique bouillant ne l'attaque que faiblement. Comme le carbonate de soude ne la décompose pas complètement, j'ai employé l'alcali caustique; mais pour éviter toute perte accidentelle, j'ai tassé dans le creuset de platine la poussière mêlée de trois fois son poids de carbonate de soude, en faisant un creux au centre de la masse; j'ai

chauffé jusqu'au rouge naissant, puis après le refroidissement, j'ai introduit de l'hydrate de soude dans la cavité, et j'ai chauffé ensuite jusqu'à fusion : de cette manière la soude s'est imbibée dans le mélange poreux, et l'eau s'en est dégagée sans bouillonnement ni jaillissement.

J'ai dissous la masse délayée dans l'acide hydrochlorique, j'ai séparé la silice par évaporation, et j'ai précipité la zircone par l'ammoniaque. Cette terre retenait un peu de silice que j'en ai séparée par le moyen de l'acide sulfurique. La silice n'était pas tout-à-fait pure non plus, elle était mêlée d'un peu de zircon et de zircone : l'acide fluorique en a séparé le zircon; et en traitant la solution par l'acide sulfurique et saturé d'ammoniaque, j'ai obtenu la zircone : l'analyse a donné :

	oxigène.	résultat calculé.
Silice ... 0,3348	}	17,40—0,3369
Zircone . 0,6716		

la composition du zircon peut donc être représentée par la formule  $ZrSi$  ou  $ZrSi$ .

37. *Analyse du POLYMIGNITE*; par M. Berzélius. (An. de ch. de Poggendorf, 1825, p. 205.)

J'ai nommé ce minéral *polymignite*, à cause de la complication de sa composition. Il a été trouvé à Frideriksnern en Norvège, dans une syénite. Il est en cristaux prismatiques rectangulaires très-minces et longs de 1 à 4 lignes. Il est noir, opaque, très-éclatant, presque métallique : il raye le verre : sa pesanteur spécifique est de 4,806.

Au chalumeau, il est inaltérable et infusible sans addition. Il se fond aisément avec le borax en

un verre jaunâtre, qui devient opaque au flamber, et qui prend une couleur jaune rougeâtre avec l'étain; le sel de phosphore le dissout aisément et donne un verre qui devient rouge au feu de réduction, et n'éprouve aucun changement par l'étain : avec la soude, il se change en une masse de couleur grise rougeâtre, sans se fondre.

L'analyse n'ayant pu être faite que sur 08,658, les résultats ne sont qu'approximatifs.

A. Le minéral porphyrisé a été attaqué par l'acide sulfurique : il est resté une poudre blanche, composée d'oxide de titane, et d'un peu d'oxide de fer et d'étain.

B. La dissolution A., ayant été précipitée par l'ammoniaque, on a examiné la liqueur filtrée, et on y a trouvé de la chaux, avec un peu de magnésie et de potasse.

C. Le précipité B. ayant été traité par l'acide sulfurique étendu, il est resté une substance qui est devenue d'un jaune clair par la calcination.

D. On a saturé la dissolution C. d'ammoniaque, et on y a introduit du sulfate de potasse à chaud tant qu'il s'y est fait un précipité. Ce précipité a été lavé d'abord avec de l'eau et ensuite avec de l'ammoniaque, puis calciné : il était jaune; c'était de l'oxide de cérium.

E. On a ajouté à la liqueur D, d'abord de l'acide tartrique, puis de l'ammoniaque, et enfin de l'hydrosulfate d'ammoniaque qui en a précipité du fer; après quoi, on l'a évaporée, on a calciné le résidu avec du nitre, lavé avec de l'eau, et repris par l'acide muriatique.

F. La dissolution muriatique a été précipitée par l'ammoniaque; on a trouvé dans la liqueur filtrée un peu de manganèse et de chaux. Le pré-

cipité était composé d'yttria mêlée d'une certaine quantité de cérium et de manganèse, qu'on en a séparée par les moyens ordinaires.

G. Le résidu C. a été fondu avec du sulfate acide de potasse, et traité par l'eau, qui n'a dissous que du sulfate alcalin. On a repris la matière lavée par un mélange d'acide tartrique et d'acide muriatique concentré; il est resté de l'oxide de titane. La dissolution ayant été sursaturée d'ammoniaque, il ne s'y est formé aucun précipité; on en a séparé le fer par l'hydrosulfate d'ammoniaque, puis en évaporant à siccité et calcinant le résidu, on a obtenu une terre blanche, qui avait tous les caractères de la zircone; les résultats numériques ont été comme il suit;

Acide titanique. . . . .	0,4630	} 0,9604.
Zircone. . . . .	0,1414	
Yttria. . . . .	0,1150	
Oxide de cérium. . . . .	0,0500	
Oxide de fer . . . . .	0,1220	
Oxide de manganèse. . . . .	0,0270	
Chaux. . . . .	0,0420	
Magnés., potasse, silice, étain. trace..		

On voit que le polymignite est un titanate de zircone avec d'autres titanates isomorphes, mais sa composition n'est pas assez exactement déterminée pour qu'on puisse en déduire une formule.

38. *Analyse de l'OXIDE DE TITANE de Saint-Yriex, de l'ISÉRINE d'Iservièse et du FER TITANÉ d'Egersund*; par M. H. Rose. (An. de ch., t. 29, p. 130.)

J'ai analysé ces trois minéraux par la méthode que j'ai décrite. (*Annales des Min.*, t. 12, p. 209.) Je n'ai trouvé que 0,0153 de peroxide de fer

dans l'oxide de titane de Saint-Yriex, tandis que M. Peschier de Genève prétend qu'il en renferme 0,275.

L'isérine de l'Iservièse, dans le Riesengebirge, est magnétique et se dissout bien dans l'acide muriatique. Elle m'a donné :

Protoxide de fer. 0,4988	} 1,0000,
Acide titanique. 0,5012	

composition qui s'accorde assez bien avec la formule  $3 \text{Ti} + 4 \text{F}$ ; mais comme ce minéral est noir, il est vraisemblable, d'après l'observation de M. Berzélius, qu'il contient une certaine quantité de peroxide de fer.

Le fer titané d'Egersund en Norvège a la même couleur que l'isérine, mais beaucoup moins d'éclat. Il se dissout aisément dans les acides. Il m'a donné :

Protoxide de fer. 0,5154	} 1,0000.
Acide titanique. 0,4846	

39. *Sur la BROOKITE*; par M. Levy. (An. of phil., 1825, p. 140.)

On trouve à Snowdon un minéral que les naturalistes ont confondu tantôt avec le rutile, tantôt avec le sphène, mais qui doit être regardé comme une espèce particulière; car la forme principale de ses cristaux est un prisme rhomboïdal droit, dont le grand angle est de  $100^\circ$ , et dans lequel le côté de la base est à la hauteur :: 30 : 11. Or, on sait que la forme principale du rutile est un prisme à base carrée, et celle du sphène un prisme rhomboïdal oblique.

Les cristaux de brookite sont transparens et

d'un rouge orange foncé, ou opaques et d'un rouge pâle.

J'ai observé dans la collection de M. Turner quelques cristaux bruns, éclatans, de la même substance, associés à la créitonite sur un groupe de cristaux du Dauphiné.

40. CARBONATE et FLUATE DE CÉRIUM. (*Compte rendu sur les progrès des sciences*; par M. Berzélius, 1825.)

On a découvert à Bastnaes près Riddarhytan du carbonate et du fluaté de cérium, sur la cérite. Le carbonate est blanc et cristallin. Le fluaté est de couleur orange et demi-transparent; par la calcination, sa couleur ne change pas, mais le minéral perd 0,19 de son poids. Hisinger y a trouvé

Oxide de cérium . . . . .	0,757	} 1,000 ;
Acide fluorique . . . . .	0,108	
Eau . . . . .	0,135	

ce qui correspond à la formule  $Ce Fe + 2Ag$ ; mais comme l'analyse n'a pu être faite que sur une très-petite quantité, on ne peut pas regarder ce résultat comme définitif.

41. *Sur les minéraux cristallisés qui se trouvent dans les PIERRES MÉTÉORIQUES*; par M. G. Rose. (An. de p. und. ch.)

L'aérolithe de Juvenas est un mélange de deux minéraux, l'un brun et l'autre blanc, parsemé de feuillets jaune paille, et de grains métalliques grisâtres. Le minéral brun se voit quelquefois cristallisé, c'est du pyroxène augite. Le minéral blanc contient de la soude, mais en trop petite quantité pour être de l'albite: il a tous les caractères

du labrador. On n'a pas pu déterminer la nature des feuillets jaune paille. Les grains métalliques ont une couleur intermédiaire entre le gris d'acier et le rouge de cuivre; ils sont quelquefois cristallisés: tout porte à croire qu'ils doivent être rapportés à la pyrite magnétique, quoiqu'ils soient sans action sur le barreau aimant.

Les aérolithes de Stannern, de Jonzac et de Lontalax ont beaucoup d'analogie avec l'aérolithe de Juvenas.

L'aérolithe de Juvenas ressemble d'une manière frappante à la dolérite du mont Meissein dans la Hesse.

42. *Analyse du FER PHOSPHATÉ d'Anglar, commune de Campregniac (Haute-Vienne)*; par M. P. Berthier.

Ce minéral est en masses rayonnées ou en masses compactes, gris taché de bleu, nacré, légèrement translucide; sa poussière est d'un gris jaunâtre. Il est disséminé dans du peroxide de manganèse amorphe.

Il donne de l'eau pure à la distillation. Il se fond en globule noir au chalumeau avec une grande facilité. Quand on le traite par l'acide nitrique, il se dégage beaucoup de gaz nitreux. Il se dissout complètement dans l'acide muriatique. On y a trouvé:

Protoxide de fer . . . . .	0,510	} 0,998,
Acide phosphorique . . . . .	0,248	
Eau . . . . .	0,150	
Peroxide de manganèse . . . . .	0,090	

ou, indépendamment du peroxide de manganèse,

Protoxide de fer . . . . .	0,560	} 0,998,
Acide phosphorique . . . . .	0,273	
Eau . . . . .	0,165	

composition représentée par la formule  $f^4 P^5 + 4Aq$ .

Le phosphate d'Anglar ne diffère du phosphate d'Alleyras que par la proportion de l'eau de cristallisation : le dernier en renferme trois fois autant que le premier.

43. *Analyse d'une nouvelle espèce de PHOSPHATE DE FER du département de la Haute-Vienne ;* par M. Vauquelin. (An. de ch., t. 30, p. 202.)

Le minéral dont il s'agit ici, m'a été remis par M. Alluau. Il a une couleur brune, et une cristallisation en forme d'aiguilles rayonnées ; on y remarque quelques points bleus. Sa poussière a une couleur vert olive : il fond au chalumeau en verre noir. Il est soluble dans l'acide muriatique concentré.

Pour l'analyser, je l'ai dissous dans cet acide ; j'ai précipité les oxides de fer et de manganèse par la potasse caustique en excès, qui a retenu l'acide phosphorique, et j'ai séparé ensuite le fer du manganèse par le moyen des carbonates alcalins ; j'ai eu pour résultat :

Peroxide de fer . . . . .	0,5620
Perox. de manganèse . . . . .	0,0676
Acide phosphorique . . . . .	0,2785 (par différence)
Eau . . . . .	0,0929

1,0000 ;

mais d'après d'autres expériences, je crois que la

proportion de l'acide phosphorique s'éloigne peu de 0,30.

Quant à l'état où se trouvent le fer et le manganèse dans le minéral, comme sa dissolution muriatique ne précipite pas par les sels d'or, je pense que le fer y est saturé d'oxigène, et qu'au contraire le manganèse y est au minimum d'oxidation.

44. *Analyse de l'HÉTÉPOSITE ;* par M. Vauquelin. (An. de ch., t. 30, p. 294.)

L'hétéposite a été trouvée aux Hureaux, commune de Saint-Sylvestre (Haute-Vienne), par M. Alluau. Ce minéral est tantôt dur et grisâtre ou jaunâtre, et tantôt tendre et d'un brun violet d'évêque. Sa pesanteur spécifique est de 3,0 ; il fond au chalumeau en globule noir. Sa variété violette donne du chlore avec l'acide muriatique.

L'analyse de l'hétéposite a donné environ :

Peroxide de fer . . . . .	0,350	} 1,070.
Peroxide de manganèse . . . . .	0,165	
Acide phosphorique . . . . .	0,500	
Eau . . . . .	0,050	
Matières terreuses . . . . .	0,025	

L'augmentation de poids provient en partie de la suroxidation du manganèse ; cependant je crois que le fer se trouve dans le minéral à l'état de peroxide.

45. *Analyse de l'HURAILITE ;* par M. Vauquelin. (An. de ch., t. 30, p. 302.)

Ce minéral a été trouvé aux Hureaux, commune de Saint-Sylvestre (Haute-Vienne), par M. Alluau.

Il est d'un blanc rose, offrant quelques rudi-

mens de cristaux dans ses cavités. Il fond en émail noir au chalumeau. Il perd 0,20 d'eau par la calcination.

Lorsqu'on le traite par l'acide nitrique, il reste à 0,088 de sous-phosphate de peroxide de fer et de manganèse d'un violet foncé, mêlé d'une petite quantité de matière grise. Si l'on évapore la dissolution, il s'y forme un dépôt concrétionné verdâtre, pesant 0,18, et qui est composé de :

Peroxide de fer . . . . .	0,2236	} 1,0000.
Peroxid. de manganèse . .	0,3595	
Acide phosphorique . . . .	0,4169	

La liqueur est violette et contient un phosphate double composé de :

Peroxide de fer . . . . .	0,12	} 1,00.
Peroxide de manganèse . .	0,46	
Acide phosphorique . . . .	0,42	

L'huralite renferme, terme moyen :

Oxid. de fer et de manganèse .	0,472	} 1,000.
Acide phosphorique . . . . .	0,528	
Eau . . . . .	0,200	

46. *Analyse de deux variétés de FER ARSÉNIATÉ* ; par M. J. Berzélius. (J. de Léonhard, 1825, Nos. 11 et 12.)

Pour analyser ces minéraux : 1°. on a dosé l'eau en distillant dans un petit appareil de verre.

2°. On a dissous dans l'acide muriatique ; on a précipité par l'hydrosulfate d'ammoniaque en excès, et on a lavé le précipité avec de l'eau mêlée d'une petite quantité de cet hydrosulfate.

3°. Le sulfure de fer a été traité par l'acide muriatique très-étendu, il est resté une petite quantité de sulfure d'arsenic mêlé d'un peu de soufre et de sulfure de cuivre : on a dissous le sulfure

d'arsenic dans l'ammoniaque et on a ajouté la liqueur ammoniacale à la dissolution hydrosulfureuse ; enfin, en grillant le soufre, il est resté de l'oxide de cuivre.

4°. On a fait bouillir la dissolution muriatique 3°. avec de l'acide nitrique, on en a précipité l'oxide de fer, et après avoir dosé cet oxide, on y a recherché l'alumine et le manganèse.

5°. On a saturé d'acide muriatique la dissolution hydrosulfureuse 2°. ; il s'en est précipité du sulfure d'arsenic qu'on a pesé et qu'on a analysé, puis on a ajouté à la liqueur filtrée de l'ammoniaque et du muriate de chaux pour rechercher l'acide phosphorique.

L'analyse a donné une augmentation de poids, ce qui prouve que les arsénates analysés contiennent du protoxide. Les résultats sont ainsi qu'il suit :

	Bésil.	Cornouailles.
Acide arsénique . . . . .	0,5078	—0,3782
Acide phosphorique . . . .	trace.	—0,0255
Peroxide de fer . . . . .	0,3485	—0,3920
Oxide de cuivre . . . . .	trace	—0,0065
Eau . . . . .	0,1555	—0,1861
Phosph. d'alumine et gangue . . . . .	0,0167	—0,1776
	1,0285	0,0657

L'arséniate du Brésil se trouve à Villa Ricca dans les cavités d'un minéral de fer hydraté compacte : il est en petits cristaux indéterminables, transparents, d'un vert de sulfate de fer. Au chalumeau, ce minéral donne de l'eau et devient jaune sans perdre sa forme. La formule la plus simple qui représente sa composition est  $\text{Fe As}^{\dots}$

+ 2  $\overset{\cdot\cdot}{\text{Fe}} \overset{\cdot\cdot}{\text{As}} + 12 \text{Aq}$ . C'est le protoarséniate neutre, dans lequel les deux tiers de la base se sont oxydés au maximum.

L'arséniate de Cornouailles est très-connu. Sa formule de composition est  $\overset{\cdot\cdot}{\text{Fe}} \overset{\cdot\cdot}{\text{As}} + 2 \overset{\cdot\cdot}{\text{Fe}} \overset{\cdot\cdot}{\text{As}} + 36 \text{Aq}$ . Il diffère du précédent en ce qu'il contient un tiers de moins d'acide arsénique.

On trouve l'acide arsénique et l'acide phosphorique combinés avec les bases en un plus grand nombre de proportions que les autres acides. Voici les combinaisons qui ont été observées jusqu'à présent.

1°. R<sup>2</sup> A. Plomb phosphaté et arséniaté, chaux arséniaté.

2°. R A. Urane phosphaté.

3°. R<sup>3</sup> A<sup>2</sup>. Apatite; wagnerite (phosphate de magnésie); phosphate d'yttria; phosphate de fer de Bodennais; nickel arséniaté d'Allemon.

4°. R<sup>2</sup> A. Manganèse phosphaté, cuivre phosphaté de Liebethen.

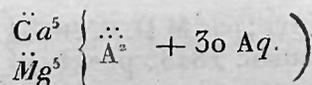
5°. R<sup>2</sup> A. Fer phosphaté de l'Ile-de-France et d'Alleyras.

6°. R<sup>4</sup> A<sup>3</sup>. Fer phosphaté de Sainte-Agnès en Cornouailles, phosphate de chaux des os.

7°. R<sup>4</sup> A<sup>3</sup>. Wavellite (phosphate d'alumine).

8°. R<sup>5</sup> A<sup>2</sup>. Cuivre phosphaté d'Erheimbresten.

9°. R<sup>5</sup> A<sup>4</sup>. Pikropharmacolite (arséniate de chaux et de magnésie, dont la formule est, d'après M. Stromeyer,



On remarque que, dans ces combinaisons, il y a un rapport simple, tantôt entre les nombres d'atomes du radical de la base et du radical de l'acide, et tantôt entre les quantités d'oxygène de la base et de l'acide. Ces deux conditions ne peuvent pas se rencontrer en même temps dans les arséniates et dans les phosphates, à cause de la constitution des acides arsénique et phosphorique; mais elles se trouvent réunies pour beaucoup d'autres sels.

47. *Examen chimique du FER OXIDÉ RÉSINITE des environs de Freyberg*; par M. Laugier. (An. de ch., t. 30, p. 325.)

Ce minéral est soluble dans l'acide nitrique et dans l'acide muriatique, sans résidu. Klaproth n'y avait trouvé que du peroxide de fer, de l'acide sulfurique et de l'eau; mais j'ai reconnu qu'il renferme en outre une proportion considérable d'acide arsénique. L'analyse m'a donné :

Peroxide de fer . . .	0,35	} 0,99,
Acide arsénique . . .	0,20	
Acide sulfurique . . .	0,14	
Eau . . . . .	0,30	

ou environ 1 atome d'acide arsénique, 1 atome d'acide sulfurique, 1 atome de peroxide de fer, et 9 atomes d'eau (1).

(1) Stromeyer avait déjà reconnu la présence de l'acide arsénique dans ce minéral, il y a plusieurs années; mais son résultat numérique diffère de celui de M. Laugier. (An. de Ch., t. 20, p. 364; et An. des Min., t. 8, p. 337.)

48. *Sur le WITHAMITE*; par M D. Brewster. (Edimburg journ., 1825, p. 218.)

Ce minéral a été trouvé par M. Witham à Glenco, en Écosse, en grains cristallins rayonnés, disséminés dans une roche trapéenne. Il est d'un beau rouge; sa pesanteur spécifique est 3,137. Il a une double réaction très-forte. La forme des cristaux est un prisme droit hexagonal irrégulier, dont les angles sont  $128^{\circ},20$ ,  $63^{\circ},20$ ,  $168^{\circ},20$ ,  $166^{\circ},30$ ,  $76^{\circ},0$  et  $118^{\circ},30$ . M. Haidinger a reconnu qu'en supposant que ce prisme soit le produit de deux cristaux dont l'un aurait tourné de  $180^{\circ}$ , on obtient une forme symétrique.

Le withamite donne au chalumeau les mêmes réactions que l'épidote d'Arendal, et, selon M. Haidinger, il a beaucoup d'analogie avec l'épidote de Chamouny.

Il est composé de silice, de fer, de manganèse et d'un peu de chaux.

49. *Analyse du SIDÉRO-SCHISTOLITE de Conghonas do Campo, dans le Brésil*; par M. Wernekinck. (An. der ph. und ch., t. 1, p. 387.)

Ce minéral a beaucoup de rapport avec la cronstedtite de Prizbran. On le trouve au milieu d'une pyrite, accompagné de fer spathique. Il est en petits cristaux d'une ligne et demie de longueur; les uns tétraédriques, les autres en pyramides hexagonales. Leur forme paraît appartenir au système rhomboédrique. Leur pesanteur spécifique est de 3. Ils sont d'un noir éclatant; leur poussière est vert foncé. Ils font gelée avec les acides, et ils contiennent :

Silice . . . . .	0,755	} 1,032;
Oxide noir de fer. .	0,163	
Alumine . . . . .	0,041	
Eau . . . . .	0,073	

mais l'analyse n'ayant été faite que sur 3 grains, ce résultat n'est qu'approximatif.

50. *Analyse des SCORIES D'AFFINAGE DU FER et de leur action sur l'argile réfractaire, à la chaleur du chalumeau à gaz oxigène.* (Arch. met. de M. Karsten, t. 7, p. 385, d'après un journal suédois.)

J'ai trouvé les scories de forges que l'on a employées dans les essais d'affinage au four à réverbère, à Skebo, composées de :

Silice . . . . .	0,12164	} 0,99955 (1).
Protoxide de fer. . .	0,76275	
Prot. de manganès. . .	0,04272	
Magnésie . . . . .	0,04038	
Alumine . . . . .	0,01800	
Chaux . . . . .	0,00766	
Mél. siliceux, etc. . .	0,00640	

Pour essayer l'action de ces scories sur les argiles réfractaires, j'ai formé avec ces argiles de petits parallépipèdes de  $3\frac{1}{2}$  lignes sur 0,7 de ligne et sur 0,15, et j'ai chauffé ces argiles au chalumeau à gaz oxigène, d'abord seules, et ensuite après les avoir saupoudrées de scories. Les argiles que j'ai employées sont celles de Stourbridge, de Rouen, de Höganäs, de Cologne, de Newcastle et de Bornholm. Les scories les ont toutes fait fondre. Seules, elles se gonflent,

(1) Ces scories sont remarquables par la grande proportion de magnésie qu'elles contiennent : cette terre provient sans doute du magnésium que renfermait la fonte soumise à l'affinage.  
P. B.

prennent un éclat que l'œil a peine à soutenir, bouillonnent, écument, et finissent par se fondre sur les bords, partie en émail blanc, partie en verre bulleux. Les argiles de Stourbridge et de Höganas sont les plus réfractaires; les argiles de Rouen et de Colognesont plus fusibles, et celles de Newcastle et de Bornholm le sont encore davantage.

Quoique les argiles les plus réfractaires entrent facilement en fusion au contact des scories de forge, à la chaleur du chalumeau à gaz oxygène, il ne faut pas en conclure qu'on ne peut pas les employer dans l'affinage du fer. En effet, la température est beaucoup moins élevée dans les fourneaux à réverbère que dans la flamme du chalumeau, et, de plus, les scories qui se forment dans l'affinage, étant ordinairement plus siliceuses et plus terreuses que celles dont on a rapporté la composition, doivent exercer une action beaucoup moins fondante sur les argiles.

51. *Sur une nouvelle espèce de WOLFRAM*; par M. Vauquelin. (An. de ch., t. 30, p. 194.)

Selon M. Berzélius, le wolfram est composé de:

Acide tungstique.....	0,74666	} 0,97930.
Oxide de fer.....	0,17594	
Oxide de manganèse..	0,05670	

Le fer et le manganèse y sont à l'état de protoxide, et par conséquent l'acide contient trois fois autant d'oxygène que les bases.

M. Alluau m'a envoyé dernièrement une variété de wolfram de la Haute-Vienne, dont la composition est différente. J'y ai trouvé :

	1 <sup>re</sup> analyse	2 <sup>e</sup> analyse.
Peroxide de fer.....	0,156	—0,138
Perox. de manganèse.	0,160	—0,130
Acide tungstique....	0,684	—0,732

1,000—1,000

Pour faire ces analyses, j'ai fondu au creuset de platine avec une partie et demie de potasse caustique, délayée dans l'eau, et fait bouillir pour accélérer la précipitation des oxides de fer et de manganèse; j'ai lavé et calciné ces oxides, et je les ai séparés l'un de l'autre par le moyen d'un carbonate alcalin, après les avoir redissous dans l'acide muriatique.

On peut aussi employer l'action de l'acide muriatique pour décomposer le wolfram; mais on observe que l'acide tungstique retient toujours du fer, et que quand l'acide muriatique est concentré, il dissout une certaine quantité d'acide tungstique que l'eau en précipite.

Désirant connaître la quantité absolue d'oxygène contenue dans le wolfram, j'ai réduit une partie de tungstate de fer ordinaire, à une forte chaleur, dans un creuset de charbon que j'avais placé au milieu du sable dans un creuset de Hesse. La perte a varié dans plusieurs expériences entre 0,40 et 0,46. Cette perte, étant beaucoup plus considérable qu'on ne devait s'y attendre, me fit soupçonner qu'une partie de l'acide tungstique s'était volatilisée. Pour m'en assurer, je fis chauffer de l'acide tungstique à une chaleur modérée, mais suffisante pour le réduire, et je n'eus en effet que 0,20 de perte; mais l'ayant une autre fois soumis à une chaleur intense et longtemps continuée, il éprouva une perte de 0,30. Une partie des métaux a donc été volatilisée.

D'après la quantité d'or que laisse déposer une dissolution de ce métal, lorsqu'on la mêle avec une dissolution de wolfram dans l'acide muriatique, j'ai trouvé que le fer est, dans ce minéral, moitié à l'état de peroxide et moitié à l'état

de protoxide : aussi observe-t-on que la dissolution muriatique est d'un jaune foncé; ce qui n'aurait pas lieu si le fer était tout entier protoxidé. D'après cela, il paraît que le rapport de 1 à 3, que l'on a cru exister entre l'oxigène des bases et l'oxigène de l'acide, n'est pas exact.

52. *Analyse du TANTALITE de KIMITO*; par M. Berzélius. (An. der phys., Poggendorf, 1825.)

Ce minéral donne une poudre couleur de cannelle; sa pesanteur spécifique va jusqu'à 7,96. J'avais pensé qu'il contenait du tantale et du fer à l'état métallique; mais une nouvelle analyse m'a fait voir que ces métaux s'y trouvent à l'état d'oxidule. En effet, cette analyse m'a donné

Acide tantalique.....	0,8585	—9,88	oxigène.
Oxide de fer.....	0,0441	—2,87	(de l'oxidule).
Oxide de manganèse....	0,1179	—0,354	(de l'oxidule).
Oxide d'étain.....	0,0080		
Chaux.....	0,0056		
Silice.....	0,0072		
		0,0413	

Or, en retranchant de l'augmentation de poids 4,13 la quantité d'oxigène que le fer et le manganèse ont absorbée (1,66), il reste 2,52, qui représentent la quantité d'oxigène dont le tantale s'est surchargé, quantité peu différente de celle que l'oxidule devait prendre : d'après cela, le tantalite de Kimito doit être nommé *tantalite* d'oxidule de fer et de manganèse, et sa formule est



53. *Nouvelle analyse du DIOPTASE*; par M. Vauquelin, lue à la Société de Médecine, le 27 août 1825.

Je dois à M. Kœmerer, de Saint-Petersbourg, l'avantage d'avoir pu recommencer l'analyse du dioptase, que j'avais ébauchée autrefois.

Ce minéral, d'un vert très-riche, perd de l'eau, et prend une couleur brune lorsqu'on le chauffe au rouge. Il fait gelée avec les acides.

J'y ai trouvé :

Silice.....	0,38	} 1,00
Deutoxide de cuivre .	0,40	
Eau.....	0,10	
Carbonate de chaux..	0,08	
Oxide de fer.....	0,04	

ou, en faisant abstraction du carbonate de chaux et de l'oxide de fer, qui paraissent être accidentels,

Silice.....	0,43181	} 1,00000
Deutox. de cuiv. .	0,45455	
Eau.....	0,11564	

mais n'ayant pu opérer que sur 08,9, je ne me flatte pas d'avoir obtenu un résultat parfaitement rigoureux.

Lowitz a trouvé dans le même minéral : cuivre, 55; silice, 33; eau, 12.

54. *Analyse du KERMÈS NATIF (Rothspics-Glanzerz de Braundorf) près de Freyberg, en Saxe*; par M. H. Rôse. (An. de ch., t. 29, p. 241.)

Pour analyser ce minéral, je l'ai décomposé par le moyen du gaz hydrogène; j'ai pesé l'antimoine métallique qui est resté dans la boule, et j'ai dosé l'eau qui s'est formée en l'absorbant par du chlorure de calcium contenu dans un

tule; ensuite, pour déterminer la proportion du soufre, j'ai dissous une autre portion de minéral dans l'eau régale; j'ai ajouté à la dissolution de l'acide tartrique, et j'ai précipité l'acide sulfurique par le chlorure de barium. Le résultat moyen de plusieurs expériences a été

Antimoine. . . . .	0,7445	} 0,9919:
Oxigène . . . . .	0,0427	
Soufre. . . . .	0,2047	

d'où il suit que le kermès de Freyberg est formé d'un atome d'oxide d'antimoine, et de deux atomes de sulfure :

Protoxide d'antimoine. . . . .	0,301	— 1 at.
Sulfure d'antimoine . . . . .	0,6986	— 2 at.

Sa formule est donc  $\text{Sb} + 2\text{SbS}^3$ .

55. *Sur le CADMIUM*; par M. Apjohn. (Dublin, phil journ., 1825, p. 73.)

M. Apjohn a trouvé environ 0,05 de cadmium dans une scorie qui provenait de la fusion de la galène.

56. *Analyse des SÉLÉNIURES du kartz oriental*; par M. H. Rôse. (An. de ch., t. 29, p. 113.)

Les minéraux sélénifères dont je donne ici l'analyse ont été découverts en 1825 par M. Zinkern, ingénieur en chef des mines du duc d'Anhalt-Bornburg. Ils se trouvent en deux endroits, dispersés dans de la chaux carbonatée magnésifère, 1<sup>o</sup>. auprès de Zorge, dans des filons de fer, qui traversent le schiste argileux et la diorite; 2<sup>o</sup>. près de Tilzerode, dans des filons, quelquefois avec de l'or natif.

Pour analyser ces minéraux, je me suis servi du chlore. J'ai changé tous les élémens en chlo-

rures, et j'ai séparé le chlorure de sélénium, qui est volatil, des chlorures métalliques, qui ne le sont pas. Je n'ai employé ni l'acide nitrique, ni l'eau régale, parce que pour obtenir le plomb, j'aurais été obligé d'ajouter de l'acide sulfurique, et d'évaporer à sec pour chasser tous les acides libres, ce qui m'aurait fait perdre le sélénium. Je n'aurais pas pu, d'ailleurs, commencer par précipiter cette substance au moyen de l'acide sulfureux, parce qu'elle entraîne avec elle une petite quantité de séléniate, et même de sulfate, et de chlorure de plomb.

L'appareil que j'ai employé est le même que celui dont M. Berzélius s'est servi pour l'analyse du nickel gris (*An. des Mines*, t. 7, p. 244); il se forme d'abord du protochlorure de sélénium, qui se volatilise et coule dans l'eau en gouttelettes de couleur orange, et se décompose en sélénium et acide sélénique; mais ensuite il passe dans l'eau du perchlorure et du chlore en excès, et tout le sélénium se dissout. Il est nécessaire de chauffer le tube avec une lampe, pour en chasser le perchlorure. Il faut que le chlore ne se développe que très-lentement, car si les bulles du gaz montent trop rapidement à travers l'eau, le chlore entraîne du chlorure de sélénium, qui n'a pas le temps de se décomposer. On précipite le sélénium de la dissolution par le sulfite d'ammoniaque, après y avoir ajouté de l'acide hydrochlorique; pour que la précipitation soit complète, il faut faire digérer long-temps la liqueur avec le sulfite d'ammoniaque, et la mettre souvent en ébullition.

J'ai analysé cinq sélénures, qui m'ont donné les résultats suivans.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Plomb.....	0,7230	0,6392	0,5967	0,4743	0,5584	0,2733
Cobalt.....		0,0314				
Cuivre.....			0,0786	0,1545		
Mercure.....					0,1694	0,4469
Argent.....				0,0129		
Fer.....		0,0045	0,0077			
Sélénium.....	0,2770	0,3142	0,2976	0,3426	0,2497	0,2798
Gangue.....			0,0100	0,0200		
	1,0000	0,9893	0,9906	1,0043	0,9775	1,0000

(1) *Sélénium de plomb*. C'est le plus commun; il ressemble tellement à la galène, qu'on a de la peine à l'en distinguer. Dans le tube fermé, il ne fond pas et ne donne aucun sublimé; dans le tube ouvert, une petite quantité de sélénium se sublime, et il se forme de l'acide séléniue, la matière s'entoure d'oxide de plomb jaune. Fondu sur le charbon, il fume et teint la flamme en bleu; le charbon se couvre d'un sublimé d'oxide de plomb, mais il ne se forme pas de plomb métallique si l'on n'ajoute pas de soude. Ce minéral est sans aucun doute le sélénium  $Pb Se^2$ ; il ne contient pas la plus petite trace de soufre.

(2) *Sélénium de plomb et de cobalt*. Il a le même aspect que le sélénium de plomb. Dans le tube fermé, il donne un sublimé de sélénium, et il montre la réaction du cobalt avec les flux. Sa formule doit être  $Co Se^4 + 6 Pb Se^2$ .

(3) *Sélénium de plomb et de cuivre*. Il est amorphe, d'un gris de plomb. Dans le matras, il ne donne pas de sublimé; dans le tube ouvert, il donne du sélénium et de l'acide séléniue. D'après sa composition, il est vraisemblable que le cuivre

est contenu, partie à l'état de sélénium  $Cu Se$ , et partie à l'état de bisélénium  $Cu Se^2$ , quoiqu'il ne perde pas de sélénium par la chaleur; mais je me suis convaincu que l'on peut ajouter aux séléniures de plomb et de cuivre fondus une assez grande quantité de sélénium sans qu'il s'en sublime par la chaleur.

(4) *Autre variété de sélénium de plomb et de cuivre*, plus fusible que la précédente.

(5) (6) *Sélénium de plomb et de mercure*. Les deux analyses présentent le résultat obtenu sur deux portions d'un même morceau; ce qui prouve que les deux séléniures ne sont pas combinés en proportion fixe; il paraît qu'ils peuvent s'unir dans toutes sortes de rapports à la manière des corps isomorphes, sans que la forme du composé soit changée. Ce minéral ressemble au sélénium de plomb; mais il a quelquefois un clivage cubique très-distinct; sa densité est de 7,80 à 7,87. Dans le matras, il donne un sublimé cristallin de sélénium de mercure, et lorsque ce sélénium s'y trouve en proportion considérable, le minéral fond et entre en ébullition. Si l'on y ajoute du carbonate de soude, il se sublime du mercure. Dans le tube ouvert, il produit un sublimé de séléniure de mercure, en gouttes jaunâtres, qui ont le même aspect que l'oxide de tellure. Dans chaque sélénium, il y a deux atomes de sélénium pour un atome de métal.

Le mercure se trouvant volatilisé en entier avec le sélénium par le chlore, j'ai fait beaucoup d'essais pour séparer ces deux substances. On n'y parvient pas par les alcalis, ni par les carbonates; mais j'ai trouvé qu'en ajoutant de l'ammoniaque à la liqueur qui contient les chlorures volatils, et en y versant ensuite de l'hydrosulfure d'am-

moniaque en excès, tout le mercure se précipite à l'état de sulfure: J'ai rendu ensuite la liqueur acide par l'acide hydrochlorique, et je l'ai chauffée pour chasser l'hydrogène sulfuré; j'ai recueilli le sulfure de sélénium qui s'est déposé, je l'ai dissous dans l'eau régale, et j'ai mêlé la dissolution à la liqueur de laquelle le sulfure s'était précipité; enfin j'ai réduit le sélénium par le sulfite d'ammoniaque.

Outre ces minéraux, il y en a d'autres qui contiennent du sélénium, du plomb, du cuivre et beaucoup d'argent; mais je n'ai pas eu des échantillons assez purs pour en faire l'analyse.

57. *Sur la composition des minerais de PLOMB PHOSPHATÉ et ARSÉNIATÉ*; par M. Wöhler.

Klaproth a trouvé de l'acide muriatique dans toutes les variétés de plomb phosphaté et arséniaté qu'il a analysées. J'en ai examiné un grand nombre, dans lesquelles j'ai aussi toujours rencontré cet acide. L'épreuve en est facile à faire au chalumeau: il suffit d'introduire un petit morceau de minéral dans un bouton de sel de phosphore, et de fondre de nouveau; l'acide se dégage immédiatement avec bouillonnement, et se fait reconnaître par son odeur; si on y ajoute un peu d'oxide de cuivre, la flamme se colore très-fortement en bleu.

J'ai analysé le plomb phosphaté vert de Schoppau, une autre variété blanche provenant du cabinet de Berlin, et le plomb arséniaté de Johan-Georgenstadt. Pour cela, j'ai fait dissoudre une portion du minéral dans l'acide nitrique pur, et j'ai précipité l'acide muriatique par le nitrate d'argent: puis j'en ai dissous une autre portion; j'ai précipité la dissolution par l'ammoniaque, et

j'y ai ajouté ensuite de l'hydrosulfate d'ammoniaque en excès; j'ai recueilli le dépôt, et j'y ai recherché le plomb et le fer; j'ai ensuite sursaturé la liqueur d'acide muriatique, tout l'arséniate s'est précipité à l'état d'orpiment, que j'ai décomposé par l'eau régale pour doser le soufre, et j'ai déterminé le poids de l'arsenic par différence. Ayant l'oxide de plomb, l'acide muriatique et l'acide arséniaque, la perte donne l'acide phosphorique. J'ai eu les résultats suivants:

	Schoppau.	blanc.	Georgenstadt.
Oxide de plomb . . . .	0,82287	—0,8155	—0,7559
Acide phosphorique . . .	0,15727	—0,1416	—0,0132
Acide arsénique . . . . .	0,00000	—0,0230	—0,2120
Acide muriatique . . . .	0,01986	—0,0199	—0,0189

Il résulte de ces analyses que les minéraux que l'on comprend sous les noms de *plomb vert* et de *plomb brun*, sont composés de 1 atome de chlorure de plomb uni à 3 atomes de sous-phosphate ou de sous-arséniate de plomb  $\text{Pb}^3\text{A}^3$ , qui se suppléent réciproquement en toutes sortes de proportions. On peut exprimer la composition de ces minéraux par la formule  $\text{Pb Ch}^2 + 3\text{Pb}^3\text{A}^3$ , dans laquelle A signifie l'acide phosphorique ou l'acide arsénique, ou un mélange des deux.

57. *SÉLÉNIURE D'ARGENT à Tasco (Mexique)*; par MM. André del Rio et Mendez. (An. de ch., t. 29, p. 147.)

Nous avons trouvé, en 1823, parmi les minéraux de Tasco, du biséliniure d'argent en petites tables hexagonales, ayant les bords et les angles arrondis, comme si elles avaient été fondues; elles étaient d'un gris de plomb et très-ductiles.

58. *Note sur l'existence de l'iode dans le règne minéral*; par M. Vauquelin. (An. de ch., t. 29, p. 99.)

Le minéral dans lequel j'ai découvert l'iode vient des environs de Mexico; il a été apporté à Paris par M. Joseph Tabary. Ce minéral est blanchâtre: sa cassure est lamelleuse, d'un vert jaunâtre; il présente quelques parties noires et de l'argent métallique.

Lorsqu'on le traite par l'acide nitrique, il y a effervescence, et le liquide tient en suspension deux substances différentes, et que l'on peut aisément séparer, l'une légère et brune, et l'autre pesante et jaunâtre.

La substance légère contient du soufre, du sulfure de plomb et de l'oxide de fer.

La substance pesante se fond aisément au chalumeau en répandant une flamme purpurine; au bout d'un certain temps, il paraît un globule d'argent au milieu d'une matière fondue, et les bords du charbon sont enduits d'une poudre jaune. Traitée par l'acide muriatique bouillant, elle se colore en brun; il se développe une belle vapeur violette qui a l'odeur du chlore. La liqueur colore en bleu la dissolution d'amidon. Si l'on fait bouillir le résidu avec de l'alcool, celui-ci se colore d'une manière intense, et forme aussi une combinaison bleue avec l'amidon.

La dissolution muriatique donne de l'iode à la distillation.

5g. du minéral ont été fondus avec 2g. de potasse caustique, puis délayés dans l'eau. La lessive alcaline, saturée d'acide nitrique, devenait bleue par l'addition de l'amidon et de quelques gouttes de chlore, précipitait en brun noirâtre

par l'acide nitreux, et en rouge par le nitrate de mercure.

Le résidu insoluble était d'un jaune sale: traité par l'acide nitrique, il se dissolvait en partie, avec effervescence: il restait une substance jaunâtre, ressemblant au chlorure d'argent, et qui était de l'iodure.

Ayant saturé d'acide sulfurique la liqueur alcaline dont il a été parlé plus haut, on l'a évaporée à siccité, et on a traité le résidu par l'alcool à 30°; on a chassé ensuite l'alcool, et l'eau-mère, abandonnée à une évaporation spontanée, a fourni des prismes carés, qui avaient toutes les propriétés de l'hydriodate de potasse.

On devra donc désormais regarder l'iode comme un des élémens des minéraux. Il entre pour environ 0,18 dans celui du Mexique. Dans ce minéral il paraît que l'iode est combiné avec de l'argent, et qu'il contient en outre un mélange de sulfure de plomb, d'argent natif et de chaux carbonatée. L'ammoniaque en enlève une certaine quantité d'iodure d'argent.

59. *Analyse d'un ALLIAGE D'OR ET DE RHODIUM, de la maison de départ de Mexico*; par M. André del Rio, professeur au collège des mines, et Membre de l'Institut de Mexico. (An. de ch., t. 29, p. 137.)

Cet alliage contient des proportions de rhodium très-variables; la moyenne est 0,34. Il se dissout bien dans l'eau régale. L'éther précipite les deux métaux de la dissolution; en neutralisant celle-ci par l'ammoniaque, l'or s'en précipite à l'état d'aurure pur; l'or en est aussi précipité sans mélange de rhodium par le proto-

sulfate de fer et par l'acide oxalique; si l'on y plonge après cela des morceaux de fer décapés, ils se recouvrent de pellicules un peu flexibles, couleur de tombac, de rhodium métallique ou très-peu oxidé.

Le rhodium pur ne s'amalgame pas avec le mercure; mais il se combine très-facilement avec ce métal par l'intermédiaire de l'or, car tous les alliages que j'ai examinés se sont amalgamés sans résidu.

Il est très-difficile de séparer complètement l'un de l'autre les deux métaux de l'alliage, le meilleur moyen à employer en grand sera sans doute de traiter celui-ci par le sulfure d'antimoine.

M. Wollaston se trompe lorsqu'il dit que les alliages d'or et de rhodium sont très-ductiles; il y a long-temps que l'on a observé le contraire à Mexico.

60. *Examen du PLATINE trouvé en Russie*; par M. Laugier. (An. de ch., t. 29, p. 289.)

Deux échantillons de minerai de platine de Russie m'ont été remis par M. de Humboldt: l'un, trouvé dans les sables aurifères de Kuschwa à 250 werstes de Caterinenburg; l'autre, extrait des terres du négociant Rastorgujère dans l'Oural près de Caterinenburg. Il est remarquable que ces minerais se trouvent au milieu de fragmens de grunstein, comme celui du Choco.

Le premier échantillon est en grains formés de très-petites lames d'un blanc grisâtre; il n'a aucune action sur le barreau aimanté. Par une analyse faite sur 0<sup>g</sup>,4, j'ai trouvé qu'il contient 0,65 de platine, 0,33 d'oxide de fer et des traces de cuivre, d'osmium et d'iridium; mais je n'ai pu

y découvrir la présence du rhodium ni du palladium.

Le second échantillon est un mélange de grains de la grosseur d'une tête d'épingle, les uns gris, les autres d'un blanc pur, et d'autres d'un gris noirâtre, et magnétiques.

0<sup>g</sup>,2 de grains non magnétiques traités par l'eau régale ont laissé un résidu pesant 0<sup>g</sup>,05; ce résidu était d'un blanc d'argent pur, un peu ductile, extrêmement dur et inattaquable par le nitre. Je l'ai chauffé trois fois de suite avec six fois son poids de potasse, et j'ai délayé la matière dans l'eau; la dissolution contenait beaucoup d'osmium et une trace de titane et de chrome, et le résidu, soluble dans l'acide hydrochlorique, était de l'iridium à-peu-près pur. Les proportions sont d'environ 0,60 iridium, et 0,50 osmium.

Ayant chassé par l'évaporation l'excès d'acide de la dissolution nitro-muriatique, j'y ai versé de l'hydrochlorate d'ammoniaque, qui a formé un précipité de couleur chamois, et il n'est resté dans la liqueur qu'un peu de fer sans la moindre trace de palladium. Le précipité a pris, par la calcination, l'aspect de l'oxide de fer; en le traitant par l'acide hydrochlorique, il est resté du platine métallique pur, et il s'est dissous de l'oxide de fer et une trace d'oxide de cuivre.

Il résulte de cette analyse que les grains non magnétiques sont composés de 0,20 d'alliage d'iridium et d'osmium, insolubles dans l'eau régale, 0,20 de platine, 0,50 de fer et d'une très-petite quantité de cuivre, de titane et de chrome.

Les grains magnétiques sont formés de fer, de quelques atomes de platine, et de l'alliage d'iridium et d'osmium.

61. *Analyse du MINÉRAI D'IRIDIUM*; par M. Thomson.  
(An. of phil. 1826, p. 17.)

Ce minéral a été découvert dans le minéral de platine par le D<sup>r</sup>. Wollaston. Il est en grains foliacés, fragiles, doués d'un éclat particulier et d'une densité de 19,5.

J'ai trouvé que le meilleur moyen de l'analyser consiste à le fondre au creuset d'argent, avec 5 parties de potasse et 2 parties de nitre, à laver avec de l'eau, à traiter le résidu par l'acide muriatique, et à répéter ce traitement sur la partie non attaquée, autant de fois que cela est nécessaire pour que tout se dissolve. Dans l'expérience que j'ai faite, après 7 opérations, il y avait encore un résidu de  $\frac{4}{10}$ .

Les liqueurs aqueuses sont opaques, au bout de vingt-quatre heures, elles laissent déposer des flocons noirs, et elles deviennent d'un vert olive : lorsqu'on les fait bouillir, il s'en dégage de l'osmium, et elles perdent entièrement leur couleur. Les flocons noirs, après qu'ils ont été chauffés au rouge, sont de l'iridium métallique pur ; car ils donnent, avec l'eau régale, une dissolution rouge, qui devient incolore par l'addition de l'acide gallique, et qui ne se trouble par aucun réactif.

Les dissolutions muriatiques étant évaporées à sec, en calcinant le précipité, on a encore de l'iridium. En laissant digérer la totalité de l'iridium obtenu dans l'analyse, avec de l'acide muriatique pendant plusieurs jours ; il se dissout une petite quantité d'oxide de fer.

En appréciant la proportion de l'osmium par différence, l'analyse que j'ai faite m'a donné :

Iridium . . . . .	0,729	} 1,000.
Osmium . . . . .	0,245	
Fer métallique . . . . .	0,026	

*Sur la carbonisation du bois ; résultat des expériences faites à Brestven en Suède*; par M. le baron Anckarsrærd. (Extrait.)

On a cherché à perfectionner la carbonisation du bois en plein air ou par *meules* ; mais jusqu'ici l'emploi des fourneaux destinés à opérer une carbonisation plus complète, et en même temps à recueillir les produits accessoires de l'opération, a été considérée comme ne pouvant avoir lieu qu'en petit, et non capable de fournir les grandes masses de charbon que l'on consomme dans les usines à fer. Cependant ayant eu l'occasion, en 1813, de connaître le procédé de carbonisation dans des fourneaux, pratiqué par M. Schwartz, et ayant remarqué que ce procédé fournit de meilleur charbon et en plus grande quantité que les autres méthodes, et de plus plusieurs autres produits qui ont de la valeur, je fus frappé des avantages qu'on pourrait en retirer pour la fabrication du fer, et je fis construire un fourneau d'essai sous la direction de M. Schwartz. Ce sont les résultats des expériences que j'ai faites dans cet appareil, que j'ai l'honneur de présenter à la Société des maîtres de forges.

La Pl. VII, *fig.* 1, 2 et 3, fait voir la grandeur et la forme du fourneau. Il consiste en une voûte cylindrique, fermée à ses deux extrémités par des murs verticaux, perpendiculaires à son axe. La sole intérieure est inclinée vers le milieu des longs côtés, afin de faciliter l'écoulement du goudron dans des tuyaux en fonte de fer. A chaque extrémité du fourneau, se trouvent deux ouvertures, par lesquelles on allume le bois ; elles ont

deux angles pour couper la flamme, et c'est par ces ouvertures que l'air atmosphérique entre dans l'appareil. L'un des côtés perpendiculaires présente deux ouvertures au milieu et deux autres aux coins; elles servent toutes quatre à introduire le bois, et ensuite à retirer le charbon. La fumée sort par des tuyaux de fonte placés au fond et au milieu des longs côtés. Elle est conduite par d'autres tuyaux de même matière à des canaux renfermés dans du bois jusqu'à la cheminée, ainsi qu'on peut le voir dans la coupe du fourneau (*fig. 2.*)

Les murs sont faits en sable et en argile : il ne doit pas s'y trouver de chaux, parce qu'elle serait attaquée par l'acide qui se dégage pendant l'opération. La moindre négligence à cet égard aurait de grands inconvéniens : elle pourrait occasionner l'introduction de l'air au milieu du charbon, ce qui le consumerait en pure perte. La voûte du fourneau se fend souvent; on bouche avec soin toutes les ouvertures qui se forment, soit pendant la carbonisation, soit après le refroidissement de l'appareil.

Ce qui distingue particulièrement cette méthode de carbonisation, c'est que l'air ne peut entrer immédiatement en contact avec le bois; c'est la flamme qui le carbonise en le traversant, avant de passer par la cheminée.

Lorsque le bois est arrangé dans le fourneau, on entretient d'autre bois allumé dans les foyers situés sur les côtés, et la flamme ne se portant pas directement sur le bois à carboniser, avant qu'elle arrive au fond du fourneau, tout l'oxygène qu'elle entraîne est consommé.

Pour remplir le fourneau, on y introduit d'a-

bord les plus gros morceaux (de 16 à 17 centimètres de diamètre); on les arrange suivant la longueur du fourneau, puis on met les petits morceaux sur les premiers, en les serrant autant que possible jusqu'à la voûte. Quand on approche des cheminées, on écarte le bois davantage, afin de faciliter la circulation des gaz. Il est visible, au reste, qu'il y a de l'avantage à accumuler la plus grande quantité possible de bois dans le fourneau.

On emploie le menu bois pour faire le feu qui opère la carbonisation, parce qu'il produit plus de flamme et qu'il brûle plus promptement.

L'expérience a fait voir que deux cheminées suffisent pour le tirage.

La capacité du fourneau est de 167<sup>m</sup>.

Le fourneau étant rempli et bien fermé, on allume le feu; trois ouvriers sont occupés à ce travail, de manière qu'il s'en trouve toujours un le jour et un la nuit pour entretenir la combustion, jusqu'à ce que la fumée paraisse d'un bleu clair; à ce signe, on reconnaît que tout le bois est carbonisé; et à cette époque, il ne s'écoule plus ni acide ni goudron : alors on ferme hermétiquement les cheminées en les murillant, et l'on bouche les tuyaux avec des tampons de bois garnis d'argile. Au bout de deux jours, on ouvre deux petits orifices, qui jusque-là avaient été tenus exactement fermés, et l'on introduit de l'eau sur le charbon pour l'éteindre; on referme immédiatement ces orifices. Trois ou quatre jours après, on ouvre à la partie supérieure la porte par laquelle on a chargé le bois; on jette encore de l'eau dans le fourneau et on referme. Ce n'est que quand les tuyaux sont tout-à-fait froids, que l'on s'occupe à retirer le charbon : si l'on aperçoit

encore des parties embrasées, on les éteint avec de l'eau; mais il est difficile d'éteindre le charbon avec de l'eau seule, et s'il entre de l'air en même temps, il y a une consommation considérable par combustion: c'est pourquoi il faut procéder comme on l'a indiqué, et attendre que toute la masse soit refroidie, pour vider le fourneau.

On recueille l'acide dans de grands vases en bois, et on le sature avec de la chaux. On fait évaporer jusqu'à siccité l'acétate de chaux, et on l'obtient en masses compactes et noires, à cause du goudron dont il est mélangé.

Si l'on compare les quantités de charbon obtenues par ce procédé et par le procédé ordinaire, on trouve que le premier en donne beaucoup plus. En effet, il résulte de plusieurs essais que pour produire une tonne de charbon (0<sup>m.c.</sup>, 165), il faut 1<sup>alm.c.</sup>, 93 (0<sup>m.c.</sup>, 404) de bois dans le procédé ordinaire, et seulement 1<sup>alm.c.</sup>, 11 (0<sup>m.c.</sup>, 233) dans le procédé nouveau: d'où il suit que, par le procédé nouveau, on économise les 0,367 du bois, ou que pour une même quantité de bois on obtient 0,58 de charbon de plus.

Il faut observer en outre que le charbon préparé dans le fourneau est beaucoup meilleur et plus compacte que l'autre, ce qui a été observé par tous les ouvriers forgerons. L'acide qui résulte de la distillation pourra peut-être être employé dans la teinture, dans la tannerie, etc., et payer une partie des frais de carbonisation.

On a objecté contre l'emploi des fourneaux à carboniser, que le transport du bois était beaucoup plus coûteux que celui du charbon; mais rien n'empêche d'établir les appareils de distillation au milieu même des forêts.

Dans les six expériences qui ont été faites en

grand, on a employé dans chaque opération 19<sup>3/4</sup> stafum de sapin = 642<sup>6/10</sup> aln. cubes (128<sup>m.c.</sup>, 69). Le quarantième du bois a échappé à la carbonisation et on a obtenu 46 lasters de charbon = 552 tonnes (91<sup>m.c.</sup>, 08). Il a fallu deux jours pour charger le fourneau, deux jours pour charbonner, et neuf à trente-trois jours pour refroidir. Pour chauffer le fourneau, on a brûlé 6 charges de cheval de fagots et  $\frac{1}{2}$  fannar de bois de corde = 4<sup>alm.c.</sup>, 59 (0<sup>m.c.</sup>, 96), ou bien 7 fannars de bois de corde sans fagots = 64<sup>alm.c.</sup>, 33 (13<sup>m.c.</sup>, 33) c'est-à-dire le dixième du bois à charbonner.

La carbonisation a produit en outre 2,500 kannas d'acide impur = 40 tonnes (6600 litres), et 25 kannas de goudron (67 litres  $\frac{1}{2}$ ). La purification de l'acide a exigé 45 lispunds de chaux (362 kilog.  $\frac{1}{2}$ ), et par l'évaporation des liqueurs on a eu 60 lispunds d'acétate sec (511 kilog.). L'opération a exigé 16 journées d'ouvriers et a consommé 3 fannars de bois = 27<sup>alm.c.</sup>, 57 (5<sup>m.c.</sup>, 75).

La construction du fourneau d'essai a coûté 2,900 fr.

*Explication des figures.*

- aa*, espace où le bois est carbonisé;
- bbbb*, ouvertures par lesquelles on introduit le bois et l'on retire le charbon;
- cc*, foyers;
- dd*, ouvertures par lesquelles passent la fumée, l'acide pyroligneux, l'huile et le goudron;
- ee*, tuyaux coudés par où le goudron s'écoule sans que l'air puisse s'introduire dans l'appareil;
- ff*, vases dans lesquels le goudron est reçu;
- gg*, tuyaux qui conduisent la fumée, l'acide pyroligneux et l'huile dans les canaux en bois *h*, et de là les gaz dans la cheminée;

*hh*, canaux servant à recueillir l'acide pyroligneux et l'huile;

*ii*, cheminée;

*k*, petite ouverture dans laquelle on allume du feu pour établir un courant d'air dans la cheminée.

*Rapport sur les essais de carbonisation du bois faits à Breslwen*, par M. le baron Anckarsrærd ; par M. C. D. de Uhr.

M. Schwartz a exposé qu'il était inventeur d'un nouveau procédé de carbonisation pour le bois, susceptible d'être employé en grand, et qui permet de recueillir tous les produits accessoires de l'opération. Cette méthode, plus simple et moins coûteuse que celle dont on se sert en France, présente en outre cet avantage que le goudron n'est pas détruit, et que l'acide pyroligneux est recueilli sous une forme et à un degré de pureté qui le rend propre à beaucoup d'usages. Enfin ce même savant a imaginé d'employer l'huile de goudron au lieu d'huile de poisson et des huiles grasses pour l'éclairage, en le convertissant en gaz.

Il annonce que son procédé de carbonisation consiste principalement à chauffer le bois par la fumée d'un combustible agissant immédiatement sur la matière à carboniser.

L'objet des tentatives nombreuses qui ont été faites pour perfectionner la carbonisation, a toujours été, 1<sup>o</sup>. de recueillir facilement les produits de cette espèce de distillation, produits qui sont perdus dans la méthode ordinaire de faire le charbon en meules; 2<sup>o</sup>. de maîtriser le courant d'air et la température dans la masse du com-

bustible, afin d'obtenir du charbon de meilleure qualité et en plus grande quantité.

Le baron Funck, en 1748, et M. Cederbaum, en 1780, ont proposé des moyens qui n'ont pas eu de succès. On a imaginé, tant en France qu'ailleurs, divers procédés qui permettent de recueillir l'acide et le goudron : tels sont, 1<sup>o</sup>. le procédé de M. Lachabaussière, où l'on fait usage de fourneaux cylindriques, et qui n'exigent que peu de frais de construction;

2<sup>o</sup>. La distillation dans des cylindres de fer, telle qu'on la pratique à Choisy près Paris;

3<sup>o</sup>. Le fourneau de carbonisation de Muldener, près de Freyberg, qui a 10<sup>m</sup>,08 de longueur, 3<sup>m</sup>,58 de hauteur et 2<sup>m</sup>,08 de largeur : la chaleur circule autour du fourneau par des tuyaux horizontaux;

4<sup>o</sup>. Le fourneau de Gabrielshyttan en Bohême, où la carbonisation est exécutée dans un cylindre de fonte, haut de 8<sup>m</sup>, et dont le diamètre est de 7 décimètres.

La méthode de M. Lachabaussière est analogue à celle qui est usitée à Anckarsrum; mais le fourneau n'est pas applicable à la fabrication d'une grande quantité de charbon; et d'ailleurs la méthode ne laisse pas recueillir le goudron qui provient des bois résineux, et qui ne se vaporise pas. Le procédé de Choisy et le procédé de Saxe ne donnent pas du charbon d'aussi bonne qualité que celui qui provient des meules : les appareils coûtent cher, et sont trop petits pour pouvoir servir à alimenter les forges.

Le moyen imaginé en Saxe pour recueillir l'acide pyroligneux qui se dégage des meules ordinaires, en introduisant des tuyaux au milieu

du tas, présente le grand inconvénient de rendre encore la conduite du feu plus difficile : en sorte que la quantité et la qualité du charbon se sont trouvées encore moindres qu'à l'ordinaire.

On a indiqué dans les journaux français un perfectionnement à la méthode usuelle, et qui consiste à se servir de *paravens* mobiles pour abriter les meules contre les vents, qui produisent l'irrégularité de la carbonisation ; mais ce moyen ne peut être employé que pour de petites meules, et ne peut servir dans les pays montueux, à cause de la difficulté du transport des paravens.

Dans les différentes méthodes précitées, les fourneaux ont les capacités suivantes :

	aulnesc.	met. c.
Fourneau de M. Funck . . . . .	29	— 6,08
— de Adelsnaes . . . . .	100	— 20,96
— d'Anckarsrum . . . . .	792,5	— 164,00
— de Brefwen . . . . .	807,12	— 169,17
— de M. Lachabaussière . . . . .	50	— 10,48
— de Choisy . . . . .	11,67	— 2,44
— de Muldener, près Freyberg . . . . .	225	— 47,16
— de Gabrielshyttan en Bohême . . . . .	150,72	— 31,58

On voit, par ce qui précède, que la méthode de Brefwen ne peut être comparée qu'à celle de la carbonisation en meules ; mais la première est préférable à la dernière.

L'invention de M. Schwartz consiste en ce que le bois est converti en charbon à l'aide d'un foyer particulier, sans qu'il puisse être consommé par un courant d'air : le résultat de ces dispositions est qu'on obtient la plus grande quantité possible de charbon, que ce charbon est d'excellente qualité et qu'on recueille le goudron, etc.

Pour comparer la méthode nouvelle avec la

méthode des meules, il faut se rappeler les essais qui ont été faits en 1811 et 1813 par ordre de la *Société des maîtres de forges* : ils ont été exécutés par les ouvriers les plus habiles, et surveillés avec le plus grand soin ; de sorte que les résultats qu'on a obtenus, sont bien plus avantageux que ceux que l'on a ordinairement.

Pour faire une tonne de charbon, (0<sup>m.c.</sup>, 209), on consomme 1<sup>aln. c.</sup>, 24, (0<sup>m.c.</sup>, 260) de bois, quand les bûches sont verticales (*resmilor*), et 1<sup>aln. c.</sup>, 108, (0<sup>m.c.</sup>, 251), quand les bûches sont placées horizontalement (*liggmilor*) ; ce qui fait 64 pour cent, dans le premier cas, et 71 dans le second (en volume.)

Dans le fourneau de Brefwen, on consomme 1<sup>aln. c.</sup>, 142 de bois, pour faire une tonne de charbon, c'est-à-dire 100 de bois pour 69,7 de charbon. On voit que la quantité de charbon produite par la méthode dite *liggmilor* est plus considérable que celle que donne le procédé de M. Schwartz ; mais cette différence n'est qu'apparente, parce que, dans la méthode dite *liggmilor*, une partie des bûches situées à la partie inférieure ne sont pas complètement carbonisées ; et ce qui doit assurer la préférence à la méthode de M. Schwartz, c'est que le succès de l'opération est indépendant du temps, beau ou mauvais, des vents, de beaucoup d'accidens, et sur-tout du soin qu'il faut prendre pour entretenir les meules bien couvertes d'une matière compacte pendant toute la durée de la carbonisation.

Je regarde comme exacts les calculs de M. Anckarsrærd relatifs au fourneau de Brefwen, et je pense qu'en l'adoptant, on obtiendra une augmentation de 50 pour 100 dans la production du char-

bon, et que ce charbon sera plus compacte et plus propre à l'usage des fourneaux et des forges; en outre on aura l'acide, le goudron, etc., qui sont d'une certaine valeur. La carbonisation sera exécutée dans un moindre temps et à moins de frais.

Quand on réfléchit aux difficultés que l'on éprouve à carboniser le bois qui n'est pas sec, et combien il faut de temps et de travail pour le faire sécher, on apprécie davantage le procédé de M. Schwartz, qui permet d'employer le bois tout humide.

Il ne faut pas regarder comme un inconvénient de cette méthode la dépense qu'occasionne la construction du fourneau; car on en est promptement dédommagé par l'excédent des produits; mais il faut seulement compter la nécessité de porter le bois jusqu'à l'appareil, tandis que la carbonisation par meules peut être opérée presque par-tout où se trouve le bois. Les dépenses de transport peuvent, dans quelques localités, être un obstacle insurmontable à l'introduction de la méthode; mais toutes les fois que le bois peut être conduit au fourneau par le moyen du flottage, il n'y a pas à hésiter: au reste, relativement au transport du bois, il arrive souvent que pour établir les meules on est obligé de chercher un emplacement à  $\frac{1}{4}$  ou  $\frac{1}{2}$  mille de l'endroit où le bois abattu est déposé.

*Rapports des mesures suédoises aux mesures métriques.*

*Mesures de longueur.*

1. *aln* (aune suédoise) = 2 *fot* (pied suédois)

RAPP. DES MESURES SUÉDOISES AUX MES. MÉTRIQ. 357  
 = 4 *qvarter* = 24 *verthum* (pouce suédois) =  
 20 *decimatum* (pouce décimal) = 200 *linier*  
 (ligne suédoise) = 0<sup>m</sup>594.

*Nota.* La division de l'aune suédoise la plus usitée est en 24 *verhtum* ou *tum*, et quand on parle de *tum*, on entend toujours *verhtum*.

1 *famn* = 3 *alnar* = 6 *fot* = 1<sup>m</sup>782.

1 *mètre* français = 36,941333 *verhtum* =  
 33,68126066 *decimatum*.

*Volumes.*

1 *tunna* (tonne) de 36 *kappar* = 165 litres.

1 *tunna* de 32 *kappar* = 146  $\frac{1}{2}$  litres.

1 *kappe* = 1  $\frac{3}{4}$  *kanna* = 4,58 litres.

1 *kanna* = 2 *stop* = 8 *qvarter* = 32 *jungfrur*  
 = 100 *cubik decimatum* (pouce cubique) =  
 2,62 litres.

1 *am* = 4 *ankar* = 60 *kannor* = 157 litres.

1 *last* = 12 *tunnor* de 36 *kappar* = 1980 litres.

Cette mesure n'est d'usage que pour le charbon.

L'aune cubique = 0<sup>m.c.</sup>,20958.

Pour mesurer le bois, on se sert du *famn* et du *stafrum*; il y en a plusieurs:

Le *fammar* le plus usité = 9<sup>am.c.</sup>,19 = 1<sup>m.c.</sup>,92.

Le *stafrum* le plus usité = 35<sup>am.c.</sup>, $\frac{3}{4}$  = 6<sup>m.c.</sup>,48.

1 *litre* français = 38,2089164 *cubik decimatum*.

*Poids.*

1 *skeppund* = 20 *lispund* = 400 *skalpund* =  
 170,049 kilogram.

1 *skalpund* (livre suédoise) = 32 *lod* =  
 425,1225 grammes.

1 *lod* = 4 *qvintin* = 13,285 grammes.

*De l'emploi de l'huile empyreumatique du goudron pour l'éclairage au gaz ;* par M. Schwartz.

L'huile que l'on obtient pendant qu'on fait bouillir le goudron pour en faire de la poix, donne par la distillation un gaz qui répand une lumière très-vive en brûlant. 100 pouces cubes produisent 56 à 60 pieds cubes de gaz, qui contiennent environ le quart de leur volume de gaz oléfiant. L'huile du goudron est même préférable aux huiles grasses ordinaires pour la préparation du gaz éclairant, parce qu'étant plus volatile, elle entraîne rapidement le gaz hors de l'appareil, et empêche que le gaz oléfiant, en restant trop long-temps exposé à la chaleur, ne se transforme en hydrogène protocarbonate. La vapeur de l'huile qui passe avec le gaz, se condense dans les tuyaux, que l'on doit tenir constamment à une température très-basse, et on peut la distiller de nouveau.

*Purification de l'acide pyroligneux, au moyen du charbon animal ;* par M. J. Berzélius. (Compte rendu, 1825.)

L'acide pyroligneux purifié par les moyens ordinaires contient une certaine quantité d'huile empyreumatique, qui lui donne une odeur qu'on est obligé de masquer par l'addition d'un peu d'essence de rose. J'ai trouvé par expérience que l'on peut enlever jusqu'aux dernières traces de cette huile par le moyen du charbon animal que l'on obtient dans les fabriques de bleu de Prusse. Il suffit de faire digérer l'acide avec le charbon et de filtrer.

*Sur les mines de plomb du Cumberland et du Derbyshire ;*

PAR MM. BROCHANT DE VILLIERS, DUFRENOY  
ET ÉLIE DE BEAUMONT.

De tous les États de l'Europe, l'Angleterre ou plutôt le Royaume-Uni de la Grande-Bretagne, est celui qui produit annuellement la plus grande quantité de plomb. Suivant M. de Villefosse, dans sa *Richesse minérale*, publiée en 1810 (t. 1, p. 240), cette contrée fournissait, chaque année, 250,000 quintaux (125,000 quint. mét.) de plomb, tandis que tout le reste de l'Europe pris ensemble n'en produisait pas autant; et cependant, d'après des documens plus récents, cette évaluation paraît être beaucoup trop faible. M. John Taylor, qui est justement estimé pour ses vastes connaissances, sur-tout dans l'art des mines, et qui a pris part à l'administration de beaucoup de mines de plomb dans le Cumberland, évalue le produit total annuel du Royaume-Uni, en plomb, à 31,900 tonnes, c'est-à-dire au-delà de 319,000 quintaux métriques, quantité qui équivaut à plus de deux fois et demi celle que M. de Villefosse a indiquée (1).

M. Taylor répartit ce produit entre divers comtés, ainsi qu'il suit :

	qx. métr.
Pays de Galles (Flintshire et Denbighshire).	75,000
Écosse . . . . .	28,000
Cornouailles et Devonshire . . . . .	8,000
Shropshire . . . . .	8,000

(1) *Conybeare et Philipps, Outlines of geology of england and wales*, p. 354.

340 MIN. DE PLOMB DU CUMBERL. ET DU DERBYSHIRE.

Derbyshire. . . . .	10,000
Cumberland, Durham et Yorckshire. . . . .	190,000
Total. . . . .	319,000

On voit que le Cumberland, avec les parties adjacentes des comtés de Durham et d'Yorck fournissent seuls à-peu-près les trois cinquièmes du produit total. Le Derbyshire a été autrefois beaucoup plus riche.

Dans le Cornouailles et le Devonshire, le minéral de plomb se rencontre en filons dans un terrain de schiste argileux (*killas*) passant à la grauwaëke; il forme également des filons, en Écosse, dans le gneiss, le mica-schiste ou la grauwaëke, et dans une partie du pays de Galles dans le schiste argileux; mais dans le nord de la même principauté et dans les comtés adjacens, de même que dans le Cumberland et le Derbyshire, le plomb se trouve dans un terrain calcaire particulier, qui est essentiellement lié au terrain houiller.

Nous ne nous proposons de parler ici que des mines de plomb de ces deux dernières contrées, et nous diviserons ce mémoire en trois parties.

1°. Gisemens des minerais de plomb; 2°. préparation mécanique; 3°. traitement métallurgique.

PREMIÈRE PARTIE.

*Gisemens des minerais;*

PAR M. BROCHANT DE VILLIERS.

Idée générale du terrain. § 1. Le terrain qui renferme les mines de plomb exploitées dans le Cumberland et comtés adjacens et dans le Derbyshire, est principalement composé de roches calcaires, et il a été dis-

GISEMENS DES MINERAIS.

tingué par les Anglais indifféremment sous les noms de *calcaire de montagne* (*mountain limestone*), *calcaire métallifère*, *calcaire à encrines*. M. Conybeare, et d'après lui la plupart des savans anglais, lui donnent aujourd'hui le nom de *calcaire carbonifère* (*carboniferous limestone*), à cause de sa liaison insensible dans sa partie supérieure avec le terrain houiller proprement dit qui le recouvre.

Ce calcaire, étant ainsi antérieur au terrain houiller, rentre dans la classe des terrains de transition, suivant la limite que Werner a fixée à cette classe de terrain, et qui est encore aujourd'hui la plus généralement adoptée. Quelques-uns remontent cette limite de manière à comprendre dans les terrains de transition le terrain houiller et le grès rouge des Allemands; tandis qu'au contraire les géologues anglais tendent à reculer cette limite à un étage plus inférieur, en établissant une distinction essentielle entre leur calcaire de montagne et un autre calcaire qui lui est inférieur, et auquel ils donnent exclusivement le nom de *calcaire de transition*.

Quelle que soit l'opinion qu'on adopte relativement à cette limite des terrains de transition, ce qui est fort peu important, il est constant que c'est dans le calcaire immédiatement inférieur au terrain houiller et dans les roches avoisnantes que se rencontrent les mines de plomb des comtés que nous avons indiqués: nous allons donner une idée succincte de leur gisement d'abord dans le Cumberland et les comtés adjacens, ensuite dans le Derbyshire; indépendamment de nos propres observations, nous puiserons beaucoup de documens dans deux ouvrages qui nous

342 MIN. DE PLOMB DU CUMBERL. ET DU DERBYSHIRE. ont servi de guides dans notre voyage; savoir, celui de M. W. Forster sur les mines du Cumberland, et celui de M. J. Farey sur le Derbyshire (1).

(a) Mines de plomb du Cumberland, etc.

Constitution  
du calcaire  
métallifère  
dans le Cum-  
berland.

§ 2. Les comtés de Cumberland et de Westmoreland à l'ouest, de Durham à l'est, de Northumberland au nord, et de Yorck au sud, viennent se toucher à-peu-près à égale distance des deux mers d'Allemagne et d'Irlande, dans une contrée élevée où se trouvent les sources des rivières de la Tyne, de la Wear et de la Tees, qui coulent à l'est, et celles de l'Eden qui se dirige à l'ouest vers Carlisle.

C'est dans cette contrée que l'on observe le terrain de calcaire métallifère dont nous avons parlé ci-dessus, sur une surface principale d'environ 37 kilomètres de l'est à l'ouest et de 48 du nord au sud; il s'étend au-delà beaucoup plus au sud et ensuite à l'ouest, mais avec différentes interruptions. Les minerais de plomb qui donnent lieu à de si riches exploitations se rencontrent dans le terrain de calcaire métallifère; c'est sur-tout dans le Cumberland qu'elles sont plus nombreuses et plus productives, principalement

(1) *A Treatise on a section of the strata from Newcastle-Upon-Tyne, to the mountain of Crossfell in Cumberland, etc.*, ou Traité sur la coupe du terrain depuis Newcastle-Upon-Tyne, jusqu'à la montagne de Crossfell dans le Cumberland, etc.; par Westgarth Forster, 2<sup>e</sup> édition, 1821. Alston.

*General view of the agriculture and minerals of the Derbyshire, etc.*, ou Vue générale sur l'agriculture et la minéralogie du Derbyshire, par John Farey: Londres, 1815, tome 1<sup>er</sup>.

aux environs d'Alston ou Alston-Moor, qui est pour ainsi dire le chef-lieu de tout le pays à mines; il s'en trouve aussi dans les autres comtés indiqués, particulièrement dans ceux de Durham et d'Yorck.

Ce terrain de calcaire métallifère est recouvert, du côté de l'est, en stratification parallèle, par ce grès à gros grains que les Anglais désignent sous le nom de *millstone-grit* (grès à meules, lequel sert de base au terrain houiller du Northumberland et du Durham, qui s'étend encore plus à l'est jusqu'à la mer d'Allemagne.

C'est à ce grès que s'arrêtent les exploitations de houille. En effet, le *millstone-grit* en est en général dépourvu; néanmoins le dépôt houiller n'est point terminé, et il se prolonge jusqu'à dans le calcaire métallifère, sur-tout dans sa partie supérieure; mais la houille y est toujours en couches très-minces et de qualité très-inférieure (*crow coal*); elle donne en brûlant une odeur sulfureuse: aussi elle n'est exploitée que dans les affleuremens et seulement pour le chauffage domestique des gens de la campagne. C'est ce passage graduel entre les deux terrains et l'existence de la houille dans le calcaire métallifère au-dessous des couches calcaires, qui a motivé le nom de *calcaire carbonifère* qu'on a donné à ce terrain.

Il est composé de couches calcaires alternant avec des roches schisteuses et des grès; on y rencontre aussi une couche ou masse d'une roche désignée dans le pays sous le nom de *whinsill*, et qui se rapporte à ce qu'on appelle en général le *trapp*, laquelle a été observée sur beaucoup de points et toujours distinctement intercalée,

au terrain, mais fort irrégulièrement et sur une épaisseur très-variable, qui est souvent de plus de 20 mètres.

M. le professeur Sedgwick a publié, en 1824, dans les *Transact. philos. de la Société de Cambridge*, un mémoire extrêmement intéressant sur ce *whin-sill*, observé dans le Teesdale, ou la partie supérieure de la vallée de la Tees. Il signale son irrégularité, mais il reconnaît formellement son intercalation aux couches calcaires et il en donne plusieurs coupes; il adopte l'origine ignée de cette roche, et il pense qu'elle a été élevée du sein de la terre et injectée latéralement entre les couches calcaires, lesquelles existaient antérieurement.

Le terrain houiller qui repose sur le calcaire métallifère renferme également plusieurs couches ou masses de trapp d'une nature plus ou moins analogue au *whin-sill*.

La stratification de ce terrain calcaire est fort régulière et très-rapprochée de l'horizontale; les couches plongent vers le nord-est sous un angle d'environ 2 à 3 degrés; il en est de même des couches du terrain houiller qui recouvrent ce terrain calcaire. On compte environ 20 couches calcaires, que les mineurs savent fort bien distinguer les unes des autres, au moins le plus souvent; la plupart sont plus ou moins mélangées de débris d'encrines, ce qui leur en fait souvent donner le nom, et quelquefois de madrépores et de coquilles; leur couleur est en général grise, mais souvent assez foncée; leur épaisseur varie; rarement elle est au-dessous de 5 à 6 mètres; plusieurs couches atteignent 8 à 10 et 12 mètres; il y en a même une qui a une épaisseur de près de 20 mètres et une autre qui atteint 40

mètres. La première est distinguée par les mineurs sous le nom de *great limestone* ou la *grande couche calcaire*, et l'autre, qui est beaucoup plus basse, sous le nom de *melmerby scar limestone*; les autres couches calcaires sont également connues sous des noms particuliers.

Les roches schisteuses se rapprochent en général plutôt de ce qu'on appelle l'argile schisteuse que du schiste argileux.

Les grès sont le plus ordinairement à grains grossiers et de couleur claire; ils sont fréquemment micacés et plus ou moins schisteux, et ont souvent du rapport avec le grès houiller, quelquefois avec la grauwacke.

Ce terrain repose en stratification concordante sur le *vieux grès rouge* (*old red sandstone*), qui paraît n'en être que le premier dépôt; et celui-ci repose, suivant M. Buckland, sur un terrain de grauwacke, qui, plus loin, renferme des roches de trapp. En réunissant les épaisseurs ordinaires de toutes les couches successives observées dans ce terrain, depuis sa partie la plus inférieure où il touche le *vieux grès rouge* jusqu'au *millstone-grit* qui le recouvre, on a trouvé que son épaisseur totale moyenne est d'environ 924 yards (845 mètres). La première couche, le *fell-top limestone*, se montre à 108 yards, ou 98 mètres, au-dessous du *millstone-grit*, et le *great limestone* à 245 yards (224 mètres); la roche de trapp (*whin-sill*), indiquée ci-dessus, se rencontre après la onzième couche calcaire, à environ 311 yards (284 mètres) au-dessous de la première. Telle est en abrégé la composition du terrain dans lequel on exploite

les mines de plomb du Cumberland et comtés adjacens.

Diverses  
sortes de gî-  
tes de mi-  
nerai.

§ 3. Les mineurs distinguent trois sortes de gisemens différens des minerais de plomb, les *rake-veins*, les *pipe-veins* et les *flat-veins*.

Le mot anglais *vein* correspond au mot *filon*; mais les mineurs s'en servent indifféremment, en Angleterre comme en France, pour indiquer tous les gîtes de minerais, en y ajoutant une épithète pour distinguer les différens gîtes.

Les *rake-veins* sont de véritables *filons* dans l'acception géologique de ce mot.

Les *pipe-veins* sont des amas ordinairement assez étroits et de forme allongée, le plus souvent parallèles aux plans des couches.

Les *flat-veins* sont de petits lits de minerais intercalés au milieu des couches.

Filons  
*rake-veins*.

§ 4. Les *rake-veins* ou *filons* sont le gîte le plus fréquent du minerai de plomb dans le Cumberland. Les caractères qu'ils présentent rentrent tout-à-fait dans ceux que l'on a reconnus en général dans les filons. Le plus souvent on observe qu'il y a eu un glissement sur un des côtés de la roche qui encaisse le filon; quelquefois même la différence de niveau entre les couches correspondantes des deux parois est très-considérable; certains filons ne forment pas un seul plan, mais plusieurs, dont l'ensemble présente des espèces de marches ou de zigzags. Dans ces filons, les parties qui sont verticales, ou du moins perpendiculaires aux couches, ne sont pas au-dessous l'une de l'autre dans les différentes couches; mais la continuité entre elles est maintenue par une prolongation du filon dans le sens horizontal, au

travers d'une couche d'une autre nature, qui est ordinairement une argile schisteuse, ou plus généralement une roche feuilletée; tandis que la partie verticale du filon est encaissée dans une roche calcaire ou un grès. C'est un genre de structure analogue à celle que Werner avait signalée comme un accident rare, et qu'il avait observée au filon dit *Halsbrückner-Spath*, près de Freyberg. Il paraît que dans le Cumberland il y en a plusieurs exemples, et même la plupart des filons y présentent quelques traces de ce genre de structure; on remarque fréquemment qu'un filon qui pénètre au milieu de plusieurs couches parallèles, traverse perpendiculairement les couches calcaires, et un peu obliquement les couches schisteuses.

Ces filons sont aussi en général plus étroits dans ces dernières couches ou dans les grès, que dans les couches calcaires. Une puissance de moins d'un pied devient tout-à-coup de 3 ou 4 pieds; on cite même le riche filon de Hudgillburn, dont la puissance est de 17 pieds dans la couche calcaire dite le *Great-Limestone*, tandis qu'elle ne dépasse pas 3 pieds dans la couche de grès inférieure, qui est désigné sous le nom de *Watersill*.

Pour expliquer cet élargissement, d'après l'opinion reçue que les filons sont des fentes remplies, on a pensé que dans des filons dont, comme on vient de le dire, la direction à travers les couches successives du terrain est alternativement perpendiculaire ou oblique, le rejet ou la chute d'une des parois avait dû naturellement produire ces différences de largeur à différens étages. Cette hypothèse est ingénieuse, et il est

difficile de ne pas présumer qu'elle ne soit applicable au moins à quelques cas; cependant on ne voit pas qu'elle soit encore appuyée d'observations locales assez précises. Il est aussi probable que d'autres causes ont contribué à cet élargissement remarquable des filons du Cumberland à travers certaines couches.

Cette influence, que la nature de la roche des parois semble exercer sur les filons, n'est pas la seule; elle détermine aussi presque toujours leur richesse en minerai de plomb, observation analogue à ce qui a été reconnu dans les filons d'autres contrées, notamment à Kongsberg en Norvège. Les filons du Cumberland sont constamment plus riches, même proportionnellement à leur puissance, dans les parties qui traversent des couches calcaires, que dans celles qui correspondent à des couches de grès et sur-tout à des roches schisteuses. Il est rare que dans les roches de *Plate*, argile schisteuse solide, le filon contienne du minerai; il est alors ordinairement rempli d'une espèce de glaise.

Il y a même certaines couches calcaires à travers lesquelles les filons sont plus particulièrement métallifères que dans les autres couches de même nature. La couche dite *great-limestone*, dont nous avons déjà parlé, est celle qui enrichit le plus les filons, c'est-à-dire celle dans laquelle ils sont à-la-fois et plus larges et plus riches: aussi cette couche fournit, à elle seule, plus de minerai que toutes les autres. Les couches calcaires supérieures sont aussi en général plus productives que les inférieures. Dans la plupart des mines, les filons ne sont pas exploités au-dessous de la cinquième couche calcaire (*four*

*fathom limestone*), qui est à 307 yards (280 mètres) de profondeur au-dessous du *millstone-grit*; et comme on a vu ci-dessus que la première couche calcaire est à 108 yards, il en résulte que l'épaisseur de la partie du terrain où les filons sont riches en plomb n'exécède pas en général 200 yards (182 mètres). Cependant il paraît qu'on a exploité des filons, aux environs d'Alston-Moor, dans la profondeur, jusqu'à la onzième couche calcaire, le *tyne-bottom limestone*, qui est à 418 yards (382 m.) sous le *millstone-grit*, immédiatement au-dessus du *whin-sill*, et qu'on s'est élevé quelquefois plus haut que la première couche calcaire, jusqu'à la couche de grès, dite *grindstone sill*, qui n'est qu'à 83 yards (75 mètres) au-dessous de la même couche de *millstone-grit*, en sorte que l'épaisseur totale du terrain plombifère est au plus de 336 yards (307 mètr.). On assure cependant qu'on a reconnu des filons plombifères encore plus bas, dans la puissante couche calcaire déjà indiquée, le *melmerby-scar limestone*; mais ils n'ont pas été exploités.

Il est à remarquer que cette dernière couche calcaire est au-dessous du *whin-sill*, à environ 108 mètres, suivant M. Forster; cependant il n'indique pas positivement de minerai de plomb dans le *whin-sill*; mais M. Sedgwick parle de filons de galène, de blende et de baryte sulfatée qui traversent cette dernière roche. Ce fait mérite d'être remarqué, à cause de l'analogie qu'il présente avec ce qui a lieu dans quelques filons du Derbyshire, comme on le verra plus bas, § 9.

Le plus grand enrichissement d'un filon est ordinairement dans les points où ses deux parois, étant peu rejetées, sont d'une même roche; il

pauvrit au contraire quand il y a une paroi calcaire et une autre d'argile schisteuse.

Le minerai exploité est le plomb sulfuré ; d'autres substances plombifères s'y rencontrent çà et là ; mais elles sont en général d'une faible importance pour le mineur, à l'exception du plomb carbonaté, qui est assez abondant dans quelques mines pour être recueilli. Les minéraux qui accompagnent le plus souvent le plomb sont la chaux carbonatée, la chaux fluatée, la baryte sulfatée, le quartz et les pyrites.

Tout ce qui précède suffit pour donner une idée des filons plombifères du Cumberland ; nous jugeons inutile d'entrer dans de plus grands détails, et de parler des croisemens de filons, des filons stériles, etc. : sous tous ces rapports, les filons du Cumberland ne nous ont pas paru présenter des caractères différens de ceux qu'on a observés dans les filons d'autres contrées.

Amas  
*pipe-veins.*

§ 5. Les amas (*pipe-veins*) sont rarement très-étendus en longueur ; quelques-uns ont présenté une largeur assez considérable ; leur composition est assez semblable à celle des filons ou *rake-veins*. Ils se rencontrent ordinairement dans leur voisinage, quelquefois même en communication évidente avec eux ; ils sont souvent stériles ; mais on assure que quand un *pipe-veins* large est métallifère, il est très-productif.

Veines  
*flat-veins.*

§ 6. Les veines (*flat-veins* ou *strata-veins*), ou petites couches de minerai, paraissent n'être autre chose que des épanchemens de la matière du filon entre les plans des couches ; elles contiennent les mêmes minéraux que le filon qui les avoisine. Lorsqu'elles sont métallifères, on

les exploite en même temps que le filon adjacent ; elles ne sont ordinairement productives que jusqu'à une certaine distance de ce filon, à moins qu'elles ne soient de nouveau enrichies par la rencontre d'un filon croiseur. On cite quelques exemples d'exploitations avantageuses sur des *flat-veins* dans le *great limestone*, notamment dans les mines de *Coalcleugh* et de *Nenthead*.

Néanmoins, ce sont les filons ou *rake-veins* qui fournissent la très-grande partie du plomb qui provient chaque année du Cumberland et des comtés adjacens. M. Forster donne une liste de cent soixante-cinq mines de plomb qui ont été ou sont actuellement exploitées dans cette contrée.

(b) *Mines de plomb du Derbyshire.*

§ 7. Le terrain de calcaire métallifère occupe dans le Derbyshire une longueur d'environ 40 kilomètres du nord-ouest au sud-est et une largeur très-variable, qui, vers le sud, atteint 24 kilomètres. Castleton, au nord ; Buxton, au nord-ouest, et Matlock, au sud-est, se trouvent à-peu-près sur ses limites. Il est entouré, presque de tous côtés, par le *millstone-grit*, qui le recouvre, et qui est lui-même recouvert par des terrains houillers ; on ne connaît pas la nature du terrain sur lequel repose ce terrain calcaire. La stratification plonge faiblement vers l'est ; mais elle présente beaucoup de variations par suite de grandes failles qui paraissent avoir occasionné des dérangemens considérables.

Nous avons vu que dans le Cumberland le terrain de calcaire métallifère renfermait une

Constitution  
du calcaire  
métallifère  
du Derby-  
shire.

couche de trapp, désignée sous le nom de *whin-sill*; dans le Derbyshire, le trapp est beaucoup plus abondant, et il est intercalé trois fois au calcaire. Ces deux roches constituent, à elles seules, tout le terrain, sur une épaisseur d'environ 500 mètres, à partir du *millstone-grit*; seulement, dans la partie supérieure, c'est-à-dire près du contact avec le *millstone-grit*, on trouve des schistes argilo-calcaires sur une assez grande épaisseur.

On distingue quatre grandes couches ou assises calcaires, auxquelles sont intercalées trois couches ou masses de trapp. Il existe aussi quelques couches ou masses de trapp, mais de peu d'épaisseur, dans le milieu de la couche calcaire, qui est la troisième à partir de la surface, et plus rarement dans la première.

Cette première couche calcaire, celle qui est la plus élevée, a environ 45 mètres d'épaisseur; la seconde autant; la troisième 64 mètres; et la quatrième, qui est la plus inférieure; a au moins 76 mètres; mais on ne connaît pas exactement son épaisseur.

Les roches calcaires de ce terrain sont en général compactes, un peu esquilleuses, le plus souvent d'un gris blanchâtre ou jaunâtre; mais il y a aussi, et dans chacune des quatre couches, des calcaires de couleur foncée et même noire; on en tire de très-beaux marbres. Les différens lits qui composent chaque couche sont souvent séparés par des veines minces d'argile.

Beaucoup de ces calcaires sont mêlés de rognons de silix, souvent aplatis, minces et très-étendus parallèlement aux plans des couches; ce silix, que les Anglais distinguent de la pierre à fusil,

sous le nom de *chert*, est souvent noir, mais quelquefois de couleur claire; on le recueille pour les fabriques de poterie et même de porcelaine. Il y a même, dans le premier et le deuxième calcaire, des bancs qui sont presque entièrement pénétrés de silix, de manière qu'on ne peut les convertir en chaux; on en a tiré quelquefois des meules.

Dans la partie supérieure du deuxième calcaire, la roche calcaire est magnésifère; sa texture est un peu saccharoïde, mais lâche et à grains peu serrés, ce qui la distingue de tous les calcaires saccharoïdes que l'on connaît dans plusieurs autres terrains de transition et terrains primitifs. Les encrines sont très-fréquentes dans tous ces calcaires, comme dans ceux du Cumberland; on y trouve aussi des madrépores, des anomies, des productus et autres coquilles fossiles.

Dans ces différentes couches calcaires, on a découvert beaucoup de cavernes, dont plusieurs, souvent visitées par les voyageurs, ont acquis une sorte de renom. Il y en a une auprès de Matlock, dans la partie du deuxième calcaire, qui est magnésifère; ces cavernes sont sur-tout fréquentes dans la première couche calcaire et encore plus dans la quatrième. On assure que quand les mineurs rencontrent par leurs travaux une de ces cavernes, ils cherchent à y conduire les eaux de la mine, parce qu'elles y trouvent ordinairement un écoulement extérieur.

Les trois couches ou masses de trapp qui séparent les quatre grandes couches calcaires ont le plus souvent la structure amygdaloïde. Les noyaux, dont la dimension assez variable ne dépasse guère celle d'une noisette, sont en général rem-

plis de chaux carbonatée lamelleuse avec une terre verte, rarement de quartz agate; ces amygdaloïdes sont connues dans le pays sous le nom de *toad-stone*.

La pâte du *toad-stone* est le plus souvent dure et solide, et en général de couleur foncée, souvent noirâtre; quelquefois elle est terreuse, et alors souvent de couleur plus claire. Il est difficile de prononcer généralement que cette nature terreuse soit un résultat de décomposition. La roche a presque toujours une cassure compacte; mais on cite quelques variétés rares qui prennent une structure schisteuse. Dans chaque couche de *toad-stone* on n'observe point de lits différens, et même chaque couche est limitée en dessus et en dessous peu régulièrement: c'est ce qui fait regarder ces *toad-stone* par plusieurs géologues, non comme des couches, mais comme des masses intercalées.

On sait que depuis long-temps on avait avancé que ces roches étaient volcaniques, et cette opinion, qui avait été abandonnée, a repris une grande faveur depuis quelques années.

Divers gîtes  
de minerais.

§ 8. C'est dans ce terrain de calcaire et trapp que se trouvent les mines de plomb du Derbyshire; on y exploite aussi de la calamine. Les différens gîtes de la galène y sont distingués en *rake-veins*, *pipe-veins* et *flat-veins*, comme dans le Cumberland; cependant ces deux derniers gîtes y sont beaucoup plus rares, et il paraît qu'on n'exploite guère aujourd'hui que les filons, ou *rake-veins*.

Les gangues les plus ordinaires de la galène dans ces filons sont la chaux fluatée et la chaux carbonatée lamelleuse; on y trouve aussi de la

baryte sulfatée, qui, dans les cavités, se présente le plus souvent en mamelons hémisphériques blancs, formés du groupement de cristaux tabulaires crêtés: c'est cette variété qui est ordinairement désignée sous le nom de *cawk*, que les mineurs lui ont donné.

La chaux fluatée y est souvent en beaux cristaux, qui sont depuis long-temps connus des minéralogistes; mais dans quelques filons, qu'elle remplit entièrement, elle forme des masses concrétionnées, que leurs vives couleurs, disposées par bandes parallèles contournées, ont fait rechercher pour en fabriquer des plaques, des vases et autres objets d'agrément. Il y a dans le pays plusieurs manufactures où on travaille cette belle substance, qui se vend à des prix assez élevés; souvent on chauffe les pièces avant de les terminer et de les polir, dans le but de rendre les couleurs plus vives et plus tranchées et de faire disparaître les parties nuageuses.

§ 9. Ce que les filons du Derbyshire présentent de plus remarquable est leur disposition extraordinaire par rapport aux roches du terrain dans lequel ils se rencontrent. Le fait a été signalé depuis long-temps aux géologues: les filons existent dans les couches calcaires, et lorsque l'exploitation conduit à la partie inférieure de la couche et entre dans le *toad-stone*, le filon disparaît; mais on assure qu'il est arrivé quelquefois qu'on l'a retrouvé dans le calcaire inférieur après avoir traversé le *toad-stone*.

On a cherché dès l'origine à tirer de cette observation une objection contre le principe fondamental de la théorie des filons de Werner: on croyait y voir une preuve incontestable que les

Position des  
filons par  
rapport aux  
roches.

filons ne peuvent être des *fentes remplies* ; cependant la plupart des géologues ont jugé dès lors avec raison que les conjectures théoriques, qui paraissent résulter nécessairement de l'ensemble des caractères de tous les filons de diverses contrées, ne pouvaient être détruites par un exemple contraire tout-à-fait unique, et d'autant moins que ces filons irréguliers du Derbyshire sont d'ailleurs entièrement semblables aux autres filons, dans leur composition, leur structure, etc. : on a donc pensé qu'il était impossible d'établir aucune opinion relativement à ces filons, et que sans doute des observations ultérieures serviraient à éclaircir cette difficulté.

En effet, on a constaté depuis que le fait de l'interruption des filons par le *toad-stone*, quoique bien réel dans le plus grand nombre des mines, ainsi qu'on l'avait annoncé, n'était pas à beaucoup près général. Dans la liste que M. Farey donne de toutes les mines qui ont été ou qui sont encore exploitées dans le Derbyshire, et dont le nombre s'élève à deux cent quatre-vingts, il y en a dix-neuf dans lesquelles il affirme qu'on a trouvé du minerai dans le *toad-stone*. Nous avons visité deux de ces mines, celle de *Pindale* (ou plutôt de *Nunleys* près de *Pindale*) auprès de *Casleton*, dont *Faujas-de-Saint-Fond* a déjà parlé, et celle de *Sevenrakes* près de *Matlock* ; dans l'une et l'autre, le filon se prolonge, au-delà du calcaire, dans un *toad-stone* terreux. A *Sevenrakes*, à la vérité, le filon éprouve un changement notable en entrant dans le *toad-stone*. Ce n'est plus un seul filon bien réglé comme dans le calcaire, c'est un assemblage de petits filons assez parallèles, très-rapprochés ; mais on

y trouve un peu de galène, et la gangue y est de même nature que dans le calcaire. Ce changement de structure et de dimension du filon dans les deux roches n'a rien qui soit extraordinaire ; on en connaît ailleurs plusieurs exemples, et on a vu ci-dessus que le *Cumberland* avait présenté des changemens analogues.

Ces observations conduisent à reconnaître que ces filons, ceux au moins qui passent du calcaire dans le *toad-stone*, présentent les mêmes caractères que les filons en général. L'anomalie indiquée n'y existe pas, et rien ne s'oppose à ce que l'hypothèse des *fentes remplies* ne soit tout aussi applicable à ces filons qu'à tous les autres.

Il paraît qu'aujourd'hui tous les géologues qui ont visité le Derbyshire adoptent cette opinion ; mais on n'est pas également d'accord relativement aux autres filons de la même contrée qui sont interrompus par le *toad-stone*. Ce n'est pas qu'on ne soit en général disposé à les considérer aussi comme de véritables filons, c'est-à-dire comme des *fentes remplies* ; mais, pour rendre raison de leur interruption, quelques personnes ont supposé qu'ils sont d'une époque beaucoup plus ancienne que les filons traversant le *toad-stone* et que le dépôt de *toad-stone* lui-même ; que ces filons plus anciens se sont formés dans le terrain lorsqu'il n'était encore composé que de couches calcaires, et que toutes leurs parties formaient alors continuité, comme cela a lieu ordinairement dans tous les filons ; qu'enfin leur interruption actuelle n'a été opérée que postérieurement, par le *toad-stone* qui est venu s'intercaler entre les couches calcaires.

Cette hypothèse tient à une autre bien plus gé-

nérale, suivant laquelle un grand nombre de faits géologiques, même tout-à-fait étrangers aux terrains regardés essentiellement comme volcaniques, seraient dus à l'action d'un grand foyer souterrain, qui, à toutes les époques même les plus reculées, aurait causé à la surface du globe de vastes dégradations, des soulèvements, et y aurait amené du sein de la terre des déjections considérables, tant au-dessus qu'*au milieu même* des couches dont elle était alors composée. Nous avons déjà dit que M. le professeur Sedgwick avait émis formellement cette hypothèse d'une injection du *whin-sill* entre les couches calcaires du Cumberland.

Il serait trop long d'entrer ici dans la discussion de ces idées systématiques qui semblent aujourd'hui prédominer, et qui sont adoptées avec plus ou moins de modifications par plusieurs géologues distingués : cette discussion est d'ailleurs tout-à-fait étrangère au sujet qui nous occupe ; car même, en adoptant cette hypothèse, nous ne voyons pas qu'elle puisse servir en aucune manière à expliquer l'anomalie observée dans la plupart des filons du Derbyshire ; savoir, leur interruption par le *toad-stone*.

En effet, la distinction de deux époques de formation de filons dans cette contrée, dont les premiers seraient antérieurs et les autres postérieurs à l'existence du *toad-stone*, est entièrement gratuite, et on ne voit pas qu'on ait cité aucune différence essentielle entre ces filons qui puisse suffisamment appuyer cette supposition ; tout porte à croire au contraire que les filons qui sont interrompus par le *toad-stone* et ceux qui les traversent ont été formés à une même époque,

et par conséquent postérieurement à l'existence du *toad-stone*, quelle que soit d'ailleurs l'origine que l'on veuille supposer à cette roche : ainsi, pour rendre raison de l'anomalie singulière de ces filons, il faut mettre de côté toutes les hypothèses géologiques sur la formation des roches qui les renferment.

Mais est-il bien vrai que l'interruption de la plupart des filons du Derbyshire par le *toad-stone* doive être regardée, ainsi qu'on le pense assez généralement, comme une anomalie tout-à-fait extraordinaire ? Si on compare cette anomalie avec celles qui ont été observées dans des filons d'autres contrées, on ne peut s'empêcher de reconnaître entre elles beaucoup d'analogie. Rien ne paraît s'opposer à ce que les filons du Derbyshire, interrompus par le *toad-stone*, ne soient regardés comme rentrant dans la classe de ces filons en zigzags ou en escalier, dont nous avons parlé plus haut, qu'on a reconnus dans plusieurs pays et notamment dans le Cumberland, et qui ne sont qu'un cas particulier facile à concevoir dans l'hypothèse de la formation des filons par des fentes. Il y a une différence si grande de ténacité entre le calcaire et le *toad-stone*, qu'il est naturel d'imaginer qu'une cause de dérangement aura dû agir différemment sur l'une et l'autre roche ; et quant aux changemens de nature et de structure que les filons présentent dans le *toad-stone* lorsqu'ils le traversent, ce n'est qu'un nouvel exemple de ce qui a lieu dans tous les filons du Cumberland, qui, comme on l'a vu, éprouvent de grandes variations en puissance et en richesse en traversant les différentes couches.

Cependant on peut objecter avec raison que

dans les filons en escalier, qui ont été bien reconnus, on trouve ordinairement quelques traces de la gangue du filon dans les ressauts, c'est-à-dire dans les parties de la fente présumée qui sont parallèles aux plans des couches; tandis qu'il ne paraît pas qu'on ait rien cité de semblable dans les filons du Derbyshire: cela est vrai; mais aussi n'est-il pas permis de penser que l'on ne s'est jamais occupé avec soin de rechercher ces traces de filon à la surface et dans l'intérieur du *toad-stone*. Cette roche est d'un travail si difficile et si coûteux, l'expérience de sa stérilité est si générale, qu'on doit croire que presque par-tout les mineurs ont abandonné leurs travaux à son approche, et même souvent avant d'y pénétrer, puisqu'il paraît que le filon commence ordinairement à s'appauvrir dans la partie du calcaire qui avoisine le *toad-stone*; le fait seul de la prolongation du filon à travers le *toad-stone* dans dix-neuf mines, semble autoriser à présumer que, dans la plupart des autres, on pourrait en trouver des traces au contact avec le calcaire, et que peut-être on y rencontrerait le filon rejeté latéralement à quelque distance au milieu du *toad-stone*.

En mettant en avant ces conjectures, nous sommes loin néanmoins de prétendre qu'elles fournissent une explication définitive de la disposition des filons du Derbyshire; il nous a paru seulement qu'elles s'appliquaient assez bien aux faits tels qu'ils ont été présentés jusqu'ici et tels qu'ils nous sont connus; mais il n'est pas impossible que des observations ultérieures ne rectifient, sous certains rapports, les idées que l'on s'en est formées et ne fassent voir

ces filons sous un nouveau jour. Nous regrettons beaucoup qu'aucun des premiers géologues anglais, qui ont jeté depuis vingt ans tant de lumières nouvelles sur les terrains secondaires, n'ait encore donné une attention suivie au Derbyshire et à ses filons extraordinaires; du moins nous n'avons pas connaissance qu'ils aient encore rien publié à ce sujet.

## DEUXIÈME PARTIE.

*Préparation mécanique des minerais de plomb (dressing);*

PAR MM. DUFRENOY ET ÉLIE DE BEAUMONT.

§ 10. Les opérations auxquelles on soumet les minerais de plomb en Angleterre pour les amener au degré de pureté nécessaire au traitement métallurgique, peuvent se diviser en trois classes qui ont pour objet,

Opérations en usage.

- 1<sup>o</sup>. *Le triage et le débouillage des minerais;*
- 2<sup>o</sup>. *Le broyage;*
- 3<sup>o</sup>. *Le lavage proprement dit.*

Avant de décrire ces opérations, nous ferons connaître les appareils qui, suivant les lieux et les circonstances, y sont employés.

*Appareils servant au triage et au débouillage.*

§ 11. Ces appareils sont des cribles, des aires à débouiller, ou des grilles.

Appareils.

1<sup>o</sup>. Le *grand crible*, employé en Derbyshire pour trier, au sortir de la mine, le minerai en gros et en moyens fragmens, est à treillis de fil de fer; ses mailles sont des carrés de 0<sup>m</sup>,0254 (1 pouce anglais) de côté.

Grand crible.

2<sup>o</sup>. Un crible plus léger, mais dont le treillis

semblable à celui du précédent, sert à débourber dans une cuve pleine d'eau les gros et les moyens fragmens de minerai.

3°. Quelquefois, en Derbyshire, au lieu de faire usage de ce dernier crible, on se contente d'agiter les fragmens de minerai au moyen d'une bêche dans une auge pleine d'eau (*standing buddle*).

Aire à débourber.

4°. L'aire à débourber (*running buddle*) sert à-la-fois au débourbage et au triage du minerai ; c'est une surface plane en dalles ou en planches, très-légèrement inclinée de l'arrière en l'avant, et bordée sur les côtés postérieurs et latéraux par de petites murailles, dont l'une, celle du fond, présente une échancrure par laquelle on laisse arriver un courant d'eau. Au moyen d'une pelle, on remue le minerai sur cette aire, et on l'expose au courant d'eau. Cet appareil était le seul employé autrefois pour débourber le minerai extrait des mines d'*Alston-Moor*. On lui a généralement substitué le suivant :

Grille.

5°. La grille (1) (*grate*). Elle est composée de barreaux de fer carrés de 0<sup>m</sup>,03 d'épaisseur sur 0<sup>m</sup>,6 à 0<sup>m</sup>,8 de longueur, placés horizontalement et parallèlement les uns aux autres, en laissant entre eux des intervalles de 0<sup>m</sup>,03 ; au-dessus, se trouve un canal en bois, qui amène un courant d'eau sur son milieu ; au-dessous, est un plan incliné qui conduit à un bassin hémisphérique d'environ 0<sup>m</sup>,6 de diamètre, dans lequel se réunit la poussière métallique enlevée par le courant d'eau.

(1) C'est la même que celle employée à Poullaouën, sous le nom de *grille anglaise*.

*Appareils servant au broyage du minerai.*

§ 12. 1°. La batte de fer (*bucket*) était, il y a un certain nombre d'années, le seul instrument employé en Angleterre pour broyer le minerai. Ces *battes* sont formées d'une plaque de fonte de 0<sup>m</sup>,076 carrés (3 pouces anglais), présentant à sa partie postérieure un anneau dans lequel entre un manche de bois. Aux environs d'*Alston-Moor*, on leur a substitué les cylindres à écraser ; mais aujourd'hui encore, en Derbyshire, on se sert généralement de la batte pour briser les fragmens de minerai mélangé, qu'on appelle *knock-stone-stuff*.

Battes.

Sur les mines de ce comté, l'atelier des *frappeurs* (*knockers*) présente un fort tréteau, ou un mur de 3 pieds de haut, derrière lequel se trouve une aire plane, un peu plus élevée que sa partie supérieure et de 4 pieds d'enfoncement ; sur cette aire, bordée par-derrière et sur les côtés par de petites murailles, on place le minerai qui doit être broyé. Sur le tréteau ou le mur antérieur, est placée une pierre plate très-dure ou une plaque de fonte de 2<sup>m</sup>,133 (7 pieds anglais) de long, de 0<sup>m</sup>,189 (7 pouces) de large, et 0<sup>m</sup>,038 (1  $\frac{1}{2}$  pouce) d'épaisseur, qui porte le nom de *knock-stone*. Les ouvriers sont assis devant le *knock-stone*, sur lequel ils écrasent à coups de batte le minerai mélangé.

2°. Les cylindres à broyer (*crushing-machine*) sont maintenant généralement employés, aux environs d'*Alston-Moor*, pour concasser le minerai mélangé, ce qu'ils opèrent avec une grande économie. Ils y sont connus depuis vingt-cinq à trente ans.

Cylindres à broyer.

Cette machine est composée d'une paire de cylindres cannelés *yy* (pl. VIII, *fig.* 1) et de deux paires de cylindres unis *zz*, *z'z'*, qui servent les uns et les autres au broyage du minerai. Les deux cylindres de chacune de ces trois paires tournent simultanément en sens inverse, au moyen des roues dentées *m, m, m* (*fig.* 2 et 3), que chaque cylindre porte sur son axe et qui engrènent deux à deux l'une dans l'autre. Le mouvement est donné par une seule roue hydraulique, dont le cercle, *a, a, a*, représente la circonférence extérieure. L'un des cylindres cannelés est placé sur le prolongement de l'axe de la roue motrice, qui porte en outre une roue dentée en fonte D, laquelle engrène avec les roues dentées *e e* fixées sur les axes de deux des cylindres unis. En dessus des cylindres cannelés, se trouve une trémie S, qui leur verse, au moyen d'un mécanisme particulier, le minerai, qui est apporté par des chariots A (*waggon*s). Ces chariots roulent sur un chemin de bois et viennent se placer au-dessus de la trémie, et s'y décharger au moyen d'une trappe qui s'ouvre par dehors au milieu de leur fond. Au-dessous de la trémie, il existe une petite auge appelée *sabot* (*shoe*), dans laquelle descend de lui-même le minerai qu'elle contient, et qui le verse sans cesse sur les cylindres par l'effet des secousses continuelles que lui imprime une tringle de bois *i* (*fig.* 3), qui y est attachée et qui s'appuie sur les dents de la roue dentée *m*. On règle la position du sabot de manière à ce qu'il ne tombe jamais sur les cylindres assez de minerai pour les engorger. On fait arriver dans le sabot un petit filet d'eau, qui se répand sur les cylindres et les

empêche de s'échauffer. Après avoir passé entre les cylindres cannelés, le minerai tombe sur des plans inclinés *nn*, qui le versent sur l'une ou l'autre paire de cylindres unis.

Les cylindres, tant cannelés qu'unis, sont, comme on voit, les parties principales de cette machine. Ils sont en fonte de fer, et ceux à surface unie sont tournés avec soin. Les tourillons des uns et des autres se meuvent dans des crapaudines (*bushes*) de laiton fixées dans des supports en fer *k*, attachés par des boulons à la charpente qui sert de base à tout le système. Ces supports présentent chacun une longue mortaise, à l'une des extrémités de laquelle est solidement fixée une des boîtes de l'un des cylindres *f*, et dans le reste de laquelle glisse l'une des boîtes de l'autre cylindre *g*; disposition qui permet aux deux cylindres d'être en contact, ou de s'éloigner d'une petite quantité, suivant que les circonstances l'exigent. Ce cylindre mobile se rapproche du cylindre fixe, au moyen de leviers en fer X, qui portent à leurs extrémités des poids P et qui s'appuient sur des coins M, lesquels peuvent glisser sur un plan incliné N. Ces coins pressent alors la barre de fer O et font rapprocher le cylindre mobile en poussant la crapaudine qui supporte son axe. Les choses étant ainsi disposées, s'il arrive qu'un fragment très-gros et très-dur vienne se présenter à une des paires de cylindres, l'un d'eux s'écarte et le laisse passer sans que la machine éprouve aucun dommage.

Outre les trois paires de cylindres qui constituent essentiellement chaque machine à broyer, il en existe souvent une quatrième, qui sert à broyer le minerai qui ne présente pas de gros

fragmens, par exemple, les matières moyennement riches et peu riches (*chats et cuttings*), produites par le premier criblage au crible à secousse (Voyez plus loin § 27). Les cylindres qui constituent cette pièce accessoire, et qui, à cause de leur usage le plus habituel, s'appellent *chats rollers*, sont unis et semblables aux cylindres *zz* et *z'z'*. L'un d'eux est ordinairement placé sur le prolongement de l'arbre de la roue hydraulique du côté opposé à la machine principale, et l'autre, placé à côté, reçoit le mouvement du premier, au moyen d'un engrenage.

Bocard.

§ 13. 3°. Le *bocard* (*stamp-mill*) est employé concurremment avec les cylindres à broyer. Il sert particulièrement à pulvériser les minerais dont la gangue est trop dure pour céder avec facilité à l'action des cylindres, et plus souvent encore ceux qui étant déjà réduits à un certain degré de ténuité, demandent cependant à être broyés encore plus fin. Les bocards employés aux environs d'*Alston-Moor* sont mus chacun par une roue hydraulique. Ils sont à-peu-près semblables à ceux que nous avons décrits en donnant la description de la préparation mécanique de l'étain. (*Annales des Mines*, tome X.)

*Appareils servant au criblage proprement dit.*

Crible à main.

§ 14. 1°. Le crible à main (*hand sieve*) consiste en un treillis à mailles carrées, fait en fils de fer entrelacés, monté sur un cadre circulaire de 0<sup>m</sup>,457 (18 pouces anglais) de diamètre, sur une longueur de 0<sup>m</sup>,432 (17 pouces); le treillis présente 58, quelquefois 60 et même 72 fils de fer. L'ouvrier tient ce crible à deux mains, au moyen des deux poignées, et l'agite et le secoue dans

une cuve circulaire pleine d'eau (*tub* ou *ore vat*), tantôt en le maintenant dans une position horizontale et tantôt en l'inclinant de diverses manières.

2°. Le crible à secousse (*brake-sieve*) est rectangulaire, aussi bien que la cuve dans laquelle on le secoue. Le treillis est fait en fils de fer assez forts, entre-croisés, et formant des mailles carrées de 0<sup>m</sup>,0098 de côté ( $\frac{3}{8}$  de pouce). Ce crible est suspendu à l'extrémité d'un levier bifurqué (*brake*), tournant sur un axe au moyen de deux bras verticaux d'environ 1<sup>m</sup>,50 de long, présentant des trous qui servent à les assembler, au moyen de boulons, tant au cadre du crible qu'aux extrémités des deux branches du levier. Les deux bras sont en fer plat et le levier en bois : c'est ce dernier qui sert à donner le mouvement. Un enfant placé près de son extrémité et sautant continuellement, le fait mouvoir avec vivacité de haut en bas et de bas en haut, de manière à secouer fortement le crible suspendu à l'extrémité opposée.

§ 15. *Appareils servant au lavage du minerai.*

Dans le lavage du minerai, on se sert, après les cribles, de l'aire à débourber (*running-buddle*), décrite ci-dessus (§ 11, 4°), et en outre des diverses caisses ou *buddle* qui suivent.

1°. Le *trunk buddle*, qu'on peut traduire par *caisse à laver*, est une espèce de caisse allemande composée de deux parties : d'une auge ou caisse, dans laquelle arrive un courant d'eau, et d'une large fosse dont le fond est uni et horizontal. Le minerai destiné à y être lavé (*trunked*) se place dans l'auge; l'ouvrier, armé d'une pelle recourbée sur les

Caisse à laver.

côtés, l'y agite et enlève de temps à autre les parties les plus grosses qui y restent : tandis que les plus ténues sont emportées par l'eau et déposées sur une aire placée à la suite.

Caisse à déb-  
bourber.

2°. *Le stirring buddle*, ou caisse à débouber les *schlamms*, analogue aux caisses allemandes, se compose aussi de deux parties ; savoir, 1°. une auge ou caisse qui reçoit un courant d'eau fourni par un trou à cheville (*plug-hole*), qu'on ouvre ou ferme plus ou moins, suivant la force du courant qu'on veut obtenir ; 2°. une fosse dont le fond est uni et horizontal. La boue métallifère ou *schlamm* est complètement délayée dans l'eau de la caisse, qui, en s'écoulant, la dépose sur l'aire ; les parties les plus pures se déposent les premières et se rassemblent vers le haut.

3°. *Le nicking buddle* est analogue aux tables jumelles. Il présente, à sa partie supérieure, un canal transversal d'une longueur égale à la longueur de la table ; au milieu duquel se trouve un trou à cheville (*plug-hole*) par lequel arrive l'eau. A côté de ce canal, se trouve une planche un peu inclinée, appelée *nicking board*, correspondant à la tête des tables jumelles, et au-dessous de cette dernière, une aire plane et sensiblement horizontale. L'opération s'exécute en répandant une couche mince de matières boueuses (*slime*) sur le *nicking-board*, et en faisant passer sur sa surface une nappe d'eau très-mince, qui, en la parcourant, se divise en petits courans, lesquels enlèvent petit à petit les matières boueuses et les déposent sur l'aire plane inférieure dans l'ordre de leur pesanteur spécifique.

Cuve  
à rincer.

4°. *La cuve à rincer* (*fig. 5, 6 et 7, pl. VIII*) (*dolly-*

*tub*) est munie d'un axe vertical portant un plan AB (*dolly*) ; le tout est mis en mouvement au moyen de la manivelle. Cet appareil sert à mettre le minerai fin, déjà presque pur, en suspension dans l'eau ; après quoi, par le repos, les parties métalliques se séparent des parties terreuses. On aide cette séparation en frappant sur les parois de la cuve pendant la précipitation ; ce qui suspend celle des matières terreuses sans arrêter celle des parties métalliques.

5°. *Bassins de dépôt* (*slime pits*). Dans les diverses opérations de débouillage, de broyage et de lavage, dans lesquelles on fait usage d'un courant d'eau, il est impossible d'empêcher que quelques-unes des parties les plus ténues de la galène, après s'être mises en suspension dans cette eau, ne soient emportées par elle. Pour les recueillir, on a des bassins de dépôts ou LABYRINTHES, appelés *buddle-holes* en Derbyshire, *slime-pits* à Alston-Moor, dans lesquels l'eau se rend après avoir été employée. Ils sont placés à une petite distance des points où s'exécutent les opérations ci-dessus décrites.

Bassins de  
dépôt.

Ces bassins ont environ 6 mètres de diamètre et de 0,60 à 1 mètre de profondeur. Dès que le courant qui s'échappe de la machine à broyer, des laveries, ou de tout autre appareil de lavage, est entré dans le bassin de dépôt, le minerai qui y est en suspension tombe peu-à-peu au fond, et l'eau, redevenue presque claire, s'échappe et n'est plus recueillie.

## Triage et débouillage des minerais de plomb.

1°. En Derbyshire.

Triage et  
Débouillage  
en Derby-  
shire.

§ 16. En Derbyshire, le mélange de matières pierreuses et de galène qu'on extrait des mines, et qui porte le nom de *bowse*, est déchargé, à l'issue de l'exploitation, sur l'*aire de battage* (*striking-floor*), par un ouvrier appelé *striker*, qui s'occupe aussitôt de trier les fragmens, suivant leur grosseur, en trois espèces.

A. Les plus gros, appelés *knockings*, ou MINÉRAI A CASSER, sont séparés à la main; le reste est mis sur le crible décrit ci-dessus § 11, au moyen duquel on obtient les deux autres divisions.

B. Ceux qui restent sur le crible s'appellent *ridlings* ou *picking-stones*.

C. Les parties terreuses qui passent à travers le crible, appelées *fell*, sont mises de côté, en un tas appelé *fell-heap*.

Le MINÉRAI A CASSER A, ou *knockings*, est porté dans un endroit particulier appelé *bank*, où un ouvrier, dit *banksman*, armé d'une masse, les brise et fait le triage des fragmens de la manière suivante :

A'. Minerai *massif* porté au tas de minerai pur (*bingheap*).

A''. Fragmens composés de matières pierreuses et de minerai plus ou moins intimement mélangé, de la grosseur d'une noix; ils sont livrés dans cet état aux ouvriers (*knockers*) chargés de les piler plus fin.

A'''. Fragmens uniquement composés de matières pierreuses, qui sont rejetés.

Les morceaux B restés sur le crible, et qu'on appelle *ridlings* ou *picking-stones*, sont donnés

aux *swillers* ou *pickers*, qui commencent par les débouiller. Pour cet objet, ils se servent soit d'un crible (§ 11, 2°), soit d'une auge appelée *standing-buddle* (§ 11, 3°) : dans le premier cas, ils placent dans le crible une certaine quantité de *ridlings*, et l'agitent dans une cuve pleine d'eau; dans le second, ils jettent les *ridlings* dans l'auge, qui est également pleine d'eau, et l'y agitent avec une bêche. Dans l'un et l'autre cas, les fragmens de minerai sont purgés de la boue qui était attachée à leur surface, et qui tombe au fond de l'eau de lavage, et dans cet état on les porte sur une table, où des femmes, appelées *pickers*, procèdent à leur triage. Elles en font trois lots; savoir,

B'. Le minerai *massif*;

B''. Le minerai à briser, appelé *KNOCK-STONE-STUFF*;

B'''. Le minerai de rebut.

Le premier est porté au tas de minerai (*bingheap*) dans le magasin de minerai (*ore-coe*).

Le minerai à briser (*KNOCK-STONE-STUFF*), qui se compose de tous les fragmens présentant un mélange de matières pierreuses et de minerai, est porté à l'atelier des casseurs (*knockers*).

Cette série d'opérations divise le minerai en en quatre lots; savoir,

A' et B'. Minerai *massif*;

A'' et B''. Minerai à briser, appelé *KNOCK-STONE-STUFF*;

C. Menu minerai qui passe à travers le crible appelé *fell*;

A''' et B'''. Pierres de rebut.

Nous verrons plus loin, § 20, quelles opérations on fait subir au 2°. et au 3°. lot.

## 2°. Dans le Cumberland.

Triage et débou-  
bourbage en  
Cumber-  
land. § 17. Aux environs d'Alston-Moor, dans le Cumberland, le débouillage et le tirage s'exécutent généralement sur la grille que nous avons indiquée (§ 11, 5°.)

Le minerai brut (*bouse-ore*) est placé sur la grille, de manière à recevoir le courant d'eau qui arrive par le canal; on l'y agite avec un râble, et par l'effet tant de leur propre poids que de l'action du courant, toutes les petites parties appelées *cuttings* passent à travers la grille, et se réunissent dans le bassin qui est au-dessous. La grille retient au contraire tous les fragmens de la grosseur d'une grosse noix et au-dessus.

Les ouvriers enlèvent ces fragmens et cassent ceux qui présentent des parties de richesses différentes; ils les divisent en quatre lots: l'un, de minerai massif sensiblement pur; le second, de minerai massif un peu mélangé; le troisième, de minerai très-mélangé avec des matières pierreuses, et le quatrième, de matières pierreuses entièrement dénuées de minerai: ce dernier lot est rejeté.

Les fragmens de minerai tout-à-fait pur, qui constituent le premier lot, après avoir été concassés, lorsqu'ils sont trop gros, à l'aide de petits marteaux, sont portés au magasin de minerai préparé (*bing-stead*).

Les fragmens de minerai massif un peu mélangé, qui constituent le second lot, sont portés à un atelier particulier, où, au moyen d'une batte en fer, on les écrase de manière à n'en laisser aucun plus gros qu'une grosse noisette. Le minerai ainsi broyé reçoit un lavage sur l'aire

à débouiller (*running-buddle*) ou sur un crible. Il est ensuite porté au magasin de minerai préparé.

Quant aux fragmens dans lesquels la galène est tout-à-fait mélangée avec des matières pierreuses, et qu'on appelle *knockings*, ils doivent subir un broyage et un lavage complets.

Les petites parties (*cuttings*) qui ont passé à travers la grille, si elles sont suffisamment riches, sont portées directement à l'atelier de criblage; si au contraire elles sont très-pauvres, on les réduit à un état de finesse plus grande et plus uniforme, en les passant à la machine à broyer ou en les écrasant à coups de batte,

Par ces diverses opérations, le minerai brut (*bouse*) se trouve partagé en quatre parties; savoir:

- a*, minerai massif concassé, prêt à fondre;
- b*, minerai mélangé destiné à être broyé;
- c*, minerai brut en parties fines, destiné, suivant sa richesse, à être criblé directement ou à être d'abord broyé encore plus fin;
- d*, rebuts qui sont jetés.

*Broyage des minerais de plomb.*

## 1°. En Derbyshire.

§ 18. En Derbyshire, les fragmens de minerai mélangé (*knock-stone-stuff*, provenant des opérations A'' et B''), déjà réduits à la grosseur d'une grosse noix, sont broyés à coups de batte (*bucker*) par des ouvriers appelés *knockers*, dont l'atelier a été décrit ci-dessus (§ 12, 1°.). Assis devant le *knock-stone*, ils amènent dessus,

Broyage en  
Derbyshire.

374 MIN. DE PLOMB DU CUMBERL. ET DU DERBYSHIRE.  
avec une petite planche, une certaine quantité de minerai qu'ils brisent jusqu'à ce qu'il soit réduit à la grosseur d'un pois, et en forment un tas à leurs pieds.

Le minerai ainsi broyé, que nous représenterons par la lettre D, prend le nom de *knock-bark*, et passe entre les mains des laveurs.

2°. Dans le Cumberland.

Broyage en  
Cumberland

§ 19. A Alston-Moor, les fragmens *b* de minerai, très-mélangés de matières pierreuses, dont on forme un lot séparé dans le triage qui suit le débouillage sur la grille, sont d'abord, lorsqu'ils sont très-gros, brisés à coups de marteau, de manière à ce qu'il n'en reste aucun plus gros qu'un œuf. Ils sont ensuite portés aux cylindres à broyer (*crushing machine* ou *grinder*), où ils sont grossièrement pulvérisés pour être après cela livrés aux cribleurs.

Après qu'on leur a fait subir cette opération, aussi bien qu'aux parties menues qui ont passé à travers la grille, lorsque celles-ci se trouvent trop pauvres pour être livrées d'abord aux cribleurs, le minerai brut se trouve divisé en trois parties; savoir,

- a*, minerai massif, bon à fondre;
- b'*, minerai à cribler, provenant des minerais *b* et *c*, broyés;
- d*, rebut.

Criblage et lavage des minerais de plomb.

1°. En Derbyshire.

Criblage et  
lavage en  
Derbyshire,

§ 20. En Derbyshire, le minerai D broyé (*knock-bark*) (§ 18) et le minerai C (*fell*),

mis à part au sortir de la mine (§ 16), sont d'abord criblés dans le crible à main, décrit (§ 14, 1°). Le laveur, après avoir placé dans son crible (*hand-sieve*) une certaine quantité de l'un ou de l'autre de ces minerais, le plonge en partie dans une grande cuve (*ore-vat*) presque pleine d'eau, et l'y agite par des secousses propres à amener à la surface les parties pierreuses et en général toutes les substances légères, qu'il enlève ensuite au moyen d'une petite planche bordée de fer, désignée en anglais par le mot *limp*, et dans les mines de Bretagne par celui de *lime*. Les premières matières ainsi enlevées, nommées *fleet* ou *fastage*, ne contenant pas sensiblement de galène, sont rejetées. Les secondes, appelées *toots* ou *rounds*, plus riches que les premières, sont mises à part pour être recassées sur le *knock-stone*. Après avoir chargé à plusieurs reprises sur le crible de nouveau minerai D, on obtient au fond du crible une quantité considérable de minerai, qu'on peut considérer comme pur et dont les parties les plus grosses se trouvent à la partie supérieure; tandis que les plus fines forment un lit qui recouvre immédiatement le treillis du crible. On enlève alors la partie supérieure, qu'on nomme *peasy-ore*, pour la porter dans le magasin de minerai ou tas, qu'on appelle *peasy-heap*, et on ménage avec soin le lit (*bedding*) de minerai fin qui couvre le treillis du crible et qui rend plus faciles les criblages suivans. Il est surtout utile dans l'opération que nous allons décrire ci-après.

§ 21. Pendant le criblage, beaucoup de petites parcelles de minerai et de matières pierreuses

passent à travers le crible et s'accumulent au fond de la cuve. Lorsqu'elle en est remplie aux deux tiers, on fait écouler l'eau doucement et on enlève le sédiment (*smitham*) qu'on met en tas; on verse de nouvelle eau dans la cuve; un enfant, reprenant alors le dépôt *smitham*, en charge le crible, qui conserve encore sur son treillis la couche de minerai fin. Le cribleur agite et secoue dans l'eau à-peu-près comme dans la première opération. De temps à autre, il enlève avec la lime (*limp*) les matières légères qui viennent à la surface. Ces matières, qui ne sont plus propres qu'à être lavées dans des caisses, sont appelées *buddlers-offal*, et sont jetées dans une fosse appelée *buddle-hole*. Quant au minerai qui s'accumule sans cesse sur le treillis du crible, on l'enlève de temps en temps pour le jeter dans la cuve, dans laquelle tombent d'elles-mêmes, pendant l'opération, les particules de minerai très-fines, ainsi que quelques petites particules pierreuses. Quand on a fait subir ce criblage à tout le dépôt retiré de la cuve, on nettoie le minerai qui en provient par une dernière opération.

§ 22. Cette opération, appelée *buddling the vat*, consiste à agiter l'eau en rond dans la cuve au moyen d'une bêche et à réunir le minerai en tas dans un coin du fond, où on le prend au moyen de la bêche à manche court, nommée *groove-spade*; on le porte ensuite au magasin de minerai, où il forme un tas particulier nommé *smitham-heap*. Quant à la boue que l'eau de lavage tient encore en suspension, on la reçoit dans la fosse nommée *buddle-hole*, qui sert de récep-

tacle pour toutes les parties très-ménues, comme les balayures et les boues qui contiennent encore un peu de minerai.

§ 23. Ces matières, très-ténues, ne peuvent plus être mises à profit que par une nouvelle série d'opérations appelée *buddling*, qui s'exécute au moyen d'un petit courant d'eau et de caisses de deux espèces, dites *jagging-buddle* et *trunk-buddle*. De ces opérations, qui ressemblent beaucoup à celles du même genre qui s'exécutent aux environs d'Alston-Moor et qui seront décrites ci-après, résultent deux nouvelles sortes de minerai, dont le meilleur ou le plus gros est appelé *hillock-ore* ou *pippin*, et le plus fin, qui est tout-à-fait en poussière, *belland*.

2°. En Cumberland.

§ 24. Pendant long-temps le crible à main était le seul employé dans les mines d'Alston-Moor; on lui a maintenant généralement substitué le crible à secousses. Il n'y a plus qu'un seul cas pour lequel le premier de ces cribles soit encore aujourd'hui en usage; c'est pour les petites parties de minerai (*cuttings*) qui ont passé à travers la grille, et qui, sans être assez pauvres pour qu'il soit nécessaire de commencer par les broyer plus menu, le sont trop cependant pour qu'on puisse les cribler avec avantage au crible à secousses. On les passe simplement à travers ce crible sans chercher à produire d'autre effet que de séparer les parties fines de celles qui ne peuvent traverser les mailles. Lorsqu'on a réuni une suffisante quantité de ces dernières, un ouvrier prend un crible à main de forme ronde, l'en charge et l'agite circulairement dans l'eau d'une cuve,

Criblage dans le Cumberland.

avec beaucoup de célérité et une adresse particulière, jusqu'à ce qu'il soit parvenu à séparer les parties très-pauvres, qu'on appelle *cuttings*, et les parties mélangées, appelées *chats*, du minerai pur. Il enlève ces deux premières qualités avec un râcloir en fer battu, nommé *limp*, et il trouve au-dessous une certaine quantité de minerai qu'on peut considérer comme pur. La séparation de ce minerai d'avec les matières pauvres ou mélangées (*cuttings* et *chats*) ne s'effectuerait pas si bien sur le crible à secousse (*brake-sieve*), que sur le crible à main (*hand-sieve*), parce que le premier reste toujours horizontal; tandis que le laveur, en agitant le second, le tient presque toujours dans une position inclinée.

Emploi du  
crible à se-  
cousses.

§ 25. A l'exception de ce cas particulier, tout le criblage s'exécute aux environs d'Alston-Moor avec le crible à secousses (*brake-sieve*), décrit (§ 14), 2°. Aussitôt que ce crible est chargé de minerai, l'enfant placé à l'extrémité du levier commence à le secouer en sautant. Chaque secousse, non-seulement fait passer à travers les mailles quelques parties fines du minerai, mais change encore les positions respectives de celles qui restent sur le treillis. Par l'effet du mouvement brusque et de l'élan qu'elles reçoivent, les parties les plus pures et les plus lourdes se rapprochent du fond et finissent par s'y fixer exclusivement. Au-dessus, se trouvent les fragmens mélangés de galène et de substances pierreuses appelés *chats*; et à la partie supérieure, les morceaux tout-à-fait pauvres et les plus légers, appelés *cuttings*. On commence par enlever ces derniers avec le *limp*; on enlève ensuite les par-

ties mélangées, *chats*, et enfin le minerai pur, qu'on porte au magasin de minerai préparé, *bing-heap*.

§ 26. Les parties pauvres, *cuttings*, sont livrées à une classe particulière d'ouvriers, qui, par un nouveau criblage, les divisent en pierres tout-à-fait pauvres (*seconds cuttings*) et en minerai mélangé analogue aux *chats*, et qui subit le même traitement.

§ 27. Le minerai pauvre, indiqué ci-dessus sous le nom de *chats*, est porté à la machine à broyer (*crushing machine*), où il est écrasé entre deux cylindres particuliers destinés à cet usage (*chats rollers*), ou, à leur défaut, entre deux quelconques des cylindres unis, qui l'écrasent aussi fin qu'une pareille machine puisse le faire; après quoi, il est soumis à un nouveau criblage, qui donne des résultats analogues à ceux du premier.

Broyage des  
des minerais  
pauvres.

Au moyen de ces diverses opérations, on obtient :

Du minerai pur (*sieve-ore*); dont la grosseur varie depuis celle d'un gros pois à celle d'une grosse fève;

Des rebuts qu'on jette;

De menues matières, du traitement desquelles il nous reste à parler.

§ 28. Ce sont les petites particules de minerai qui, après avoir passé à travers les mailles des cribles, se sont rassemblées au fond des cuves. On appelle, à Alston-Moor, ce dépôt *smiddum*. Lorsqu'une cuve en renferme une certaine quantité, on l'enlève pour le laver sur l'aire à débourber (*runing buddle*) (§ 11, 4°), d'abord au moyen d'un courant d'eau assez fort pour

Lavage de  
divers pro-  
duits.

380 MIN. DE PLOMB DU CUMBERL. ET DU DERBYSHIRE.  
exécuter cette opération. Le laveur est muni d'un râble qu'il promène des bords du tas de *smiddum* à sa partie supérieure, de manière à retenir les particules les plus pures du minerai au haut de l'aire; tandis que les plus pauvres et les plus légères, qu'on appelle *smiddum tails*, sont entraînées vers le bas, et que même celles qui sont extrêmement ténues suivent le courant d'eau et ne se déposent que dans les bassins (*slime-pits*), dans lesquels les eaux séjournent avant de sortir des ateliers de lavage. Lorsqu'on a fait subir au dépôt de la cuve (*smiddum*) deux ou trois opérations de cette nature, ou même un plus grand nombre, suivant les circonstances, la partie qui, dans la dernière opération, reste près de la tête de l'aire, se trouve sensiblement pure et est portée directement au magasin de minerai (*bing-stead*).

§ 29. Les parties pauvres (*smiddum tails*), qui ont été entraînées vers la partie inférieure, contiennent encore une quantité considérable de minerai; mais il se trouve mêlé avec tant de matières terreuses et de boue très-tenace, qu'il faut leur faire subir deux nouvelles opérations avant de pouvoir en extraire du minerai pur. On les porte sur une espèce de caisse allemande, appelée dans le Cumberland *trunck-buddle* (§ 15, 1<sup>o</sup>.); on les place dans le compartiment placé à la partie supérieure de cette table, dans lequel arrive un fort courant d'eau, et on les y agite avec une pelle. L'eau y laisse les grains les plus gros de minerai et de matières pierreuses, qu'on retire continuellement et dont on forme un tas à part, elle emporte au contraire toutes les parties fines tant de minerai que de matières

pierreuses, qui se déposent sur le fond horizontal de la fosse inférieure à des distances dépendantes de leur richesse; celles qui contiennent le plus de minerai se déposent vers le haut, tandis que celles, qui en contiennent très-peu sont entraînées par l'eau jusque vers le bas. L'opération se continue jusqu'à ce que l'intérieur de la table ou fosse soit rempli de ces matières. Alors on suspend l'arrivée de l'eau jusqu'à ce que la table ait été vidée.

§ 30. Le mélange de minerai et de matières pierreuses qui a été retiré de la caisse placée à la tête de la table, dans laquelle tout le minerai (*smiddum tails*) a été agité avec la pelle, contient des parties de galène, de plomb, de pyrites et de substances pierreuses de grosseur à-peu près égale. On sépare la galène de ces substances par la méthode suivante :

Le laveur place sur le treillis du crible un lit d'environ deux pouces d'épaisseur de minerai de criblage fin, appelé *beding*, dans le but d'empêcher le minerai fin de passer trop vite à travers le crible. Par-dessus cette couche de minerai criblé, on charge une certaine quantité du mélange ci-dessus, et on agite le crible, à l'aide du levier, de la manière ordinaire, mais très-doucement: alors les particules de minerai que contenait le mélange, en vertu de leur pesanteur spécifique, se séparent de ce qui les accompagne, s'engagent dans le *bedding*, y descendent peu-à-peu, et finissent par tomber dans la cuve, où elles ne sont suivies que par une petite quantité de substances qui ont à-peu-près la même pesanteur spécifique; tandis que tout le reste demeure au-dessus du même *bedding* et s'en sépare

aisément au moyen de la lime (*limp*), pour être porté aux laveurs de matières très-pauvres. Cette opération, assez délicate, s'appelle *letting-in*. Si la couche de minerai criblé (*bedding*) qui couvre le crible est bien préparée et si le crible joue bien, le minerai qui tombe dans la cuve est ordinairement assez pur pour n'avoir besoin d'autre préparation que d'être passé une fois sur l'aire à débourber, pour y être nettoyé des parties terreuses fines dont il peut encore être souillé. Après cela, on le porte au magasin de minerai (*bing-stead*).

§ 31. Le dépôt inégalement riche resté (§ 29) dans la fosse inférieure est divisé en trois parties; savoir,

*a*, ce qui s'est déposé près de la tête ;

*b*, ce qui s'est déposé vers le milieu ;

*c*, ce qui s'est déposé vers le bas. Cette dernière partie, qui ne contient qu'une très-petite proportion de minerai, est abandonnée aux laveurs de matières très-pauvres, qui les lavent de nouveau, ainsi qu'on le verra ci après, jusqu'à ce qu'ils en aient extrait tout le minerai qu'on peut en retirer avec bénéfice. Les deux autres portions, *a* et *b*, sont de nouveau lavées séparément dans la même caisse de la manière suivante :

Le laveur, un pied appuyé sur chacun des côtés de la caisse, prend dans sa pelle une certaine quantité de minerai qu'il promène transversalement le long de la paroi supérieure (*breast board*) de la caisse, sur laquelle glisse la nappe d'eau. Elle enlève petit à petit le contenu de la pelle et le dépose sur le fond de la caisse. Pendant ce temps, un enfant, assis au bas de

la caisse, promène sur la surface des matières qui s'y déposent un râble de bois depuis le milieu jusqu'en haut, et toujours de bas en haut, pour empêcher le minerai de s'échapper et pour maintenir la surface du dépôt ferme et unie; ce qui contribue à la régularité de l'opération. On la répète sur le même minerai une ou deux fois ou même davantage, en un mot jusqu'à ce que ce minerai soit assez pur pour qu'on puisse achever sa préparation dans la cuve à rincer (*dolly-tub*).

§ 32. Pour faire usage de cet appareil (pl. VIII, *fig. 5, 6 et 7*) (§ 14, 4<sup>o</sup>), on remplit la cuve d'eau jusqu'à une certaine hauteur, et on y place le plan vertical appelé *dolly*. On le tourne rapidement de manière à imprimer à l'eau un mouvement circulaire. Pendant ce temps, on y verse peu-à-peu le minerai fin (*slime-ore*), qu'il s'agit de purifier, jusqu'à ce qu'il y en ait une quantité suffisante. Aussitôt que tout le minerai est parfaitement disséminé dans le liquide, on retire le plan vertical ou *dolly*. Les ouvriers frappent alors sur les parois de la cuve pendant assez long-temps avec des marteaux ou de gros morceaux de bois pour faire tomber le minerai au fond. Les parties les plus légères du minerai qu'on a introduit, lesquelles consistent presque uniquement en matières de rebut, ne tombent que quand on a cessé de frapper: alors on fait écouler l'eau; on enlève ensuite et on jette la boue extrêmement pauvre, qui forme la partie supérieure du dépôt, et on trouve au fond de la cuve le minerai pur, qu'on enlève et qu'on porte au magasin (*bing-stead*); après quoi, on recommence une opération pareille. Cette manière de traiter le minerai très-fin (*slime*)

Emploi de la cuve à rincer.

est très-bonne, parce qu'elle rend le minerai plus pur et en laisse moins perdre qu'aucune autre. On sépare très-bien, par ce moyen, la blende qui accompagne toujours la galène.

§ 33. Lorsqu'au lieu de menu minerai résultant du premier criblage, et qu'on appelle *bouse-smiddum*, on a à laver les menues parties (*cutting smiddum*) qui ont passé à travers le crible en recribleant les parties pauvres données par le premier criblage, on éprouve plus de difficulté à en extraire le minerai, le mélange étant beaucoup plus considérable. Le minerai qu'on obtient, étant moins pur, se vend ordinairement 20 shellings (25 francs) par *bing* de moins que celui retiré du *bouse smiddum*.

Pour laver le schlamm très-pauvre *c*, appelé *cuttings smiddum*, obtenu (§ 31) en lavant sur les caisses le dépôt des cuves de criblage, on commence par débourber le schlamm dans la caisse à débourber, appelée *runing-buddle*, comme il a été dit ci-dessus, et le minerai obtenu dans le compartiment placé à la partie supérieure subit de même l'opération dite *letting-in*. Quant au minerai emporté par l'eau qui se dépose sur la surface de la caisse à débourber, qu'on appelle *sludge*, il est extrêmement fin et ne peut plus être traité dans la caisse précédente; mais il est lavé successivement sur deux nouvelles tables appelées *stirring buddle*, caisse à débourber les schlamms (§ 15, 2<sup>o</sup>.), et le *nicking buddle*, analogue aux tables jumelles (§ 15, 3<sup>o</sup>.).

§ 34. Dans le *stirring buddle*, le dépôt très-fin (*sludge*), retiré du *trunk-buddle*, est soumis à l'action d'un courant d'eau jusqu'à ce que la plus grande partie des matières étrangères, étant

emportée vers la partie inférieure de la caisse, le reste acquiert la ténacité propre au minerai fin un peu plus riche (*slime*). Dans cet état, on le retire pour le porter sur la table analogue à la table jumelle, appelée *nicking-buddle*.

§ 35. Sur cette dernière table (§ 15), le minerai très-fin (*slime*) est placé en très-petite quantité sur le plan incliné qui forme la tête, et on fait couler sur sa surface une nappe d'eau, qui s'y divise en une foule de petits courans, lesquels viennent se briser contre les sillons laissés dans le minerai par la pelle de l'ouvrier; la masse entière de minerai est bientôt entraînée le long du plan incliné jusque sur la table, sur le fond de laquelle les diverses particules se déposent dans l'ordre de leurs pesanteurs spécifiques. De temps en temps, le laveur, lorsqu'il n'est pas occupé à répandre de nouveau minerai sur le plan incliné, aplatit la surface du dépôt avec sa pelle, afin de la rendre ferme et unie, condition nécessaire pour que rien ne s'échappe. Une même portion de minerai fin (*slime*) est soumise plusieurs fois de suite à cette opération, appelée *nicking*, jusqu'à ce qu'on en obtienne une quantité suffisante de minerai riche, qu'on achève de nettoyer dans la cuve à rincer (*dolly-tub*), dont l'usage a déjà été suffisamment expliqué.

§ 36. Les dépôts qui se forment dans les bassins de dépôt (*slime pits*) sont très-épais et très-gluans; aussi, quand on veut les laver dans les appareils ordinaires, on est toujours obligé, avant de les porter sur les tables analogues aux tables jumelles (*nicking buddle*), de les agiter avec de l'eau claire dans la caisse à débourber les schlammis (*stirring buddle*); ce

qui détruit en partie la forte adhésion que les diverses parties avaient les unes pour les autres au sortir du *slime-pits*, en en séparant une quantité considérable de boue fine et argileuse. Le lavage s'achève dans le *dolly-tub*.

On ne suit ces procédés que quand on emploie des bassins de la première forme.

Coût des préparations mécaniques.

§ 57. Les ouvriers employés à la préparation mécanique du minerai sont payés, dans le Cumberland, à la tâche et non à la journée. On leur livre une certaine quantité de minerai brut, et on leur paye leur travail à raison de tant par *bing*, mesure contenant quatorze quintaux de minerai prêt à fondre qu'ils en retirent. Le prix varie suivant la richesse du minerai. Certaines portions se lavent à raison de 2 schellings  $\frac{1}{2}$  ou 5 schellings (3 fr. 10 c. à 3 fr. 75 c.) le *bing*; tandis que d'autres ne peuvent l'être à moins de 8 schellings (10 fr.).

La richesse du minerai varie de 2 à 20 bings de galène par *schift* de minerai. Le *schift* contient 8 chariots.

Observations.

§ 38. N'ayant pas des données exactes sur la richesse du minerai lavé, ni sur la quantité de galène en grenailles ou en schlick qu'on en retire, nous ne pouvons émettre une opinion positive sur la perfection de ce genre de préparation mécanique, ni la comparer avec celles usitées en Saxe et en Bretagne. Cependant, d'après ce que nous connaissons de la beauté des schlicks, de la richesse des déchetts et de la quantité de matières lavées journellement dans ces différentes contrées, nous croyons pouvoir faire les observations suivantes :

1°. Le débouillage et le triage des minerais sont exécutés dans le Cumberland avec soin et prompti-

tude. Ces opérations, entièrement analogues à celle des mines de Poullaouën, nous paraissent inférieures au débouillage sur les grilles à grands de Saxe, opération qui, en même temps qu'elle nettoie les minerais, a l'avantage de les classer en lots de différentes grosseurs.

2°. Le cassage ou broyage au moyen des cylindres à écraser (*crushing machine*) est beaucoup plus expéditif que celui exécuté avec des battes, et non-seulement cette machine a l'avantage d'apporter une grande économie dans les dépenses du cassage; mais elle doit aussi diminuer considérablement la perte de la galène; car on soumet souvent à l'action des cylindres des minerais qui sont bocardés, et dont une partie est entraînée par le courant d'eau qui s'échappe du bocard.

Ces cylindres à écraser remplacent aussi avec un grand avantage le bocard à sec employé dans quelques établissemens, et notamment à Huelgoat. On doit donc considérer l'introduction des cylindres comme une des plus heureuses innovations qui aient été faites dans la préparation mécanique.

3°. Les cribles à secousses nous paraissent préférables aux cribles à main. Pour s'en assurer, il faudrait faire des expériences comparatives, ce que nous n'avons pas été à portée d'effectuer; mais il nous a paru que la quantité de minerai qu'on soumet à l'action du crible à secousses était plus grande dans le même temps que celle criblée à la main, sans que cela nuisît à la pureté des grenailles obtenues.

4°. Le système de lavage usité dans le Cumberland diffère essentiellement de celui employé en Bretagne. Dans le Cumberland, tous les sa-

bles produits par le bocard, une partie de ceux provenant des cylindres à écraser, les dépôts des cuves de criblage et même une partie des dépôts boueux appelés *schlamms* en Allemagne et en France, sont lavés sur des tables appelées *trunk buddle* et *stirring buddle*, analogues à celles connues sous le nom de *caisses allemandes*. Il n'y a que quelques dépôts extrêmement fins qui soient lavés sur les tables appelées *nicking buddle*, correspondantes aux tables jumelles : encore ces dépôts boueux ont-ils été débourbés auparavant, dans le premier genre de tables. En Bretagne, au contraire, les tables allemandes sont destinées seulement aux dépôts de criblage et au sable très-gros du bocard. Tous les dépôts fins sont lavés sur des tables jumelles, dont l'inclinaison est très-faible et sur lesquelles on n'admet qu'une lame d'eau très-mince.

5°. Quant aux bassins de dépôts, ils sont construits avec beaucoup moins de soin qu'en France et qu'en Allemagne. Jamais, comme ces derniers, ils ne présentent ces longs retours sur eux-mêmes, qui leur ont fait donner le nom de labyrinthes. Cette forme est probablement due à ce que les derniers dépôts, qui sont lavés avec avantage en France et en Allemagne, ne pourraient l'être dans le Cumberland. Il y a lieu de croire cependant que l'introduction des tables à secousses permettrait de recueillir des dépôts qu'on néglige dans ce moment.

D'après ce que nous venons de dire sur le système de lavage et sur les bassins de dépôts, on peut concevoir que l'opération suivie dans le Cumberland est plus expéditive que celle usitée en Bretagne, mais aussi qu'elle donne des mi-

nerais moins purs et qu'elle occasionne des pertes plus considérables, pertes qui sont prouvées, puisque souvent on trouve de l'avantage à reprendre les rebuts et à leur faire subir une nouvelle préparation.

Nous n'osons cependant blâmer cette méthode, parce que, dans ce pays, le combustible étant à très-bas prix, et la main-d'œuvre, au contraire, très-chère, il est possible qu'il y ait plus d'avantage à fondre du minerai moins pur, et à perdre quelques parties de galène qu'à augmenter le nombre d'opérations du lavage.

6°. Enfin, l'appareil que nous avons appelé *cuve à rincer*, et qui porte en anglais le nom de *DOLLY-TUB*, nous paraît devoir être adopté dans les établissemens où la galène est mélangée avec beaucoup de blende; car nous avons vu du schlick qui paraissait très-net à l'œil, et dont on a cependant séparé une quantité assez considérable de blende en le tournant dans cette espèce de cuve.

## ANALYSE

*De la mésotype d'Auvergne;*

PAR M. J. GUILLEMIN.

L'échantillon analysé était cristallisé en prismes groupés et divergens ; il avait tous les caractères de la mésotype d'Haüy.

J'ai trouvé pour sa composition :

Silice . . . . .	0,490
Alumine . . . . .	0,265
Chaux . . . . .	0,153
Eau . . . . .	0,090

0,998

La recherche de la soude est très-facile ; ce minéral étant entièrement soluble dans l'acide muriatique, on n'a pas besoin de l'attaquer par la baryte ou par l'oxide de plomb.

Les nombres ci-dessus rentrent dans la formule  $\text{Na Si} + 2 \text{Al Si} + 4\text{aq}$ , assignés à la mésotype par M. Berzélius.

ORDONNANCES DU ROI,  
CONCERNANT LES MINES,

RENDUES PENDANT LA SUITE DU QUATRIÈME  
TRIMESTRE DE 1825.

ORDONNANCE du 5 octobre 1825 concernant  
l'usine de Rebauvois ( Vosges ).

Usine de  
Rebauvois.

( Extrait. )

CHARLES etc., etc., etc.

ART. Ier. Le sieur Hector-Denis Chevalier est autorisé, conformément à sa demande et aux plans qu'il a fournis, et qui resteront annexés à la présente ordonnance :

- 1°. A conserver et maintenir en activité le feu d'affinerie et le gros marteau qu'il possède sur le Vair, à Rebauvois, commune de Saint-Élophé, département des Vosges ;
- 2°. A construire, dans l'enceinte de cette forge, un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer.

ART. VII. Il n'entreprendra aucune nouvelle extraction de minerai qu'après avoir obtenu l'autorisation prescrite par la loi du 21 avril 1810 ( tit. 7 ).

ORDONNANCE du 16 octobre 1825, portant que  
le sieur Barthélemi fils est autorisé à transférer dans la commune de Callas (Var), la verrerie qu'il possède dans la commune de Saint-Zacharie ; ladite verrerie composée d'un four circulaire à six pots et de deux fours accessoires. Le tout d'après le plan qu'il a fourni à l'appui de sa demande.

Verrerie de  
Callas.

Usines  
vitrioliques.

**ORDONNANCE du 26 octobre 1825, portant que les propriétaires des usines vitrioliques de Bourg, Urcel et Chaillevet (Aisne), sont exemptés pendant dix années, à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1825, du paiement de la redevance proportionnelle, qu'ils acquittent à raison des concessions de terres pyriteuses affectées à ces usines.**

Mines de  
houille de  
Saint-  
Etienne.

**ORDONNANCES portant concessions de mines de houille dans l'arrondissement houiller de Saint-Etienne (Loire).**

[ Suite (1). ]

39. **ORDONNANCE du 26 octobre 1825.**

ART. 1<sup>er</sup>. Il est fait aux sieurs Dugas frères, de la Ca-

(1) Voyez, *Annales des Mines*, t. X, pag. 367, une note des Rédacteurs relative aux Ordonnances dont il s'agit. Cette note a pour objet de faire connaître les mesures de sûreté prescrites aux impétrans dont les concessions avoisinent la ville de St.-Etienne ou de Rive-de-Gier.

Les impétrans des concessions nos. 40 et 45 sont encore tenus de se conformer aux dispositions suivantes, pour la conduite de leurs travaux, eu égard au canal de Givors.

« Dans le cas où les travaux projetés par les concessionnaires devraient s'étendre sous le canal de Givors, »  
 » ou à une distance de ses bords moindre de 20 mètres, il »  
 » ne pourra y être donné suite qu'après une autorisation »  
 » expresse du préfet, donnée sur le rapport de l'ingénieur »  
 » des mines, après que les propriétaires du canal auront »  
 » été entendus. Cette autorisation sera refusée, s'il est re- »  
 » connu que l'exploitation pourrait compromettre la sû- »  
 » reté du canal ou celle des exploitations. En cas de con- »  
 » testation sur la caution ou l'indemnité prescrite par »  
 » l'article 15 de la loi du 21 avril 1810, citée ci-dessus, »  
 » elle sera portée devant les tribunaux et cours, confor- »  
 » mément audit article. »

tonnière, et Féchet de Saint-Martin-la-Plaine, sous le nom de concession de Tremolin, concession des mines de houille faisant partie du périmètre n°. 18 de l'arrondissement houiller de Saint-Etienne, département de la Loire, et comprises dans les limites ci-après :

Au sud-est, du centre du puits des Durantières, une ligne droite tirée à l'angle nord de la maison Bethenod ;

Au nord, de l'angle nord de la maison Bethenod, une droite dirigée sur le clocher de Saint-Genis-Terre-Noire, mais arrêtée à son intersection avec une autre droite prolongée, passant par le centre du puits Piro-Jacques, à l'angle sud-ouest de la maison Dugas de la Catonnière ;

A l'ouest, de cette intersection, ladite droite tirée à l'angle sud-ouest de la maison Dugas de la Catonnière ;

Au sud, de ce dernier angle, une droite tirée au puits des Durantières, point de départ.

Les limites ci-dessus comprennent une étendue superficielle de vingt-quatre hectares, conformément au plan général qui restera annexé à la présente ordonnance.

40. **ORDONNANCE du 26 octobre 1825.**

ART. 1<sup>er</sup>. Il est fait aux sieurs Fleur de Lix, oncle et neveu, Gaultier, notaire, et Matheron frères, de Rive-de-Gier, sous le nom de concession de la Pomme, concession des mines de houille faisant partie du périmètre n°. 18 de l'arrondissement houiller de Saint-Etienne, département de la Loire, et comprises dans les limites ci-après :

Au nord, du centre du puits Belingard, une ligne droite tirée à l'angle nord-ouest d'un fond appartenant au sieur Gaultier, lequel fut la propriété des sieurs Matheron frères, et qui se trouve situé sur la rive droite du ruisseau de Frigerin ; puis, de cet angle, la limite nord du même fond jusque audit ruisseau de Frigerin, laquelle limite nord est séparative d'un bois appartenant au sieur Durozeil et aux cohéritiers Jullien ;

A l'est, en suivant le cours du ruisseau de Frigerin, à partir de l'angle nord-est du susdit fond du sieur Gaultier jusqu'à son confluent dans le Gier ;

Au sud, dudit confluent, l'axe du cours du Gier, jusque vers le milieu de l'embouchure du ruisseau de Couzon ;

A l'ouest, de cette embouchure, des lignes droites passant successivement par les centres des puits Bourguignon, Durozeil et Belingard, point de départ.

Les limites ci-dessus comprennent une étendue superficielle de soixante-dix hectares, conformément au plan général annexé à notre ordonnance, de ce jour, concernant la concession de Tremolin (n<sup>o</sup>. 39), faisant partie du même périmètre n<sup>o</sup>. 18 de Saint-Étienne.

41. *ORDONNANCE du 26 octobre 1825.*

ART. 1<sup>er</sup>. Il est fait aux sieurs Joseph-Antoine Bethenod, Just-Éléosippe-Modeste Ninquierier, Benoît Fulcheron et consorts, sous le nom de concession de Frigerin, concession des mines de houille faisant partie du périmètre n<sup>o</sup>. 18 de l'arrondissement houiller de Saint-Étienne, et comprises dans les limites ci-après :

Au nord-est, de l'angle nord de la maison Bethenod, une droite dirigée au confluent des ruisseaux de Vaille et de Bozançon, mais arrêtée à son intersection avec l'axe du chemin à Char, tendant de Saint-Martin-la-Plaine au Pont de la Madeleine ;

A l'est, de cette intersection, l'axe du même chemin jusqu'à la rencontre du chemin de service qui conduit à la maison Fillion dite le Grand-Biez ;

Au sud-est, du carrefour formé par les deux chemins ci-dessus, une droite tirée à l'angle sud-ouest, d'une terre appartenant au sieur Bethenod, angle situé sur le bord oriental du ruisseau de Frigerin ;

A l'ouest, de cet angle, le cours du ruisseau de Frigerin en le remontant jusqu'à l'angle nord-est d'un fonds appartenant au sieur Gaultier, et provenant de la famille Matheron ; enfin de cet angle nord-est, une droite tirée à l'angle nord de la maison Bethenod, point de départ.

Les limites ci-dessus comprennent une étendue superficielle de trente-cinq hectares, conformément au plan général qui est annexé à notre ordonnance, de ce jour relative à la concession de Tremolin ( n<sup>o</sup>. 39 ).

42. *ORDONNANCE du 26 octobre 1825.*

ART. 1<sup>er</sup>. Il est fait aux sieurs Bethenod père et ses deux fils, Joseph-Antoine et Antoine-Camille Bethenod, demeurant en la commune de Saint-Martin-la-Plaine et à Lyon, sous le nom de concession de Montbressieu, concession des mines de houille faisant partie du périmètre n<sup>o</sup>. 18 de l'arrondissement houiller de Saint-Étienne, département de la Loire, et comprises dans les limites ci-après :

Au sud, du centre du Puits-Belingard, une ligne droite tirée à l'angle nord-ouest d'un fonds appartenant au sieur Gaultier, lequel fut la propriété des sieurs Matheron frères, et qui se trouve situé sur la rive droite du ruisseau de Frigerin ; puis, de cet angle, la limite nord du même fonds jusqu'audit ruisseau de Frigerin, laquelle limite nord est séparative du bois appartenant au sieur Durozeil et aux héritiers Julien ;

A l'est, de l'angle nord-est du même fonds du sieur Gaultier, sur le bord occidental du ruisseau de Frigerin, une droite tirée à l'angle nord de la maison Bethenod ;

Au nord-ouest, de cet angle de la maison Bethenod, une droite tirée au centre du puits des Durantières ;

A l'ouest, de ce puits, une ligne droite tirée au centre du puits de La Limite, puis une ligne droite tirée de ce dernier puits au centre du puits Belingard, point de départ.

Les limites ci-dessus comprennent une étendue superficielle de cinquante hectares, conformément au plan général qui est annexé à notre ordonnance de ce jour, concernant la concession de Tremolin ( n<sup>o</sup>. 39 ).

43. *ORDONNANCE du 26 octobre 1825.*

ART. 1<sup>er</sup>. Il est fait aux sieurs Matheron frères, et Benoît Madignier, sous le nom de concession de Combe-Plaine, concession des mines de houille faisant partie du périmètre n<sup>o</sup>. 18 de l'arrondissement houiller de Saint-

Étienne, département de la Loire, et comprises dans les limites ci-après :

A l'est, de l'embouchure du ruisseau de Bozançon dans le Gier, le cours de ce ruisseau jusqu'au confluent du ruisseau de Vaille ;

Au nord-est, de ce dernier confluent, une droite dirigée sur l'angle nord de la maison Bethenod, mais arrêtée à son intersection avec l'axe du chemin à Char, tendant de Saint-Martin-la-Plaine au pont de la Madeleine ;

A l'ouest, de cette intersection, l'axe du même chemin jusqu'au carrefour situé au sud-ouest de la maison Filion, dite le Grand-Biez ; puis, de ce carrefour, une droite tirée à l'angle sud-ouest d'une terre au sieur Bethenod, située sur la rive gauche du ruisseau de Frigerin ; enfin le cours de ce ruisseau jusqu'à son confluent avec le Gier ;

Au sud, de ce confluent, l'axe du cours du Gier jusqu'à l'embouchure du ruisseau de Bozançon, point de départ.

Les limites ci-dessus comprennent une étendue superficielle de quatre-vingt-dix-huit hectares, conformément au plan général qui est annexé à notre ordonnance de ce jour, concernant la concession de Tremolin (n<sup>o</sup>. 39), faisant partie du même périmètre n<sup>o</sup>. 18 de Saint-Étienne.

#### 44. ORDONNANCE du 6 novembre 1825.

ART. 1<sup>er</sup>. Il est fait aux sieurs et dame Dugas de Varennes, sous le nom de concession de Montieux, concession des mines de houille comprises dans les limites ci-après :

Au sud, à partir du ruisseau de l'Izérable, la ligne droite tirée de l'angle le plus au nord des bâtimens de la Richelaudière, au point où le chemin de Terre-Noire à Côte-Thiollière débouche sur la grande route de Lyon à Saint-Étienne, mais terminée au point où ladite ligne rencontre le ruisseau du Bessard ;

A l'est, à partir de ce dernier point, le cours du ruisseau du Bessard jusqu'à son intersection avec la ligne droite tirée de l'angle ouest de Grange-Neuve au centre du carrefour situé à l'angle le plus au nord du hameau de Bérard ;

Au nord, de cette intersection, la ligne droite qui vient d'être décrite, mais terminée au point où elle rencontre le ruisseau de l'Izérable ;

A l'ouest, de ce dernier point, le cours de l'Izérable, en remontant jusqu'à son intersection avec la ligne droite formant la limite sud sus-décrite.

Les limites ci-dessus comprennent une étendue superficielle de soixante-quatorze hectares, conformément au plan joint.

#### 45. ORDONNANCE du 6 novembre 1825.

ART. 1<sup>er</sup>. Il est fait à la Compagnie des fonderies et forges de la Loire et de l'Isère, sous le nom de concession de Côte-Thiollière, concession des mines de houille comprises dans les limites ci-après :

Au nord, à partir du chemin qui tend de Reveux au hameau de Côte-Thiollière, la ligne droite tirée du centre du carrefour du Grand-Rouzy à l'angle ouest de Grange-Neuve, mais prolongée jusqu'au ruisseau du Bessard ;

A l'est, ledit chemin de Reveux au hameau de Côte-Thiollière jusqu'à ce hameau ; puis, prenant le chemin qui aboutit à la route royale de Saint-Étienne à Lyon, en longeant les confins nord-ouest du clos du sieur Roustain ; enfin, marchant à l'est, ladite route, jusqu'à l'origine du chemin de service qui tend à Terre-Noire ;

Au sud, de cette origine, une ligne droite menée à l'angle le plus au nord des bâtimens de la Richelaudière, mais terminée, à son point d'intersection, avec le ruisseau du Bessard ;

A l'ouest, de ce dernier point d'intersection, le cours du ruisseau du Bessard, jusqu'à la ligne formant la limite nord sus-décrite ;

Les limites ci-dessus comprennent une étendue superficielle de soixante-six hectares, conformément au plan annexé à notre ordonnance, de ce jour, relative à la concession du Montieux (n<sup>o</sup>. 44), périmètres nos. 9 et 10 de Saint-Étienne.

## 46. ORDONNANCE du 30 novembre 1825.

ART. 1<sup>er</sup>. Il est fait aux sieurs Amand-Bayon, Jacques Dubouchet, Jean-Pierre Palte, Clément Just, Pierre-André Neyzet, Claude-Aimé Neyron-Saint-Julien, agissant en son nom et celui de ses enfans mineurs, pour lesquels il se porte fort, Pierre-Claude Leclerc et Erhard-Smith, sous le nom de concession d'Unieux et Fraisse, concession des mines de houille situées dans les communes de Fraisse, Unieux, et Saint-Paul en Cornillon, département de la Loire, et limitée ainsi qu'il suit :

Au levant, par la limite de la concession d'Osmond, qui part de dessous le hameau du Pisset et prend sa direction au hameau d'Etra ;

Au nord-ouest, par une ligne droite partant de la rencontre de la limite précédente avec le ruisseau de la Thiollière, se dirigeant et se terminant sur l'angle ouest de la maison de la Cota ;

Au couchant, par une ligne droite partant dudit angle de la maison Cota, passant et se terminant sur l'angle est de la maison appelée Faudrié-Boiron ; de ce point, une seconde ligne droite se dirigeant sur la Croix-Soulière ;

Au sud, par une ligne droite partant de la susdite Croix-Soulière, allant et se terminant à la Fontaine du Loup ; de ce point, une autre ligne droite allant et se dirigeant à l'angle nord du bois appartenant au sieur Beynaux ; de ce point, suivant les sinuosités dudit bois, jusqu'à sa rencontre avec le chemin tendant du hameau de Montesseu à Firminy ; de cette rencontre, suivant le chemin jusqu'audit hameau de Montesseu, en suivant le chemin jusqu'à la rencontre de la dernière maison ; et, de l'angle sud-est de cette maison, par une ligne droite se dirigeant sur un petit pont situé sur la grande route de Saint-Étienne au Fuy ; et, de ce pont, en suivant la susdite grande route, jusqu'à la rencontre du chemin du hameau du Pisset avec cette dernière ; et, de ce point, en suivant ledit chemin, jusqu'au point de départ de ladite ligne démarcative entre la présente concession et celle d'Osmond.

Les limites ci-dessus comprennent une étendue superficielle de sept kilomètres carrés deux hectares, conformément au plan qui restera joint à la présente ordonnance.

## ORDONNANCE du 3 novembre 1825, portant autorisation d'établir une usine à fer en la commune de Ruelle (Charente).

Usine à fer  
de  
Villement.

( Extrait. )

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. 1<sup>er</sup>. Le sieur Marsat, propriétaire du moulin à blé de Villement, commune de Ruelle, département de la Charente, est autorisé, conformément aux plans joints à sa demande du 18 juin 1819, à établir sur la prise d'eau dudit moulin de Villement une usine à fer, composée : 1<sup>o</sup>. de deux forges d'affinerie, propres à traiter la fonte en guense et la vieille ferraille ; 2<sup>o</sup>. de deux marteaux, pesant chacun trois quintaux métriques ; 3<sup>o</sup>. de deux roues hydrauliques destinées à mouvoir deux cylindres pour la fabrication des fers plats.

L'emplacement de ces roues et cylindres sera indiqué par l'ingénieur des mines du département, sur les plans de l'usine, dont un exemplaire demeurera annexé à la présente ordonnance.

ORDONNANCE du 6 novembre 1825, portant ré-  
siliation de la concession du lignite pyriteux de  
Muyraucourt (Oise).

Lignite py-  
riteux de  
Muyrau-  
court.

( Extrait. )

CHARLES, etc., etc., etc ;

ART. 1<sup>er</sup>. La renonciation faite par le sieur Merlin de Failly à la concession de lignite pyriteux de Muyraucourt, département de l'Oise, accordée par le décret du 4 juin 1806, est acceptée.

En conséquence, le sieur Merlin de Failly, ou ses ayant cause, ne seront plus soumis, pour le fait de cette minière, à aucune des redevances établies par la loi du 21 avril 1810.

ART. II. Il ne pourra être fait aucune extraction ni travaux sur cette minière, qu'en vertu d'une permission accordée suivant les formes établies par l'article 71 de la loi du 21 avril 1810.

Mines de fer de Montar-  
mant. *ORDONNANCE du 30 novembre 1825, portant concession des mines de fer spathique de Montarmant (Isère).*

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. Ier. Il est fait concession au sieur Pierre-Marie-Achille Chaper des mines de fer spathique de Montarmant, sises aux Pics de Girondet, des Ramées, de Chagarin, etc, commune de la Ferrière, département de l'Isère, sur une étendue de trois kilomètres soixante-huit hectares, limitée suivant le plan joint à la présente ordonnance; savoir:

A l'est, à partir du point où le ruisseau de Montarmant coupe le chemin tendant de Montarmant à la Bourgeai; et, suivant ce chemin, jusqu'à son intersection, avec le ruisseau du Cachet, situé au midi;

Au sud, en remontant le ruisseau du Cachet, continué par une ligne droite tirée de l'extrémité de la source principale sur le Crest du Cachet;

A l'ouest, par la crête de la montagne, comprise entre le Crest du Cachet que l'on vient de déterminer, et la Bouverie;

Au nord, par les limites des concessions O et J, faisant partie des quatorze concessions déterminées par l'ordonnance royale du 15 janvier 1817, sur les mines d'Allevard, puis, en descendant le ruisseau de Montarmant, jusqu'au point de départ.

ART. II. La présente concession sera, comme le sont les quatorze concessions d'Allevard, soumise à la surveillance du conducteur des mines attaché à la résidence d'Allevard, et elle concourra au traitement de ce conducteur, à raison des produits de l'exploitation.

ART. III. Le concessionnaire se conformera exactement, ainsi qu'il s'y est obligé par sa déclaration du 16 août 1825, au mode d'extraction prescrit par le cahier des charges annexé à l'ordonnance du 15 janvier 1817, et notamment aux dispositions des art. 2, 3, 4, 6, 7, 12, 13 et 14 de ce cahier des charges (1).

(1) L'ordonnance du 15 janvier 1817 (concernant les mines d'Allevard), et le cahier des charges dont il s'agit, sont insérés dans les *Annales des Mines*, tom. II, pag. 113 et 123.

Pl.

Fig. 1<sup>ère</sup>

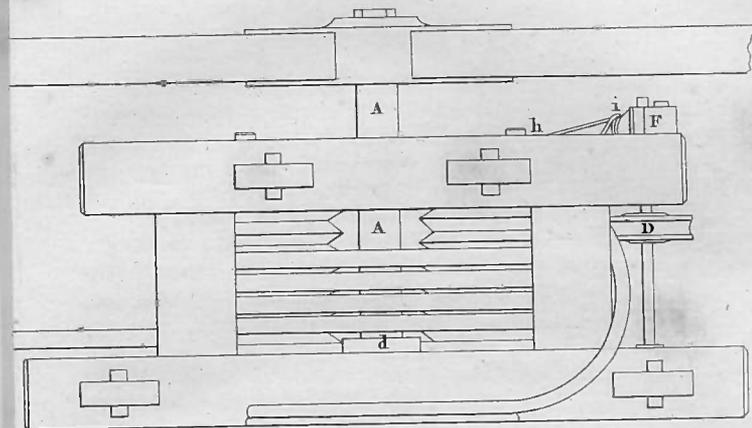
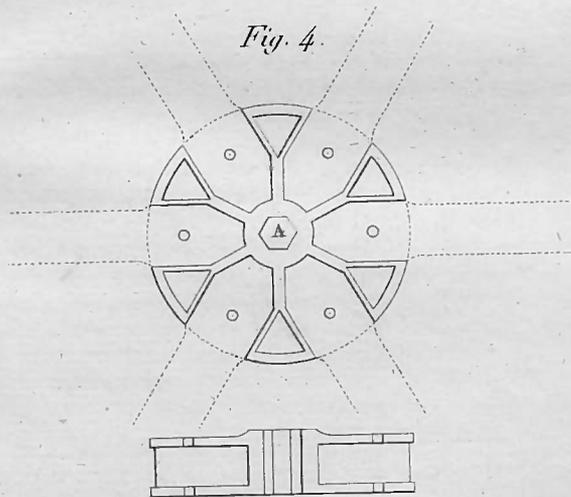


Fig. 4.



12 9 6 3 0 1 2 3 pieds.

Fig. 2.

Cabestan.

Fig. 1<sup>ère</sup>

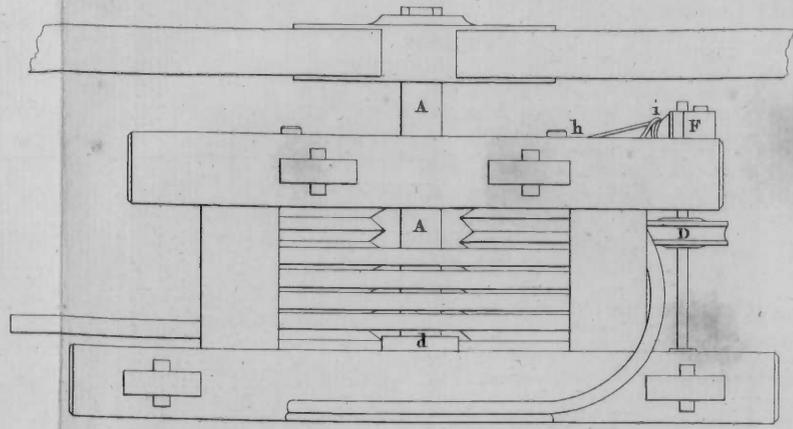
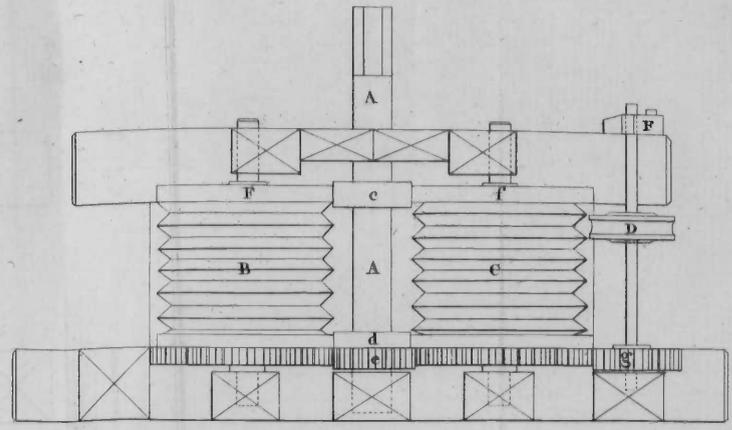


Fig. 3.

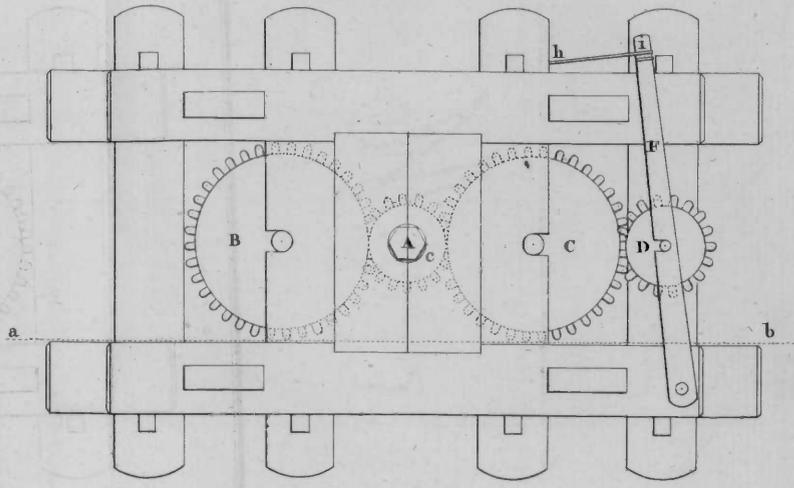
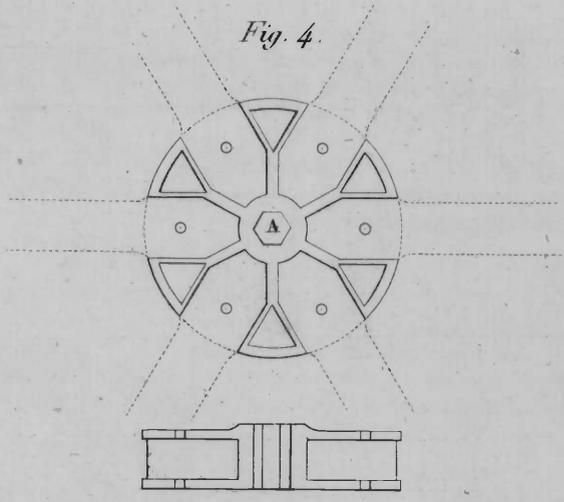


Fig. 4.



Usine à zinc de la Silésie.

Fig. 1.

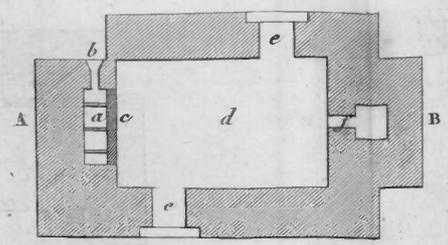


Fig. 3.

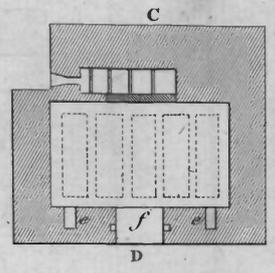


Fig. 5.

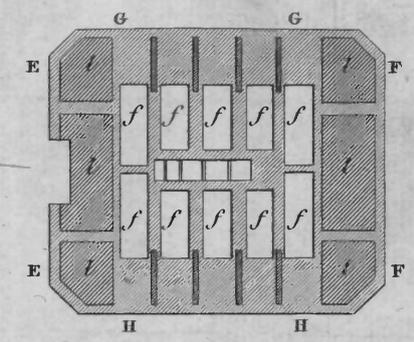


Fig. 6. Coupe suivant EF.

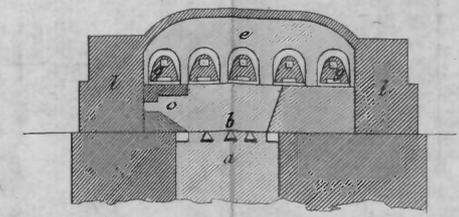


Fig. 2. Coupe suivant AB.

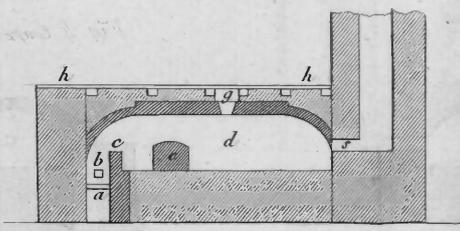


Fig. 4. Coupe suivant CD.

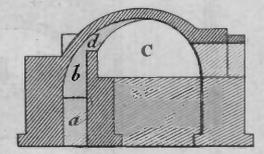


Fig. 8.

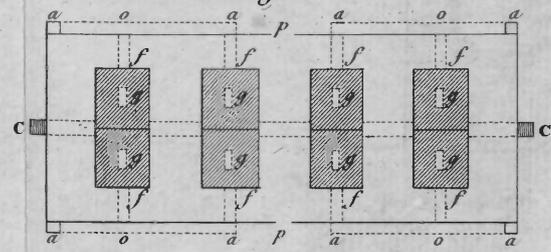


Fig. 7. Coupe suivant GH.

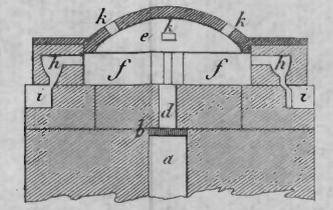
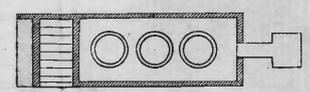


Fig. 9.



Echelle de la figure 8.

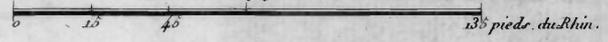
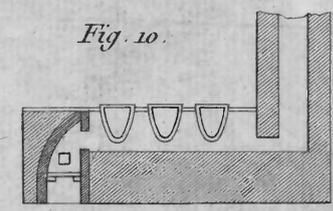


Fig. 10.



Echelle des fig. 1 à 7 et 9 10.



Pied du Rhin = 31 cent.

Carbonisation du bois  
en Suède.

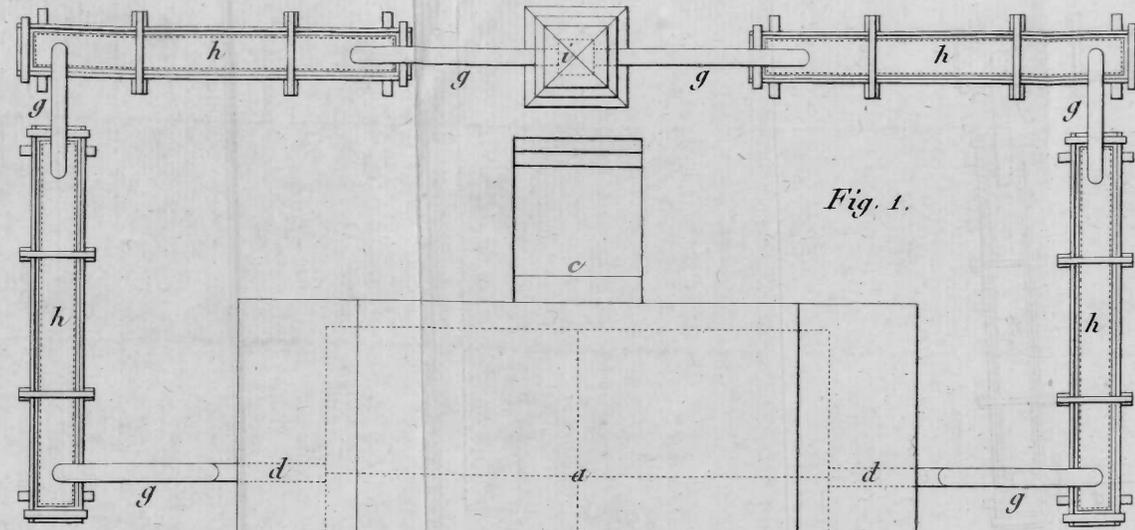


Fig. 1.

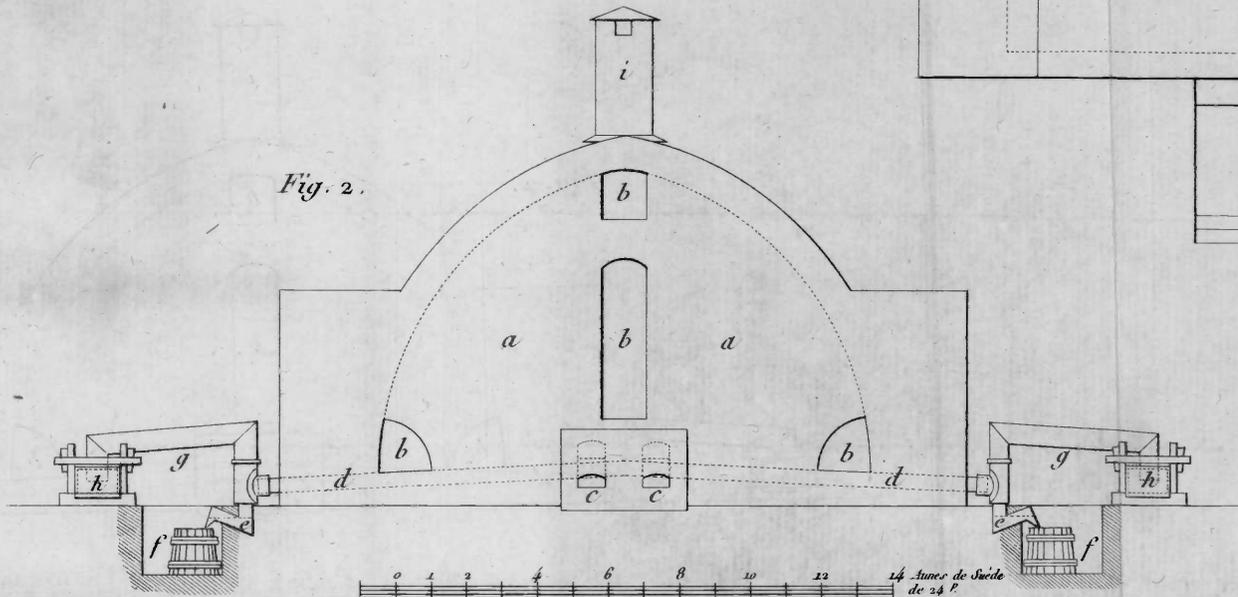


Fig. 2.

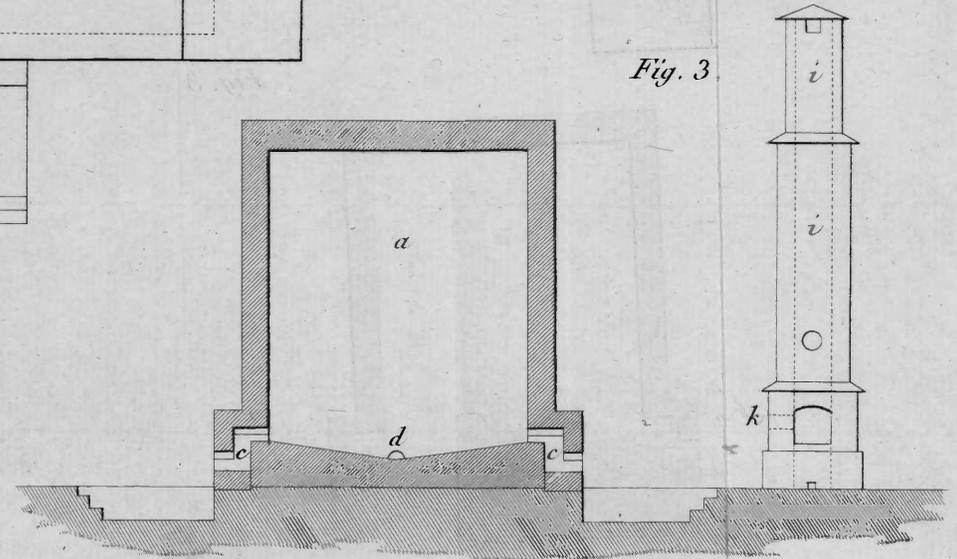


Fig. 3.

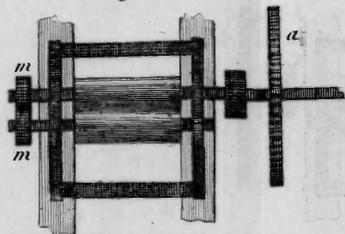
TRAITEMENT du Plomb EN ANGLETERRE .

Cylindres à broyer (Crushing-Machine .)

Employés à Aldston-Moor .

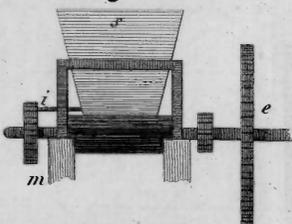
(Cumberland )

Fig. 2 .



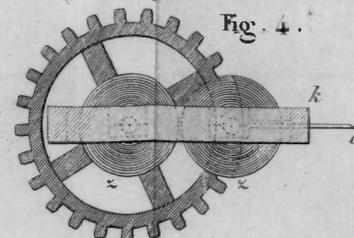
Projection horizontale d'une paire de Cylindres unis .

Fig. 3 .



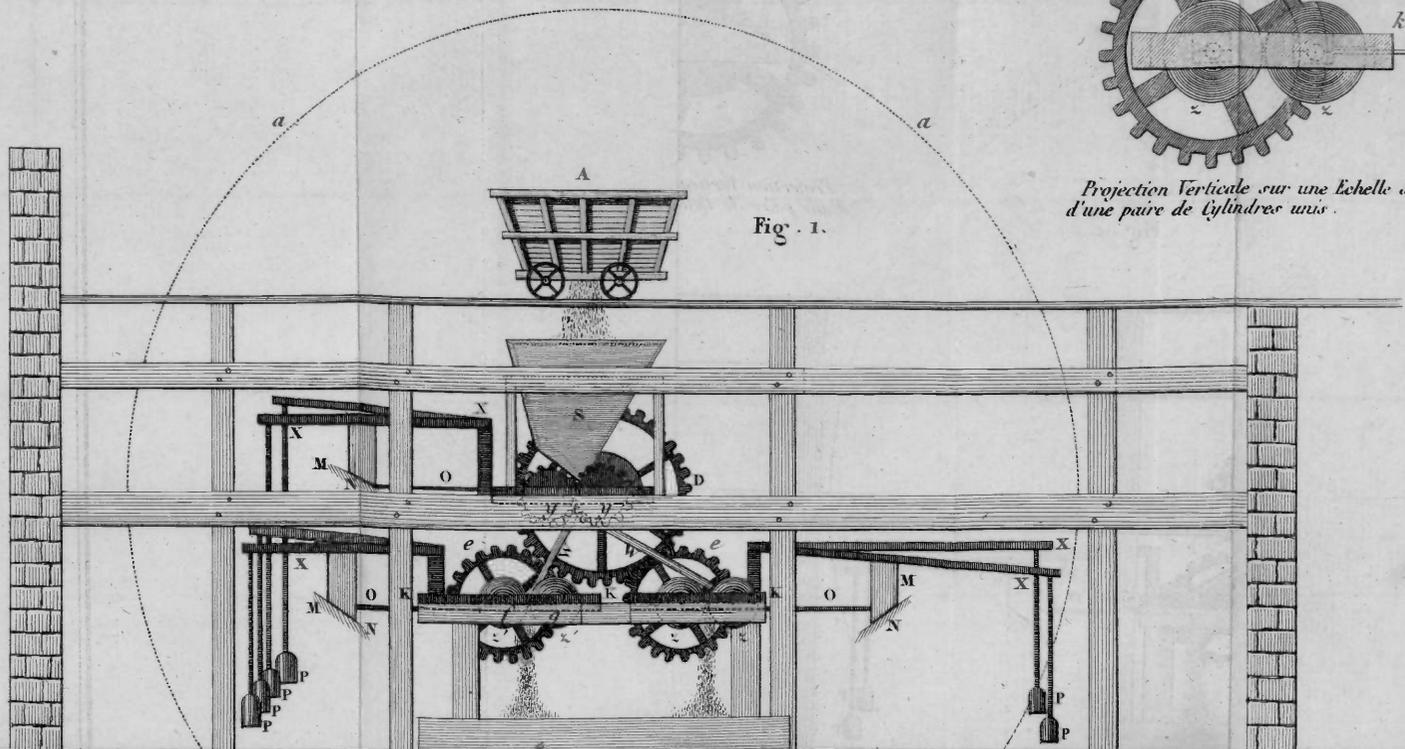
Projection verticale perpendiculaire à la fig. 1. des Cylindres cannelés et de la Tremie .

Fig. 4 .



Projection Verticale sur une Echelle double d'une paire de Cylindres unis .

Fig. 1 .



Tube à rincer (Dolly Tub) .

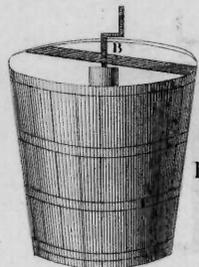


Fig. 5 .

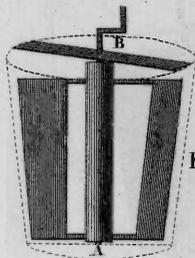


Fig. 6 .

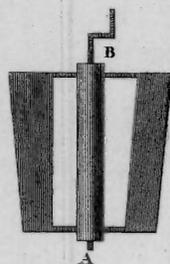


Fig. 7 .

Echelle des Fig. 1. 2. et 5 .

10 Mètres .

*Sur les mines de plomb du Cumberland et du Derbyshire.*

TROISIÈME PARTIE (1);

PAR MM. DUFRENOY ET ÉLIE DE BEAUMONT.

*Traitement métallurgique des minerais de plomb.*

§ 39. Anciennement les minerais de plomb produits par les exploitations du Derbyshire et du nord de l'Angleterre étaient fondus dans des fourneaux très-grossiers (*boles*), soufflés par la seule force du vent, et que, pour cette raison, on plaçait sur le sommet ou sur les pentes occidentales des collines les plus élevées. Plus tard, ces fourneaux ont été remplacés par des espèces de fourneaux à manche (*hearths*) qui ressemblaient, si ce n'est qu'ils étaient plus grands, à une forge de maréchal; ils étaient alimentés par de grands soufflets mis en mouvement par des hommes ou par des machines hydrauliques. Maintenant l'opération principale de la fonte s'exécute toujours, en Derbyshire, dans des *fourneaux à réverbère*, et le plus souvent, près d'Alston-Moor, dans des fourneaux analogues à ceux que l'on désigne en France sous le nom de *fourneaux écossais*.

Détails préliminaires.

Avant d'entrer dans le détail des procédés de fonte, nous allons donner la description tant de ces fourneaux que de ceux qui servent aux opérations accessoires.

*Des fourneaux employés dans le traitement métallurgique des minerais de plomb.*

§ 40. Le fourneau à réverbère (*cupola*), qui

Fourneaux employés.

(1) Voyez la 1<sup>re</sup>. et la 2<sup>e</sup>. partie de ce mémoire, p. 339 et suivantes.

maintenant est exclusivement employé en Derbyshire pour la fusion des minerais de plomb, y fut importé du pays de Galles, vers 1747, par une compagnie de quakers. Le premier établi dans ce comté fut bâti à *Kalstedge* sur le territoire d'*Ashover*.

Dans les usines où la construction de ces sortes de fourneaux est le plus perfectionnée, ils ont intérieurement 8 pieds ( $2^m,46$ ) de long sur 6 ( $1^m,85$ ) de large dans le milieu, et 2 ( $0^m,62$ ) de haut au centre. Le foyer, placé à une des extrémités, est séparé du corps du fourneau par un massif de maçonnerie appelé *pont de la chauffe*, qui a 2 pieds ( $0^m,62$ ) d'épaisseur, et ne laisse que 14 à 18 pouces ( $0^m,36$  à  $0^m,46$ ) entre sa surface supérieure et la voûte. A partir de ce point, qui est le plus élevé, la voûte s'abaisse graduellement jusqu'à l'extrémité opposée, où elle n'a plus que 6 pouces ( $0^m,16$ ) d'élévation au-dessus de la sole. A cette extrémité se trouvent deux ouvertures, séparées par un prisme triangulaire de pierre réfractaire, qui vont se rendre dans un canal large d'un pied et demi ( $0^m,46$ ) et long de 10 ( $3^m,03$ ), qui, se recourbant vers le haut, se joint d'une manière continue à une cheminée de 55 pieds (17 mètres) de hauteur verticale. Le conduit ci-dessus est recouvert de pierres plates soigneusement jointoyées avec de l'argile réfractaire, et qu'on peut ôter lorsque le dépôt qui s'y fait, et qui finit par s'y fondre, exige un nettoyage.

L'un des côtés du fourneau porte le nom de *côté du manoeuvre* (*labourer's-side*); il présente une porte pour jeter de la houille sur la grille et trois petites ouvertures ayant chacune environ

6 pouces ( $0^m,15$ ) en carré. Ces ouvertures se ferment avec des plaques de fonte mobiles; on les enlève quand le travail exige que l'air circule ou qu'on remue les matières contenues dans le fourneau. Sur le côté opposé, appelé le *côté du travail* (*working-side*), se trouvent cinq ouvertures; savoir, trois pareilles et opposées à celles qui viennent d'être décrites, et se fermant de même avec des plaques de fonte mobiles, et plus bas deux autres, dont l'une sert à l'écoulement du plomb et l'autre à celui des scories: c'est aussi de ce côté que se trouve l'ouverture du cendrier, disposée de manière à ce qu'on puisse facilement dégager par-dessous les barreaux de la grille lorsque la houille, en se collant vient à former une masse assez épaisse pour gêner le tirage. Au fond du cendrier il y a une nappe d'eau dans laquelle s'éteignent les fragmens de houille embrasés qui passent à travers la grille.

La sole du fourneau est composée de scories de fourneaux à réverbère, auxquelles on a fait prendre une forme convenable en les battant avec une forte houe ou un râble en fer avant leur entière solidification. Du côté du manoeuvre, cette sole s'élève presque jusqu'à la surface des trois ouvertures qui y sont pratiquées, et elle s'abaisse vers le côté du travail de manière à l'atteindre à 18 pouces ( $0^m,46$ ) au-dessous de l'ouverture du milieu: c'est en ce point, le plus bas du fourneau, que se trouve l'ouverture (*tap-hole*), par laquelle on laisse écouler le plomb dans une grande chaudière de fonte (*lea-pan*), disposée à cet effet dans une espèce de niche que présente la maçonnerie du fourneau. A partir du

point le plus bas, ci-dessus indiqué, la sole s'élève dans toutes les directions, en formant un bassin, dans lequel se rend tout le plomb à mesure qu'il fond. Au niveau auquel s'élève ordinairement la surface du bain, se trouve au-dessous de l'ouvreau du *working-side*, le plus éloigné de la chauffe, l'ouverture pour l'écoulement des scories déjà mentionnée ci-dessus.

Au milieu de la voûte il existe une petite ouverture appelée *crown-hole*, qui est recouverte, pendant le travail, d'une épaisse plaque de fonte. Au-dessus de cette ouverture est placée une large trémie en bois ou en fer, terminée inférieurement par un cylindre de fer; les matières qui sont contenues dans la trémie tombent à volonté sur la sole du fourneau en ouvrant ou en fermant une trappe placée à sa partie inférieure.

Fourneau  
de grillage.

§ 41. 2°. Du fourneau de grillage (*roasting furnace*). Ce fourneau a été introduit, depuis vingt-cinq à trente ans, aux environs d'Alston-Moor, pour griller le minerai destiné à passer au fourneau écossais, opération qui facilite beaucoup le travail dans ce dernier. Depuis son premier établissement, il a subi successivement des modifications considérables. Le modèle qui passe aujourd'hui pour le meilleur (*fig. 1 et 3, Pl. IX*), présente une aire plane de 6 pieds (1<sup>m</sup>,85) de long et d'une largeur presque égale, ayant de chaque côté trois portes: l'une M, plus grande que les deux autres, placée au milieu du fourneau, sert à y introduire et à en retirer le minerai; les autres portes N, N servent seulement à remuer le minerai. On pratique pour ce même but deux portes g, g sur le côté opposé à la chauffe, par

lesquelles on peut, à l'aide d'un râble, faire aller le minerai depuis le pont de la chauffe jusqu'à l'extrémité opposée. Le foyer B a 25 pouces (0<sup>m</sup>,64) de long et 36 (0<sup>m</sup>,92) de large; il est séparé du fourneau par un massif en maçonnerie A, nommé *pont de la chauffe* (*fire bridge*).

Pour que la chaleur soit plus uniformément répandue sur le minerai, on pratique deux tuyaux C, C, séparés par un massif triangulaire D, par lesquels la fumée se rend dans la cheminée verticale f. Les cadmies qui se déposent dans cette cheminée sont enlevées de temps en temps par la porte O.

La sole est formée par un rang de briques posées de champ; elles sont placées sur une plaque de fonte Q, qui entre dans le pont de la chauffe et le mur de la cheminée, et qui repose en outre sur trois piliers en fonte i.

§ 42. 3°. Du fourneau écossais (*smelting-furnace* ou *ore-hearth*). Ce fourneau, que nous désignons ainsi, parce qu'il se rapproche de celui qui était employé à Pesey sous cette dénomination, a intérieurement une hauteur de 22 ou 23 pouces anglais (0<sup>m</sup>,59 ou 0<sup>m</sup>,56). Sa section horizontale, toujours rectangulaire, est très-variable dans ses dimensions, suivant la hauteur à laquelle elle est faite, ainsi qu'on peut le voir dans la *fig. 1, Pl. X*.

La sole et les parois sont en fonte; la sole AB est formée d'une plaque de fonte de 2 pouces  $\frac{1}{2}$  (0<sup>m</sup>,065) d'épaisseur, bordée sur ses côtés postérieurs et latéraux d'un rebord AC de 2 pouces  $\frac{1}{2}$  (0<sup>m</sup>,065) d'épaisseur et de 4 pouces  $\frac{1}{4}$  (0<sup>m</sup>,117) de hauteur. En avant de la sole se trouve une autre plaque de fonte MN M'N', appelée *pierre*

Fourneau  
écossais.

du travail (*work-stone*), entourée de tous côtés, excepté sur celui qui regarde la sole du fourneau, d'un rebord d'un pouce de hauteur et d'un pouce d'épaisseur; elle est inclinée de l'arrière à l'avant, et son rebord postérieur, placé à environ 4 pouces  $\frac{1}{2}$  ( $0^m,117$ ) au-dessus de la surface de la sole, en est séparé par un espace vide *g*, qu'on remplit avec un mélange de cendre d'os et de galène en poudre fine, humectés et broyés ensemble. Ce mélange forme une masse impénétrable au plomb fondu, qui, après avoir rempli l'espace de bassin que présente par ce moyen le fond du fourneau, coule naturellement par la rigole *gh* (de près d'un pouce de profondeur) pratiquée dans le *work-stone*. Le plomb se rend ensuite dans une chaudière de réception P (*melting-pot*) placée au-dessous du bord antérieur du *workstone*.

Le rebord postérieur de la sole est surmonté par une pièce de fonte CD, appelée *back-stone*, de 28 pouces anglais ( $0^m,72$ ) de long et de 6 pouces  $\frac{1}{2}$  ( $0^m,17$ ) de haut, sur laquelle est placée la tuyère. Elle supporte une autre pièce de fonte EF, appelée *pipe-stone*, évidée à sa partie inférieure, au milieu de sa longueur, pour le passage de la tuyère. Cette pièce s'avance de 2 pouces dans l'intérieur du fourneau, dont la paroi postérieure est enfin couronnée par une autre pièce de fonte FH, appelée encore *back-stone*.

Sur les rebords que présente la sole sur ses deux côtés sont placées deux pièces de fonte appelées *porteurs* (*bearers*), ayant chacune 5 pouces ( $0^m,13$ ) de largeur et de hauteur et 26 pouces ( $0^m,67$ ) de long; elles s'avancent d'un

pouce ou deux par-dessus le bord postérieur et le plus élevé du *work-stone*, et contribuent très-efficacement à le fixer solidement à sa place.

Les pièces de fonte appelées *bearers* supportent, par l'intermédiaire de plusieurs rangs de briques réfractaires, une pièce de fonte LL' appelée *fore-stone*, qui a les mêmes dimensions que la pièce dite *back-stone*, sur laquelle repose la base de la machine soufflante. Cette pièce est en contact par chacune de ses extrémités avec une autre pièce de fonte exactement cubique et de 6 pouces de côté, appelée *clef* (*key-stone*), supportée par de la maçonnerie; enfin, les vides qui restent entre les deux clefs et la partie postérieure du fourneau sont remplis par deux pièces de fonte exactement pareilles aux clefs.

Le devant du fourneau se trouve ouvert sur une hauteur d'environ 12 pouces ( $0^m,30$ ) depuis la partie inférieure de la pièce transversale antérieure appelée *fore-stone* jusqu'à la partie supérieure du *work-stone*. C'est par cette ouverture que les ouvriers travaillent.

Les produits de la combustion en sortant du fourneau écossais se rendent souvent dans un long tuyau très-légèrement ascendant, dans lequel ils déposent toutes les particules de minerai qu'ils peuvent entraîner; ces tuyaux, dont la longueur est souvent de plus de 100 yards (92 mètres), ont ordinairement, dans l'intérieur, 5 pieds de haut sur 3 de large ( $1^m,54$  sur  $0^m,92$ ); ils se terminent toujours par une cheminée verticale. Les parties qui se déposent près de l'entrée du tuyau ont besoin d'être lavées; il n'est pas nécessaire de faire subir cette opération aux autres cadmies: le tout peut être reporté au

fourneau de grillage pour y être grillé et réagglutiné, ou bien porté sans aucune préparation au fourneau à manche (*slag-hearth*).

Fourneau à  
manche.

§ 43. 4°. Le fourneau à manche (*slag-hearth*) est en usage à Alston-Moor depuis plus d'un siècle ; durant cet intervalle, il a subi de grandes modifications. Le vide intérieur de ceux employés actuellement (*fig. 3 et 4, Pl. X*) est un parallépipède de 26 pouces (0<sup>m</sup>,67) de long, 22 pouces (0<sup>m</sup>,57) de large et 33 pouces (0<sup>m</sup>,85) de haut. La sole est formée par une plaque de fonte de deux pouces d'épaisseur, légèrement inclinée de l'arrière à l'avant ; sur cette sole sont couchés les supports *ik* (*bearers*), qui sont des pièces de fonte semblables aux pièces du même nom du fourneau écossais ; ces supports soutiennent le devant du fourneau, qui est composé de deux pièces de fonte LL', appelées *fore-stones*, ayant chacune environ 12 pouces (0<sup>m</sup>,30) de hauteur et 26 pouces (0<sup>m</sup>,67) de longueur, séparées l'une de l'autre par un rang de briques réfractaires de 2 pouces (0<sup>m</sup>,051) de hauteur, qui élèvent d'autant la pièce supérieure ; entre l'inférieure et la sole reste une ouverture d'environ 7 pouces (0<sup>m</sup>,18) de hauteur. Les parois latérales du fourneau, au-dessus des *bearers*, sont faits en pierre de taille à grain ouvert (grès à gros grains), ainsi que la partie de la paroi postérieure située au-dessus de la tuyère ; la partie qui se trouve au-dessous, dont la hauteur est environ de 20 pouces (0<sup>m</sup>,51), est formée par une plaque de fonte. La tuyère, placée, ainsi qu'on vient de le dire, à 20 pouces (0<sup>m</sup>,51) au-dessus de la sole du fourneau, a un peu plus de deux pouces de diamètre.

On remplit tout le fond du fourneau jusqu'à 17 pouces (0<sup>m</sup>,44) de hauteur, c'est-à-dire jusqu'à 2 ou 3 pouces au-dessous de la tuyère, avec du petit frasil de coke presque réduit en cendres, qu'on bat assez fortement. A chaque reprise de fondage (*smelting-shift*), il faut refaire cette *casse* et réparer la partie de l'intérieur du fourneau qui se trouve au-dessus de la tuyère, à l'exception du devant qui est tout en fonte.

En avant du fourneau se trouve un bassin de réception P, qu'on remplit aussi de petit frasil battu. Plus loin se trouve une fosse Q, pleine d'eau, dans laquelle arrive sans cesse un petit courant d'eau froide par le tuyau S. Les scories, en coulant du fourneau, passent par-dessus la *casse* que contient le bassin de réception, et vont tomber dans l'eau, dont la fraîcheur les fait éclater en petits fragmens ; ce qui les rend faciles à laver pour en séparer le plomb qu'elles ont pu entraîner. Pour produire cet effet le plus complètement possible, il faut que le courant d'eau froide arrive dans la fosse aussi près que possible du point où y tombent les scories : ce n'est que depuis vingt-cinq ans qu'on fait usage de ces fosses pleines d'eau. Autrefois on ne mettait pas de *casse* sur le bassin de réception, et on y recevait la scorie aussi bien que le plomb. La première se figeait à la surface, et on l'enlevait par gâteaux, qu'on hocardait ensuite pour pouvoir les laver, et séparer par ce moyen les grenailles de plomb qui s'y trouvaient.

En Derbyshire, on emploie aussi des fourneaux à manche pour refondre les scories riches et les crasses que donnent les fourneaux à réverbère. On en voit généralement un près de chacun des

derniers. Ils ont environ 3 pieds de haut et sont très-larges; ils sont composés de 4 plaques de fonte. Quelques parties de l'intérieur sont construites en briques réfractaires; ils sont surmontés d'une cheminée. La sole est composée d'argile et de cendre (menü coke) battus. La tuyère est inclinée.

Ces fourneaux sont alimentés en général par des soufflets en bois. A l'usine de Léa, près Matlock, la machine soufflante se compose de deux tonneaux qui se meuvent sur des axes horizontaux: chacun de ces tonneaux est divisé en deux parties égales par un plan fixe passant par son axe, et est rempli d'eau jusqu'à une certaine hauteur. L'eau d'un côté communique avec celle de l'autre par une ouverture que présente la partie inférieure de la cloison. Chaque tonneau jouit d'un mouvement d'oscillation produit par une bielle attachée à la manivelle d'une roue à aubes. A chaque demi-oscillation, l'un des compartimens se trouve en communication avec l'air extérieur et se remplit, tandis que l'autre, au contraire, communique avec la buse et fournit le vent au fourneau.

Fourneau de  
coupelle.

§ 44. 5°. Fourneau de coupelle (*refining furnace*). Le raffinage du plomb, qui s'opère avec avantage dans quelques usines des environs d'Alston-Moor, s'exécute dans des fourneaux à réverbère, dont le foyer (*fig. 1 et 2, Pl. XI*) a 22 pouces ( $0^m,56$ ) en carré, et est séparé de la sole par un massif en maçonnerie *b* (pont de la chauffe, *fire-bridge*) de 14 pouces ( $0^m,36$ ) de largeur. La flamme, après avoir passé sur la surface du plomb qui se trouve dans la coupelle, se rend ensuite dans deux tuyaux *e*, qui prennent naissance sur

le côté opposé du fourneau, et se terminent dans une cheminée *f* de 40 pieds ( $12^m$ ) de hauteur. Au bas de la cheminée, sont des ouvertures *ii*, pour retirer les cadmies qui se déposent dans leur intérieur. Ces ouvertures sont bouchées pendant l'opération.

La coupelle (*cupel* ou *test*), dans laquelle l'opération s'exécute, est mobile; elle est composée d'un châssis ou cadre oval A B C D (*fig. 3 et 4, Pl. XI*) en fer, entouré d'un rebord de  $3$  pouces  $\frac{3}{4}$  ( $0^m,097$ ) de hauteur, dont le plus grand diamètre est de 4 pieds ( $1^m,23$ ), et le plus petit de  $2\frac{1}{2}$  ( $0^m,064$ ); son fond présente (*fig. 3*) quatre barres transversales A D, *m m'*, *n n'*, B C, ayant, ainsi que les autres parties du cadre,  $3$  pouces  $\frac{3}{4}$  ( $0^m,097$ ) de largeur et un pouce d'épaisseur. La première de ces barres est placée à 9 pouces ( $0^m,23$ ) de la partie antérieure du rebord, et les trois autres sont à-peu-près également espacées entre celle-ci et le bord postérieur.

Pour former la coupelle, on met dans le cadre (*test-frame*) des couches successives d'un mélange de cendres d'os et de cendres de fougère en poussière très-fine. Les cendres d'os forment du  $\frac{1}{8}$  au  $\frac{1}{6}$  du volume du mélange, suivant la pureté de la cendre de fougère qu'on emploie, en raison de la forte proportion de potasse qu'elle contient, et qui a la propriété de vitrifier à demi la poudre d'os, de faire disparaître sa friabilité et de la rendre plus durable. Pour donner de la solidité à la coupelle, on bat assez fortement les couches de cendres, et on en met jusqu'à ce que le cadre soit entièrement rempli; ensuite on creuse la masse ainsi formée au moyen d'une petite bêche faite exprès, jusqu'à ce qu'elle n'ait plus que  $\frac{3}{4}$

(0<sup>m</sup>,019) de pouce d'épaisseur dans le fond au-dessus des barres du châssis (*test-frame*). On laisse un rebord de 2 pouces (0<sup>m</sup>,051) de large à la partie supérieure, et de 2 pouces  $\frac{1}{4}$  (0<sup>m</sup>,064) à la partie inférieure, excepté sur le devant, appelé *poitrine* (*breast*), qui a 5 pouces d'épaisseur. Dans cette partie antérieure, on creuse une ouverture d'un pouce et  $\frac{1}{4}$  (0<sup>m</sup>,052) de large, et de 6 pouces (0<sup>m</sup>,15) de long, avec laquelle communique l'issue (*gate-way*) de la litharge.

La coupelle ainsi préparée, on la place dans le fourneau de raffinage, dont elle peut être considérée comme la sole. Elle repose sur un anneau de fer scellé dans la maçonnerie du fourneau; la hauteur de la voûte du fourneau au-dessus de la coupelle est de 12 pouces (0<sup>m</sup>,30) près du pont de la chauffe, et de 9 (0<sup>m</sup>,23), près du tuyau de sortie.

La tuyère est pratiquée sur le côté postérieur du fourneau opposé à celui par lequel coule la litharge.

Sur les côtés on pratique des ouvertures *g, g'*, soit pour filer le plomb, soit pour introduire du plomb fondu dans l'intérieur de la coupelle.

Fourneau de réduction.

§ 45. 6°. *Fourneau de réduction.* On a quelquefois opéré la revivification de la litharge dans des fourneaux semblables à ceux employés pour la fusion du minerai, mais seulement un peu plus grands. Maintenant on fait principalement cette opération dans des fourneaux à réverbère (Pl. IX, fig. 3 et 4), dont l'aire plane a 6 pieds (1<sup>m</sup>,85) de large, vis-à-vis des deux portes latérales *m, m'*: la première, par laquelle on retire les scories; la seconde, qui sert à charger

le fourneau. Il existe deux autres portes *n, n'* plus petites, au moyen desquelles l'ouvrier accumule les crasses sur la partie du fourneau qui avoisine le pont de la chauffe.

Le foyer a 25 pouces (0<sup>m</sup>,64) en carré, et est séparé du fourneau par le pont de la chauffe B (*fire-bridge*). A l'extrémité opposée, se trouvent tantôt un tuyau *h*, tantôt deux, par lesquels les produits de la combustion se rendent dans une cheminée verticale *f*.

Souvent le fourneau est réuni à la cheminée verticale par un long tuyau légèrement ascendant, dans lequel se dépose la litharge en poussière, entraînée par le courant d'air, et qu'on appelle *rafiner's fume*. Ce dépôt peut être employé directement pour la peinture, ou bien, sans avoir besoin de lavage préalable, porté au fourneau à manche (*slag-hearth*). Il donne du plomb qui ne contient pas d'argent.

Ce dépôt est assez considérable pour indemniser de la construction des tuyaux, qui en même temps préviennent les effets fâcheux que produit sur la végétation des terrains voisins et sur le bétail qui y pâit, l'oxide de plomb sublimé.

Le plomb se rend dans le bassin de réception P, par le canal O P.

*Procédés suivis dans la fonte des minerais de plomb.*

§ 46. *Fonte au fourneau à réverbère.* Ainsi que nous l'avons déjà dit, ce fourneau est employé exclusivement en Derbyshire pour la fonte des minerais de plomb, et on en fait également usage dans quelques usines des environs d'Alston-Moor. Nous allons décrire le procédé suivi en Derby-

Traitement des minerais.

shire, tel que le rapporte M. Farey, en y ajoutant quelques particularités que nous avons nous-mêmes remarquées sur les lieux.

Pendant la durée d'une opération, on place dans la trémie située au-dessus du fourneau (§ 40) la charge de minerai destinée à être traitée à l'opération suivante. Cette charge se compose ordinairement de 16 quintaux, chacun de 120 livres, avoir du poids (54<sup>k</sup>,68) et est formée d'un mélange intime de 5, 6, 7 et même 8 sortes de minerai venant de diverses mines et préparées de diverses manières. Les proportions du mélange se déterminent par l'expérience et importent beaucoup au succès du travail.

Le minerai est plutôt à l'état de grenaille qu'à celui de schlich; quelquefois il est très-pur et donne jusqu'à 75 pour 100; mais ordinairement il est mélangé d'une grande proportion de carbonate et de fluat de chaux; son produit varie de 65 à 25 pour 100.

Dès que tout le plomb produit par une opération s'est complètement écoulé et que les scories et les crasses sont entièrement enlevées, on rebouche les deux orifices d'écoulement avec de la chaux vive gâchée avec de l'eau en mortier assez consistant. On ôte ensuite la plaque de fonte qui se trouve au-dessous de la trémie, et en tirant la planche à coulisse qui la ferme par le bas, on laisse tomber toute la nouvelle charge dans le fourneau, sur la sole duquel on l'étend avec des râbles. Aussitôt après on ferme les portes du fourneau pour qu'il puisse s'échauffer. Quand il a acquis la température convenable, qui doit être moindre que la chaleur rouge, on rouvre les portes et on remue le minerai sur la

sole, alternativement par les ouvertures de l'un et de l'autre côté du fourneau.

On répète ce travail pendant 2 ou 3 heures, de manière à exposer à plusieurs reprises chaque partie du minerai à l'action de l'air et de la chaleur. Cette première partie de l'opération a pour objet de griller le minerai, c'est-à-dire de chasser en partie le soufre, l'arsenic, etc., et d'oxyder une partie du plomb. On reconnaît que ce grillage est porté assez loin par la cessation des vapeurs que dégageait le minerai et dont l'abondance obscurcissait l'intérieur du fourneau, qui s'éclaircit alors complètement. C'est à cette époque de l'opération qu'on ajoute, s'il est nécessaire, du fondant, consistant en un mélange de spath-fluor et de spath calcaire, dans lequel le premier domine, et qu'on a mis à part pendant la préparation mécanique des minerais de plomb. La quantité qu'on en emploie est très-variable et souvent assez grande. Elle est proportionnelle à la nature du minerai; on en ajoute à plusieurs reprises et jusqu'à ce que le fondeur s'aperçoive que toutes les scories sont disposées à fondre. Il le jette avec une pelle par les ouvertures latérales du fourneau sur les parties de la sole où il paraît être nécessaire.

On ferme ensuite de nouveau les portes du fourneau, et on augmente la chaleur, afin d'opérer la réduction du plomb et la fusion complète des scories. Le métal coule à mesure vers la partie la plus basse de la sole, et y forme un bain, sur lequel surnagent les matières terreuses en fusion, qui finissent par y former une couche de 2 à 3 pouces d'épaisseur. Le fondeur a soin, pendant ce temps, de remonter vers les parties

élevées de la sole le minerai non réduit, pour qu'il reste toujours exposé à l'action de l'air et de la chaleur.

La fusion du plomb et des scories terminée, on fait couler ces dernières en ouvrant l'orifice destiné à leur donner issue (1). Elles sont très-liquides et coulent sur le pavé de l'atelier; sur lequel elles se figent. Elles sont alors opaques et d'un gris blanchâtre.

Ces scories contiennent une grande quantité de sulfate de plomb. L'analyse de l'une d'elles en a donné 38 pour 100, et une quantité assez considérable de fluaté de chaux, qui leur communiquent probablement la fusibilité dont elles jouissent.

(1) D'après M. Forster, lorsqu'on établit, il y a quelques années, des fourneaux à réverbère dans l'usine de la Compagnie de Londres pour le plomb (*London lead Company*), à Whitefieldmill, dans le Northumberland, on y pratiqua deux orifices d'écoulement (*taps*), ainsi qu'il a été dit plus haut, l'un pour le plomb et l'autre pour les scories; mais, plus tard, on fut obligé de supprimer l'orifice des scories, parce que, comme il se trouvait très-près de celui par lequel coule le plomb, les ouvriers étaient fortement incommodés par la chaleur en versant le plomb dans les moules. Au lieu de faire écouler la scorie de cette manière, on imagina de jeter une certaine quantité de chaux sur la scorie liquide jusqu'à ce qu'elle fût suffisamment solidifiée, ou, comme disent les ouvriers, séchée (*dried-up*), pour qu'on pût la repousser de la surface du plomb sur des parties plus élevées de la sole, d'où, avant de recharger, on l'enlevait par une des portes.

Cette méthode de sécher les scories ne peut être employée que lorsque leur quantité est peu considérable. Elle était en usage en France il y a quelques années; maintenant on dessèche en ajoutant des fragmens de charbon, substitution qui a l'avantage de réduire immédiatement une cer-

Aussitôt après l'écoulement ou l'enlèvement de la masse principale des scories, le fondeur répand sur la surface du bain deux ou trois pelletées de chaux vive en poudre, dont l'effet est de solidifier le reste de scories qui flottent encore sur la surface du métal. On les écarte ensuite soigneusement au moyen d'un râble ou d'une espèce de houe, et on les pousse sur la sole dans un état de demi-fluidité. Cette scorie, ou plutôt cette *crasse*, qu'on appelle *drawn-slag*, devient quand elle est refroidie d'un gris foncé, et a une très-grande densité. Elle a quelque analogie avec les crasses blanches de Pezey et de Poullaouën, avec lesquelles elle se rapproche de composition (1). Elle est en général fondue au fourneau à manche; cependant quelques établissemens envoient à Londres une partie de celle qu'ils produisent, où elle sert aux fondeurs de cendres d'orfèvres.

Le bain de plomb étant complètement découvert, on nettoie, s'il est nécessaire, la chaudière (*lead-pan*) destinée à le recevoir et on y fait couler le plomb; on écume la surface du métal dans la chaudière et on rejette l'écume dans le fourneau, où elle présente des couleurs changeantes et d'un éclat extraordinaire. On retire aussi de dessus la surface du plomb des mattes plumbeuses, qu'on traite ensuite au fourneau à

taine quantité de sulfate de plomb et de ne pas augmenter la proportion de matières terreuses.

(1) L'analyse de ces crasses, faite au laboratoire de l'École des Mines, sous la surveillance de M. Berthier, a donné 37 pour 100 de plomb métallique.

L'analyse des crasses blanches de Poullaouën donne généralement de 35 à 40 pour 100 de plomb métallique.

manche (*slag-mill-hearth*), et quelquefois des mattes cuivreuses qu'on rejette.

Le plomb étant ainsi nettoyé, on le puise avec des poches et on le verse dans les moules. Le plomb du Derbyshire est généralement trop pauvre en argent pour qu'on puisse en extraire ce métal avec avantage.

On retire ensuite du fourneau les diverses crasses qui se trouvent encore sur la sole, et après avoir rebouché les orifices des scories et du plomb, on y laisse tomber une nouvelle charge, de sorte qu'il ne s'écoule que quelques minutes entre deux opérations consécutives. On continue ainsi toute la semaine sans interruption au moyen de deux postes d'ouvriers, qui se relèvent toutes les 7 ou 8 heures. Le produit moyen de tous les minerais fondus pendant plusieurs années dans les fourneaux à réverbère de *stannage*, en Derbyshire, a été de 66 pour 100, et on assure que lorsqu'on a fondu du minerai le plus pur tout seul, on a obtenu 76 pour 100.

Au fourneau à réverbère d'Ecton on emploie comme flux du spath-fluor de la mine de *knowle* près de Matlock.

Fonte des crasses au fourneau à manche.

§ 47. *Fonte au fourneau à manche, des crasses, ou scories riches du fourneau à réverbère.* La scorie noire (*black* ou *drawn-slag*) du fourneau à réverbère est cassée, au marteau, en petits morceaux, et mêlée en proportion convenable avec le frasil de houille qui tombe à travers la grille du fourneau à réverbère. Aux scories noires on joint les mattes plumbeuses qui surnagent sur la surface du bain de plomb quand on le raffine par le repos de masse, ainsi que les matières qui se déposent dans la cheminée du même four-

neau : on y ajoute, comme fondant, du minerai extrêmement pauvre, ayant pour gangue de la chaux carbonatée et de la chaux fluatée, qui a été mis à part pendant la préparation mécanique. C'est avec un mélange de ces diverses matières qu'on charge le fourneau à manche (*slag-mill-hearth*) décrit plus haut (§ 43).

Par l'action de la chaleur et du charbon le plomb se revivifie, les matières terreuses coulent en scories très-liquides, et le tout se rend à travers la masse enflammée dans un bassin de réception placé au-dessous. On épaissit les scories en jetant de la chaux vive dessus, et on l'arrache avec un râble. Ces scories sont rejetées ou employées seulement au raccommodage des routes. A la fin de l'opération, le plomb réuni dans le bassin de réception est moulé en saumons d'une forme particulière. Ce plomb, appelé *slag-lead*, est plus dur, plus sonore que le plomb obtenu au fourneau à réverbère; il est préféré pour la fabrication du minium (1), pour celle du plomb de chasse et pour quelques autres usages.

§ 48. *Traitement des minerais de plomb par le moyen du fourneau écossais.* Ainsi que nous

Traitement au fourneau écossais.

(1) Il paraît, au premier abord, étonnant que les crasses fournissent du plomb susceptible de donner un bon minium; mais en réfléchissant que c'est principalement le cuivre qui altère la couleur de cet oxide, on concevra facilement que tout ce métal a passé dans les scories du fourneau à réverbère ou qu'il est mélangé avec le plomb provenant de cette opération. Effectivement, on enlève de dessus le bain de plomb des plaques de mattes de cuivre, comme nous l'avons déjà observé.

avons déjà eu occasion de l'annoncer, le fourneau écossais décrit (§ 42), est généralement employé dans le Northumberland, le Cumberland et le comté de Durham pour la fusion des minerais de plomb. Autrefois on les portait à ce fourneau sans préparation; maintenant on leur fait presque toujours subir un grillage préliminaire: le minerai grillé donne, au fourneau écossais, un produit plus considérable que le minerai cru, parce qu'il forme dans le fourneau une masse plus poreuse, et en même temps, pour nous servir de l'expression des fondeurs, il *marche plus sec* (*works dryer*). Il permet alors au courant d'air atmosphérique lancé par les soufflets de se disséminer plus complètement à travers les matières que contient le fourneau.

La possibilité de se passer du grillage est due sans doute à la présence assez constante du plomb blanc ou carbonaté, qui est, après la galène, le minerai le plus abondant dans ces contrées; il ne forme en général qu'une assez petite portion du minerai, quelquefois cependant il devient très-abondant. On en a trouvé des masses considérables à *Fair hill-flow-edge* et à l'entrée de la mine de *Hudgill-burn* près d'*Alston-Moor*. Le carbonate de plomb cristallisé (minerai en dent de chien) ne se rencontre jamais qu'en petite quantité.

On trouve aussi dans quelques mines de ces contrées, en quantité assez considérable pour être compté parmi les minerais, un minéral de plomb à l'état terreux (carbonate ou phosphate) mélangé avec des matières terreuses. On en a retiré particulièrement de la mine de *Green-gil-westend* dans le territoire d'*Alston-Moor*.

On conçoit que, dans le traitement métallurgique, on doit avoir égard non-seulement aux proportions dans lesquelles la galène se trouve mélangée des deux autres espèces de minerais, mais encore à la nature et aux proportions des autres substances qui peuvent s'y trouver combinées ou mélangées.

§ 49. *Grillage des minerais de plomb.* La charge du fourneau de grillage, décrit précédemment (§ 41), est de 9 à 11 quintaux de minerai, qu'on met dans le fourneau sans aucune addition. On passe ordinairement trois de ces charges en huit heures; le feu doit être poussé de manière à produire constamment une épaisse fumée sur la surface du minerai, sans cependant qu'aucune de ses parties coule et forme des scories, accident qui mettrait obstacle au but principal de l'opération, qui est de brûler le soufre, et de dégager l'acide carbonique. Pour arriver à ce but, aussitôt que les ouvriers remarquent que quelques parties du minerai deviennent molles ou collantes, ils en renouvellent sur-le-champ la surface en la remuant avec un râble, transversalement ou longitudinalement, suivant le cas. De temps à autre ils font aller le minerai du pont de la chauffe vers l'extrémité opposée du fourneau et réciproquement, afin qu'il n'existe pas une grande différence dans les températures des deux extrémités du fourneau. L'uniformité dans la température des divers points du fourneau est très-désirable, mais très-difficile à obtenir, sur-tout si on n'agit pas toujours sur des minerais de même nature; ce qui peut faire varier dans le rapport de 2 à 1 la chaleur à produire. Par exemple, si on grille dans

Grillage des minerais de plomb.

un fourneau construit pour des minerais qui demandent la plus haute température des minerais qui en exigent une très-faible, les différens points du fourneau seront échauffés très-inégalement, attendu que la flamme qui lèche la surface de toute la charge quand on chauffe fortement, n'échauffera que les parties attenantes au pont de la chauffe quand on produira une température faible. Dans le grillage on évite soigneusement de fondre le minerai; cependant, quelque précaution qu'on apporte dans cette opération, les parties fines du minerai, ainsi que les poussières métalliques recueillies dans les cheminées horizontales, s'agglutinent. Pour éviter que le minerai en se refroidissant ne prenne en masse, on le fait tomber, au sortir du fourneau, dans une fosse pleine d'eau, située au-dessous d'une des portes latérales

Fonte au  
fourneau  
écossais.

§ 50. *Fonte des minerais de plomb au fourneau écossais.* Lorsqu'on a achevé au fourneau écossais une reprise de fondage (*smelting-shift*), une partie du minerai, désigné sous le nom de *browse*, demeure dans un état de demi-réduction mêlé avec du coke et des scories. On trouve plus avantageux de le conserver pour commencer l'opération suivante, que le minerai cru ou même grillé. Pour mettre le fourneau en feu, on commence par en remplir l'intérieur de tourbe moulée en briques d'environ 12 pouces (0<sup>m</sup>,30) de longueur sur 3 (0<sup>m</sup>,075) de largeur et 3 (0<sup>m</sup>,075) d'épaisseur; celles de ces briques qui sont placées vers la partie postérieure sont entassées sans ordre, mais celles qui se trouvent sur le devant sont rangées avec soin en forme de muraille. Une brique de tourbe enflammée est alors

placée devant la buse des soufflets qu'on met en jeu, et dont le vent propage rapidement la combustion dans toute la masse. Pour augmenter la chaleur, et pour rendre le feu plus durable et plus ferme, on jette quelques pelletées de houille par-dessus la tourbe; lorsque ces diverses substances sont convenablement embrasées, on jette dessus une certaine quantité du minerai déjà en partie réduit, appelé *browse*; ensuite (et quelquefois avant que tout le *browse* ait été jeté sur le feu) la plus grande partie des matières contenues dans le fourneau est tirée sur la *plaque de travail* (*work-stone*) au moyen d'un large *fourgon* en fer appelé *gowelock*; le rebut du minerai appelé *scorie grise* (*grey-slag*), et qu'un fondeur exercé distingue par son éclat plus grand que celui du *browse*, est enlevé à la pelle et jeté à droite dans le coin extérieur du fourneau. On rejette alors dans le fourneau le *browse* resté sur la *plaque de travail* (*work-stone*), en y ajoutant un peu de charbon s'il est nécessaire. Si le *browse* n'est pas assez nettement séparé de la scorie (*slag*), ce qui se reconnaît à ce que la totalité de la masse se trouve dans un état de mollesse et présente une tendance à la fusion, on ajoute de la chaux, qui, en vertu de son affinité pour les substances argileuses, siliceuses et ferrugineuses, sèche les matières, comme disent les fondeurs, et donne aux parties terreuses la propriété de se réunir en loupes ou balles; si, au contraire, les parties siliceuses, argileuses ou ferrugineuses que renferme le minerai sont trop réfractaires, on ajoute aussi de la chaux, qui, en les rendant plus fusibles, leur communique encore la propriété de se réunir en loupes ou

balles. On voit un exemple de ces deux manières d'agir de la chaux dans le traitement du plomb au fourneau à réverbère. En jetant de la chaux, ou, ce qui revient au même, du carbonate de chaux, sur les matières qui couvrent la sole, on favorise la fusion des parties terreuses, qui coulent et viennent nager sur la surface du bain, et en jetant sur la surface de celui-ci une nouvelle quantité de chaux, on transforme les matières fondues qui le recouvrent en un mélange sec de chaux et de scorie.

Ces loupes, qu'on appelle *grey-slag*, contiennent depuis  $\frac{1}{10}$  jusqu'à  $\frac{1}{15}$  du plomb qui était renfermé dans le minerai. On les fond ensuite, à une plus haute température, dans un fourneau à manche approprié à cet usage (*slag-hearth*) pour en retirer ce plomb. Nous décrirons plus loin cette opération; mais revenons au procédé exécuté dans le fourneau écossais.

Après avoir rejeté le *browse* dans le fourneau, ainsi qu'il a été dit ci-dessus, on répand pardessus quelques pelletées de minerai; mais avant de faire cette opération, et après avoir enlevé la scorie, on commence toujours par mettre devant la tuyère la moitié d'une brique de tourbe, corps qui, étant extrêmement poreux et combustible, non-seulement empêche que rien n'entre dans la buse des soufflets, mais en arrêtant une partie du vent sans lui couper le passage, le force à se diviser et à parcourir tous les vides qui restent dans le fourneau. Comme l'orifice de la tuyère n'a qu'environ 2 pouces de diamètre, si on n'employait pas ce moyen ou quelque autre du même genre, le vent passerait en un simple filet de peu de largeur. Cela fait, et après un

intervalle de 10 à 15 minutes, que le fondeur doit savoir déterminer convenablement, les matières contenues dans le fourneau sont de nouveau tirées sur la *plaque du travail* (*work-stone*) et la scorie (*grey-slag*) est triée et enlevée; on met alors un nouveau morceau de tourbe devant la tuyère et on ajoute de la houille et de la chaux dans les proportions convenables. On rejette le *browse* dans le fourneau, puis on charge une nouvelle quantité de minerai par-dessus, et on la laisse dans le fourneau pendant le temps ci-dessus indiqué.

Le même travail, répété pendant quatorze ou quinze heures, forme ce qu'on appelle une reprise (*smelling-shift*); pendant ce temps, on obtient de 20 à 40 quintaux et plus de plomb.

Par ce procédé, la partie la plus pure du plomb, ainsi que l'argent, sont, pour ainsi dire, transsudées des matières avec lesquelles ils sont mêlés, sans que rien entre en fusion que ces deux métaux alliés l'un à l'autre, et il paraît que cette faible température employée dans le fourneau écossais est la principale raison de la pureté du plomb qu'il produit.

§ 51. *Fonte du fourneau à manche des scories du fourneau écossais.* Avant de mettre en feu le fourneau à manche (*slag-hearth*), décrit plus haut (§ 43), on en répare les parois et on refait la *casse* tant de son intérieur que du bassin de réception. On remplit ensuite le reste du vide avec des briques de tourbe, et après avoir enflammé une de ces briques on la place devant la buse des soufflets, qu'on met en même temps en jeu; ce qui propage la combustion dans toute la masse. On jette alors sur la tourbe embrasée une

Fonte des  
scories au  
fourneau à  
manche.

couche de coke, et aussitôt qu'elle est parvenue à un degré de chaleur suffisant, on répand dessus une couche de scories du fourneau écossais (*grey-slag*) ou de toute autre matière que l'on veut traiter; de temps en temps, à mesure que le moment convenable arrive, on ajoute, couche par couche, du coke et des scories. Dans cette opération, la scorie et le plomb sont amenés à un état de fluidité parfaite; mais le dernier se sépare de la première en passant à travers la *casse* de frasil qui fait fonction de filtre, et que la scorie ne peut traverser à cause de sa viscosité. Dès qu'il se trouve sur la *casse* des scories parfaitement fondues, l'ouvrier y fait un trou d'environ un pouce de diamètre au moyen d'un ringard recourbé; elles s'écoulent par cet orifice, et, passant sans pouvoir y pénétrer sur la *casse* qui couvre le bassin de réception, coule en torrent enflammé dans la fosse pleine d'eau, où elle se divise en petits grains propres à être soumis directement au lavage.

Le plomb obtenu ainsi par la fusion des scories (*grey-slag*) est toujours plus impur que celui extrait du minerai dans le fourneau de fusion (*ore-hearth*). Jamais il n'est parfaitement séparé des matières qui étaient combinées avec lui, et il est durci par l'action du coke, qui l'imprègne de carbone: par conséquent le fourneau à manche ne doit jamais s'employer que lorsque le premier fourneau (*ore-hearth*) ne peut servir ou agit extrêmement lentement, comme dans le cas où l'on traite du carbonate de plomb.

On peut aussi fondre au fourneau à manche un mélange en proportion convenable de galène et de scories très-grises ou noires. La séparation

du plomb d'avec le soufre a lieu, en vertu de l'affinité de cette dernière substance, pour le fer contenu dans la scorie, avec lequel il se combine: aussi faut-il moins de scorie quand celle-ci contient beaucoup de fer; ce qui se reconnaît à sa couleur plus foncée.

§ 52. *Raffinage du plomb pour en extraire l'argent.* Cette opération, que le plomb du Derbyshire ne peut subir avec avantage, s'exécute dans un certain nombre des usines des environs d'Alston-Moor, et toujours sur des plombs obtenus par le procédé du fourneau écossais; la pratique du raffinage n'a été introduite dans ces contrées que sous le règne de Guillaume et Marie. M. Westgard Forster dit qu'il ignore jusqu'à quel point le procédé d'alors ressemblait à celui d'aujourd'hui, quoiqu'il soit probable qu'il était en partie le même. Il paraît toutefois qu'on a gagné près de moitié depuis 50 ans, sous le rapport de la célérité de l'exécution.

Le fourneau de coupelle, décrit plus haut (§ 44), étant préparé et la coupelle placée, on allume le feu, qui doit être poussé, dans les premiers momens, avec beaucoup de ménagement pour sécher la coupelle sans la faire éclater, comme cela arriverait infailliblement si une chaleur brusque faisait évaporer trop vite l'eau qu'elle contient. Lorsqu'on l'a peu à peu séchée complètement et amenée à la chaleur du rouge naissant, on la remplit presque entièrement de plomb qu'on a fait fondre d'avance dans une chaudière de fer; elle peut en recevoir environ 5 quintaux. A la température à laquelle on introduit le plomb, il se couvre de suite d'une pellicule grise d'oxide; mais quand la température

Raffinage du  
plomb.

du fourneau a été peu à peu élevée jusqu'au degré convenable, il devient d'un rouge blanchâtre et a toute sa surface recouverte de litharge: alors on met en jeu la machine soufflante, dont le vent, dirigé dans le sens du grand axe de la coupelle, pousse la litharge vers la poitrine (*breast*) de la coupelle et la fait passer par l'issue (*gate-way*) qui lui a été préparée, et par laquelle elle tombe sur une plaque de fonte de niveau avec le sol de l'atelier, et s'y prend en larmes. Dans cet état, on l'enlève pour la porter au fourneau de réduction et la revivifier. Comme, par l'effet de l'oxidation continuelle qu'elle subit, la surface du plomb s'abaisse nécessairement au-dessous ou au niveau de la voie de la litharge, on ajoute de nouveau du plomb fondu, qu'on prend avec une cuiller dans la chaudière ci-dessus mentionnée aussi souvent que le besoin s'en fait sentir; on continue l'opération de cette manière jusqu'à ce qu'on ait introduit dans la coupelle 84 quint. ou 4 foudres (*fodder*) de Newcastle de plomb, ce qui dure de 16 à 18 heures, si la tuyère a été disposée de la manière convenable. Toute la quantité d'argent que renferme cette masse de plomb est laissée en combinaison avec environ un quintal de plomb, qu'on appelle plomb riche, et qu'on retire de la coupelle.

Lorsqu'on s'est procuré un nombre suffisant de ces pièces de plomb riche, pour que, d'après leur richesse respective déterminée par un essai, elles contiennent en tout 1,000 à 2,000 onces d'argent, on les refond pour en extraire l'argent dans le fourneau décrit ci-dessus, mais dans une coupelle, qui diffère de la précédente en ce qu'elle présente à son fond une dépression propre à

recevoir, à la fin de l'opération, le gâteau d'argent, de manière qu'une portion du fond reste à découvert et qu'on puisse y pousser avec un petit râble les scories qu'on arrache des bords du gâteau d'argent.

§ 53. Réduction au fourneau à réverbère, de la litharge obtenue par le raffinage du plomb. La litharge obtenue aux environs d'*Alston-Moor* par le raffinage du plomb se vend rarement en nature, mais est presque toujours revivifiée dans le fourneau à réverbère décrit (§ 40).

Réduction  
de  
la litharge.

Pour commencer la réduction de la litharge, on place d'abord sur la sole un lit de houille d'environ deux pouces d'épaisseur; la flamme du foyer met bientôt cette houille en feu, et en peu de temps elle est réduite en frasil rouge de feu. Alors on jette dessus une certaine quantité d'un mélange fait d'avance avec soin de litharge et de menue houille, et on répand ce mélange sur toute l'étendue de la sole; on conduit en même temps le feu du foyer de manière à avoir dans le fourneau la température convenable pour permettre au combustible d'enlever à la litharge son oxigène et de mettre le plomb en liberté. Ce plomb est reçu dans une chaudière de fonte et coulé en saumon d'un quintal  $\frac{1}{2}$ , et prend le nom de *plomb raffiné*. Il est d'une qualité supérieure à tout autre, et se vend le plus cher.

Il est bon que la quantité de menue houille qu'on mêle à la litharge avant de la charger dans le fourneau, soit un peu moindre que celle qui serait nécessaire pour en opérer la réduction, parce que, si dans le cours du travail les ouvriers remarquent qu'il en manque dans quelque partie du fourneau, ils sont toujours maîtres d'en

ajouter, tandis que la surabondance de la houille augmente nécessairement la quantité de scories, qui, à la fin du travail, doivent être arrachés du fourneau avant qu'on ne recommence, et avec elle la perte de plomb.

Dans ce fourneau, on peut revivifier en 9 ou 10 heures, six foudres (*fodders*) de plomb. Pendant les six premières heures du travail, on ajoute à de courts intervalles, du mélange de litharge et de houille.

Il est digne de remarque que le travail ne marche ni aussi bien, ni aussi vite quand la houille et la litharge sont réduites en parties trop menues; cela paraît venir de ce qu'alors la réduction n'a guère lieu qu'à la surface, à cause du manque d'air pour la combustion du charbon mêlé avec la litharge et la production de la chaleur nécessaire à leur action mutuelle. Au contraire, lorsque la litharge est laissée en fragmens à-peu-près de la grosseur d'un œuf de poule, l'action a lieu à-la-fois dans toute la masse, et les vapeurs charbonneuses, dégagées de la houille, vont opérer la réduction jusque dans le centre des fragmens de litharge, dans les fentes desquels elles pénètrent et dont elles enlèvent l'oxygène. On évite de pousser la chaleur assez loin pour fondre la litharge.

Les fonds de coupelle et les crasses du fourneau de réduction, qui sont un mélange de menu *coke*, de cendre de houille et d'oxide de fer plus ou moins imprégné de plomb, sont fondus au fourneau à manche (*slag-hearth*), avec du coke et en y ajoutant comme fondant une certaine quantité de scorie noire provenant du même fourneau, et qu'on a préparée pour cet

usage en la coulant en plaques minces et la brisant en petits morceaux. Le plomb ainsi obtenu est généralement très-blanc et très-dur, et n'est pas susceptible d'être raffiné.

On traite aussi dans le fourneau à manche, comme il vient d'être dit, les dépôts qui se forment dans les cheminées horizontales, après les avoir soumis à l'opération du rôtissage.

§ 54. Le peu de détails que nous possédons sur la richesse en plomb des minerais fondus dans le Derbyshire et dans le Cumberland, ainsi que sur la quantité de charbon que consomment les méthodes employées dans ces deux comtés, ne nous permet pas de les comparer avec celles qui sont en usage en France et en Allemagne. Nous ferons seulement quelques observations pour faire ressortir les différences qui existent entre elles.

Dans le Derbyshire, le traitement des minerais de plomb s'exécute entièrement dans des fourneaux à réverbère, dont les dimensions sont plus considérables que celles des fourneaux à réverbère de Bretagne. Mais ce qui caractérise sur-tout cette méthode, c'est que l'on y fond des minerais pauvres, comme on le ferait dans un fourneau à manche, et qu'on obtient des scories coulantes, en ajoutant un fondant composé de chaux carbonatée et de chaux fluatée. Elle paraît préférable au travail au fourneau à manche, dans lequel il est difficile d'avoir des produits constans, qui occasionne une perte de plomb plus considérable et une plus grande dépense en combustible; et dans des lieux comme à Confolens, où l'on possède un minerai qu'il

Observations.

est difficile de réduire en un schlick pur sans de grandes pertes de galène, peut-être serait-il bon de faire l'essai de cette méthode.

Le procédé mixte employé dans le Cumberland de griller le minerai dans des fourneaux à réverbère et de fondre le minerai grillé dans de petits fourneaux assez analogues aux fourneaux écossais, paraîtrait donner un peu moins de plomb que si les deux opérations étaient faites dans le fourneau à réverbère; mais, d'après M. Forster, qui a comparé ces deux genres de traitement, cette légère perte est plus que compensée par la moindre consommation de charbon, la rapidité de l'opération, et sur-tout parce que le plomb qui provient du fourneau écossais est beaucoup plus pur, à tel point que, lorsqu'il s'agit de le raffiner, la perte, dit M. Forster, n'est que de  $\frac{1}{12}$  ou  $\frac{1}{13}$ ; tandis que lorsqu'on opère sur du plomb obtenu au fourneau à réverbère, elle va souvent à un neuvième. Aussi le plomb obtenu par la première méthode peut-il être raffiné avec avantage lorsqu'il donne seulement 5 onces d'argent par foudre (20 quintaux, poids de marc); tandis que celui produit par le fourneau à réverbère ne peut être coupellé que quand il donne 10 onces par foudre; et comme dans la coupellation usitée dans ce pays on ajoute continuellement de nouveau le plomb sans écumer, la litharge que l'on obtient dans le second cas, ne peut jamais être versée dans le commerce; tandis qu'au contraire celle produite par les plombs du fourneau écossais est de bonne qualité.

## MEMOIRE

*Sur les roues hydrauliques verticales à aubes courbes, mues par-dessous, suivi d'expériences sur les effets mécaniques de ces roues (1);*

PAR M. PONCELET, capitaine au Corps royal du Génie.

### *Considérations préliminaires.*

LES ROUES hydrauliques jusqu'à présent le plus généralement en usage sont les roues verticales dites *en dessus* ou à *augets*, et les roues à *aubes* qui sont frappées en dessous. Les unes et les autres ont la propriété de n'exiger que peu d'emplacement, d'être faciles à surveiller et à réparer, enfin de transmettre immédiatement le mouvement dans un plan vertical, ainsi que l'exige le plus grand nombre des mécanismes usités dans les arts.

Quant aux roues horizontales imaginées ou perfectionnées en dernier lieu, telles que la *danaïde*, la roue à *force centrifuge*, à *réaction*, et toutes celles à aubes courbes qu'un ingénieur, M. Burdin, a désignées sous l'expression géné-

(1) Extrait du *Bulletin* de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, nos. 257 et 258, 24<sup>e</sup> année, cahiers de novembre et décembre 1825.

L'Académie royale des Sciences a décerné à l'auteur de ce mémoire le prix de mécanique fondé par M. de Montyon, et consistant en une médaille d'or de la valeur de 1000 francs.

rale de *turbines*, elles paraissent convenir plus particulièrement aux établissemens qui exigent un mouvement de rotation direct dans le plan horizontal, avec une grande vitesse, comme sont, par exemple, les moulins à farine et autres. Les difficultés que présentent la construction et l'entretien de ces roues, la grandeur de l'emplacement qu'elles nécessitent dans le sens horizontal, emplacement infiniment plus coûteux que celui qui peut se prendre sur la hauteur des établissemens, restreignent beaucoup leur emploi, indépendamment de ce que la pratique n'est point encore suffisamment éclairée sur la quantité d'action ou d'effet qu'elles peuvent transmettre. A la vérité, la théorie assigne pour limite au *maximum* de l'effet de ces roues une quantité d'action égale à celle que possède le moteur; mais vu l'incertitude des données sur lesquelles se fonde le problème, il n'est guère possible de douter que cet effet ne soit inférieur à celui des roues à augets ou en dessus bien réglées et bien construites.

Ce sont probablement ces diverses raisons qui font qu'on s'en est tenu jusqu'à présent aux roues verticales dont j'ai parlé plus haut, et qu'on a cherché continuellement à les perfectionner et à en étudier les effets; c'est même à cet esprit de perfectionnement que l'on doit les roues verticales dites *de côté*, introduites depuis quelques années dans les usines, et qui diffèrent des roues à aubes et à augets, en ce que l'eau se meut dans un coursier courbe embrassant une partie de la roue, et n'y est reçue qu'en un point intermédiaire entre le sommet et l'extrémité inférieure.

Les avantages des roues de côté consistent es-

sentiellement en ce que, d'une part, l'eau y agit par pression comme dans les roues à augets, en produisant, par conséquent, un meilleur effet que dans les roues à aubes mues par le choc; et de l'autre en ce qu'elles sont susceptibles d'utiliser, comme celles-ci, la plus petite chute d'eau; ce que ne font pas les roues en dessus, dont l'emploi est presque uniquement borné aux chutes qui, dépassant 2 et 3 mètres, ne fournissent pas une assez grande abondance d'eau.

D'ailleurs les roues à aubes ordinaires ont pour elles l'avantage d'être d'une grande simplicité, de pouvoir s'appliquer par-tout, et principalement d'être susceptibles de se mouvoir avec une grande vitesse sans s'écarter du *maximum* d'effet qui leur est propre; ce qui ne saurait avoir lieu pour les autres sans leur faire perdre la propriété qu'elles ont d'économiser une plus grande portion de la force motrice.

La condition d'une vitesse assez grande, par exemple, d'une vitesse qui surpasse 2 et 3 mètres, est fondée, 1<sup>o</sup>. sur ce que les roues qui en sont animées et les diverses autres pièces du mécanisme forment alors *volans* ou sont douées d'une quantité de force vive capable de maintenir l'uniformité du mouvement du système, malgré les secousses, les changemens brusques de vitesse de certaines pièces et les variations périodiques des efforts de la résistance; 2<sup>o</sup>. sur ce que les *opérateurs* ou pièces travaillantes des machines, exigeant presque toujours une vitesse assez considérable pour la production d'un bon effet industriel, l'on serait obligé de placer entre la résistance et la puissance des engrenages plus ou moins multipliés, pour obtenir cette vitesse fi-

de la roue, afin de faciliter le dégagement de l'eau et d'augmenter son action impulsive; enfin, depuis quelque temps, on a proposé de donner aux parois du pertuis la forme de la veine fluide, et d'incliner le vannage le plus possible sous la roue, afin de diminuer la longueur de coursier que parcourt l'eau, et par suite la perte de vitesse qu'elle éprouve de la part de ses parois; mais ces différens moyens, sauf le dernier et celui qui a été proposé par Morosi, n'ont jamais conduit à des augmentations d'effet bien sensibles pour la pratique: quant à ceux-ci, il est facile de les apprécier et d'assigner la limite de leur utilité respective.

Et d'abord on voit que l'effet le plus avantageux que l'on puisse obtenir en inclinant le vannage et en donnant aux parois du pertuis la forme de la veine fluide, c'est que la vitesse de l'eau soit sensiblement la même au sortir du réservoir et à l'endroit de la roue, de façon que sa force vive ou la quantité d'action de la chute ne soit pas altérée: dans cet état de choses, la quantité d'action transmise par la roue à aubes, au lieu de n'être que le  $\frac{1}{4}$  ou le  $\frac{1}{5}$  de celle de la chute, en sera, comme on sait, les  $\frac{3}{10}$ ; ce qui est sans doute une grande augmentation d'effet. En second lieu, il résulte des expériences directes de M. Christian (*Mécanique industrielle*, tome I, page 270 et suiv.), que l'augmentation de pression, due aux rebords latéraux de Morosi, ne s'élève guère qu'à un ou deux dixièmes de la pression exercée sur les aubes ordinaires, du moins lorsque ces aubes sont immobiles et renfermées dans un coursier; il est même douteux que l'augmentation aille jusque-là pour des roues bien cons-

truites et qui ont peu de jeu dans le coursier, sur-tout quand, au lieu de les supposer immobiles, on les considère en mouvement.

Ce serait donc beaucoup accorder que d'admettre que les rebords du chevalier Morosi puissent augmenter la quantité d'action *maximum* des roues à aubes des 0,2 de sa valeur, et comme cette dernière est moindre que les 0,3 de la quantité d'action totale possédée par l'eau au sortir du pertuis, on voit que l'effet des rebords sera de faire produire aux roues tout au plus les 0,36 de cette quantité (1).

Maintenant si, au lieu de comparer l'action transmise à celle que possède effectivement l'eau au sortir du pertuis, on la compare à celle qui est due à la chute totale de l'eau, depuis son niveau dans le réservoir jusqu'à l'extrémité inférieure de la roue, quantité d'action qui est véritablement celle que l'on considère dans la pratique, on trouverait que, presque toujours, elle en est au plus les 0,32 ou 0,33.

Dans cet état d'imperfection des roues verticales mues par-dessous, et après les avantages bien connus qui leur appartiennent d'ailleurs, et qui ont été discutés ci-dessus, j'ai cherché, tout en mettant à profit les principaux perfectionnemens déjà apportés à ces roues, à en modifier la forme, de manière à leur faire pro-

(1) Depuis l'époque de la rédaction de ce mémoire, j'ai fait, sur le moulin à pilons de la poudrerie de Metz, des expériences qui constatent d'une manière positive que, pour les roues à aubes verticales, qui offrent peu de jeu dans le coursier, l'augmentation d'effet due aux rebords ne s'élève pas au  $\frac{1}{15}$  de l'effet total.

duire un effet utile qui s'approchât davantage du *maximum* absolu, et ne s'éloignât guère de celui des meilleures roues en usage dans la pratique, et cela sans leur faire perdre l'avantage qui les distingue, d'être susceptibles d'une grande vitesse. Toute la question, comme on le sait d'après les principes des forces vives, consiste à faire en sorte que l'eau, n'exerçant aucun choc à son entrée dans la roue, la quitte également sans conserver aucune vitesse sensible.

En y réfléchissant, il m'a semblé qu'on parviendrait à remplir cette double condition en remplaçant les aubes droites des roues ordinaires par des aubes courbes ou cylindres, présentant leur concavité au courant, et dont les élémens à partir du premier qui se raccorderait tangentielle-ment à celui de la circonférence extérieure de la roue, seraient de plus en plus inclinés au rayon et formeraient ainsi une courbe ou surface continue. Il est visible que l'eau arrivant sur les courbes avec une direction à-peu-près tangente à leur premier élément, s'y élèvera sans les choquer jusqu'à une hauteur due à la vitesse relative qu'elle possède, et redescendra ensuite en acquérant de nouveau, mais en sens contraire du mouvement de la roue, une vitesse relative égale à celle qu'elle avait en montant. Écrivant donc que la vitesse absolue conservée par l'eau en sortant de la roue est nulle, on trouve que les conditions du problème seront toutes remplies, en donnant à la circonférence de cette roue une vitesse moitié de celle du courant, c'est-à-dire précisément égale à celle qui convient aux roues à palettes ordinaires pour la production du *maximum* d'effet : d'où il suit que les roues à aubes

courbes, dont il s'agit ici, outre l'avantage de produire le plus grand de tous les effets possibles, auront encore celui de pouvoir être substituées immédiatement aux roues ordinaires, sans changemens quelconques.

En ayant soin de disposer la vanne comme il a été dit ci-dessus, pratiquant d'ailleurs un ressaut et un élargissement au coursier à l'endroit où les courbes commencent à vider l'eau, afin de faciliter le dégorge-ment de celle-ci; plaçant enfin des rebords sur chaque côté des aubes courbes, suivant la méthode de Morosi, ou, ce qui vaut mieux, enfermant ces aubes entre deux jantes ou plateaux annulaires, comme on le fait pour les roues à augets, plateaux auxquels la théorie assigne d'ailleurs une largeur qui n'est que le quart de la hauteur de chute, on voit qu'au moyen de toutes ces dispositions, la nouvelle roue ne pourra manquer de donner des résultats très-avantageux et supérieurs à ceux que présentent les premiers perfectionnemens.

L'idée de substituer des aubes courbes aux aubes droites de l'ancien système paraît si naturelle et si simple, qu'il y a lieu de croire qu'elle sera venue à plus d'une personne : aussi n'ai-je pas la prétention de lui attribuer un grand mérite; mais comme les idées les plus simples sont fort souvent celles qui rencontrent le plus de difficultés à être admises et qui inspirent le moins de confiance aux praticiens, je n'ai voulu m'en tenir à des aperçus purement théoriques. Sachant d'ailleurs que certains auteurs ont révoqué en doute l'utilité des applications de la mécanique rationnelle aux machines, j'ai cru qu'il serait utile d'entreprendre une suite d'expé-

riences sur un modèle de roues à aubes courbes, tant afin de vérifier par les faits les lois ou formules déduites du principe des forces vives, aujourd'hui généralement adopté par les géomètres, que pour découvrir les coefficients constans qui doivent multiplier ces formules, pour qu'elles deviennent immédiatement applicables à la pratique.

On verra que ces formules ont été confirmées aussi rigoureusement qu'on pouvait l'espérer dans des expériences de cette nature, et que le coefficient dont elles doivent être affectées dans les différens cas demeure compris entre les nombres 0,60 et 0,76, pour le modèle de roues mis en expérience. En partant de là d'ailleurs, et considérant ce qui doit arriver en grand lorsqu'on donne à l'ouverture du pertuis et à la pente du coursier des dimensions convenables, on a pu conclure approximativement que la quantité d'action réellement transmise par une roue à aubes courbes pouvait, dans les cas d'une chute de 0<sup>m</sup>,80 à 2<sup>m</sup>,00, ne jamais être moindre que les 0,6, et souvent égaler les 0,67 de la quantité d'action due à la hauteur totale de l'eau du réservoir, au-dessus du point le plus bas de la roue; ce qui, sans contredit, surpasse les résultats qu'on obtiendrait des roues de côté (1) et même des roues en dessus, dans le cas particulier dont il s'agit d'une petite chute.

(1) Il existe des expériences faites par M. Christian (voyez le tome 1<sup>er</sup>. de sa *Mécanique industrielle*) sur une roue de côté, desquelles il résulte que ces roues ne transmettent que la moitié de la quantité d'action totale due à

Le Mémoire qui suit contient les principaux résultats des expériences et des calculs entrepris pour établir ces conséquences et plusieurs autres; il est divisé en quatre parties: la première renferme la théorie et la construction générale de la nouvelle roue, ainsi que des accessoires qui la concernent; la deuxième contient les diverses expériences qui ont été faites pour constater les lois de la théorie et les effets mécaniques de cette même roue; la troisième et la quatrième, enfin, sont relatives aux lois de l'écoulement de l'eau à travers le pertuis et le coursier de l'appareil, lois qui étaient nécessaires pour connaître la quantité d'action réelle de l'eau à l'instant où elle agit sur la roue, et pour en déduire le rapport de cette quantité à celle qui est fournie par cette dernière dans le cas du *maximum* d'effet.

Jé crois nécessaire de prévenir que les diverses expériences contenues dans ce Mémoire, et les calculs numériques qu'elles nécessitent, ont été établis simultanément dans les mois d'août et de septembre de l'année 1824, et que je dois à l'obligeance de M. le capitaine de génie Lesbros et à son zèle pour l'avancement de la science, d'avoir été constamment aidé dans cette partie aussi délicate que pénible de mon travail.

#### PREMIÈRE PARTIE.

*Description et théorie des roues verticales à aubes courbes, mues par dessous.*

1. La *fig. 1*, Pl. XII, représente une roue verticale à aubes courbes, disposée de façon à éviter,

la chute, encore la vitesse imprimée était-elle faible et la chute assez forte.

autant que possible, le choc de l'eau et la perte de vitesse qui a lieu d'ordinaire après qu'elle a agi sur la roue : ces aubes sont encastrées, par leurs extrémités, dans deux plateaux annulaires, à la manière des roues à augets, sans néanmoins recevoir de fond comme celles-ci ; elles peuvent être composées de planchettes étroites lorsqu'on les exécute en bois ; autrement elles doivent être d'une seule pièce, soit de fonte de fer ou de tôle, et alors on est dispensé de les encastrer dans les plateaux annulaires, en y adaptant des oreilles ou rebords cloués ou boulonnés sur ces plateaux. Dans certains cas, on trouvera plus avantageux de supprimer les anneaux en les remplaçant par des systèmes de jantes, ainsi que cela se pratique ordinairement pour les roues en dessous : les aubes courbes doivent alors être soutenues par de petits bras ou bracons en fer, dont la partie inférieure est boulonnée sur la jante après l'avoir traversée ; le reste du bracon, plus mince et plié suivant la courbe qui sera examinée plus loin, devra être percé, de distance en distance, de petits trous pour recevoir les clous ou boulonnets destinés à fixer l'ailette. Dans le cas dont il s'agit, il sera d'ailleurs utile, pour l'effet, de placer des rebords en saillies sur les ailettes, suivant le système de Morosi : ces rebords pourront avoir de 2 à 3 pouces.

2. Voici maintenant les principales dispositions du coursier et du vannage.

Le coursier BC est incliné ici au  $\frac{1}{10}$ , dans la vue de restituer à l'eau la perte de la vitesse occasionnée par le frottement contre les parois ; son inclinaison peut, sans inconvénient, être beau-

coup moindre lorsque la lame d'eau est épaisse ou que la vitesse est petite, comme il arrive dans la plupart des cas. La largeur du coursier doit être égale, ou, ce qui vaut mieux encore, un peu moindre que celle des aubes de la roue. A cet effet, il convient de creuser dans les parois latérales des renforcements circulaires REC (*fig. 1, 2 et 3*), propres à recevoir les anneaux et une portion des aubes de la roue : il doit exister le moins de jeu possible entre ces parois et les anneaux ; enfin on doit pratiquer un ressaut ou seuil FF à une certaine distance au-delà de la verticale de l'axe de la roue, afin de donner du dégagement à l'eau après sa sortie des courbes ; le coursier doit en outre être élargi (*fig. 2*) le plus possible aux environs de ce seuil, dans la vue de faciliter davantage ce dégagement. Quant à la retenue ou tête d'eau BO, il est nécessaire de l'incliner en avant de façon à rapprocher le pertuis de la roue ; et, sous ce rapport, il conviendrait aussi, quand la paroi de ce pertuis est épaisse, de placer la vanne BR en dehors, en la composant d'une feuille de tôle forte, ou d'une plaque de fonte glissant dans une petite feuillure pratiquée dans les joues du coursier : la manoeuvre peut s'effectuer au moyen d'un cric ou de toute autre manière.

Nous reviendrons plus tard sur ces diverses dispositions quand nous aurons établi, par la théorie et l'expérience, les données particulières de la question : il nous suffit, quant à présent, d'avoir donné une idée générale de l'appareil.

3. Pour établir la théorie de la roue dont il s'agit, nous considérerons que l'eau, en sortant du pertuis, prend une vitesse dont la direction

est, à peu de chose près, tangentielle à la circonférence de cette roue : de sorte que si l'on suppose le premier élément de la courbe des ailes tangent lui-même, ou à-peu-près tangent à cette circonférence, il n'y aura pas de choc sensible lors de l'entrée de l'eau dans la roue. L'eau glissera donc le long de chaque courbe, suffisamment prolongée, avec une vitesse relative, égale à la différence de sa vitesse propre et de celle de la roue, et s'élèvera, en pressant la courbe, à une hauteur sensiblement égale à celle qui répond à cette vitesse. Par conséquent, si le seuil F ou ressaut du coursier est tellement placé que le bord inférieur de la courbe y soit précisément arrivé au moment où l'eau va parvenir à sa plus grande élévation, celle-ci redescendra le long de la courbe, en la pressant de nouveau, et s'échappera par la partie inférieure avec une vitesse relative sensiblement égale à celle qu'elle possédait en y entrant, et qui aura pour direction celle de l'élément inférieur de cette courbe. Quant à la vitesse absolue conservée par l'eau, elle sera égale à la différence de sa vitesse relative le long de la courbe et de la vitesse de la roue, puisqu'on peut encore supposer ici le dernier élément de la courbe sensiblement tangent à la circonférence de cette roue : or, pour qu'il n'y ait point de force perdue, il faudra, comme on sait, que cette vitesse absolue soit nulle.

D'après cela, nommant  $V$  la vitesse de l'eau à l'endroit où elle commence à monter sur la roue,  $H$  la hauteur due à cette vitesse,  $m$  la masse d'eau écoulée pendant une seconde,  $g$  la gravité, enfin  $v$  la vitesse relative avec laquelle l'eau s'élèvera

le long de la courbe ;  $\frac{(V-v)^2}{2g}$  sera la hauteur à laquelle elle parviendra le long de cette courbe : d'après ce qui précède, elle acquerra de nouveau, en descendant le long de cette même courbe, la vitesse  $V-v$  ; ainsi  $(V-v)-v=V-2v$  sera sa vitesse absolue au sortir de la roue : cette vitesse devant être nulle pour la production du *maximum* d'effet, on aura  $V-2v=0$ , d'où  $v=\frac{1}{2}V$  ; c'est-à-dire que la roue devra prendre la moitié de la vitesse du courant, précisément comme il arrive pour les roues à aubes ordinaires.

Il est d'ailleurs évident, d'après le principe des forces vives, que la quantité d'action fournie par la roue sera théoriquement alors égale à  $mgH$ , c'est-à-dire à celle que possède l'eau à l'instant de son entrée dans les courbes ; ce qu'on peut constater directement ainsi qu'il suit (1) :

4. Le mouvement de la roue étant supposé uniforme, et  $P$  étant l'effort constant exercé à sa circonférence, lequel peut toujours être censé représenter un poids égal élevé par une corde enroulée sur un tambour de même diamètre que la roue,  $Pv$  sera, dans l'unité de temps, la quantité d'action qui correspond à cet effort ; celle dépensée pendant le même temps par la chute sera d'ailleurs  $mgH$  : ainsi  $mgH-Pv$  sera la quantité d'action totale communiquée au système. D'un autre côté, la vitesse absolue qui reste à

(1) Le lecteur qui désirerait de plus amples explications sur l'application du principe des forces vives aux roues hydrauliques, les trouvera dans les excellentes notes de l'*Architecture hydraulique de Bélidor*, tome I, liv. 2, chap. 1, rédigées par M. Navier.

l'eau après avoir agi sur la roue, est, d'après ce qui précède,  $V-2v$  : donc la force vive transmise au bout du temps en question est  $m(V-2v)^2$ , et par conséquent on a, d'après le principe des forces vives,  $m(V-2v)^2 = 2(mgH - Pv)$  :

D'où l'on tire,

$$Pv = mgH - m \frac{(V-2v)^2}{2},$$

et à cause de  $V^2 = 2gH$ ,

$$Pv = 2m(V-v)v.$$

Telle est la quantité d'action réellement transmise à la roue dans l'unité de temps, lorsque son mouvement est parvenu à l'uniformité. En la différentiant par rapport à  $v$ , on trouve, comme ci-dessus, pour la vitesse qui correspond au *maximum* d'effet,  $v = \frac{1}{2}V$ , et la quantité d'action transmise à la roue dans ce cas est

$$Pv = m \frac{V^2}{2} = mgH;$$

c'est-à-dire qu'elle est égale à la quantité d'action totale possédée par l'eau elle-même.

En nommant  $D$  la dépense d'eau dans une seconde, exprimée en volume, et observant que  $g = 9^m,809$ , on aura, comme on sait,  $mg = 1000 D^{kil}$ ; d'après quoi, les formules ci-dessus, qui expriment la quantité d'action transmise à la roue, deviendront, pour le cas d'une vitesse quelconque  $v$ ,

$$Pv = \frac{2000}{9,809} D (V-v)v = 203,894 D (V-v)v,$$

et pour le cas du *maximum*,

$$Pv = 1000 DH.$$

Les pressions ou efforts exercés, dans les mêmes circonstances, à l'extrémité du rayon de la roue, seront ainsi respectivement :

$$P = 203,894 D (V-v)^{kil}.$$

$$P = 1000 D \frac{H}{\frac{1}{2}V} = 1000 D \frac{V}{g} = 101,947 DV^{kil}.$$

D'après cela, on voit que, théoriquement parlant: 1<sup>o</sup>. la roue dont il s'agit produira un effet double de celui des roues en dessous ordinaires, et égal au plus grand de tous les effets possibles; 2<sup>o</sup>. que la pression ou l'effort exercé sur la roue sera pareillement double de celui qui s'exerce sur les roues en dessous, pour les mêmes vitesses, avantage précieux dans tous les cas où la résistance à vaincre au départ est considérable; 3<sup>o</sup>. enfin, que la vitesse de la roue qui répond au *maximum* d'effet sera moitié de celle du courant, et par conséquent aussi grande que pour les roues ordinaires.

5. Différentes circonstances empêchent que les choses se passent tout-à-fait ainsi dans la pratique : il convient donc de les examiner avant d'aller plus loin, tant pour connaître leur influence respective sur les résultats, que pour en déduire des règles sur la meilleure disposition à donner aux diverses parties du système.

La théorie qui précède suppose en effet que l'eau entrera dans la roue sans choquer les courbes, et qu'elle en sortira avec une vitesse dirigée

en sens contraire de celle que possède la circonférence de la roue : or, ces deux conditions sont très-difficiles à réaliser en toute rigueur dans la pratique ; on peut même dire qu'elles s'excluent réciproquement.

La dernière exige en effet que la courbe des aubes se raccorde tangentiellement avec la circonférence extérieure de la roue, et pour satisfaire à l'autre, il conviendrait d'incliner son premier élément d'une certaine quantité par rapport à cette circonférence.

Considérons, par exemple (*fig. 4*), un filet quelconque  $ab$  de la lame d'eau, et proposons-nous de rechercher quelle doit être la direction du plan  $b'c'$  pour que ce plan ne reçoive aucun choc de la part du filet fluide  $ab$  ; à cet effet, portons la vitesse  $V$  de ce filet de  $b$  en  $c$ , dans la direction de son mouvement, et pareillement la vitesse correspondante  $v$  de la circonférence de la roue de  $b$  en  $d$ , sur la tangente en  $b$  à cette circonférence ; la droite  $cd$  ou sa parallèle  $b'c'$  exprimera évidemment la direction à donner au plan pour remplir le but proposé. On voit donc que l'angle  $c'bd$  du plan et de la circonférence de la roue doit être encore très-appreciable, et qu'il varie : 1°. avec la position particulière du filet fluide  $ab$  ; 2°. avec le rapport des vitesses  $v$  et  $V$  ; 3°. enfin avec la grandeur de la circonférence de la roue.

6. Relativement à la position particulière du filet fluide à l'égard de la lame d'eau dont il fait partie, on voit que l'angle  $c'bd$  devra être nul pour le filet inférieur de cette lame, et qu'il sera le plus grand possible pour le filet supérieur, dans une même roue et pour des mêmes vitesses  $v$  et  $V$ . Supposons, par exemple, que l'arc em-

brassé par la lame d'eau du coursier soit de  $25^\circ$ , ce qui convient en particulier au cas où cette lame aurait une épaisseur de 25 centim. et la roue 5 mètr. de diamètre ; l'angle  $cbd$  correspondant au filet supérieur sera donc aussi de  $25^\circ$  ; et si l'on prend pour la vitesse  $v$  celle qui correspond au *maximum* d'effet, elle sera sensiblement égale à  $\frac{1}{2}V$  : or, on conclut de ces valeurs respectives, par le triangle  $bcd$ , que l'angle  $c'bd$  supplément de  $bdc$ , est d'environ  $47^\circ$  ; c'est donc entre  $0^\circ$  et  $47^\circ$  que devra se trouver l'angle d'inclinaison moyenne le plus convenable pour le plan  $b'c'$  ; en prenant  $24^\circ$  pour cet angle on ne s'écarterait probablement pas beaucoup de l'inclinaison qui donne le *minimum* du choc ; du moins on peut s'assurer directement que la perte de forces vives due à ce choc serait alors peu de chose relativement à la force vive totale possédée par l'eau.

Nommons en effet  $\alpha$  l'angle  $c'bd$  que forme la tangente  $bd$  avec la direction de la palette plane  $b'c'$ , supposée dans une position quelconque ; puis  $\beta$  l'angle  $cbd$  formé par cette même tangente avec la direction du filet fluide  $bc$  ; la force vive perdue pourra être censée proportionnelle à l'épaisseur de la lame d'eau qui choque directement le plan  $b'c'$ , et au carré de la différence des vitesses  $V$  et  $v$ , estimées suivant la perpendiculaire à ce plan, c'est-à-dire à  $[V \sin. (\alpha - \beta) - v \sin. \alpha]^2$  :  $m$  étant la masse totale de fluide qui s'écoule dans l'unité de temps, cette force sera en général moindre que  $m [V \sin. (\alpha - \beta) - v \sin. \alpha]$ , puisque cette expression suppose que la masse d'eau dépensée  $m$  choque le plan  $b'c'$  sur toute la hauteur qu'elle occupe dans le coursier, circonstance qui

arrive tout au plus pour la position où l'extrémité inférieure  $b$  de ce plan atteint le fond de ce coursier. Or, en donnant à  $v$  et  $\alpha$  les valeurs ci-dessus  $\frac{1}{2} V$ ,  $24^\circ$ , et faisant varier l'angle  $\beta$  ou  $c b d$  depuis zéro jusqu'à sa limite  $25^\circ$ , on trouvera que les valeurs de la formule précédente demeurent comprises entre 0 et  $0,05. m V^2$ . La force vive perdue par l'effet du choc n'est donc pas même le  $\frac{1}{20}$  de la force vive  $m V^2$ , possédée par la masse d'eau affluente, et il est probable que moyennement elle n'est pas la moitié de cette quantité, toujours dans les hypothèses précédentes, qui sont défavorables, puisqu'il arrive rarement, dans la pratique, que la lame d'eau choquante embrasse la roue sous un arc de plus de  $25^\circ$  (1).

Dans l'état actuel d'imperfection de l'hydraulique, il serait, à ce que je crois, très difficile d'estimer rigoureusement la force vive perdue par le choc dans la question qui vient de nous

(1) On remarquera, d'après l'expression trouvée ci-dessus, que, dans certaines positions de la palette plane  $bc'$ , la pression de l'eau peut devenir négative, c'est-à-dire agir en sens contraire du mouvement de la roue : or, si l'on se reporte aux aubes courbes, on reconnaîtra aisément que cet effet n'a lieu que pour une très-petite portion de leur étendue à partir de la circonférence extérieure de la roue : la lame d'eau qui choque cette partie sera donc non-seulement une fraction très-petite de la lame totale de l'eau introduite dans le coursier, en sorte que l'impression normale sera extrêmement faible, mais encore le bras de levier de cette impression, par rapport au centre de la roue, sera beaucoup moindre que le rayon qui représente le bras de levier de l'impression totale ou de l'effort exercé sur cette roue. Cette impression est donc tout-à-fait à négliger pour la pratique.

occuper; les raisonnemens qui précèdent pourront suffire pour en assigner grossièrement les limites, et pour rassurer sur les effets qu'on aurait été tenté d'attribuer à ce choc.

7. Recherchons maintenant la perte de force vive qui résulterait de ce que l'eau, au lieu de sortir de la roue tangentiellément à sa circonférence extérieure, s'en échapperait sous l'angle de  $24^\circ$  adopté ci-dessus pour l'inclinaison du premier élément des courbes. La vitesse absolue, conservée par l'eau après sa sortie de la roue, sera évidemment la résultante de la vitesse  $v = \frac{1}{2} V$  de cette roue, et de sa vitesse propre le long des courbes, vitesse que nous supposons (3) différer peu de la première : or, ces vitesses formant un angle de  $156^\circ$ , supplément de  $24^\circ$ , auront évidemment pour résultante la vitesse  $2v \cos. \frac{1}{2} 156^\circ = 2v \sin. \frac{1}{2} 24^\circ = V \sin. 12^\circ = 0,208 V$ ; donc la force vive conservée par l'eau après sa sortie des courbes, et par conséquent perdue pour l'effet, sera égale à  $m (0,208V)^2 = 0,0433 m V^2$  ou au  $\frac{1}{25}$  environ de la force vive totale possédée par l'eau avant qu'elle ait agi sur la roue : cette perte, jointe à celle qui est due au choc, d'après ce qui précède, ne s'élèvera pas, comme on voit, à  $0,07 m V^2$ , quantité encore assez petite relativement aux autres causes de perte inséparables de toutes les espèces de roues hydrauliques. La perte en question diminuerait d'ailleurs avec l'amplitude de l'arc de roue embrassée par la lame d'eau affluente; mais alors aussi l'angle formé par le premier élément de la courbe avec la circonférence de la roue pourra être moindre que  $24^\circ$ , tel qu'on l'a supposé précédemment.

Ces divers raisonnemens, qu'on peut répéter sur d'autres exemples, montrent l'influence de la détermination de l'angle en question sur la perte des forces vives, soit à l'entrée de l'eau dans la roue, soit à sa sortie : on voit que cette influence est en général plus grande pour le second cas que pour le premier, de sorte qu'il y aurait moins d'inconvéniens à diminuer cet angle qu'à l'agrandir ; mais comme, d'un autre côté, son agrandissement facilite l'accès de l'eau dans les courbes et diminue le choc qui s'exerce contre leur partie inférieure ou convexe, en sens contraire du mouvement de la roue, il conviendrait d'adopter un juste milieu ; ce qui ne paraît pas facile sans recourir à l'expérience. Cependant il est permis de croire que l'on ne s'éloignera guère de la meilleure disposition, en adoptant pour l'inclinaison du premier élément des courbes, sur la circonférence extérieure de la roue, un angle environ moitié de celui qui rend nul le choc de l'eau, à l'instant où cet élément y pénètre. Cet angle est d'environ  $24^\circ$ , comme nous l'avons vu (6) pour le cas où la lame d'eau embrasserait la roue sous un arc de  $25^\circ$ .

En général, on peut s'assurer, soit par la construction du n<sup>o</sup>. 5, soit par l'équation  $V \sin. (\alpha - \beta) - v \sin. \alpha = 0$ , ou son équivalente

$$\sin. (\alpha - \beta) - \frac{\sin. \alpha}{2} = 0,$$

puisque  $v = \frac{1}{2}V$ , lesquelles expriment qu'il n'y a pas de choc ; on peut s'assurer, dis-je, que l'angle d'inclinaison dont il s'agit est un peu moindre que celui qui répond à l'arc de roue

embrassé par la lame d'eau ; mais ce dernier angle est précisément égal à l'angle formé en E par le filet supérieur DE de l'eau avec la circonférence extérieure de la roue, lequel, à son tour, est égal à l'angle AEK de la perpendiculaire EK à ce filet, et du rayon AE répondant au point E : donc on pourra prendre pour l'inclinaison des courbes, sur la circonférence de la roue, un angle un peu moindre que celui AEK dont il s'agit.

8. On pourrait justifier le choix de cet angle par d'autres considérations encore, que nous passerons sous silence pour ne pas trop allonger, et que le lecteur devinera sans peine avec un peu de réflexion. Quant à la forme même de la courbe des aubes, il semble résulter du principe de la conservation des forces vives, qu'elle est jusqu'à un certain point arbitraire, pourvu qu'elle soit continue et qu'elle présente sa concavité au courant ; mais il n'en est pas de même de sa hauteur au-dessus de la circonférence extérieure de la roue ou de la largeur des anneaux ; cette hauteur doit être assez grande pour que l'eau affluente puisse perdre toute sa vitesse en montant sur l'aube.

Nous avons vu (3) que la vitesse de l'eau le long des courbes était  $V - v$ , et qu'elle s'y élevait à-peu-près à la hauteur  $\frac{(V - v)^2}{2g}$  ; elle est donc variable avec la vitesse  $v$  de la roue, et la plus grande possible pour le cas où la roue est immobile ; cette hauteur étant alors  $\frac{V^2}{2g}$ , on voit qu'il faudrait donner aux courbes une hauteur presque égale à celle de la chute, si l'on

voulait profiter de toute la vitesse de l'eau à l'instant du départ de la roue ; mais comme cette dimension des palettes serait souvent exorbitante et inexécutable dans la pratique ; que d'ailleurs on peut, sans beaucoup d'inconvéniens, sacrifier une partie de l'effet de la chute à l'instant dont il s'agit, nous croyons qu'il suffira, dans la plupart des cas, de se borner à donner aux courbes la hauteur qui correspond à la vitesse  $v = \frac{1}{2} V$  du *maximum* d'effet.

L'expression ci-dessus de cette hauteur devient alors  $\frac{1}{4} \frac{V^2}{2g}$  ; c'est-à-dire qu'elle est précisément le quart de celle de la chute totale. Pour les chutes au-dessus de 2 mètres, on jugera souvent convenable de s'en tenir à cette proportion, tandis que pour les chutes beaucoup plus petites, on pourra sans inconvénient l'augmenter, en la portant, par exemple, au tiers ou même à la moitié de la hauteur totale de chute. On devra donc, à cet égard, se régler sur le genre de construction que l'on se propose d'admettre, et d'après la nature des matériaux que l'on veut y employer, sans oublier qu'il y a toujours un certain avantage attaché à l'agrandissement des courbes ou des anneaux qui les contiennent ; car, outre qu'il arrive souvent, dans la pratique, que la vitesse des roues s'éloigne plus ou moins de celle qui répond au *maximum* d'effet, on a encore à craindre, en restreignant la hauteur des courbes, de diminuer la force d'impulsion de l'eau au départ de la roue. Au surplus, si l'on adopte une disposition telle qu'au moment où l'eau s'élève au-dessus des courbes, sa direction ou celle du dernier élément de ces courbes soit à-peu-près

perpendiculaire à la direction du mouvement de la roue, la perte d'effet qui résultera de ce que l'eau abandonne les aubes, sera peu de chose, puisqu'elle cesserait alors de les presser, et qu'en retombant, elle agira de nouveau par son poids et sa vitesse acquise sur l'eau inférieure.

9. D'après toutes ces considérations, et pour la facilité de l'exécution, nous nous sommes arrêtés au tracé suivant des courbes. Ayant mené un rayon quelconque  $A b$  (*fig. 4*) de la roue et déterminé la largeur  $bb'$  des anneaux qui doivent renfermer les aubes, largeur qui doit être au moins le quart de la hauteur de chute, on mènera, du point  $b$  de la circonférence extérieure, une droite  $bo$  inclinée sur le rayon  $A b$ , vers la vanne d'un angle  $A b o$  égal ou un peu moindre ( $\gamma$ ) que l'angle  $A E K$  formé par la perpendiculaire  $E K$  au filet supérieur  $D E$  de la lame d'eau qui doit être introduite dans le coursier, avec la direction  $A E$  du rayon qui répond au point  $E$ , où ce filet rencontre la circonférence extérieure de la roue. Prenant ensuite pour centre un point  $o$  situé un peu au-dessus de la circonférence intérieure de l'anneau, par exemple d'un septième ou d'un sixième de sa largeur, on décrira, avec la distance  $bo$  pour rayon, l'arc de cercle  $b m$  terminé de part et d'autre à l'anneau ; cet arc sera celui qu'on pourra adopter pour le dessus des aubes de la roue.

Quant à l'écartement de ces aubes, la théorie précédente ne fournit aucun moyen de le déterminer ; on peut donc, faute de mieux, se diriger d'après les principes suivis pour les roues en dessous ordinaires : ainsi, pour des roues qui auraient de 4 à 5 mètres de diamètre, on ne risquera

rien d'adopter trente-six aubes et plus même, si l'épaisseur de la lame d'eau introduite dans le coursier est faible, par exemple, de 10 à 15 centimètres, ou si la roue offre un grand diamètre.

10. Il nous reste maintenant à examiner quelle forme et quelle position on doit donner, tant au coursier qu'au seuil ou ressaut qui le termine, afin de satisfaire, le mieux possible, aux conditions de la théorie.

Et d'abord, quant au ressaut F, on voit qu'il devrait être situé au point de la roue pour lequel l'eau commence à sortir des augets : or, la détermination de ce point, *à priori*, paraît très-difficile, vu qu'elle dépend du temps que l'eau emploie à monter ou à descendre le long des courbes et de l'espace parcouru pendant ce temps par la roue : l'appréciation de ce temps, en effet, est, comme on sait, très-difficile, pour ne pas dire impossible, même en supposant que l'on connaisse bien la loi du mouvement de l'eau dans les courbes ; ce qui n'est pas. Néanmoins, s'il était ici permis de considérer la lame d'eau comme un filet fluide isolé, on arriverait aisément à cette conséquence, que l'espace décrit par la roue, à partir du point d'entrée de l'eau sur les courbes, est nécessairement plus grand que la moitié de la hauteur due à la vitesse V de l'eau, dans le cas où la roue est réglée au *maximum* d'effet ; au moyen de quoi on serait en état de fixer une limite en deçà de laquelle il ne convient pas de placer le seuil du coursier : or, les choses ne se passent pas ainsi ; l'eau arrive en effet sur les courbes en filets ou lames très-minces, qui se succèdent sans interruption, à partir du filet supérieur DE (*fig. 4*), et se superposent les uns les autres ; chacun d'eux

étant donc contigu à des filets qui sont entrés plus tôt ou plus tard dans la roue, tous s'influencent réciproquement, de façon à altérer à-la-fois le temps et la hauteur d'ascension de l'eau. Tout ce qu'on peut, en conséquence, raisonnablement conclure de ce qui précède, c'est que la distance à laquelle on doit placer le seuil au-delà du point inférieur de la roue est d'autant plus grande que la chute l'est elle-même davantage, et à-peu-près proportionnelle à sa hauteur.

11. Ces conditions ne suffisant donc pas pour fixer la position du seuil du coursier, on pourra l'établir, dans chaque cas, par les considérations qui suivent : 1<sup>o</sup>. la direction BC (*fig. 1*) du fond du coursier devant être tangente en C à la circonférence extérieure de la roue, et l'eau continuant à affluer sur chaque aube jusqu'à ce que l'aube précédente soit arrivée en C, le seuil F ne saurait être placé en deçà de ce point ; 2<sup>o</sup>. il n'y a point d'inconvénient grave à placer ce seuil un peu au-delà du point où l'eau commencerait réellement à verser, pourvu que la roue soit emboîtée dans une portion circulaire CF du coursier concentrique à sa circonférence extérieure ; car l'eau se trouvant renfermée entre les courbes de C en F, et l'auget se trouvant à-peu-près plein, la hauteur d'ascension sur ces courbes se trouvera peu altérée, de même que la vitesse de l'eau à la sortie ; 3<sup>o</sup>. la perte d'effet provenant de ce que le seuil se trouverait un peu élevé au-dessus du point le plus bas de la roue, peut être entièrement annihilée en abaissant l'arête F jusqu'au niveau que l'on donnerait naturellement à ce point, pour conserver toute la hauteur de la chute ; 4<sup>o</sup>. enfin la partie circulaire CF du coursier devra être au

moins égale à la distance de deux aubes consécutives, afin que le jeu par lequel l'eau peut s'échapper en dessous de la roue, ne soit jamais plus considérable que celui qui est strictement nécessaire.

L'emplacement du seuil étant réglé d'après ces conditions, on pourra le raccorder avec le fond du canal inférieur HL (*fig. 1, 3 et 4*), au moyen d'une droite plus ou moins inclinée ou par une courbe FH tangente à ce fond. Il sera aussi convenable de terminer les joues du coursier au seuil F, pour permettre à l'eau de s'étendre immédiatement suivant toute la largeur du débouché que présente le canal inférieur, ou, si cela est impossible par la nature des constructions déjà établies, il faudra l'élargir le plus possible à compter du même endroit, comme l'expriment en plan les figures 2 et 6.

Quant à la hauteur absolue du seuil F au-dessus du fond du canal inférieur, elle est relative au régime habituel des eaux dans ce canal, et il n'y a rien de spécial à prescrire à son égard, si ce n'est qu'on doit lui donner la moindre élévation possible, afin de ne pas diminuer par trop la hauteur de chute. Au surplus, les préceptes que l'on pourrait donner à ce sujet sont communs à toutes les roues d'où l'eau s'échappe avec une vitesse presque nulle ou très-petite, et l'on aura remarqué que celle qui nous occupe n'a pas, au même degré que la plupart des autres roues, l'inconvénient de soulever ou de choquer l'eau en arrière lorsqu'elle est ce qu'on appelle noyée : de sorte qu'il suffira, dans la plupart des cas, de mettre le seuil F dans le prolongement de la surface supérieure KL des eaux du canal de décharge.

12. Nous remarquerons, en terminant, que l'eau aura beaucoup plus de facilité pour dégorger des augets qu'elle n'en a eu pour y entrer, en sorte que (*fig. 1*) le point G de la roue, auquel elle sera entièrement évacuée, sera très-peu distant du seuil F, et par conséquent très-peu élevé au-dessus de ce seuil, sur-tout si la roue est assez grande par rapport à la hauteur de chute; ce qui arrive d'ordinaire dans la pratique. Or, la majeure partie de l'eau s'écoulant tout près du point F, on voit que la perte d'effet, due à la chute de l'eau hors des courbes, sera toujours une très-faible portion de l'effet total. On pourra d'ailleurs, si on le juge convenable, rapprocher le point G du niveau de l'eau dans le canal de décharge, soit en enfonçant un peu l'arête F du seuil au-dessous de ce niveau, soit en inclinant davantage le fond BC du coursier, de façon à rapprocher du pertuis le point de contact C de ce fond et de la circonférence extérieure de la roue, soit enfin en donnant à la portion circulaire CF du coursier le *minimum* de longueur qu'il puisse recevoir, d'après ce qui a été dit précédemment (11); il est évident, en effet, que ces dispositions tendent également à diminuer l'inconvénient signalé.

Nous pensons qu'en procédant d'après les divers principes qui viennent d'être expliqués, on ne saurait s'écarter beaucoup des meilleures dispositions à donner aux roues en dessous à aubes courbes; mais pour ne pas nous borner à des considérations purement théoriques, nous avons entrepris une série d'expériences sur un modèle en petit, tant afin d'apprécier et de constater les avantages annoncés par le calcul, que pour éclairer diverses questions intéressantes, qui n'auraient

périences, ne pouvait servir à régler l'ouverture du pertuis avec une précision suffisante; on en a placé en avant une autre B R, en tôle mince, glissant dans des rainures très-étroites, placées exactement dans le prolongement de la face extérieure de la retenue, de façon qu'il n'y eût aucune perte d'eau. Cette ventelle servant à régler la véritable ouverture, on n'y touchait que lorsqu'il était nécessaire d'en changer pour une nouvelle série d'expériences; on avait le soin d'élever assez la vanne intérieure pour qu'elle ne pût troubler en aucune manière l'écoulement de l'eau. Nous avons déjà fait connaître (2) les autres avantages qui sont attachés à cette disposition.

15. Pour régler avec une précision suffisamment rigoureuse l'ouverture de la ventelle extérieure, nous avons fait préparer de petites règles de bois, ayant pour largeur les diverses ouvertures à établir; on prenait toutes les précautions nécessaires pour s'assurer qu'elles n'avaient pas sensiblement varié au moment où il fallait s'en servir: alors on appliquait l'une de leurs faces sur le fond incliné du coursier, et l'on baissait la ventelle jusqu'à ce que son extrémité inférieure touchât l'autre face; on faisait ensuite glisser la règle dans tous les sens entre la vanne et le coursier, en la maintenant exactement dans une situation verticale; il est évident que l'épaisseur de la règle donnait d'une manière précise l'ouverture du pertuis.

Quant à la manière de déterminer la hauteur de l'eau dans la caisse, nous avons employé d'abord un flotteur glissant le long d'une tige graduée; mais ce flotteur ayant été rompu, on y

substitua plus tard la mesure directe de la profondeur de l'eau à l'aide d'une règle de Kutsch, divisée en millimètres: cette mesure était prise différentes fois durant une même expérience, afin de constater que le niveau n'avait pas sensiblement varié.

16. La manière de régler le niveau est, comme l'on sait, la partie la plus délicate et la plus difficile de cette sorte d'expérience; elle exige beaucoup de soin et de patience. N'ayant point d'ailleurs à notre disposition les moyens plus ou moins ingénieux employés par divers auteurs, nous nous bornions à établir, à côté de la caisse servant de réservoir, un canal et une vanne de décharge, dont les dimensions suffisaient à l'entier écoulement de l'eau fournie par le ruisseau: la petite vanne de la roue étant levée convenablement, on réglait, par un tâtonnement souvent fort long, l'ouverture de celle de décharge, de manière à obtenir le niveau constant que nécessitait l'objet particulier de l'expérience à faire.

Le temps était mesuré à l'aide d'un compteur de Bréguet, donnant les demi-secondes, et la quantité d'eau écoulée pendant une seconde s'obtenait par le temps qui était nécessaire pour remplir une caisse jaugée à plusieurs reprises, et qui contenait exactement 184 litres.

On n'a jamais compté pour bonnes que les expériences qui, étant répétées à plusieurs reprises, ne donnaient que des différences d'une demi-seconde dans la durée totale de l'écoulement, et l'on a constamment agi ainsi pour toutes les autres espèces d'expériences dont il sera rendu compte par la suite.

17. Avant d'aller plus loin et de faire connaître

les dispositions par lesquelles on est parvenu à mesurer les quantités d'action précises fournies par la roue sous différentes chutes et diverses ouvertures de vanne, il est nécessaire de rapporter une circonstance digne de remarque : c'est qu'ayant voulu, pour la première fois, lâcher l'eau dans le coursier, afin d'observer la manière dont s'y faisait l'écoulement, on fut tout surpris de voir que, loin de sortir de la vanne en filets parallèles, comme on devait s'y attendre d'après le soin qu'on avait pris d'évaser les parois intérieures du coursier, l'eau s'élevait au contraire en une nappe très-mince de 10 à 12 centimètres de hauteur verticale au-dessus du fond de ce coursier, abandonnant ainsi ses parois latérales. Après avoir réfléchi quelques instans à ce singulier phénomène, je ne tardai pas à reconnaître qu'il était dû uniquement à ce que les parois intérieures de la caisse étaient inclinées sur son fond, et formaient avec ce fond un angle très-aigu de part et d'autre du pertuis, par lequel l'eau arrivait avec assez de vitesse pour contracter la lame, et la forcer à s'élever dans le coursier.

En conséquence, je fis préparer deux planchettes triangulaires, représentées en  $fgh$ ,  $g'h'$  (*fig. 1* et *2*), et qui avaient une épaisseur de 27 millimètres sur environ 17 centimètres de base : elles furent placées de chaque côté de la vanne intérieure, de façon à garnir les angles dont il a été question, et à former comme le prolongement du coursier dans la caisse, quoiqu'elles fussent plus écartées entre elles que les parois de ce dernier : l'effet cessa aussitôt, ou devint assez peu sensible pour permettre d'opérer avec la roue, et de considérer la lame d'eau qui y entre comme

à-peu-près parallèle au fond du coursier; ce qui est indispensable pour éviter le choc contre les courbes.

18. En adoptant cette disposition, les circonstances de l'écoulement se trouvaient rapprochées de celles qui se rencontrent fréquemment dans la pratique, lorsque les parois du coursier sont prolongées au-delà du vannage, et forment ainsi un canal étroit du côté de la retenue; mais outre que cette disposition complique le phénomène de l'écoulement, en l'éloignant des hypothèses ordinaires de la théorie, elle offre encore l'inconvénient beaucoup plus grave, de faire perdre à l'eau une partie notable de la vitesse qu'elle eût acquise en donnant plus de largeur au canal d'entrée : car non-seulement les parois de ce canal font éprouver à l'eau qui y circule une résistance d'autant plus grande, que sa section est moindre et sa longueur plus considérable; mais il se fait aussi une légère contraction à l'entrée de l'eau dans ce canal, lorsqu'il débouche dans un bassin dont la section horizontale est beaucoup plus forte; ce qui tend nécessairement à diminuer la vitesse à la sortie du pertuis.

On eût évité en grande partie ces inconvéniens en diminuant la longueur du canal intérieur, et garnissant d'ailleurs tout l'angle ou le coin compris entre la paroi inclinée du vannage et le fond du réservoir. Par exemple, on eût pu se contenter (*fig. 5* et *6*) de placer dans cet angle deux liteaux triangulaires  $fgh$ ,  $g'h'$ ; dont les faces verticales  $fg$  eussent répondu à l'arête supérieure du pertuis, comme on le voit représenté *fig. 5*; leur saillie  $gh$  dans l'intérieur eût ainsi été réduite à 4 ou 5 centimètres. Il eût d'ailleurs été

convenable de mettre les extrémités  $g'$   $h'$  des liteaux dans le prolongement des jours du coursier, et de les terminer par des portions arrondies, pour éviter la contraction. Quelques essais faits ultérieurement nous ont effectivement appris que, par ces dispositions très-simples, on atteignait avec avantage le but proposé, l'eau sortant du réservoir en nappe très-régulière, et présentant en profil une ligne droite parallèle au fond du coursier. Ainsi donc il ne faudra jamais manquer d'adopter ces dispositions dans la pratique, si l'on tient à éviter les inconvéniens que présentent les vannes inclinées.

19. Au surplus, ne pouvant disposer que pour peu de temps du ruisseau où la roue était placée, parce qu'il n'était alimenté que par l'eau qui s'échappait accidentellement d'une construction hydraulique faite dans la partie supérieure, on se contenta d'avoir apporté un remède prompt à un inconvénient qui paraissait d'abord très-grave; et sans s'arrêter pour le moment à chercher des moyens plus convenables de disposer la vanne de retenue, on entreprit de suite les expériences nécessaires pour évaluer les quantités d'action fournies par la roue, objet essentiel des recherches qu'on avait en vue; on remit d'ailleurs à une autre époque les expériences qui pouvaient servir à déterminer rigoureusement les effets de l'appareil dont on se servait, c'est-à-dire la perte de vitesse qui en résulterait pour l'eau à l'endroit où elle agit sur la roue.

20. On sait que pour estimer la quantité d'action fournie par une roue hydraulique, le moyen le plus simple est de lui faire élever un poids à l'aide d'une corde ou ficelle passant sur une

poulie et s'enroulant, par son autre extrémité, sur l'arbre de la roue; cette quantité d'action a en effet pour valeur le produit du poids soulevé, augmenté des résistances passives, par la hauteur à laquelle il a été élevé dans l'unité de temps.

L'élévation de la poulie au-dessus de la roue était d'environ 8 mètres; cette poulie elle-même avait 9 centimètres de diamètre, et se trouvait placée à peu-près verticalement au-dessus de l'arbre de la roue, sur lequel s'enroulait la ficelle, qui avait 2 ou 3 millimètres de diamètre. Le poids était reçu dans un petit sac de toile qu'on avait pesé préalablement.

La première chose à faire était d'évaluer approximativement la résistance due à l'air et à la roideur de la ficelle, ainsi qu'au frottement des tourillons, pour les différentes vitesses de la roue: en conséquence, on boucha hermétiquement la vanne, et après avoir placé successivement différens poids dans le sac, on élevait celui-ci à la plus grande hauteur possible, en enroulant la ficelle autour de l'arbre de la roue, de manière que le poids, en descendant, faisait tourner cette roue dans le même sens que lorsqu'elle était mue simplement par l'eau. On laissait ensuite faire dix tours entiers à la roue avant de compter, afin qu'elle eût à-peu-près acquis un mouvement uniforme sous l'action du poids; le commencement et la fin de chaque tour étaient très-exactement indiqués par une aiguille fixée au tourillon de l'arbre.

Cela posé, on comptait à plusieurs reprises le temps employé par la roue pour décrire exactement un certain nombre de tours, qui a été généralement de 20 ou 25. On s'est ainsi formé

une table des différentes vitesses que prenait la roue sous les poids placés dans le sac. Or, le mouvement étant parvenu chaque fois à l'uniformité, ces poids étaient précisément ceux qui mettaient en équilibre ou représentaient toutes les résistances réunies de la roue allant à vide.

Lorsqu'ensuite on faisait élever un certain poids à la roue par le moyen de l'eau, on avait soin d'ajouter à ce poids celui qui répondait, dans la table, à la vitesse uniforme qu'avait prise cette roue, et l'on avait ainsi le poids total soulevé, en y comprenant les résistances.

Cette méthode, employée par divers auteurs, n'est pourtant point exacte dans toute la rigueur mathématique; car la roue éprouvant un effort de la part de l'eau lorsqu'elle est mue par celle-ci, et le sac se trouvant dès-lors plus chargé que lorsqu'elle marche à vide, d'une part, la tension et par la suite la roideur de la ficelle sont plus fortes, et d'une autre la pression et le frottement sur les tourillons sont altérés. Il serait sans doute fort difficile d'avoir égard à ces dernières causes dans des expériences qui doivent être très-multipliées; mais heureusement il se fait des soustractions et des compensations qui diminuent la somme totale des résistances dans les différens cas, somme qui d'ailleurs est toujours beaucoup plus faible que la résistance trouvée par les expériences sur la roue à vide.

21. Pour donner une idée de la manière dont nous avons constamment opéré, et pour faire apprécier le degré de soin et d'exactitude qu'on a apporté dans les expériences, nous allons présenter le détail de quelques-unes d'entre elles, et en déduire la confirmation rigoureuse de plu-

sieurs points intéressans de la théorie. Nous choisirons pour exemple une série d'expériences qui ont été poussées très-loin, afin de reconnaître les lois mêmes que suivent les effets des roues à aubes courbes, lorsqu'on leur fait prendre différentes vitesses sous différentes charges. Dans toutes ces expériences, l'ouverture de la vanne extérieure a été constamment maintenue à 3 centimètres, et la hauteur du niveau de l'eau dans le réservoir au-dessus du seuil de cette vanne ne s'est pas écartée sensiblement de 234 millimètres. La dépense d'eau a été trouvée de 3,8942 litres par seconde, d'après des expériences répétées; on s'est assuré d'ailleurs que chaque tour de roue développait exactement  $0^m,2188$  de ficelle, c'est-à-dire que le contre-poids s'élevait à cette hauteur pour chaque tour de roue: pour y parvenir, on avait mesuré directement l'élévation du poids correspondant à 18 tours exacts de roue.

Les choses étant ainsi disposées, on a commencé par faire aller la roue sans la charger, et l'on a trouvé qu'elle faisait 25 tours en  $19'',5$ ; on a ensuite placé dans le sac un poids d'un kilogramme, qu'on a successivement augmenté à chaque expérience jusqu'à environ 5 kilogrammes, passé quoi, la roue cessait d'avoir un mouvement régulier et uniforme: ce terme aurait, sans doute, pu être reculé si la roue avait été bien construite; mais, ainsi qu'on l'a déjà observé, elle n'était pas exactement centrée ou ne tournait pas rond.

A chaque expérience d'ailleurs, on laissait faire 6 à 8 tours à la roue avant de compter le temps au chronomètre; on laissait ensuite faire

25 nouvelles révolutions à la roue, afin d'obtenir avec une grande approximation le nombre de tours par seconde, puis la hauteur d'ascension du poids, et finalement la quantité d'action de la roue, ou le produit de cette hauteur par le poids augmenté des résistances données par les expériences sans eau.

Le tableau suivant montre la série des diverses données de l'expérience et des résultats qu'on en a déduits par le calcul. Les nombres de la deuxième colonne ont été obtenus par 3 ou 4 expériences s'accordant à une demi-seconde près.

TABLEAU des poids soulevés et des quantités d'action fournies par la roue, sous une ouverture de vanne de 3 cent., et une chute de 234 millimètres.

Nos. des Expé- riences.	TEMPS pour 25 tours de roue.	NOMBRE de Tours par se- conde.	Haut. à la- quelle est élevé le poids par se- conde.	Poids soulevé, y com- pris celui du sac.	Poids qui fait équi- libre aux ré- sis- tances.	Poids total soulevé par la roue.	QUANTITÉ d'action fournie par la roue.
			m.	k.	k.	k.	k.m.
1	19,50	1,2821	0,2805	0,000	0,222	0,222	0,0623
2	23,20	1,0776	0,2358	1,000	0,190	1,190	0,2806
3	23,50	1,0638	0,2328	1,100	0,180	1,280	0,2980
4	24,00	1,0417	0,2279	1,200	0,176	1,376	0,3136
5	24,40	1,0246	0,2242	1,300	0,174	1,474	0,3305
6	24,80	1,0081	0,2206	1,400	0,172	1,572	0,3468
7	25,20	0,9921	0,2171	1,500	0,170	1,670	0,3626
8	25,60	0,9766	0,2137	1,600	0,167	1,767	0,3776
9	26,00	0,9615	0,2104	1,700	0,164	1,864	0,3922
10	26,50	0,9434	0,2064	1,800	0,160	1,960	0,4045
11	27,00	0,9259	0,2026	1,900	0,158	2,058	0,4170
12	27,50	0,9091	0,1989	2,000	0,156	2,156	0,4288
13	28,00	0,8929	0,1954	2,100	0,154	2,254	0,4404
14	28,50	0,8772	0,1919	2,200	0,152	2,352	0,4513
15	29,00	0,8621	0,1886	2,300	0,150	2,450	0,4621
16	29,50	0,8475	0,1854	2,400	0,149	2,549	0,4726
17	30,10	0,8306	0,1817	2,500	0,148	2,648	0,4811
18	30,60	0,8170	0,1788	2,600	0,145	2,745	0,4908
19	31,30	0,7987	0,1748	2,700	0,142	2,842	0,4968
20	32,00	0,7813	0,1709	2,800	0,140	2,940	0,5024
21	32,50	0,7692	0,1683	2,900	0,137	3,037	0,5111
22	33,50	0,7463	0,1633	3,000	0,134	3,134	0,5118
23	34,30	0,7289	0,1595	3,100	0,131	3,231	0,5153
24	35,00	0,7143	0,1563	3,200	0,128	3,328	0,5202
25	35,50	0,7042	0,1541	3,300	0,126	3,426	0,5279
26	36,50	0,6849	0,1499	3,400	0,123	3,523	0,5281
27	37,50	0,6667	0,1459	3,500	0,120	3,620	0,5282 max.
28	38,50	0,6494	0,1421	3,600	0,115	3,715	0,5279
29	39,50	0,6329	0,1385	3,700	0,110	3,810	0,5277
30	41,00	0,6097	0,1334	3,800	0,108	3,908	0,5213
31	42,50	0,5882	0,1287	3,900	0,106	4,006	0,5156
32	44,00	0,5682	0,1243	4,000	0,103	4,103	0,5100
33	45,50	0,5495	0,1202	4,102	0,100	4,202	0,5051
34	52,75	0,4739	0,1037	4,417	0,088	4,505	0,4672
35	96,75	0,2583	0,0565	5,119	0,068	5,187	0,2931

*Observations.*

22. On voit que les vitesses et les quantités d'action fournies par la roue suivent une marche très-régulière, quoique les évaluations des nombres soient poussées jusqu'à la quatrième décimale. Pour reconnaître si les lois ainsi données par les expériences se rapprochaient de celles indiquées par la théorie, nous avons mis en usage le moyen très-expéditif et très-simple des courbes; et comme d'après les formules établies n°. 4, les pressions ou efforts P exercés sur la roue suivent une loi beaucoup plus facile à vérifier que les quantités d'action qui leur correspondent, nous avons pris ces pressions, ou plutôt les poids soulevés qui leur sont proportionnels, pour les ordonnées de la courbe, et pour abscisses les vitesses ou plutôt les nombres de tours de roue pendant l'unité de temps.

Afin d'obtenir une approximation suffisante, on a représenté par 2 millimètres chaque centième de tour de la roue, et chaque dixième de kilogramme du poids élevé, de façon à pouvoir construire aisément les millièmes de tours et les centièmes de kilogramme : le nombre des uns et des autres étant donné immédiatement par les colonnes 3 et 7 du tableau, il a été facile d'établir la courbe des poids BMC (*fig. 7*), qui ne se trouve ici représentée que sur une échelle beaucoup plus petite.

Cette courbe ne diffère sensiblement d'une ligne droite qu'à partir de l'ordonnée qui appartient à l'expérience n°. 31; dans tout le reste de son cours, les différences ne s'élèvent pas en

plus ou en moins au-delà d'un demi-millimètre, représentant d'après l'échelle 25 grammes : ces différences n'étant pas même le centième des poids correspondans, on doit uniquement les attribuer aux erreurs inévitables des observations; et en effet, pour les faire disparaître entièrement, il suffit d'altérer d'un quart de seconde seulement les nombres portés dans la seconde colonne du tableau, ce qui est tout-à-fait en dehors des évaluations données par l'instrument mis en usage.

23. La théorie exposée (n°. 4), donnant pour calculer les pressions P correspondantes aux différentes vitesses  $v$  de la roue la formule

$$P = 203,894 D (V - v)^{\text{kil.}},$$

on voit que la loi générale qu'elle indique se trouve confirmée d'une manière en quelque sorte rigoureuse par toutes les expériences comprises entre les nos. 1 et 31 du tableau. Quant aux expériences suivantes, dont les résultats s'écartent trop sensiblement de cette loi pour attribuer les différences aux erreurs d'observation, rappelons-nous (8) que la formule ci-dessus n'a été établie que pour l'hypothèse où les aubes de la roue auraient une hauteur suffisante pour ne pas laisser échapper l'eau par-dessus : or, cette hypothèse cesse d'être remplie ici aux environs de l'expérience 31.

Pour le constater, on remarquera que la plus grande hauteur à laquelle l'eau puisse s'élever dans les courbes en les pressant est ici (13) 0<sup>m</sup>,062, et que la vitesse 1<sup>m</sup>,1028, qui serait due à cette hauteur, doit, d'après les raisons données, art. 8, être égale ou plus grande que la vitesse relative correspondante de l'eau et de la roue, exprimée

par  $V-v$ . Or, en admettant que la vitesse de l'eau, à l'instant où elle entre dans la roue, ne diffère pas beaucoup de celle qui est due à la chute moyenne  $0^m,234 - 0^m,015 = 0^m,219$ , au-dessus du centre de l'ouverture de vanne (21), hypothèse qui doit s'écarter fort peu de la réalité, on aura  $V = 2^m,0727$  et  $V-v = 1^m,1028$ , d'où  $v = 0^m,9699$  : telle est donc, dans le cas actuel, la vitesse de la roue, passé laquelle l'eau cesse d'agir, comme le réclame la théorie. La circonférence de la roue étant d'ailleurs de  $1^m,59$  environ; le nombre de tours qui correspond à cette vitesse est  $\frac{0^m,9699}{1,59}$

$= 0,61$ , nombre qui se rapporte à-peu-près à l'expérience trentième du tableau.

24. Au surplus, nous avons déjà fait remarquer (13) que le défaut d'excentricité de la roue et sa mauvaise construction sont d'autres causes qui font que, pour les faibles vitesses, le mouvement du système cesse d'être régulier et uniforme: l'expérience a même appris que, dans toutes les espèces de roues, le mouvement s'arrêtait longtemps avant le terme assigné par la théorie; circonstance qui doit également être attribuée à ce que l'imperfection des roues de la pratique exerce une grande influence sur les petites vitesses.

D'après ces diverses réflexions, on pourra donc être surpris que l'accord de la théorie et de l'expérience se soit maintenu aussi loin pour le cas de notre appareil; mais on ne saurait l'attribuer au hasard, puisqu'il s'est manifesté de la même manière dans toutes les séries d'expériences dont nous avons pris soin de déterminer un grand nombre de termes; souvent même les ordonnées de la courbe des poids ne différaient que

d'une quantité tout-à-fait inappréciable de celle d'une véritable ligne droite. Ainsi l'on doit considérer comme généralement exacts et conformes à l'expérience les principes d'où nous sommes partis (4) pour établir la théorie de la roue verticale à aubes courbes: nous verrons d'ailleurs bientôt de nouvelles confirmations de l'exactitude de nos formules.

25. Si l'on examine les nombres portés à la dernière colonne de droite du tableau ci-dessus, on remarquera que le *maximum* de quantité d'action de la roue a eu lieu pour l'expérience 27, répondant à  $0,6667$  ou  $\frac{2}{3}$  de tour de cette roue. Pour comparer cette vitesse à celle qui est assignée par la théorie dans le même cas, il faudrait connaître la vitesse moyenne de l'eau à l'instant où elle entre dans les courbes: or, il n'y a que des expériences directes de la nature de celles qui seront décrites à la fin de ce mémoire, qui puissent nous la donner d'une manière suffisamment exacte; le moyen employé d'abord par Smeaton pour le cas des roues ordinaires conduirait en effet ici à des résultats peu satisfaisants, attendu la forme particulière des aubes.

D'un autre côté, pour connaître la valeur moyenne et absolue de la vitesse de notre roue, correspondante au nombre de tours ci-dessus, il faudrait d'abord savoir à quelle distance du centre de cette roue on doit supposer le centre d'impression moyenne de l'eau: tout ceci rend en conséquence difficile l'évaluation du rapport exact de la vitesse de la roue et de l'eau pour l'instant du *maximum* d'effet.

Or, on peut y arriver d'une autre manière à l'aide des constructions établies ci-dessus (fig. 7).

Il est évident, en effet, que si l'on prolonge jusqu'à son intersection en D, avec l'axe A T des abscisses, la ligne droite MC, qui représente la loi des poids donnés par l'expérience, la distance A D de ce point à l'origine pourra être prise, selon l'échelle, pour celle qui exprime le nombre de tours qui répond à une pression nulle exercée par l'eau sur la roue, et par conséquent à la vitesse moyenne de l'eau elle-même. On trouve ainsi que ce nombre est égal à  $1^t,2775$ , dont le rapport inverse à celui  $0,6667$ , qui répond au *maximum* d'effet, est  $0,52$ ; ce qui s'écarte très-peu du rapport assigné par la théorie (4); encore la légère différence qui a lieu peut-elle être attribuée à l'incertitude qui existe naturellement dans la véritable position du *maximum*, puisque les valeurs des quantités d'action ne varient vers cette position que par degrés presque insensibles, comme l'indique le tableau des expériences.

26. Il nous reste à comparer la quantité d'action fournie par la roue pour le cas du *maximum* d'effet, quantité qui, d'après le tableau, est égale à  $0^k,5282$  élevés à  $1^m$  par seconde, à celle qui a été réellement dépensée par l'eau motrice.

La quantité d'eau fournie par seconde ayant été, d'après l'expérience (21) de  $3^m,8942$ , ce qui équivaut en poids à  $3^k,8942$ , il s'agit de multiplier cette quantité par la hauteur due à la vitesse moyenne et effective que possède l'eau à l'instant de son entrée dans les aubes de la roue, afin d'obtenir des résultats comparables avec ceux de la théorie, et avec ceux qui ont été publiés par divers auteurs, notamment par Smeaton : nous

éprouvons donc ici une difficulté pareille à celle que nous avons rencontrée plus haut (25), sans avoir les mêmes moyens pour la lever.

Toutefois, si l'on veut se contenter d'une approximation, on pourra estimer la vitesse dont il s'agit d'après le nombre de tours qui répond à la roue supposée sans charge et soumise néanmoins à l'action du courant : la construction nous a donné (25) pour ce nombre,  $1^t,2775$ , qu'il faut maintenant multiplier par la circonférence de la roue répondant au filet moyen de l'eau dans le coursier; en supposant ce filet placé au milieu de la section, il resterait encore à déterminer la hauteur de cette dernière, ce qui n'est pas facile, puisqu'elle dépend elle-même de la vitesse qu'il s'agit de trouver. Or, en considérant que la hauteur de la section de l'eau à l'endroit de la roue ne doit pas différer beaucoup de celle  $0^m,03$ , qui appartient à l'ouverture de la vanne, de sorte que la différence, si elle existe, ne peut qu'être une fraction très-petite du rayon moyen qu'on cherche, on sera suffisamment autorisé à prendre, pour ce rayon, la distance du centre de la roue au point qui se trouve placé à  $0^m,015$  au-dessus du fond du coursier, sous l'axe de cette roue : la distance jusqu'au fond du coursier, étant d'après les mesures directes,  $0^m,251$ , le rayon moyen de la roue sera de  $0^m,236$ , et sa circonférence moyenne de  $1^m,483$ . Ainsi la vitesse cherchée aura pour valeur  $1^m,483$ .  $1^t,2775 = 1^m,895$ , à laquelle répond la hauteur de chute  $0^m,183$  : en multipliant donc cette hauteur par la dépense  $3^k,8942$  donnée par l'expérience, il viendra, pour la quantité d'action fournie par l'eau du réservoir,  $0^k,7126$  élevés à  $1^m$  par seconde ; celle *maximum* fournie

pour la roue, étant 0,5282, son rapport avec la première sera égal à la fraction 0,741.

Ce rapport est près de  $2\frac{1}{2}$  fois celui qui a été trouvé par Smeaton pour les roues ordinaires, et ne s'écarte guère du résultat donné par les meilleures roues hydrauliques connues. La théorie exposée dans la première partie de ce mémoire se trouve donc encore justifiée pour les valeurs absolues des quantités d'action, autant qu'elle peut l'être par l'expérience; car on se rappellera que cette théorie ne tient pas compte de plusieurs circonstances qui ont lieu dans la pratique, telles que la perte due au jeu dans le coursier, le choc de l'eau contre la roue, la vitesse qu'elle conserve après en être sortie, enfin la résistance qu'elle éprouve par son ascension le long des courbes.

27. S'il était permis de regarder comme entièrement exacte la vitesse moyenne  $1^m,895$  obtenue ci-dessus, on trouverait, en la comparant à la vitesse  $2^m,073$ , due théoriquement à la hauteur d'eau  $0^m,219$  au-dessus du centre du pertuis, qu'elle n'en est environ que les 0,92, en sorte que les 8 centièmes de la vitesse de l'eau au sortir de cette vanne se trouveraient perdus par l'effet des résistances et des contractions qu'elle éprouve tant à l'extérieur que dans l'intérieur du réservoir. Nous verrons plus tard, par des expériences directes, que ces nombres s'écartent très-peu des véritables, et que la différence 0,08 est due principalement à ce que l'eau s'échappe du pertuis avec une vitesse moindre que ne l'indique la théorie. En comparant d'ailleurs les chutes qui répondent aux vitesses  $1^m,895$  et  $2^m,073$ , on trouvera qu'elles sont entre elles dans le rapport de

( $1^m,895$ )<sup>2</sup> à ( $2^m,073$ )<sup>2</sup>, égal à (0,92)<sup>2</sup> ou 0,846 : de sorte que la chute de l'eau à la vanne se trouve affaiblie d'environ 15 centièmes par les causes ci-dessus. Pour comparer également la dépense effective, qui est de  $3^k,8942$ , à la dépense théorique, on remarquera que l'ouverture du pertuis est ici de 3 centimètres, et sa largeur de 76 millimètres environ; ce qui donne, pour l'aire par laquelle l'eau s'échappe,  $0^m,00228$  : la vitesse due à la hauteur au-dessus du centre de l'ouverture étant d'ailleurs, d'après ce qui précède, de  $2^m,0727$  par seconde, la dépense théorique pendant le même temps sera de  $0,00228.2,0727 = 0^m,0047258$  ou de  $4^k,7258$  en poids, quantité dont le rapport inverse à celle donnée par l'expérience est  $0^m,824$ .

28. L'on sera peut-être curieux de savoir si le rapport 0,741 des quantités d'action trouvées au n<sup>o</sup>. 26 est précisément le coefficient qui doit affecter la formule théorique des pressions P, rappelée au n<sup>o</sup>. 23. Pour y parvenir, il n'y a pas d'autre moyen que de comparer cette formule à celle qui serait donnée par l'équation de la droite M C (*fig. 7.*) des poids soulevés par la roue. Or, nous avons déjà trouvé que l'abscisse du point D, qui répond à un poids nul, représentait  $1^t,2775$  de roue, et d'une autre part la construction donne pour le poids A P, qui correspond à une vitesse nulle de la roue,  $7^k,55$  : dont on a, en ayant égard aux échelles respectives des ordonnées et des abscisses (22), et  $t$  étant d'ailleurs le nombre de tours qui répond à un poids quelconque  $p$  soulevé par la roue :

$$p = \frac{75500}{12775} (1,2775 - t).$$

Mais (21) et (26), le poids  $p$  s'élève à la hauteur

$0^m,2188$ , tandis que le centre d'impression moyenne de la roue décrit la circonférence,  $1^m,483$ : donc on a entre  $p$  et la pression  $P$  exercée sur cette circonférence la relation  $p. 0,2188 = P. 1,483$ . D'une autre part,  $v$  étant en général la vitesse du centre d'impression dont il s'agit, on a  $v = 1^m,485 t$ : tirant de là les valeurs de  $t$  et de  $p$ , et les substituant dans l'équation ci-dessus, elle deviendra, tous calculs faits,

$$P = 0,58797 (1,895 - v)^{kil.}$$

C'est cette équation qu'il faut maintenant comparer avec la suivante,

$$P = 2m (V - v = 203,894 D (V - v)^{kil.}$$

trouvée art. 4, et dans laquelle  $D$  exprime le volume de l'eau écoulee pendant une seconde; mais on a ici (21 et 26),

$$D = 0^m,0038942 V = 1^m,895 :$$

donc cette équation deviendra,

$$P = 0,794022 (1,895 - v)^{kil.}$$

On voit qu'elle ne diffère absolument de la première que par la valeur des coefficients, et que le rapport  $\frac{0,58797}{0,794022} = 0,740$  de ces coefficients ne s'écarte que d'un millième de celui  $0,741$ , qui a été trouvé ci-dessus pour les quantités d'action de l'eau et de la roue relatives au maximum d'effet; ce qui est un degré d'approximation auquel on ne devait pas s'attendre dans des expériences du genre de celles qui nous occupent.

29. Nous avons cru devoir insister beaucoup sur l'exemple qui précède et l'examiner sous tous

les points de vue, parce que les expériences qui le concernent et qui sont représentées par le tableau du n<sup>o</sup>. 21, ont été faites avec beaucoup de soin, et qu'elles tendent à confirmer d'une manière en quelque sorte rigoureuse les applications du principe des forces vives aux roues hydrauliques, non pas seulement comme on s'est contenté de le faire jusqu'à présent pour les circonstances toutes particulières du *maximum* d'effet de ces roues, mais pour la série des effets qu'elles peuvent produire sous l'action d'une même force motrice; car les résultats qui précèdent prouvent que les mêmes coefficients sont applicables à toutes les valeurs des formules déduites de ce principe.

Nos vérifications, au surplus, ne se sont pas bornées à ce seul exemple, et nous pourrions en rapporter d'autres si nous ne craignons d'allonger trop ce mémoire, et de nous écarter de l'objet spécial qu'on s'y propose.

30. On se rappellera, en effet, qu'il s'agit de comparer entre elles dans les différens cas les quantités d'action fournies par la nouvelle roue et par l'eau qui agit sur elle, afin de pouvoir apprécier d'une manière exacte les avantages qui peuvent être propres à cette roue, et les circonstances particulières où ces avantages auront lieu par son emploi dans la pratique. Or, nous ne sommes pas encore en état de résoudre ces questions d'une manière satisfaisante, attendu que nous ne connaissons pas avec exactitude la vitesse moyenne de l'eau à l'endroit de la roue, et que c'est néanmoins cette vitesse qu'il faut déterminer (26), si l'on veut obtenir des résultats comparables à ceux de la théorie.

Le moyen employé ci-dessus (26), outre qu'il est long et pénible, est d'ailleurs trop indirect pour qu'on puisse regarder comme suffisamment approchées de la vérité les valeurs auxquelles il fait parvenir : c'est pourquoi la première chose dont nous ayons à nous occuper maintenant est de déterminer, par une série d'expériences, les circonstances de l'écoulement de l'eau par la vanne et le coursier que nous avons mis en usage : nous ferons de ces expériences l'objet de la dernière partie de ce mémoire; et pour compléter celle-ci autant qu'elle peut l'être quant à présent, nous terminerons par donner le tableau des divers résultats d'expériences et des calculs faits sur la roue pour le cas du *maximum* d'effet, en variant les ouvertures de vanne et la hauteur d'eau dans le réservoir, entre des limites assez étendues quant aux dimensions admises pour cette roue.

TABLEAU des résultats d'expériences faites sur la roue, sous différentes charges d'eau et ouvertures de vanne.

Nos des expériences.	Hauteur de l'ouverture de la vanne.	Hauteur de l'eau au-dessus du seuil de la vanne.	Dépense effective de l'eau en une seconde exprimée en poids.	Rapport de la Dépense effective à la Dépense théorique.	Nombre de tours de la roue pour le <i>maximum</i> d'effet.	Vitesse de la circonférence extérieure de la roue au <i>maximum</i> .	Quantité d'action <i>maximum</i> de la roue.
	m.	m.	kil.			m.	
1		0,130	0,9412	0,791	0,4274	0,675	0,0553
2	0,01	0,180	1,1219	0,797	0,5814	0,919	0,0903
3		0,234	1,2778	0,793	0,6849	1,082	0,1351
4		0,100	1,6211	0,803	0,4000	0,632	0,0952
5		0,130	1,9068	0,802	0,4525	0,715	0,1389
6	0,02	0,150	1,9785	0,785	0,4630	0,732	0,1609
7		0,184	2,3439	0,793	0,5495	0,868	0,2284
8		0,234	2,6474	0,790	0,7143	1,129	0,3133
9		0,100	2,4052	0,813	0,3937	0,622	0,1341
10		0,130	2,8527	0,833	0,4464	0,705	0,2140
11	0,03	0,150	2,9677	0,801	0,4762	0,752	0,2559
12		0,180	3,4500	0,841	0,5952	0,940	0,3599
13		0,234	3,8942	0,824	0,6667	1,053	0,5282

*Observations.*

31. D'après ce qui a été dit précédemment, il paraît peu nécessaire d'entrer dans des détails sur la formation de ce tableau ; je me contenterai simplement de présenter quelques réflexions sur les anomalies qui se trouvent dans la cinquième colonne, entre les rapports des dépenses effectives et théoriques.

Ces anomalies ont lieu plus particulièrement, comme on voit, pour les ouvertures de vanne de 3 centimètres, correspondantes à de grandes dépenses d'eau : or cela n'offre rien de bien étonnant, si l'on considère qu'il doit alors régner une plus grande incertitude dans l'observation directe des dépenses. On se tromperait néanmoins si on les attribuait à cette seule cause, car les nombres de la cinquième colonne dépendent non-seulement de la dépense effective de l'eau, mais encore de la mesure directe de l'aire de l'orifice, qu'il n'est pas facile d'évaluer dans notre cas, et sur laquelle il suffit de se tromper d'un 30<sup>ème</sup>. pour obtenir des différences de plusieurs centièmes dans les rapports des dépenses effectives aux dépenses théoriques.

Ces rapports, tels qu'ils sont portés à la cinquième colonne, ne doivent donc point être regardés comme des nombres absolus, d'autant plus que les expériences qui les concernent ont été faites à des époques souvent éloignées de plusieurs jours : en sorte qu'outre l'impossibilité de régler d'une manière constante les hauteurs de la vanne, il a pu encore survenir quelque dérangement dans le système de la charpente. Or,

les circonstances de l'écoulement n'ayant pas été les mêmes dans les différens cas, il est impossible que les résultats concordent parfaitement entre eux. Tout ce qu'il nous importe pour le moment de faire reconnaître et admettre, c'est qu'individuellement ces résultats sont tous très-exacts quant à ce qui concerne l'observation directe de la hauteur d'eau et de sa dépense, seules données qui nous soient indispensables pour l'évaluation de la quantité d'action fournie par l'eau, et qui ont toujours été déterminées à plusieurs reprises avec toute la précision désirable dans des expériences de ce genre.

32. Pour ne laisser absolument aucun doute à cet égard, il suffira d'une seule observation : les expériences numérotées 6 et 11 sont celles dont les nombres portés à la cinquième colonne offrent la plus grande anomalie relativement aux expériences voisines, puisqu'ils sont plus faibles de quelques centièmes. Or, ces expériences ont été faites toutes deux le même jour et à une époque éloignée de celle qui appartient aux autres ; et quant au dérangement qui peut survenir dans la charpente du vannage, nous en avons acquis la preuve, lorsqu'au bout d'un certain temps nous avons voulu reprendre la mesure de la largeur du pertuis et du coursier : cette largeur, qui primitivement était de 8 centimètres, s'est trouvée de 0<sup>m</sup>,076 et même de 0<sup>m</sup>,074, de sorte que, par l'effet de l'humidité ou d'autres causes, elle avait varié de plus d'un vingtième.

Dans l'évaluation des nombres de la cinquième colonne, on a cherché, autant que possible, à tenir compte de cette cause d'erreur ; néanmoins, comme elle n'a été observée qu'au

bout d'un certain temps, on ne saurait regarder ces nombres comme indiquant avec exactitude les rapports des dépenses effectives aux dépenses théoriques. Nous reviendrons plus tard sur cet objet, en reprenant la série entière des expériences sur l'écoulement, de façon à obtenir des résultats entièrement comparables. Il nous suffit pour le moment d'avoir constaté que les anomalies des nombres de la cinquième colonne du tableau ci-dessus ne sont pas dues entièrement aux erreurs de l'observation dans les dépenses effectives, qui, je le répète, ont toutes été faites avec le plus grand soin et à plusieurs reprises.

### TROISIÈME PARTIE.

#### *Expériences sur les lois de l'écoulement de l'eau dans l'appareil mis en usage.*

33. Avant de rapporter les résultats de ces expériences, il est bon de prévenir qu'elles n'ont point été faites dans le même temps ni dans le même local que les précédentes; des circonstances indépendantes de la volonté, et qu'on a déjà fait connaître au commencement de la deuxième partie, ont forcé de reporter l'appareil sur un autre cours d'eau: on doit donc, d'après ce qui vient d'être remarqué pour les expériences précédentes, s'attendre à trouver quelque différence entre les nouveaux et les anciens résultats concernant les dépenses d'eau; mais comme on a mis le plus grand soin à replacer les choses dans leur état primitif; que d'ailleurs la disposition du réservoir, du vannage et du coursier intérieur ou extérieur n'a pas été changée, on est encore en droit d'attribuer une

grande partie de ces différences aux erreurs commises dans l'évaluation de l'ouverture du pertuis, et de regarder ainsi les circonstances et les lois de l'écoulement de l'eau comme exactement semblables sous tous les autres rapports, c'est-à-dire en d'autres termes, que nous regarderons comme les mêmes pour tous les cas les vitesses de l'eau qui appartiennent à une même chute et à une même hauteur de vanne.

Au surplus, lorsqu'on en viendra, par la suite, à tirer de ces expériences la mesure des quantités d'action de l'eau, on aura soin de discuter les différentes causes qui peuvent infirmer ou confirmer les conséquences qu'on se propose d'en déduire, et qui font véritablement l'objet de ce mémoire.

34. Nous avons déjà indiqué comment nous sommes parvenus à déterminer avec une approximation suffisante la dépense de l'eau pendant une seconde, sous différentes chutes et sous différentes ouvertures de vanne: il nous reste à expliquer comment nous nous y sommes pris pour obtenir la vitesse effective à l'endroit de la roue.

Le moyen le plus ordinairement employé consiste, comme on sait, à se servir d'un moulinet très-léger placé sur le courant; mais comme ce moyen n'est pas sans inconvéniens dans le cas actuel, et laisse d'ailleurs quelque incertitude sur la mesure de la vitesse moyenne, nous lui avons substitué la méthode des profils, qui est, sans contredit, préférable, puisque l'on connaît la dépense du courant. Voulant d'ailleurs obtenir la section d'eau avec toute l'exactitude possible, nous avons fait préparer deux sortes de

37. Pour ne rien négliger d'essentiel, nous devons rappeler que les joues du coursier qui a servi à nos expériences portent des renfoncemens circulaires R E C, *fig. 2 et 3*, destinés à recevoir les anneaux de la roue, qui forment comme les prolongemens de la partie antérieure de ces joues. Avant donc de commencer aucune expérience sur l'écoulement, nous avons jugé à propos de faire garnir ces renfoncemens par de petites planchettes affleurant exactement les parois du coursier, et cela, afin de placer les choses à-peu-près dans le même état que lorsqu'on opère avec la roue, et d'éviter sur-tout une trop grande déformation dans le profil de la lame d'eau. L'ouverture de la vanne et la hauteur de l'eau dans le réservoir étant alors réglées convenablement, nous avons pu prendre avec quelque exactitude le profil sous l'axe de la roue, en CC', *fig. 1, 2 et 3*, c'est-à-dire à 11 centimètres environ de la vanne, et en déduire la vitesse de l'eau au même endroit : une opération semblable, répétée près la section contractée, c'est-à-dire à une distance de l'arête supérieure du pertuis, égale à-peu-près à sa demi-hauteur, nous permettait de déduire la plus grande vitesse de l'eau au sortir de ce pertuis : le rapport entre ces deux vitesses était d'ailleurs assigné immédiatement par le rapport inverse des profils correspondans.

Quoique le calcul de ce rapport et de la vitesse au sortir de la vanne, ne soit pas indispensable à notre objet, nous avons cru devoir en consigner les résultats dans le tableau ci-après, parce qu'ils peuvent donner lieu à des observations utiles. Par la même raison, nous avons aussi comparé la vitesse de l'eau à l'endroit de la vanne à

la vitesse moyenne assignée par les formules connues, laquelle est due, à peu de chose près, comme on sait, à la hauteur du niveau au-dessus du centre de l'ouverture; enfin, pour ne négliger absolument rien de ce qui peut être susceptible de quelque intérêt, nous avons calculé les dépenses théoriques de l'eau et leurs rapports aux dépenses effectives données par l'expérience.

1<sup>er</sup>. TABLEAU contenant les résultats d'expériences faites sur l'écoulement de l'eau, pour différentes chutes et une ouverture de vanne d'un centimètre (1).

Nos. des expériences.	Hau- teur de l'eau au-des- sus du seuil de la vanne.	DÉPENSE		Rap- port des dé- penses ou des vitesses effec- tives et théori- ques à la vanne.	Vitesse de l'eau à la vanne d'après la théorie.	RAPPORT		
		effec- tive de l'eau en litres.	de l'eau d'après la théorie.			des vitesses effecti- ves à la section contractée aux vi- tesses théori- ques.	des vitesses effecti- ves à la roue et à la sec- tion contractée.	des vitesses à la roue aux vitesses théo- riques.
	m.	lit.	lit.		m.			
1	0,277	1,426	1,756	0,812	2,310	1,002	0,853	0,855
2	0,249	1,343	1,663	0,808	2,188	0,997	0,855	0,852
3	0,227	1,269	1,586	0,800	2,087	0,988		
4	0,197	1,191	1,475	0,807	1,941	0,996		
5	0,182	1,144	1,416	0,808	1,863	0,998		
6	0,170	1,105	1,367	0,808	1,799	0,998	0,858	0,856
7	0,147	1,014	1,268	0,800	1,669	0,987		
8	0,132	0,949	1,199	0,792	1,578	0,977		
9	0,119	0,900	1,131	0,796	1,488	0,982	0,871	0,855
10	0,102	0,825	1,039	0,794	1,367	0,980		
11	0,090	0,733	0,981	0,788	1,291	0,972		
12	0,082	0,727	0,934	0,779	1,229	0,961	0,885	0,851

(1) On remarquera sans peine que les nombres de la septième colonne du tableau sont les produits de ceux de la cinquième, par le nombre constant 1,2346, qui représente

*Observations.*

38. L'inspection de la cinquième colonne de ce tableau semble indiquer que le rapport de la dépense effective à la dépense théorique, ou, ce qui est la même chose, le rapport de la vitesse effective à la vitesse théorique à la vanne, diminue avec la hauteur de l'eau dans le réservoir; et comme le profil près de la section contractée n'a pas varié d'une manière appréciable dans tout le cours des expériences, on en doit conclure encore que les vitesses effectives de l'eau à la section contractée différaient d'autant plus des vitesses théoriques, que la chute était moindre: c'est ce qui est indiqué assez clairement dans la septième colonne, qui contient les rapports de ces vitesses.

On voit d'ailleurs que la diminution de vitesse ne devient bien appréciable que pour les très-petites chutes; ce qui tient sans doute à ce que la section de l'eau, à l'entrée du canal intérieur *fgh*, *g'h'* (*fig.* 1 et 2), dont il a été question, article 17, devenait alors très-comparable à l'aire du pertuis. On remarquera, en effet, que le rapport des dépenses effectives aux vitesses et aux dépenses théoriques ne diminue d'une manière bien sensible qu'à partir de la hauteur de chute, 17 centimètres: or, cette hauteur ne s'écarte guère de celle *fg* qu'avaient les taquets qui for-

(42) le rapport  $\frac{100}{81}$  de l'aire du pertuis à l'aire de la section contractée; comme aussi les nombres de la neuvième colonne sont les produits des nombres correspondans des colonnes 7 et 8.

maient le canal intérieur. La même observation s'applique d'ailleurs aux résultats d'expériences faites sur les ouvertures de vanne de 2 et de 3 centimètres, qui seront rapportés plus loin.

39. D'après les nombres de la huitième colonne, on peut conclure aussi que l'eau éprouve une grande perte de vitesse de la part du coursier extérieur, et que la pente d'un dixième, qu'on lui a donnée d'après les indications de divers auteurs, est bien loin de suffire pour compenser cette perte, dans le cas actuel, d'une lame d'eau d'un centimètre; toutefois la résistance semble décroître avec la vitesse, conformément à ce que l'on connaît déjà.

40. Nous venons de dire que la section à la veine contractée n'avait pas sensiblement varié dans tout le cours des expériences; nous nous en sommes assurés d'une manière positive, en plaçant l'un des instrumens décrits ci-dessus (34) à l'endroit de cette section et l'y laissant à demeure, tandis que l'on faisait varier la hauteur de l'eau dans le réservoir entre les limites des diverses expériences; les pointes des tiges ayant été mises aussi exactement que possible en contact avec la nappe supérieure de l'eau, dont le profil était une véritable droite horizontale, on observa constamment, soit pour l'ouverture de vanne actuelle, soit pour les diverses autres ouvertures mises en expériences, que les pointes ne cessaient en aucun instant d'affleurer la surface supérieure de l'eau; seulement, le contact n'avait pas lieu lorsque la hauteur de l'eau dans le réservoir devenait tellement faible, que l'éconlement cessait de se faire d'une manière régulière, en un mot, pour des hauteurs qui se trou-

vaient en dehors des limites de nos expériences.

41. Au surplus, l'eau paraissait suivre exactement les parois du coursier auprès de la vanne, et la contraction nese manifestait que par un léger abaissement de sa nappe supérieure, dont le profil, avons-nous dit, était une véritable ligne droite; le plus grand abaissement avait lieu à une distance d'environ 5 à 6 millimètres de l'arête supérieure du pertuis, c'est-à-dire égale environ à la demi-ouverture. Au-delà, le profil de l'eau présentait sur les côtés une légère dépression exprimée en  $e'fg'$  (*fig. 8*), qui allait en augmentant vers l'extrémité du coursier; l'inflexion croissait d'ailleurs avec l'épaisseur de la lame d'eau, comme on le voit par les lignes  $efg$ ,  $e''f'g''$  de la figure.

Il est évident que ces effets doivent être attribués à ce qu'il existait encore une contraction latérale au sortir de l'eau par la vanne, mais intérieure et insensible; c'est ce qui nous a été prouvé par la suite, lorsque, ayant disposé le pertuis comme l'expriment les *fig. 5* et *6* et qu'il a été expliqué au n°. 18, nous avons reconnu par l'expérience que, même pour des épaisseurs d'eau de 3 centimètres, la dépression latérale n'avait plus lieu, en sorte que le profil de la nappe supérieure présentait par-tout une véritable ligne droite.

42. L'opération détaillée plus haut (40) nous a conduits à admettre le nombre 0,81 pour le rapport des aires de la section contractée et de l'ouverture du pertuis, en attribuant à ces sections la largeur commune de 76 millimètres, qui est celle même du coursier: ce nombre est, comme on voit, supérieur à celui qui a été obtenu pour

le rapport des dépenses effectives et théoriques: or on ne peut répondre de son exactitude, à un ou deux centièmes près, attendu que ces centièmes répondent ici à des dixièmes de millimètre, degré d'approximation que l'on ne saurait se flatter d'avoir obtenu dans le résultat des mesures.

D'après cela, et en supposant d'ailleurs exactes les dépenses effectives et la largeur de 76 millimètres, admise pour la section contractée, on voit que les nombres de la septième colonne peuvent différer de quelques centièmes de leur véritable valeur, et qu'en particulier rien ne prouve, dans le cas actuel, que la vitesse à la section contractée soit réellement égale à celle indiquée par la théorie pour les grandes hauteurs d'eau: ce qu'il y a seulement de certain, c'est que l'erreur, si elle existe, doit les affecter tous proportionnellement. On peut appliquer les mêmes observations aux nombres de la huitième colonne; quant à ceux de la colonne suivante, les plus intéressans de tous pour l'objet de ce mémoire, les erreurs doivent être moindres, puisqu'elles dépendent de la mesure d'une lame d'eau plus épaisse. Conformément à la remarque déjà faite (36), nous sommes fondés à croire que cette erreur ne surpasse pas un quarantième ou même un cinquantième, et qu'elle tend à augmenter la véritable valeur des nombres de la neuvième colonne.

43. Quoi qu'il en soit, ces nombres prouvent que, bien que les vitesses de l'eau à la contraction soient dans un rapport variable avec les vitesses théoriques, d'une part, et avec les vitesses sous la roue de l'autre; cependant, par une sorte de compensation, ces dernières sont dans un rapport qu'on peut regarder comme à-peu-près constant

avec les vitesses théoriques, c'est-à-dire avec les vitesses dues théoriquement à la hauteur de l'eau au-dessus de l'orifice : en effet les différences des nombres de la neuvième colonne ne vont pas au-delà des millièmes.

A la vérité, ces nombres n'ont été calculés que pour cinq termes assez éloignés entre eux ; mais comme les aires des sections de l'eau sous la roue variaient extrêmement peu, et diminuaient cependant d'une manière graduelle et continue d'un terme à l'autre, ainsi qu'il a été aisé de le constater par l'observation du profil, il devenait peu nécessaire de resserrer davantage ces termes pour obtenir avec une précision suffisante la loi qui leur appartenait : en traçant d'ailleurs la courbe qui représente cette loi pour les diverses hauteurs d'eau, nous avons pu intercaler de nouveaux termes entre les premiers, et reconnaître ainsi que les nombres de la neuvième colonne demeureraient, pour toute la série des expériences, compris entre 0,848 et 0,858. Ainsi donc on peut, dans le cas actuel, regarder comme constante la perte de vitesse éprouvée par l'eau de la part de diverses résistances et contractions intérieures ou extérieures ; le nombre 0,854, moyen entre tous ceux de la neuvième colonne, pourra d'ailleurs être pris pour celui qui doit multiplier les vitesses dues théoriquement aux diverses hauteurs de l'eau au-dessus du centre de l'orifice, et son carré 0,729, qui doit être un peu trop fort (42), pour le nombre par lequel il faudra multiplier ces mêmes hauteurs, lorsqu'on voudra obtenir les chutes dues aux vitesses effectives de l'eau à l'endroit de la roue.

44. Après ces diverses réflexions, qui étaient

nécessaires pour éclairer l'objet du tableau du n<sup>o</sup>. 37, nous passerons de suite aux expériences qui concernent des ouvertures de vanne de 2 et 3 centimètres de hauteur, et afin d'éviter des répétitions inutiles, nous les présenterons réunies, quoique dans deux tableaux différens.

2<sup>e</sup>. TABLEAU d'expériences sur l'écoulement de l'eau, la hauteur de l'orifice étant de 2 centimètres.

Nos. des expériences.	Hau- teur de l'eau au-des- sus du seuil de la vanne.	DÉPENSE		Rap- port des dé- penses ou des vitesses effecti- ves et théori- ques à la vanne.	Vitesse de l'eau à la vanne d'après la théorie.	RAPPORT		
		effec- tive de l'eau en litres.	de l'eau d'après la théo- rie.			des vitesses effecti- ves à la section contrac- tée aux vitesses théori- ques.	des vitesses effecti- ves à la roue et à la section contrac- tée.	des vitesses à la roue aux vitesses théo- riques.
	m.	lit.	lit.		m.			
1	0,269	2,746	3,426	0,801	2,254	0,971	0,944	0,917
2	0,252	2,726	3,379	0,807	2,179	0,978	0,930	0,929
3	0,212	2,413	3,026	0,797	1,991	0,966	0,962	0,929
4	0,190	2,300	2,872	0,801	1,889	0,971	0,964	0,936
5	0,184	2,244	2,807	0,799	1,847	0,968	0,967	0,936
6	0,172	2,140	2,710	0,790	1,783	0,958	0,971	0,930
7	0,142	1,927	2,446	0,788	1,609	0,955	0,977	0,933
8	0,117	1,735	2,202	0,787	1,449	0,954	0,985	0,939
9	0,102	1,586	2,042	0,777	1,343	0,942	1,004	0,946
10	0,082	1,368	1,806	0,757	1,188	0,917	1,020	0,935
11	0,072	1,227	1,676	0,732	1,103	0,887	1,038	0,921

3<sup>e</sup>. TABLEAU d'expériences sur l'écoulement de l'eau, la hauteur de l'orifice étant de 3 centimètres.

N <sup>os</sup> . des expé- riences.	Hau- teur de l'eau au-des- sus du seuil de la vanne.	DÉPENSE		Rap- port des dé- penses ou des vitesses effecti- ves et théori- ques à la vanne.	Vitesse de l'eau à la vanne d'après la théorie.	RAPPORT		
		effec- tive de l'eau en litres.	de l'eau d'après la théorie.			des vitesses effecti- ves à la section con- tractée aux vitesses théori- ques.	des vitesses effecti- ves à la roue et à la section con- tractée.	des vitesses à la roue aux vitesses théo- riques.
1	m. 0,260	lit. 4,461	lit. 4,998	0,892	m. 2,192	0,963	0,963	0,927
2	0,246	4,304	4,856	0,886	2,130	0,956	0,965	0,923
3	0,227	4,112	4,649	0,884	2,039	0,954	0,969	0,924
4	0,212	3,957	4,482	0,883	1,966	0,953	0,971	0,925
5	0,205	3,890	4,403	0,884	1,931	0,954	0,973	0,928
6	0,192	3,755	4,252	0,883	1,865	0,953	0,978	0,932
7	0,182	3,608	4,127	0,874	1,810	0,943	0,981	0,925
8	0,166	3,434	3,922	0,875	1,720	0,944	0,988	0,933
9	0,152	3,228	3,737	0,864	1,639	0,932	0,995	0,927
10	0,142	3,041	3,596	0,846	1,577	0,913	1,006	0,918
11	0,128	2,897	3,393	0,854	1,488	0,927	1,018	0,944
12	0,114	2,629	3,128	0,840	1,372	0,906	1,026	0,930
13	0,102	2,470	2,980	0,829	1,307	0,894	1,034	0,924
14	0,090	2,244	2,768	0,811	1,214	0,875	1,065	0,931
15	0,082	2,056	2,615	0,786	1,147	0,848	1,083	0,918
16	0,072	1,868	2,415	0,773	1,059	0,834	1,095	0,913

## Observations.

45. Ces deux tableaux confirment la plupart des observations qui ont été faites sur le précédent; la neuvième colonne du tableau n<sup>o</sup>. 2 semble indiquer, toutefois, que le rapport des vitesses effectives sous la roue aux vitesses théoriques n'est pas constant pour toutes les hauteurs d'eau et qu'il est un peu plus grand pour les petites; mais nous ne saurions admettre ce résultat, attendu que les expériences qui concernent ce tableau ont été faites dans des circonstances bien moins favorables que celles des deux autres, vu que le temps était moins calme et qu'on a été obligé d'interrompre souvent la suite des expériences: les moindres agitations de l'air suffisent en effet pour donner, dans l'observation des dépenses d'eau, des différences qui s'élèvent jusqu'au quatre-vingtième et même jusqu'au soixantième de leur valeur totale.

En ne tenant pas compte d'ailleurs des expériences 1, 8, 9 et 11 du tableau, dont les résultats offrent les plus fortes anomalies, on sera suffisamment autorisé à regarder comme constans les nombres de la neuvième colonne, puisque leurs différences ne vont pas à un centième: prenant donc la moyenne entre tous ces nombres, on trouvera qu'elle est égale à 0,9285, dont le carré 0,862 exprime, comme nous l'avons déjà expliqué (43), le rapport moyen de la hauteur due aux vitesses effectives de l'eau, à l'endroit de la roue, aux hauteurs correspondantes de l'eau dans le réservoir, prises à partir du centre de l'orifice d'écoulement.

rent pas en général d'un vingtième de leur valeur moyenne 0,01341, soit en plus, soit en moins : de sorte que, divisant de nouveau cette valeur moyenne par les différentes hauteurs de chutes, et ajoutant au quotient le nombre constant 0,91, qu'on avait retranché d'abord, les nombres qui en résulteront ne différeront, à leur tour, que dans les millièmes de ceux qui leur correspondent respectivement dans la huitième colonne du tableau. Une semblable observation est applicable aux tableaux nos. 1 et 2.

Cette circonstance, jointe à ce que le rapport des vitesses sous la roue aux vitesses théoriques, donné par la dernière colonne des tableaux, est constant, permet de représenter par des formules générales les différens résultats de nos expériences. A cet effet, nommons

$a$ , la hauteur de l'orifice ou de l'ouverture de vanne;

$b$ , sa largeur et  $S$  son aire;

$S'$ , l'aire de la section contractée;

$H$ , la hauteur du niveau de l'eau au-dessus du seuil de la vanne;

$h = H - \frac{a}{2}$  la hauteur de ce même niveau sur le centre de l'orifice;

$K$ , le rapport des dépenses effectives et théoriques

$D$  } ces dépenses respectives ;  
 $D'$  }

$V$ , la vitesse moyenne effective de l'eau à la section contractée;

$V'$ , la vitesse de l'eau due théoriquement à la hauteur  $h$ ;

$V''$ , la vitesse moyenne effective de l'eau sous la roue;

$A$ , le rapport constant de cette dernière vitesse à la vitesse théorique, rapport qui est donné par la neuvième colonne (45, 45 et 46);

$B$ , la quantité constante retranchée des nombres de la huitième colonne, et qui est telle que le produit des restes par les hauteurs  $H$  données par la deuxième colonne est lui-même invariable;

$C$ , enfin, le produit invariable dont il s'agit;

On aura, d'après ce qui précède, en nommant à l'ordinaire  $g$  la gravité,

$$A = \frac{V''}{V'} = H \left( \frac{V''}{V} - B \right) = C, \quad D = KD' = KSV',$$

$$D = S'V, \quad D' = SV', \quad V' = \sqrt{2gh} = \sqrt{2g(H - \frac{a}{2})};$$

D'où l'on tire entre autres,

$$\frac{V}{V'} = K \frac{S}{S'} = \frac{AH}{C + BH}, \quad K = \frac{S'}{S} \frac{AH}{C + BH},$$

$$D = S' \frac{AH \sqrt{2g(H - \frac{a}{2})}}{C + BH} = S' \frac{A(h + \frac{1}{2}a \sqrt{2gh})}{C + B(h + \frac{1}{2}a)}$$

Ces formules sont susceptibles de représenter les valeurs des tableaux avec une précision comparable à celle des expériences mêmes, par une détermination convenable des constantes, qui y entrent.

Par exemple, dans les cas d'une ouverture de vanne de 3 centimètres, on a (46, 47 et 48)

$$S = 0^m,030.0^m,076, \quad S' = 0^m,0278.0^m,076,$$

$$A = 0,927, \quad B = 0,91, \quad C = 0,01341.$$

Substituant ces valeurs, il viendra

$$K = \frac{0,94398 H}{0,01474 + H}, D = \frac{0,0021523H}{0,01474 + H} \sqrt{2g(H - 0,015)},$$

formules qui redonnent les nombres des cinquième et troisième colonnes du troisième tableau, à un centième près de leurs valeurs.

49. Ces différentes formules ne sauraient s'appliquer d'ailleurs directement aux cas ordinaires de la pratique, attendu que les constantes qui y entrent sont des fonctions inconnues des diverses données, et que les dispositions particulières admises (18) ne doivent point être employées, puisqu'elles font perdre une portion notable de la vitesse de l'eau au sortir de la vanne. Nous ne les avons présentées que pour faire apprécier le degré de précision apporté dans les expériences, et pour inspirer la confiance nécessaire dans les résultats qu'on se propose d'en déduire; peut-être aussi qu'elles pourront servir, par la suite, à éclaircir quelque point encore obscur de la théorie des fluides. On ne doit pas oublier que notre objet essentiel est ici de constater la perte de vitesse éprouvée par l'eau de la part des diverses résistances inhérentes à l'appareil mis en usage. Dans la section suivante, nous examinerons quel est le rapport de la quantité d'action transmise réellement à la roue à celle qui est possédée par l'eau, à l'instant où elle commence à agir, et nous discuterons toutes les causes qui ont pu influer sur les résultats, de façon qu'il ne reste aucune incertitude sur le degré d'avantage que peuvent présenter, dans la pratique, les roues dont il s'agit.

#### QUATRIÈME PARTIE.

*Recherche de la quantité d'action transmise, dans les divers cas, par les roues à aubes courbes.*

50. Les résultats obtenus dans le précédent paragraphe, nous mettant en état de calculer immédiatement les vitesses que possède l'eau à l'instant où elle agit sur la roue, il serait aisé d'en conclure la portion d'effet transmise par celle-ci, en se servant des nombres portés au tableau de l'article 30; mais il sera à propos de discuter auparavant quelques points de difficulté, sur lesquels nous avons déjà eu le soin d'appeler l'attention du lecteur.

En premier lieu, on a remarqué (43 et 46) que les rapports des vitesses effectives de l'eau, à l'endroit de la roue, aux vitesses dues théoriquement à la hauteur de l'eau, au-dessus du centre de l'orifice, se trouvaient peut-être estimés un peu trop haut, d'après la nature des opérations mises en usage: or il en résulte que les quantités d'action de l'eau, qui seront déduites de ces rapports, pourront également être un peu plus fortes que les véritables; l'erreur, si elle existe, sera donc tout entière à l'avantage des conséquences qu'on cherche à établir dans ce mémoire.

En second lieu, nous avons aussi remarqué (33) qu'attendu que les dernières expériences n'ont point été établies dans le même temps ni dans le même local que celles qui avaient pour objet la mesure de la quantité d'action transmise par la roue, les anciennes et les nouvelles dé-

penses ne pouvaient concorder exactement entre elles; c'est ce qu'on peut voir, en effet, par la comparaison des trois derniers tableaux avec celui de l'article 30, dans lequel les dépenses sont généralement plus faibles, sur-tout pour les ouvertures de vanne de 3 centimètres. Nous croyons avoir établi (31 et suivans), par l'exemple même des anomalies, que présente le tableau du n°. 30, que les différences ne peuvent être attribuées qu'en bien faible partie, aux erreurs commises sur la mesure effective des dépenses et des hauteurs d'eau, mais qu'elles proviennent principalement de ce que l'on n'est pas certain d'avoir obtenu, dans les différens cas, les mêmes ouvertures d'orifice, attendu la difficulté de régler convenablement ces ouvertures et d'empêcher qu'elles ne varient, après un certain temps, par l'effet de différentes causes.

51. Enfin nous avons également remarqué au commencement de la troisième partie, que les circonstances de l'écoulement n'ont pas dû varier d'une manière sensible pour les mêmes hauteurs d'eau et les ouvertures de vanne qu'on a supposées égales, de sorte que les vitesses seraient restées à-peu-près les mêmes dans les deux séries d'expériences, aussi bien que les pertes qu'elles éprouvent de la part des résistances et des contractions: nous pourrions donc appliquer immédiatement les résultats de la troisième partie de ce mémoire à la recherche des quantités d'action conservées par l'eau à l'extrémité du coursier; mais comme, tout en admettant l'exactitude de la mesure des dépenses dans les divers cas, on pourrait être tenté de rejeter une partie des anomalies sur l'altération des

vitesses à la sortie du pertuis, il convient d'examiner l'influence qui pourrait être due à cette dernière cause, indépendamment des erreurs commises dans l'estimation de la grandeur des orifices.

Or, puisque les expériences qui concernent le tableau de l'article 30 ont donné, pour les mêmes hauteurs d'eau et des orifices supposés égaux, des dépenses en général plus faibles que leurs correspondantes dans les trois derniers tableaux, il faudrait supposer que la vitesse, à l'entrée du coursier, eût été aussi sensiblement moindre dans les premières expériences, par suite de résistances intérieures et de contractions plus fortes; mais les huitièmes colonnes de nos trois derniers tableaux, comparées aux troisième et sixième colonnes, prouvent que si l'on introduit dans le même coursier deux lames d'eau, dont l'une ait une vitesse et une masse sensiblement plus grandes que l'autre, par exemple de plusieurs centièmes, les vitesses acquises respectivement au bout du coursier conserveront encore entre elles le même ordre de grandeur que les vitesses primitives: donc on serait conduit à admettre que la vitesse moyenne de l'eau sous la roue a dû être moindre, toutes choses égales d'ailleurs, pour les premières expériences que pour les dernières; nouvelle conséquence qui est entièrement à l'avantage des propositions que nous cherchons à établir pour notre roue, puisque les dépenses portées au tableau du n°. 30 sont d'ailleurs exactes, et que l'évaluation des vitesses sous la roue tend à augmenter les hauteurs des chutes, et par conséquent les quantités d'action de l'eau.

52. Ainsi, sous tous les rapports, nous nous croyons en droit d'établir le tableau suivant des quantités d'action de la roue, comparées à celles que possédait l'eau à l'instant d'agir : c'est ce qui sera d'ailleurs prouvé à *posteriori* par la régularité qui se trouve observée dans les lois des résultats.

Dans ce tableau, les nombres de la quatrième colonne ont été déduits de ceux qui leur correspondent dans la troisième, en les multipliant respectivement par les nombres déterminés aux articles 43, 45 et 46 de la troisième Partie de ce mémoire; les vitesses effectives qui se trouvent portées à la colonne suivante s'en déduisent naturellement : quant à la formation des autres colonnes, elle ne présente aucune difficulté d'après le tableau déjà dressé au n°. 30 des vitesses et des quantités d'action de la roue.

TABLÉAU des quantités d'action et des vitesses de l'eau et de la roue, pour le cas du maximum d'effet.

Nos. des expé- riences.	HAUTEUR			VITESSE		QUANTITÉ		RAPPORT	
	de l'ouver- ture de la vanne.	de l'eau au-des- sus du seuil de la vanne.	due à la vitesse effec- tive de l'eau sous la roue.	effec- tive de l'eau sous la roue.	de la circon- férence exté- rieure de la roue.	d'ac- tion ef- fective de l'eau à son en- trée dans la roue.	d'ac- tion maxi- mum fournie par la roue.	entre les vi- tesses de la roue et celles de l'eau.	entre la quan- tité d'action de la roue et celle de l'eau.
1	m. c.	0,130	0,091	1,386	0,675	0,0856	0,0553	0,505	0,646
2	0,01	0,180	0,128	1,582	0,919	0,1436	0,0903	0,581	0,629
3		0,234	0,167	1,810	1,082	0,2134	0,1351	0,600	0,633
4		0,100	0,786	1,234	0,632	0,1274	0,0952	0,512	0,747
5		0,130	0,103	1,424	0,715	0,1964	0,1389	0,502	0,707
6	0,02	0,150	0,121	1,539	0,732	0,2394	0,1609	0,476	0,672
7		0,184	0,150	1,715	0,868	0,3516	0,2284	0,506	0,650
8		,234	0,193	1,947	0,129	0,5109	0,3133	0,580	0,613
9		0,100	0,073	1,204	0,622	0,1756	0,1341	0,513	0,764
10		0,130	0,099	1,393	0,705	0,2824	0,2140	0,506	0,758
11	0,03	0,150	0,116	1,506	0,752	0,3443	0,2559	0,499	0,743
12		,180	0,142	1,668	0,940	0,4899	0,3599	0,563	0,735
13		0,234	0,188	1,922	1,053	0,7321	0,5282	0,548	0,721

*Observations.*

53. On voit, par les nombres de la neuvième colonne, que le rapport de la vitesse de la circonférence extérieure de la roue, pour le cas du *maximum* d'effet, à la vitesse effective de l'eau au moment où elle va y entrer, ne s'éloigne guère du nombre 0,50 qui est indiqué par la théorie (4) : seulement il semble généralement être un peu plus fort ; mais on doit considérer que ce n'est pas la vitesse de la circonférence extérieure de la roue que l'on aurait dû prendre pour lui comparer la vitesse de l'eau, mais bien celle de la circonférence qui répond au centre d'impression moyenne de cette eau ; ce qui eût nécessairement fait diminuer les nombres de la neuvième colonne. Au surplus, la détermination de la vitesse propre au *maximum* d'effet présente en elle-même une assez grande incertitude pour qu'on puisse attribuer les légères différences remarquées dans le tableau aux erreurs mêmes de l'observation ; sous ce point de vue donc, la théorie se trouve confirmée, aussi bien que les différens résultats d'expériences faites pour mesurer la vitesse de l'eau dans le coursier.

54. La dixième colonne du tableau, qui renferme le rapport des quantités d'action de la roue et de l'eau, est celle qui présente le plus grand intérêt sous le point de vue de la pratique. On voit en effet que ce rapport n'est jamais au-dessous de 0,6, tandis qu'il s'élève, dans certains cas, au-delà de 0,75 : or ce rapport dans les roues ordinaires, étant, d'après Smeaton, = 0,30

moyennement, on voit que notre roue, placée dans les mêmes circonstances, produira en général un résultat qui sera compris entre 2 fois et 2 fois  $\frac{1}{2}$  celui de ces dernières roues, et qui ne s'éloignera pas beaucoup du résultat donné par les meilleures roues hydrauliques connues. En se rappelant d'ailleurs (13) que la roue offrait un assez grand jeu dans le coursier, et en remarquant que la perte occasionnée par ce jeu devient d'autant plus sensible que la section de l'eau est moindre, on se rendra compte en partie de la diminution que présentent les nombres de la dixième colonne pour les petites ouvertures de vanne, quand on les compare à ceux des ouvertures plus grandes et qui appartiennent aux mêmes chutes : de sorte qu'on sera fondé à croire que, pour une roue mieux construite, les résultats eussent été sensiblement plus forts.

55. Maintenant on remarquera que pour une même ouverture de vanne, l'effet produit par la roue à aubes courbes, diminue un peu à mesure que la hauteur d'eau dans le réservoir ou sa vitesse dans le coursier augmente ; ce qui tient probablement à ce que la perte de force due à la résistance de l'eau contre les courbes devient elle-même plus considérable ; mais comme, d'un autre côté, cette résistance doit proportionnellement décroître quand la masse d'eau augmente, on est fondé à admettre qu'en grand les résultats donnés par une roue de la même espèce bien construite, seront au moins aussi avantageux qu'en petit : en sorte qu'on peut prendre le nombre 0,75 pour représenter le rapport des quantités d'actions fournies par la roue et par l'eau, pour les petites chutes et fortes dépenses,

par exemple, pour des chutes au-dessous de 2 mètres, avec des ouvertures de vanne de 15 à 25 centimètres de hauteur; tandis qu'on pourra supposer ce même rapport seulement égal à 0,65, pour le cas contraire d'une grande chute ou d'une petite ouverture de vanne.

Si d'ailleurs on voulait tenir compte du jeu qui existe dans le coursier, on pourrait, sans s'éloigner beaucoup de la vérité, prendre le nombre 0,80 pour les petites vitesses et 0,70 pour les grandes.

56. On se rappellera, à ces différens sujets, que, vu la nature particulière de l'appareil que nous avons mis en usage, il nous était impossible de faire des expériences sur des hauteurs d'eau beaucoup plus fortes que celles de 24 centimètres, attendu que (8 et 13) l'eau aurait cessé dès lors de produire sur la roue l'effet dont elle est susceptible. Nous ne nous dissimulons pas au surplus que ces différens résultats demandent à être vérifiés par des expériences plus en grand: c'est ce que nous nous proposons de faire dès que l'occasion s'en présentera.

Comme ces résultats sont d'ailleurs uniquement relatifs aux quantités d'action de la roue, comparées à celles absolues de l'eau à l'instant où elle agit sur cette roue, et qu'il arrive souvent, dans la pratique, qu'on les compare aux quantités d'action dues à la chute totale de l'eau, comprise depuis le niveau du réservoir jusqu'au bas de la roue, il convient que nous examinions les choses sous ce dernier point de vue.

57. Nous avons déjà fait observer (18) que, par une disposition convenable de la vanne et du coursier de notre appareil, on pouvait aisément

obtenir que l'eau, en sortant du pertuis, acquît une vitesse égale à celle qui est indiquée par la théorie, et ne donnât lieu à aucune contraction sensible sur les côtés et le fond du coursier: il ne reste donc plus qu'à examiner la perte de vitesse qui pourra être occasionnée par suite du seul frottement de l'eau contre les parois de ce coursier.

Cette question serait toute résolue si l'on voulait admettre, avec *Bossut*, que l'inclinaison du  $10^{\circ}$ , donnée au coursier, est nécessaire pour restituer continuellement à l'eau la perte de vitesse qu'elle éprouve de la part du frottement; mais on ne doit pas oublier que les expériences de *Bossut* ne concernent que des lames d'eau de 1 et 2 pouces d'épaisseur sur 5 de largeur, avec des vitesses qui n'ont jamais été moindres que  $2^m,50$ , et s'élevaient jusqu'à 4 mètres: or il paraît résulter de beaucoup d'autres expériences, que l'augmentation de la masse de l'eau et la diminution de sa vitesse ont une influence très-grande sur l'affaiblissement de la résistance due au frottement.

58. L'inspection des 8<sup>mes</sup> colonnes des tableaux des art. 37 et 44 conduit à une conséquence semblable; car les nombres de ces colonnes montrent clairement que la diminution de la vitesse de l'eau dans son passage à travers le coursier, est d'autant moindre, que sa section est plus grande et sa vitesse plus faible; on doit même remarquer que la loi qui existe entre ces nombres assigne, pour chaque ouverture de vanne, une limite inférieure assez grande au décroissement de la vitesse de l'eau dans le coursier par suite des résistances; car si l'on suppose, par exemple, H ou la hauteur de chute infinie dans la formule de l'art. 48, qui représente ces nombres pour une

ouverture de vanne de  $0^m,03$  centimètres, on trouvera que la limite est  $0,91$ , c'est-à-dire que la vitesse de l'eau à l'extrémité du coursier employé ne serait jamais moindre que les  $0,91$  de celle qui a lieu à l'entrée.

59. D'après ces diverses considérations, on est fondé à croire que la pente d'un dixième n'est nécessaire pour restituer à l'eau la vitesse qu'elle perd par son frottement dans le coursier, que pour les petites sections d'eau et les grandes vitesses : par exemple, pour des sections au-dessous de 8 centimètres de profondeur, sur 50 de largeur, et des vitesses qui surpasseraient 4 mètres : dans tout autre cas, cette pente sera nécessairement moindre. L'on voit en effet journellement des conduites servant à amener l'eau au-dessus des roues de moulins, dont la pente n'est que d'un trentième pour des lames d'eau de 8 centimètres de profondeur, sur 50 de largeur seulement, avec des vitesses de 2 à 4 mètres, et dans lesquelles néanmoins cette vitesse n'éprouve aucune perte sensible, puisque la section reste à-peu-près la même dans toute la longueur du canal ; l'essentiel est sur-tout d'éviter la contraction à l'entrée.

Quant aux ouvertures de vanne ou sections d'eau plus fortes, par exemple de 15 à 25 centimètres de hauteur sur plus de 50 de large, il semblerait résulter de quelques observations particulières, qu'on ne risquerait guère de se tromper en adoptant la pente d'un vingtième, pourvu que la vitesse ne surpassât pas 6 mètres, ou que la chute fût moindre que 2 mètres.

60. En adoptant cette donnée, on peut calculer approximativement la quantité d'action qui sera

réellement transmise à notre roue dans le cas dont il s'agit. Supposant d'ailleurs que la vanne inclinée comme l'exprime la figure première, et disposée de manière à éviter la contraction (18), la distance du pied de cette vanne au rayon vertical de la roue soit de  $1^m,4$ , ce qui n'aura lieu que pour des roues de 5 à 6 mètres de diamètre ; la hauteur de pente à donner à cette partie du coursier pour conserver à l'eau sa vitesse primitive, sera, d'après ce qui précède, de 7 centimètres. Cela posé, si l'on considère seulement une chute de  $1^m,50$  au-dessus du centre de l'orifice, qui lui-même aurait 20 centimètres de hauteur, on trouvera que la chute totale, depuis le niveau du réservoir jusque sous la roue, sera de  $1^m,50 + 0^m,10 = 1^m,67$  : cette chute se trouvant donc réduite à  $1^m,50$ , qui est celle due réellement à la vitesse de l'eau dans le coursier, la quantité d'action dépensée contre la roue ne sera plus que les  $\frac{1,50}{1,67} = 0,899$  de celle qui est due à la chute totale  $1^m,67$ .

Nous avons vu (55) que la roue pouvait rendre les  $0,75$  de cette quantité d'action : ainsi la quantité d'action réellement utilisée se trouvera réduite à  $0,75 \cdot 0,899 = 0,674$ , c'est-à-dire aux  $\frac{2}{3}$  environ de la quantité d'action due à la chute totale de l'eau ; proportion qui surpasse probablement celle qui serait fournie par les roues à augets ordinaires, dans le cas particulier dont il s'agit ici, et qui, à plus forte raison, est supérieur à celle des roues dites de côté.

61. Si nous supposons maintenant que, toutes les autres données restant d'ailleurs les mêmes, l'ouverture seule de la vanne soit changée et réduite à 10 centimètres, on trouvera, par des cal-

culs semblables à ceux qui précèdent, et en attribuant au coursier la pente d'un dixième, qui paraît assez nécessaire pour conserver à l'eau sa vitesse; on trouvera, dis-je, que la quantité d'action conservée à l'eau sera les  $\frac{1 \cdot 50}{1 \cdot 69} = 0,888$  de la quantité d'action due à la chute totale: la roue n'en transmettant qu'environ 0,65 suivant le n°. 55, on voit que la portion réellement utilisée sera les 0,577 de la quantité d'action due à la chute totale.

Les rapports qu'on vient de trouver augmenteraient d'ailleurs un peu avec les hauteurs d'eau dans le réservoir, parce que l'influence de l'ouverture du pertuis serait plus faible: par exemple, pour des chutes de 2 mètres, ils deviendraient respectivement 0,7 et 0,6 environ; néanmoins on doit considérer ces nombres comme des limites qui ne peuvent guère être dépassées; à cause que la résistance éprouvée par l'eau dans le coursier doit augmenter avec la hauteur ou la vitesse.

62. Pour voir à-peu-près ce que ces nombres deviennent pour de petites hauteurs d'eau dans le réservoir, par exemple, pour des hauteurs de 0,80, nous remarquerons qu'il suffira probablement d'incliner au vingtième le coursier, dans le cas d'une ouverture de vanne de 10 centimètres, et au trentième pour celui d'une ouverture de 20 centimètres et plus; de sorte que la hauteur de pente du coursier sera d'environ 7 centimètres pour le premier cas, et de 5 centimètres pour le second: on trouvera ainsi, en raisonnant comme précédemment, que les quantités d'action transmises respectivement par la roue seront les 0,565 et les 0,630 des quantités d'action dues à la chute totale, comptée à partir du niveau de l'eau dans

le réservoir jusqu'au point le plus bas de la roue.

63. Les résultats qui précèdent ne doivent pas être considérés comme rigoureusement exacts, mais comme approchant de la vérité, et propres à faire connaître l'influence respective de la hauteur de chute et de l'ouverture de vanne sur les quantités d'action effectivement transmises par la roue: ils montrent, en effet, qu'il y a généralement un grand avantage à donner au pertuis et au coursier une hauteur un peu forte, sur-tout pour les chutes au-dessus de 0<sup>m</sup>,80, et qu'il faut se garder de trop élargir le coursier aux dépens de cette hauteur, comme on le fait souvent pour les roues ordinaires.

En effet, dans ce dernier cas, la perte d'effet due au jeu de la roue, et celle due à la résistance éprouvée par l'eau de la part du coursier, peuvent être plus que compensées par l'avantage qu'il y a d'augmenter la vitesse de l'eau à sa sortie du réservoir, et à la faire agir sur une petite portion des ailes, de manière à augmenter la pression qu'elle exerce en remontant le long de ces ailes. Or, dans le cas des roues à aubes courbes, cette dernière augmentation ne saurait évidemment avoir lieu.

Pour faire sentir toute l'influence du jeu de la roue dans le coursier lorsque la lame d'eau motrice est mince, il suffit de considérer que ce jeu surpasse généralement 3 centimètres dans les roues en bois, même bien construites; ce qui occasionne une perte d'environ un tiers sur la quantité d'action totale de l'eau quand la hauteur de celle-ci dans le coursier est de 10 centimètres; elle serait encore d'un sixième, pour une hauteur d'eau de 20 centimètres. Cet exemple est bien propre à faire apprécier l'importance qu'il y a de diminuer

le plus possible le jeu dont il s'agit, dans les cas des roues qui prennent l'eau par-dessous, et à montrer les avantages des roues en fonte bien construites, sur les autres.

64. En résumé, on doit être convaincu, d'après tout ce qui précède, que, pour les petites chutes, c'est-à-dire pour les chutes qui ne surpassent pas 2 mètres, la roue à aubes courbes produira des effets qui seront comparables à ceux des meilleures roues connues, et seront supérieurs de beaucoup à ceux des roues à ailes ordinaires, puisqu'elle pourra donner, dans les mêmes circonstances, une quantité de travail qui ne sera jamais inférieure au double de celui de ces dernières. Sa simplicité, jointe à ce qu'elle offre une grande vitesse et qu'elle peut s'appliquer par-tout, la fera sans doute préférer aux roues de côté dans la plupart des cas, et sur-tout dans ceux où les chutes seraient au-dessous de 2 mètres, puisqu'elle produira alors des effets plus considérables.

#### ADDITIONS

*Au Mémoire sur les roues verticales à aubes courbes;*

PAR M. PONCELET.

Ce Mémoire, tel qu'il se trouve inséré dans le *Bulletin* de la Société d'Encouragement, contient quelques changemens et améliorations que j'ai eu occasion d'y apporter depuis l'époque de sa présentation à l'Académie royale des sciences. Ces changemens concernent principalement la partie théorique et entre autres l'inclinaison des aubes courbes sur la circonférence extérieure de

la roue, qui avait été fixée d'abord entre 10 et 15 degrés, proportion trop faible en général et qui ne convient, comme on l'a vu n<sup>os</sup> 7 et 9, qu'au seul cas où la lame d'eau introduite dans le coursier embrasserait la roue sous un arc fort petit, au-dessous de 15 degrés, par exemple. L'expérience est venue constater cette remarque, à laquelle conduit également le raisonnement, dans l'exécution d'une roue à aubes courbes, dirigée par M. Martin, de Briey, près de Metz.

Ce fabricant ayant établi dans ses filatures une roue dont les courbes formaient un très-petit angle avec la circonférence extérieure, il obtint d'excellens résultats lorsque la lame d'eau introduite dans le coursier avait seulement 3 à 4 pouces d'épaisseur; mais quand on donnait beaucoup plus d'eau, elle ne pouvait entrer toute dans les augets, et l'effet diminuait au lieu d'augmenter. M. Marin, qui, du reste, ne m'avait point consulté, et s'était simplement dirigé d'après une notice insérée dans le *Recueil* de la Société académique de Metz, fit disparaître cet inconvénient en inclinant moins les aubes sur la circonférence de la roue: le résultat fut un tiers de plus d'ouvrage qu'avec l'ancienne roue, qui, d'ailleurs, était bien construite, puisque les palettes inclinées aux rayons étaient enfermées entre des anneaux et se mouvaient dans une portion circulaire du coursier. D'après les renseignemens qui m'ont été transmis par M. Marin lui-même, car j'ai le regret de n'avoir pu me rendre sur les lieux, le vannage n'aurait point été incliné en avant, et l'on aurait négligé diverses précautions de détail consignées dans le Mémoire.

Au surplus, il est essentiel de remarquer que

l'inconvénient ci-dessus ne s'est point rencontré dans les expériences relatives au modèle de roue représenté *fig. 1, 2 et 3* : l'on avait en effet donné aux courbes une inclinaison de 30 degrés sur la circonférence extérieure de la roue, ce qui suffisait à toutes les épaisseurs des lames d'eau successivement introduites dans le coursier. La même observation est à faire relativement à une autre roue exécutée en grand par M. Robert, maître des forges de Falck, département de la Moselle. Cette roue a été construite par des ouvriers de campagne, d'après le dessin même du modèle qui a servi aux expériences; elle a été appliquée à un petit moulin à farine qui allait anciennement au moyen d'une roue à augets et d'une chute assez forte; mais le propriétaire en ayant dérivé une partie des eaux, afin de s'en servir dans d'autres usines, la chute s'est trouvée réduite au tiers ou au quart de ce qu'elle était, et comme l'ancien équipage n'a pas été changé, les résistances passives sont restées à-peu-près les mêmes.

Voici quels ont été les résultats obtenus avec la nouvelle roue, suivant les données qui m'ont été transmises par M. de Gargan, ingénieur des mines du département de la Moselle, qui les a recueillies sur les lieux pendant le travail même de la machine, en sorte qu'elles méritent une entière confiance. La hauteur de l'eau du réservoir au-dessus du seuil était de 0,84; le pertuis avait 0,35 de largeur sur 0,135 de hauteur; l'eau sortait donc avec une vitesse de 3<sup>m</sup>,89, due à la chute de 0,77 au-dessus du centre de l'orifice, et produisait ainsi théoriquement une dépense de 0<sup>m</sup>,184 ou 184 kilogrammes d'eau par

seconde, qu'il convient de réduire à 0,67.184 = 123 kil., à cause que la contraction avait lieu sur le sommet et les côtés de l'orifice. D'ailleurs on doit supposer avec M. Navier (*Architecture hydraulique* de Bélidor, note *dn*, § 3) que la vitesse théorique 3,89 se trouvait réduite à 0,89.3,89 = 3<sup>m</sup>,46 près la roue; la hauteur due à cette vitesse étant 0<sup>m</sup>,61, la quantité d'action possédée par l'eau à son entrée dans cette roue était ainsi 123 kil. 0,61 = 75 kil. élevés à 1<sup>m</sup>. par seconde. M. de Gargan ayant trouvé que le produit en farine était de 31 kil. par heure, ou de 0,0086 kil. par seconde, cela équivaut, suivant l'estimation de Montgolfier (voy. l'ouvrage cité note *di*), à une quantité d'action de  $\frac{75 \cdot 0,0086}{117} = 0,0086 = 55$  kil. à 1<sup>m</sup>: en sorte que le rapport de la quantité d'action utilisée à celle qui est dépensée sur la roue, est  $\frac{55}{75} = 0,73$ , résultat qui confirme ceux qui ont été obtenus dans les expériences en petit du même.

On remarquera d'ailleurs que la roue du moulin de Falck avait 4<sup>m</sup>,05 de diamètre extérieur et faisait dix tours par minute; ce qui suppose une vitesse de 2<sup>m</sup>,12 par seconde, égale aux  $\frac{2}{3} \cdot \frac{12}{46} = 0,61$ , de celle possédée par l'eau: cette vitesse était donc un peu forte. Du reste, en comparant l'effet utilisé 55 à l'effet dépensé en vertu de la chute totale, qui était de 0<sup>m</sup>,92, tout compris, on trouve un rapport qui s'éloigne peu de 0,50 et qui eût été plus avantageux encore, si l'on avait su tirer un meilleur parti de l'eau, en évitant les contractions et appropriant le mécanisme du nouveau moulin et les dimensions des meules à la petitesse de la force disponible.

Sur la matière micacée qui se trouve dans certains cuivres; par MM. Stromeyer et Hausmann. (Archives mét. de M. Karsten.)

On appelle *cuivres micacés* les cuivres qui contiennent des particules écailleuses, luisantes, qui se montrent sur la tranche des cassures. Ces cuivres ont une couleur jaunâtre; ils sont durs, cassans: on ne peut ni les laminer ni les tréfiler, et ils sont même impropres à la fabrication du laiton. On les obtient dans la plupart des usines où l'on pratique la liquation, et ils proviennent principalement des crasses de la liquation et des résidus du plomb qui a servi à cette opération.

Les paillettes micacées (*glimmer-kupfer*) dont il est ici question, ont jusqu'à une ligne de diamètre, mais elles sont très-minces; elles ont la forme d'une table hexaédrique; leur couleur est intermédiaire entre le jaune d'or et le rouge de cuivre, et elles ont un grand éclat métallique; mais elles sont translucides: elles sont disséminées dans le cuivre comme le carbone l'est dans la fonte.

On peut en déterminer exactement la proportion et les obtenir très-pures, en traitant le cuivre par l'acide nitrique bien exempt d'acide muriatique, à la chaleur solaire. Les essais chimiques ont fait voir que cette substance est principalement composée d'oxides de cuivre et d'antimoine, et qu'elle contient en outre un peu de plomb, de fer, d'argent, de soufre et de silice.

A. Pour en faire l'analyse, on en a chauffé une certaine quantité avec de l'acide muriatique concentré; on a rapproché jusqu'à cristallisation, et on a repris par une grande quantité d'eau: il y a eu un résidu.

B. On a traité ce résidu par l'acide muriatique de force moyenne; il est resté un mélange de silice et d'alumine contenant une très-petite quantité de muriate d'argent.

C. La dissolution B a été rapprochée jusqu'à cristallisation, et on y a ajouté ensuite un mélange d'alcool et d'acide muriatique, de manière à dissoudre tout l'antimoine: le résidu était du muriate de plomb pur.

D. En rapprochant jusqu'à sec la dissolution A et reprenant par l'alcool, on a recueilli encore une petite quantité de muriate de plomb.

E. On a évaporé de nouveau la dissolution D jusqu'à sec, et on a lavé le résidu avec une grande quantité d'eau; ce qui a séparé une nouvelle dose d'antimoine.

F. L'oxide de cuivre a été précipité de la liqueur E par la potasse caustique à l'aide de l'ébullition. L'oxide obtenu contenait une très-petite quantité d'oxide de fer qu'on en a séparé par les moyens ordinaires.

Le résultat de l'analyse a été:

Protoxide de cuivre . . . . .	0,5050	} 0,9421.
Protoxide d'antimoine . . . . .	0,3705	
Oxide de plomb . . . . .	0,0405	
Oxide d'argent . . . . .	0,0016	
Oxide de fer . . . . .	0,0007	
Soufre . . . . .	0,0080	
Silice et alumine . . . . .	0,0158	

D'après cette analyse, on doit considérer le *glimmer-kupfer* comme une scorie cristallisée, qui se forme durant l'affinage, s'infiltré dans le cuivre et y reste unie par une force d'adhésion considérable.

Quand on travaille long-temps le cuivre micacé, il est probable que les oxides dont se com-

posent le *glimmer* se réduisent, et que les métaux qui en font la base se combinent avec le cuivre : de là vient sans doute qu'il y a des cuivres raffinés qui possèdent toutes les mauvaises qualités des cuivres micacés, quoiqu'ils ne contiennent pas de *glimmer*.

La production du *glimmer* est due évidemment à la présence de l'antimoine et non pas à celle de l'arsenic, comme on l'a cru pendant longtemps. M. Seidensticker, inspecteur des mines à Ocker, près Goslar, a observé qu'ayant eu occasion d'employer du plomb provenant de la liquation de mauvais cuivre noir dans une usine où l'on obtient ordinairement par la liquation du cuivre de très-bonne qualité, ce métal est devenu sur-le-champ micacé. Il résulte de cette observation importante que l'antimoine donne naissance au *glimmer*, soit qu'il se trouve dans le cuivre, soit qu'il provienne du plomb qu'on emploie dans le *rafratchissage*.

Lorsque l'on a du cuivre noir qui par la liquation directe donne du cuivre micacé, on améliore considérablement les produits en le soumettant préalablement à un affinage soigné pour en séparer le plus possible d'antimoine, comme cela se pratique dans les usines du Haut-Hartz.

Le *pickschiefer* (croûtes des pains liquatés) étant le produit de la liquation qui contient le plus d'antimoine, il convient de le traiter à part et de ne pas le mêler avec d'autres produits, comme cela se fait presque toujours.

Il est possible que les petites écailles brillantes qui se trouvent dans le *verre aventuriné* soient identiques avec le *glimmer-kupfer* : elles cristallisent comme celui-ci en hexaèdre régulier.

*Avis.*

LA mine d'alun qui a été découverte au Mont-Dore, et dont la description va suivre, n'a encore été l'objet d'aucune entreprise d'exploitation. Aux termes de la loi sur les mines, du 21 avril 1810, elle ne peut être exploitée qu'en vertu d'une concession faite par ordonnance royale. D'après la même loi, tout Français, tout étranger naturalisé ou non, agissant isolément ou en société, a le droit de se mettre sur les rangs pour obtenir la préférence. Les demandes, rédigées conformément à la loi et à l'instruction de S. Exc. le Ministre de l'intérieur du 3 août 1810, et accompagnées de la justification des facultés et moyens nécessaires, doivent être adressées à M. le Préfet du Puy-de-Dôme. Il existe déjà deux demandes, dont M. le Préfet a ordonné les publications et affiches.

## MÉMOIRE

*Sur la mine d'alun du Mont-Dore,*

PAR M. LOUIS CORDIER, Inspecteur-divisionnaire au  
Corps royal des Mines. (Juin 1826.)

§ I. *Situation de la mine d'alun du Mont-Dore et détails historiques.*

CETTE mine dont l'existence était inconnue lorsque j'ai publié dans les *Annales des Mines*

de 1819 ( page 205 et suivantes ), mon mémoire sur la prétendue brèche siliceuse du Mont-Dore, est située à l'extrémité de la vallée de ce nom, à une heure sud du village des Bains, à la base septentrionale du Puy-de-Sancy, au milieu des sources de la Dordogne. Elle occupe la région moyenne du petit vallon de la Craie.

Ce vallon, qui est dirigé du sud au nord, n'est, à proprement parler, qu'une longue crevasse, qu'un vaste ravin qui sillonne du haut en bas les dernières pentes du Puy-de-Sancy. L'aspect sauvage de ce ravin interrompt d'une manière très-apparente au loin, l'uniformité des belles pelouses qui tapissent l'extrémité de la vallée des Bains du Mont-Dore, et qui du fond de cette vallée s'étendent jusqu'aux sommités les plus élevées. Il commence immédiatement au-dessous du plateau qu'on nomme *Le plan des sources*, et il lui sert d'égout en recevant les eaux de la Dore; il débouche dans le fond même de la vallée un peu au-dessus du point où la Dordogne prend naissance par la réunion des eaux de la Dore avec celles qui proviennent du Cacadoigne et du Val-d'Enfer. Il n'occupe sur la carte qu'une longueur d'environ 500 mètres; son développement réel, suivant la pente du terrain, est d'environ 600; sa profondeur n'excède guère 40 à 60 mètres. On ne voit dans le fond que la place du torrent; son encaissement est alternativement formé par des rocs plus ou moins escarpés, et par des pelouses dont la déclivité paraîtrait peu rassurante à des personnes qui ne seraient point accoutumées aux mauvais pas des montagnes. Il est terminé à sa partie supérieure par un cirque d'escarpemens à pic, ayant une centaine de mè-

tres de hauteur. La Dore se précipite du haut du cirque, en formant une belle cascade verticale, et elle parcourt l'étendue du ravin en suivant un lit très-incliné et qui est entrecoupé de chutes plus ou moins rapides.

Dans les nombreux voyages que j'ai anciennement faits dans le pays pour y recueillir des observations géologiques, j'ai mesuré la hauteur du point où la Dore se verse dans le ravin, au-dessus de celui où elle s'en échappe et se réunit à la Dogne, pour rouler ensemble des eaux moins agitées. Cette hauteur diffère peu de celle que M. Ramond a donnée dans ses *Nivellemens barométriques*, imprimés en 1819 dans les *Mémoires de l'Académie royale des Sciences*. Je préfère cette dernière, parce qu'elle est le résultat d'observations plus exactes. Cette hauteur est de 295 mètres (1).

Ces circonstances locales font du ravin de la Craie une espèce de réduit, dont il n'est pas étonnant que les promeneurs et même les minéralogistes se soient peu occupés. En effet on peut aisément jouir de la vue de la cascade qui termine ce réduit, sans y descendre; il n'est sur aucun chemin; toutes les pentes voisines ou supérieures sont, ainsi que les montagnes environnantes, d'un accès très-facile; ces montagnes offrent une foule de sujets d'observation bien autrement importans que ne l'était la prétendue brèche siliceuse avant mon travail; la structure du sol est à découvert dans la Vallée des Bains

(1) D'après M. Ramond, le village des Bains du Mont-Dore est à 1052 mètres au-dessus du niveau de la mer et le confluent de la Dore et de la Dogne à 1366.

en une foule d'endroits, et d'une manière qui ne laisse rien à désirer; enfin on ne peut remonter le ravin par le torrent, que lorsque les eaux sont basses, et cela n'a lieu chaque année que pendant un laps de temps assez court. D'où il suit qu'à l'exception, soit des propriétaires du sol, soit des travailleurs qui vont annuellement faucher l'herbe épaisse de pelouses qui, d'espace en espace, bordent les deux rives, soit des bergers, qui à certaines époques y conduisent quelques têtes de bétail, personne n'avait eu jusqu'à présent de motif bien déterminant pour se donner la peine de parcourir le ravin.

Il paraît cependant qu'antérieurement à mon travail, un petit nombre de minéralogistes avaient vu la prétendue brèche siliceuse en place; mais attachant peu d'importance à cette observation, aucun ne l'avait publiée, et je n'ai pu en avoir connaissance lorsque j'ai fait imprimer mon mémoire.

Dans ce mémoire j'ai établi, 1°. que la prétendue brèche siliceuse et sulfureuse du Mont-Dore constituait un riche minéral d'alun, analogue à celui de la Tolfa; 2°. que d'après les observations faites anciennement par moi et confirmées par M. Ramond (observations conformes d'ailleurs à l'opinion commune des minéralogistes), elle avait incontestablement son gisement dans le petit vallon de la Craie; 3°. que le gîte n'était situé ni dans la partie supérieure ni dans la partie inférieure du ravin; 4°. que ce gîte était compris dans la région moyenne, c'est-à-dire dans une étendue dont la hauteur verticale n'excédait pas 150 mètres; 5°. qu'il était probable d'après tous les indices, comme d'après la théorie

que j'ai donnée de l'origine des minerais d'alun existant dans les volcans éteints démantelés, que ce gîte était considérable et constituait une mine exploitable; 6°. qu'indépendamment de la brèche, il y avait lieu d'espérer qu'on y trouverait d'autres minerais d'une qualité peut-être supérieure; 7°. qu'en appliquant le procédé qui est suivi à la Tolfa pour l'extraction de l'alun de Rome, on obtiendrait de l'alun aussi pur; 8°. enfin, qu'à raison des circonstances locales, l'exploitation serait facile, puisqu'on pourrait extraire, s'il en était besoin, par galeries; se débarrasser des déblais au moyen du torrent; alimenter l'usine avec des eaux très-pures et obtenir la main-d'œuvre et le combustible à un prix peu élevé.

On voit qu'il ne restait à faire qu'une reconnaissance pour vérifier, 1°. quelle était la position précise de la brèche dans la région moyenne du ravin; 2°. si elle constituait effectivement un gîte exploitable; 3°. si elle était accompagnée d'autres minerais. Il est évident d'ailleurs que cette reconnaissance devait exiger des fouilles dans le cas où le terrain n'aurait pas été naturellement découvert sur une étendue suffisante.

Dans tout état de cause, cette reconnaissance et ces fouilles ne pouvaient être faites convenablement que par un homme de l'art. En effet, les mines d'alun des terrains volcaniques démantelés se présentent en gisemens souvent anomaux ou peu faciles à définir, et la connaissance des minerais qui en proviennent est peu familière à la plupart des minéralogistes. On se rappellera que les minéralogistes ont eu, pendant 20 ans, la prétendue brèche siliceuse entre les

moins sans se douter de sa nature, et que les géologues qui ont été à la Tolfa ont pris du gisement de cette mine des idées qui diffèrent beaucoup, soit entre elles, soit de celles que j'ai publiées moi-même d'après les observations que j'ai faites anciennement sur les lieux.

C'est par ces motifs qu'en terminant mon mémoire, et en le transmettant à M. le Directeur général des ponts et chaussées et des mines, je proposais que l'Administration prît les mesures nécessaires pour faire vérifier mes indications avec tous les soins que réclamait l'importance de leur objet.

Le 26 octobre 1818, M. le Directeur général voulut bien m'informer qu'il m'autoriserait à aller exécuter moi-même cette vérification, aussitôt que la belle saison de 1819 le permettrait, et qu'il mettrait à ma disposition la somme que j'avais jugée suffisante pour les fouilles (500 fr.), dans le cas où il serait nécessaire d'en faire.

Les devoirs qui me sont imposés par mes fonctions ne m'ayant pas permis de réclamer l'exécution de ces mesures bienveillantes, et m'ayant ensuite empêché d'année en année de me rendre à l'époque convenable dans le département du Puy-de-Dôme, qui d'ailleurs est étranger à la division dont je surveille le service, les regrets que j'en éprouvais furent bien diminués par la connaissance des renseignemens concernant la brèche du Mont-Dore, qui se trouvent consignés dans l'ouvrage que mon confrère à l'Académie royale des sciences, M. Beudant, a publié en 1822, sous le titre de *Voyage en Hongrie*.

Dans la description très-détaillée que M. Beudant donne des différens gîtes à base de sous-sulfate d'alumine et de potasse (alunite, alaunstein, pierre d'alun) qui existent dans les terrains démantelés de la Hongrie, il compare ces gîtes à ceux de même nature qu'on a observés dans d'autres contrées. En parlant des minerais qu'on exploite à Parad au pied des montagnes de Matra, il s'exprime en ces termes (t. 3, p. 449) : « Ces roches alunifères ont une très-grande analogie avec les brèches siliceuses du Mont-Dore... » La brèche du Mont-Dore, comme je l'ai observé, » il y a quelques années, fait partie des conglomérats trachitiques qui se trouvent au pied » du Puy-de-Sancy, et sur-tout d'une grande » masse solide très-siliceuse, qui repose sur des » tufs ponceux très-altérés. » Exposant ensuite que les roches alunifères de la Hongrie appartiennent à la partie supérieure des terrains formés d'agglomérats ponceux et trachitiques, et poursuivant les comparaisons, M. Beudant dit (p. 468) : « Enfin la brèche siliceuse du Mont- » Dore, dans laquelle M. Cordier a reconnu la » présence du sous-sulfate d'alumine et de potasse, fait encore évidemment partie des conglomérats trachitiques qui se trouvent au pied » des Monts-Dore, et qui sont mis à nu dans » le petit vallon de la Craie. La partie inférieure » est un conglomérat ponceux blanc... Au-dessus » sont des masses plus solides, très-siliceuses, » dont la brèche en question fait partie, et qui » paraissent avoir une grande épaisseur.... Tel » est le gisement que j'ai reconnu, il y a quelques années, relativement à la brèche siliceuse » du Mont-Dore, à une époque où j'étais loin de

» soupçonner les relations géologiques et l'origine des véritables pierres d'alun. »

La publication des observations de M. Beudant ayant donné la certitude que la brèche siliceuse constituait, ainsi que je l'avais annoncé, dans la région moyenne du vallon de la Craie un gîte d'une étendue très-notable, et ayant fait connaître que ce gîte était situé à la partie supérieure des trass ou tufs ponceux et trachitiques du vallon, il ne s'agissait plus que de déterminer les conditions du gîte, de les constater par une description authentique, et d'examiner sur-tout si la mine ne se composait que de la brèche, ainsi qu'on pouvait le croire d'après la description de M. Beudant.

Je m'adressai dès-lors à M. l'ingénieur en chef des mines de Gallois, et à M. l'ingénieur ordinaire Burdin, qui, vers cette époque, ont été appelés à résider dans le département. Non-seulement je me suis empressé de leur soumettre de vive voix tous les renseignements qui étaient à ma disposition, lorsque j'ai eu l'avantage de les voir à Paris; mais encore j'ai entretenu une correspondance à ce sujet avec M. de Gallois; et comme il était peu familier avec l'aspect des minerais à base d'alunite, je lui en ai envoyé une collection complète au commencement de 1825. La mauvaise santé de M. Gallois a rendu ces soins inutiles. Il attachait cependant un grand intérêt au travail qu'il s'agissait de faire; il en parlait souvent au petit nombre de personnes qui l'ont approché dans les derniers temps de sa vie. Il avait même prié M. Burdin de ne point s'en occuper sans lui, et M. Burdin s'était empressé d'avoir cette déférence. D'après ces détails, on

ne s'étonnera pas que la reconnaissance complète du gîte alunifère du Mont-Dore ait tardé si longtemps à être effectuée.

L'occasion de faire moi-même cette reconnaissance s'est enfin présentée. Le 8 août 1825, j'ai été, sur ma demande, autorisé par M. le Directeur général des ponts et chaussées et des mines, à passer à la mine d'alun du Mont-Dore, en me rendant dans ma division pour y faire une tournée. J'en ai immédiatement prévenu M. l'ingénieur Burdin, et le 22 août, veille de mon départ de Paris, ayant appris que mon collègue et ami, M. Beaunier, nouvel inspecteur de la division qui comprend le Puy-de-Dôme, devait prochainement se rendre de Saint-Etienne au Mont-Dore pour y prendre les bains, je lui ai mandé le jour de mon arrivée, afin de l'y rencontrer et d'avoir l'avantage de faire avec lui la reconnaissance du gîte.

J'arrivai le 3 septembre au Mont-Dore, accompagné de M. l'ingénieur Burdin. M. Beaunier, qui m'avait précédé et qui n'avait point encore reçu ma lettre, me communiqua le résultat de deux courses qu'il avait déjà faites au vallon de la Craie, suivi de M. Henry, ancien élève de l'École royale des mineurs de Saint-Etienne, et de M. Lanyer, médecin, de la même ville, qui, bien qu'étranger à la géologie et à l'art des mines, avait pris intérêt à ces recherches d'après ce qu'il avait recueilli de M. de Gallois.

Dans la première course, M. Beaunier était allé jusqu'à l'entrée du vallon de la Craie, et avait appris aux deux personnes qui le suivaient, à connaître, à l'aide d'échantillons recueillis dans le torrent, la brèche alunifère, principalement la

variété sulfureuse. M. Lanier s'était ensuite engagé dans le ravin, avait atteint la région moyenne et en avait rapporté des échantillons de brèche sulfureuse, qu'il avait détachés en place sur la rive gauche de la Dore.

Dans la seconde course, M. Beaunier avait abordé lui-même la partie supérieure de la région moyenne du ravin, mais en prenant un chemin moins scabreux que le lit de la Dore. Au moyen de guides, il avait aisément suivi la direction que prennent ordinairement les gens du pays qui exploitent les herbages de la rive gauche du torrent dans la région moyenne. Cette route domine et longe le ravin du côté de l'ouest. On marche constamment sur de belles pelouses, qui ne deviennent rapides et d'un accès peu facile que du côté où elles versent vers le fond du ravin. M. Beaunier, descendant par ces pentes rapides, avait atteint la déchirure et les têtes de rochers où la brèche se montre en place, et après s'être bien pénétré de l'aspect des lieux, avait conclu que la brèche constituait au milieu du terrain une espèce de stockwerck, qui, d'après ses grandes dimensions, pouvait être l'objet d'une exploitation considérable. M. Beaunier était revenu par le même chemin, regrettant que l'état de sa santé ne lui eût pas permis de descendre dans le fond du ravin, de le parcourir et de reconnaître dans tous les sens le massif de brèche siliceuse.

Les observations qui précèdent étaient conformes à celles de M. Beudant, et les confirmaient en tant que de besoin. Elles y ajoutaient cette particularité, que la brèche n'existait point sur les deux rives du torrent, comme on devait le croire,

mais seulement sur la rive gauche. J'avais de plus l'opinion de M. Beaunier sur l'étendue et l'utilité du gîte. Ainsi donc, une partie de ce que j'avais annoncé se trouvait comme définitivement vérifié. Quant au reste, il semblait que les recherches ultérieures ne pouvaient pas conduire à de grands résultats, et en effet, d'après les observations de M. Beudant, il n'y avait pas beaucoup d'espoir de trouver d'autres minerais que la brèche. Dans cet état de choses, je n'en devais pas moins me livrer aux recherches ultérieures avec la plus grande attention, puisque M. Beaunier n'avait point hésité de m'abandonner le soin de compléter la reconnaissance du gîte et d'en rendre compte, et que je devais m'efforcer de ne pas rester trop au-dessous de ce qu'il aurait fait lui-même, s'il s'en était occupé.

Mes observations sur le terrain ont eu lieu les 4, 5 et 7 septembre. Les nombreux échantillons que j'ai recueillis, ont été examinés et essayés à Paris depuis mon retour.

Le 4, M. Beaunier, M. Burdin et moi, nous nous sommes rendus sur les lieux, accompagnés de M. Lanier, de M. Henry et de mon ami M. le comte Hippolyte Jaubert, jeune botaniste fort habile, qui avaient désiré nous suivre dans cette course. Nous nous séparâmes au confluent de la Dore et de la Dogne. M. Beaunier, qui était trop souffrant pour parcourir le ravin, fut s'établir avec M. Henry sur un petit plateau qui fait partie des pelouses qui dominent la région moyenne du côté de la rive droite, afin de prendre une idée plus juste des dimensions du massif alunifère et d'en faire un croquis. Nos autres compa-

gnons me suivirent sur les pelouses qui dominent la rive gauche.

A l'aide des guides qui devaient porter les échantillons que je recueillerai, nous atteignîmes, sans perdre de temps, le point de la région moyenne où il faut s'engager dans le berceau du ravin pour arriver au sommet de la déchirure et aux têtes de rochers où se trouve la brèche siliceuse et sulfureuse. Ces rochers examinés, je descendis au fond du ravin en côtoyant la déchirure. Je vis avec surprise que cette portion de l'escarpement était composée de trachite, et que cette roche, traversant la Dore, constituait les arrachemens qui sont en face sur la rive droite. Je trouvai dans ce trachite de belles veines d'un tout autre minéral que la brèche; minéral difficile à reconnaître, car son aspect ne diffère pas sensiblement de la roche environnante. Je remontai ensuite le torrent jusqu'au fond du cirque et jusqu'au pied de la cascade de la Dore. J'étudiai la bordure méridionale de la déchirure où se montre la brèche, et toutes les parties de sa base qui étaient accessibles; j'y reconnus des roches d'apparence silicée et entièrement différente de la brèche. Je portai ensuite mon attention sur les trass ou tufs blancs, qui forment presque exclusivement la région moyenne. J'éprouvai une véritable satisfaction en trouvant à la plupart de ces tufs comme aux roches silicées dont je viens de parler, des caractères extérieurs qui pouvaient faire présumer qu'ils étaient alunifères, et je dois dire par anticipation que les expériences que j'ai faites à Paris ont confirmé ces premières données. Je complétais ensuite l'exa-

men géologique du ravin en descendant par le torrent jusqu'à son entrée. Cet examen m'a pris toute la journée.

Je n'ai trouvé dans le torrent que deux ou trois mauvais pas, qui sont formés par des cascades presque à pic, dont la plus élevée n'a, je crois, qu'une demi-douzaine de mètres. Les personnes qui voudraient répéter mes observations, feront bien de ne pas s'arrêter à ce qu'on pourrait leur dire des difficultés que présente cette petite course. Lorsque je l'ai faite, j'étais à peine remis d'une entorse qui m'avait retenu à la chambre pendant cinq semaines. On n'a vraiment à redouter que l'escalade des cascades qui sont un peu au-dessus de l'entrée du ravin. Il n'est pas étonnant au reste que cette difficulté ait souvent écarté les observateurs; elle n'était pas de bon augure, et dans l'incertitude des obstacles de tout genre qui pouvaient se trouver au-delà, on ne devait guère être tenté de la vaincre. A l'avenir, les observateurs qui ont le bon esprit de s'épargner des fatigues vaines et inutiles, lorsque cela est possible, les promeneurs même du Mont-Dore, lorsqu'ils ne craindront pas la grande fraîcheur du ravin, pourront, en se munissant d'une échelle de 6 à 7 mètres, arriver commodément par le lit de la Dore jusque dans le cirque de la cascade, jouir du beau spectacle qu'on y trouve et se livrer aux recherches qui leur seront agréables.

Le 5 fut consacré à reconnaître si le gîte alunifère avait une extension du côté de l'ouest, c'est-à-dire, dans les bases du Puy-de-Sancy qui bordent une partie du val d'Enfer. M. Beau-

nier, M. Burdin et moi, nous ne trouvâmes aucun indice de prolongation.

Le 7, en m'acheminant vers le Cantal, accompagné seulement de M. Hippolyte Jaubert, je fis, à l'est du ravin, c'est-à-dire du côté de Cadogne, des observations analogues et qui eurent le même résultat. Je pris en outre quelques alignemens pour déterminer par approximation la hauteur des différentes roches qu'on observe dans le ravin, et je vérifiai les observations que j'avais faites anciennement sur la nature de celles qui constituent le plan des sources et qui couronnent le cirque.

§ 2. *Description de la Mine et des Minerais.*

Les bases du Puy-de-Sancy, du côté de la vallée du Mont-Dore, sont composées, jusqu'à une assez grande hauteur, de détritns trachitiques ou ponceux, ordinairement très-fins, qui ont été plus ou moins altérés et qui sont conglomérés plus ou moins fortement; ces conglomérats sont en assises horizontales ou faiblement inclinées à l'horizon: ils offrent deux espèces de roches principales; savoir, des trass blancs ou grisâtres et des brèches à fragmens ponceux ou trachitiques et dont la matière des trass forme le ciment. Au-dessus viennent des assises de porphyres leucostiniques (porphyre à base de feldspath compacte volcanique, porphyres trachitiques de quelques minéralogistes) alternant avec des détritns ou des conglomérats, soit de même nature que les précédens, soit de roches pyroxéniques. Les sommités des montagnes, y compris celle du Puy-de-Sancy, sont

formées par des lambeaux de courans composés de véritable trachite.

Tout ce système est entrecoupé par des filons verticaux ou très-inclinés, soit de trachite, soit de porphyre leucostinique. Par exemple, dans les beaux arrachemens qui forment la bordure méridional du val d'Enfer, on compte onze de ces filons, qui vont s'anastomoser avec les assises de même nature qui couronnent les parties supérieures du système. Plusieurs de ces derniers filons ont à peine un mètre de puissance moyenne; la matière en est fendillée perpendiculairement aux épontes: il en résulte des prismes imparfaits, couchés horizontalement et dont l'ensemble, vu de loin, rappelle assez bien l'aspect d'une pile de bois.

On trouve aussi au milieu du même système de grandes masses trachitiques et leucostiniques dont il me paraît qu'aucun observateur ne s'est rendu encore un compte exact. Ces masses ont même donné lieu à une singulière méprise. Plusieurs géologues, traversant rapidement le pays, frappés de voir les conglomérats trachitiques et ponceux traversés par les masses dont il s'agit, préoccupés de cette observation, qui est exacte, et la généralisant sans faire attention à la structure de l'ensemble des montagnes environnantes, se sont hâtés de conclure que le Mont-Dore était une espèce de grand massif trachitique non stratifié, sur les bases et sur les flancs duquel tous les conglomérats avaient été déposés. Or rien n'est plus inexact que cette opinion. Elle est contraire au résultat auquel nous sommes arrivés depuis long-temps, M. Ramond et moi, par suite de nombreuses observations faites à plusieurs reprises et répétées sur un grand nombre de points.

J'ai revu récemment les points anomaux dont l'aspect a causé l'erreur que je viens de relever. J'ai trouvé, comme anciennement, que les masses en question, qui d'ailleurs sont peu de chose en comparaison de l'ensemble des montagnes environnantes, étaient des portions de filons très-puissans, très-irréguliers dans leur épaisseur, ayant souvent peu d'étendue, tels en un mot qu'il a dû s'en former souvent au centre du Mont-Dore, à la suite des commotions qui ont accompagné les éruptions successives et qui ont nécessairement crevassé le terrain à tant de reprises différentes. Ces filons ont jusqu'à 100 mètres de puissance; ce qui fait qu'on ne peut bien apprécier leur allure qu'en les observant d'une position dominante. Ils se dirigent en différens sens, les uns verticalement, les autres sous des inclinaisons très-fortes; quelques-uns sont caractérisés par des salbandes irrégulières de conglomérats trachitiques formés par la voie sèche. Les fragmens de ces conglomérats sont anguleux, de toutes dimensions, souvent très-gros, composés tous de la même roche que le filon et liés par une scorie feldspathique, qui en est congénère. Enfin par-tout où on voit les masses dont il s'agit en contact avec les trass et les brèches ponceuses et trachitiques ordinaires, on reconnaît qu'elles coupent le plan des couches d'une manière extrêmement nette.

Mon objet n'étant pas de décrire les montagnes qui forment le centre du Mont-Dore, je ne pousserai pas plus loin l'exposition de ces détails; ils étaient nécessaires pour faire comprendre la structure de la mine d'alun, car cette structure est très-compiquée.

On aborde le ravin de la Craie par une pente douce, qui n'est couverte que de ses débris; la Dore n'en amène pas d'autres.

L'entrée du ravin est percée à travers une énorme barrière de lave feldspathique, que je crois formée de deux puissans filons exactement accolés, se dirigeant de l'est à l'ouest et coupant par conséquent la direction du ravin. Ces filons s'enfoncent à contre-pente dans les bases de la montagne et sous une inclinaison d'environ 70 degrés. La roche est un beau porphyre leucostinique brun ou d'un brun grisâtre. La pâte appartient à cette variété de feldspath compacte qui est mêlée de parties microscopiques de fer titané, de pyroxène, d'amphibole et de mica, et que j'ai nommée leucostine. Les cristaux disséminés sont du feldspath vitreux, transparent, d'une teinte sale et de moyenne grosseur. On distingue aussi quelques paillettes de mica brun et quelques points métalliques, qui sont de fer titané. La roche est partagée par des fissures irrégulières. Dans le second filon, on la voit par places configurées en prismes fort inclinés à l'horizon.

Quand on a franchi cette barrière en remontant les cataractes des premiers plans du ravin, on se trouve élevé à environ 70 mètres au-dessus du confluent de la Dore et de la Dogne. On rencontre les trass ou tufs blancs, qui constituent, sauf les exceptions dont je parlerai ci-après, toute la région moyenne sur une épaisseur d'environ 120 mètres.

J'estime que ces trass occupent près des deux tiers du lit de la Dore dans le sens de la longueur du ravin. Ils sont en couches très-nettes, très-régulières, et d'après leurs principaux caractères, on

peut présumer que l'eau a concouru à leur dépôt. Ils plongent dans l'intérieur de la montagne sous un angle de 18 degrés vers l'est-sud-est. Par conséquent leur direction coupe très-obliquement celle du ravin. Ils constituent les deux rives jusqu'au pied du cirque. Leurs tranches se présentent successivement en retraite à mesure que l'on remonte le torrent; le plat des feuillets figure à peu-près les marches d'un escalier.

Ces trass sont d'un blanc mat, passant, suivant les zones, au blanc grisâtre, au blanc brunâtre et quelquefois au gris clair et même au gris foncé.

Tantôt leur grain est terreux et même tout-à-fait grossier, mais pas assez cependant pour qu'on puisse discerner à l'œil nu la nature des parties agglomérées. Il est évident d'ailleurs que ces parties étaient originairement à l'état de feldspath ou de ponce, et qu'elles ont été altérées avant ou pendant leur agglutination. On distingue nettement quelques lamelles de mica et quelques points pyriteux.

Tantôt et plus rarement la roche est parfaitement compacte et à cassure silicee.

Cette dernière variété est dure ainsi qu'une partie des variétés à grain grossier; les autres variétés sont demi-dures ou tendres, mais point friables.

La roche est quelquefois parsemée de petites étoiles, ayant au plus trois millimètres de rayon et qui sont formées par des filets pyriteux très-déliés. Lorsque la pyrite s'est décomposée, il ne reste que des linéamens remplis de fer hydraté ou tout-à-fait vides.

La structure de la roche est parfaitement feuil-

letée ou tabulaire. Les feuillets offrent des surfaces exactement parallèles; ils sont droits, rarement un peu contournés. Dans les variétés dures et d'apparence silicee, la cassure, dans le sens de la stratification, est difficile à obtenir.

Les fissures transversales au sens de stratification sont ordinairement nettes et planes, en sorte que les fragmens naturels présentent des formes pseudo-symétriques, telles que la table rhomboïdale ou le prisme à 4 ou 5 pans.

La surface des fragmens naturels offre communément des teintes rousses ou d'un jaune serin.

Après avoir laissé imbiber les variétés tendres, j'ai trouvé leur pesanteur spécifique variable entre les nombres 24 et 26,5, celle de l'eau étant 10. La pesanteur des variétés dures et à cassure silicee a été jusqu'à 27,3; ce qui est très-considérable pour des conglomérats volcaniques de cette couleur.

En place, ces roches sont continuellement abreuvées d'une certaine quantité d'humidité. La chaleur du jour suffit pour en dégager une odeur lixivielle plus ou moins prononcée.

Je n'ai trouvé aucune de ces roches qui ne contiennent une certaine quantité d'alunite, ou minéral propre à donner de l'alun par la torréfaction, disséminée en particules imperceptibles. J'en ai jugé par la perte au feu, par l'odeur sulfureuse dégagée et par l'alun obtenu après une calcination modérée. D'après les expériences que j'ai consignées, tant dans mon mémoire sur la prétendue brèche siliceuse du Mont-Dore, que dans celui sur l'alunite cristallisée (*Annales des Mines*, t. 5, p. 303 et suivantes), la perte absolue par le feu donne un moyen très-suffisant pour con-

naître la quantité d'alunite qui est contenue dans un minerai quelconque. En opérant ainsi, j'ai découvert que les trass les plus pauvres contenaient encore 12 pour 100 d'alunite. Je donnerai tout-à-l'heure la teneur des variétés plus riches.

Tels sont les principaux caractères des trass qui composent toute la moyenne région du ravin. Ils constituent donc un énorme gîte alunifère indépendant de celui qui renferme la brèche.

La partie inférieure de ces trass, celle que l'on rencontre d'abord en quittant les filons qui forment l'entrée du ravin, pour remonter le torrent, appartient aux variétés tendres et moins pesantes. Les échantillons que j'ai essayés contenaient 12 à 15 pour 100 d'alunite.

Cette partie inférieure est traversée par un puissant filon de trachite ordinaire, dont la direction coupe presque perpendiculairement celle du ravin. La roche en est grisâtre, à pâte médiocrement grossière, porphyrique, à cristaux petits et moyens de feldspath vitreux et translucide. L'existence de ce filon n'offre aucune particularité qui puisse intéresser le mineur.

A mesure qu'on s'élève dans la partie supérieure des trass, ces roches deviennent plus grises et plus pesantes; leur structure est moins parfaitement feuilletée, elles n'offrent cependant point encore une contexture décidément silicée, si ce n'est dans quelques couches assez minces. On y voit quelquefois de très-petites taches blanchâtres, qui ne sont rien autre chose que des fragments de laves feldspathiques ou ponceuses, qui ont été déformés par la même cause qui a altéré les élémens des trass, et qui a produit les infiltra-

tions d'alunite qui en cimentent toute la masse.

Les échantillons de ces trass m'ont offert à l'essai 14 à 19 pour 100 d'alunite. Un échantillon très-silicé m'a donné 22.

La partie supérieure des trass est terminée par un puissant filon de trachite qui paraît vertical, qui coupe presque perpendiculairement le ravin et dont l'affleurement se développe en escarpemens sur les deux rives. Ce trachite a été entièrement altéré par les vapeurs acido-sulfureuses. Sa surface présente une roche friable, décolorée, blanche ou d'un blanc jaunâtre, offrant par places des taches de rouille assez claires, et porphyrique à grands cristaux de feldspath vitreux translucides, qui n'ont éprouvé aucune altération. Au contraire les cristaux de mica, qui sont petits et rares, ont échangé leur couleur brune contre une teinte blanche et nacré. Sur la rive gauche du ravin, on trouve quelques parties noduleuses dans lesquelles la roche est intacte et présente un trachite d'un gris tellement foncé, qu'il prend l'aspect basaltoïde.

Ce filon renferme en outre des veines d'un gris clair, qui entrecoupent dans tous les sens la roche décomposée, et qui ont été formées à ses dépens par d'abondantes infiltrations d'alunite. La matière de ces veines est un porphyre épigène très-dur, à pâte d'alunite silicifère compacte, dont les cristaux sont absolument les mêmes que ceux de la roche originaire, et qui se lie par une foule de passages avec le trachite décomposé. Il est à remarquer que la pâte alunifère est quelquefois pseudobréchoïde, mais d'une manière peu distincte. Cet aspect tient à

la manière inégale dont la décomposition et l'infiltration ont réciproquement agi.

La matière de ces veines, essayée sur deux échantillons, m'a présenté, dans l'un, 27 parties d'alunite, dans l'autre 41 parties. Le filon dont il s'agit doit donc être considéré comme un véritable gîte alunifère, entièrement différent de celui dont j'ai exposé ci-dessus les caractères.

Sur la rive droite du ravin, le filon constitue un large arrachement, dont la hauteur excède une dizaine de mètres, et qui est encadré par des pelouses. Sur la rive gauche, il est imparfaitement découvert, ce qui n'empêche pas de reconnaître qu'il sert d'épaulement au massif qui contient la brèche siliceuse.

Ce massif, qui est donc situé sur la rive gauche, succède immédiatement au filon, et paraît verticalement accolé à sa face méridionale; sa coupe constitue un escarpement, dont la hauteur est d'environ 30 mètres sur une largeur (prise à la base) à-peu-près égale.

La structure de ce massif est confuse. Cette confusion ressemble à celle qui est produite dans les crevasses des grandes solfatares par la chute et l'amoncellement des matériaux que les vapeurs acido-sulfureuses ont attaqués. La roche principale est un trass blanc communément très-dur, à pâte tantôt grossière et tantôt silicee; il n'est point régulièrement stratifié, quoique de place en place on le voie rubané. Les zones se contournent ou s'interrompent de manière qu'on ne peut pas douter que la masse ne soit une roche de *brouillage*, c'est-à-dire, formée de fragmens plus ou moins volumineux. Il n'y a point de vides cependant entre les fragmens, ce qui

est encore analogue à ce qu'on observe dans les grandes solfatares, où le peu de dureté d'une partie des masses éboulées ou effondrées, la réduction des autres en poudre fine, l'humidité qui abreuve le tout, permettent à l'ensemble de faire corps jusqu'à ce que le jeu des infiltrations alunifères ou siliceuses vienne à l'endurcir.

L'essai de ces trass durs m'a donné des teneurs en alunite, qui ont varié de 24 à 55 pour 100.

Cette roche principale en contient deux autres qui lui sont subordonnées de la manière la plus irrégulière et en masses isolées, dont les contours sont peu distincts.

La première roche subordonnée se trouve à la partie inférieure du massif et à la salbande méridionale; elle est formée d'alunite très-siliceuse, indistinctement porphyroïde. La pâte est blanche, d'un blanc rosé, d'un blanc grisâtre ou d'un blanc jaunâtre; quelques variétés décrépissent très-vivement par la chaleur; les cristaux de feldspath que cette pâte renfermait originellement, sont remplacés tantôt par une terre blanche, tantôt par de l'alunite compacte cariée.

Quoique le contour régulier des cristaux soit imparfaitement dessiné, on reconnaît très-bien que ces cristaux étaient petits. La roche originale n'était par conséquent pas la même que celle du grand filon alunifère dont j'ai parlé précédemment.

L'essai de deux variétés de cette roche m'a indiqué pour l'une 25 pour 100 d'alunite et pour l'autre 42.

La prétendue brèche siliceuse et sulfureuse constitue la seconde roche subordonnée. Elle se

trouve principalement à la partie supérieure de l'escarpement. Autant que j'en ai pu juger par le petit nombre de points où on peut l'observer en place et par les fragmens éboulés, les espaces qu'elle occupe sont très-irréguliers, ayant rarement un ou deux mètres dans leur plus grande dimension. Souvent elle forme des espèces de noyaux ayant un ou deux décimètres de rayon. J'ai trouvé parmi les fragmens éboulés une variété cariée, dont les cavités sont en partie remplies d'alunite saccharoïde géodique, pure, blanche, dont les grains cristallisés annoncent la structure rhomboïdale.

Aucun des échantillons de brèche que j'ai récemment éprouvés, ne m'a présenté une teneur en alunite supérieure à celle que j'avais anciennement déterminée; je n'ai trouvé que 45 à 70 pour 100.

Du reste les deux roches subordonnées sont comme pétries avec la roche principale. Le massif qu'elles forment par leur réunion est très-dur, très-solide et constitue bien certainement un gîte particulier, qui doit son origine à des débris accumulés dans une grande crevasse, où ils ont successivement subi tous les effets des vapeurs acido-sulfureuses. Les travaux d'exploitation feront connaître si c'est un stockwerk, ainsi que M. Beaunier l'a pensé, ou si c'est, comme je le présume, un filon épais dont on ne voit actuellement que la tranche. En attendant, il sera commode d'employer le nom de *stockwerk* pour désigner ce troisième gîte alunifère.

J'ajouterai maintenant que les trass alunifères stratiformes existent incontestablement au-delà du filon et du stockwerk que je viens de dé-

crire; mais des éboulis entremêlés de gazon, masquent la ligne suivant laquelle ils s'enfoncent sous les murs du cirque qui termine le ravin.

La partie inférieure des escarpemens du cirque offre une belle alternance de courans à base de laves feldspathiques, avec des détritns de laves pyroxéniques meubles ou conglomérées. Cette alternance occupe environ les trois cinquièmes de la hauteur. Il y a 10 assises, 5 de chaque espèce. Elles sont à-peu-près horizontales; celles composées de détritns n'ont qu'un à deux mètres de puissance moyenne, l'épaisseur des assises de lave est plus grande; elle varie d'ailleurs d'un courant à l'autre et dans le même courant.

La première assise, celle qu'on aperçoit au pied de l'escarpement, est formée de cendres grises aussi fraîches que celles des volcans brûlans. Au-dessus vient la tranche du premier courant, qui est assez mince. La roche consiste en un porphyre leucostinique basaltoïde, qui, considéré sous le simple point de vue de la composition, appartient aux variétés qui forment le passage aux porphyres basaltiques. Sa couleur est d'un gris noirâtre; la pâte est formée de grains microscopiques de feldspath d'un gris sale, entremêlés de grains de pyroxène vert et d'un peu de fer titané. Les cristaux apparens sont petits, nombreux, formés de feldspath; on en voit aussi quelques-uns de pyroxène d'un vert noirâtre. Ce courant est peu cellulaire, à boursoufflures petites et irrégulières.

Au-dessus on observe une seconde assise de déjections pulvérulentes, puis la tranche d'un second courant de même nature à-peu-près que le premier, et ainsi de suite.

Le quatrième courant est celui dont la tranche prend le plus d'épaisseur, sur-tout du côté de la rive gauche du ravin. La roche offre aussi une tendance plus prononcée à la configuration prismatique. Les prismes sont petits, irréguliers et sans direction constante.

Sur la rive droite, ce quatrième courant est séparé du lit de cendres sur lequel il repose, par un pépérino rougeâtre de peu d'épaisseur, qui est mêlé de zones formées d'un tufa bolaire, d'un rouge sombre très-intense, et qui doit son origine à un détritit de scories de la même couleur. La teinte de ce tufa, avivée par l'humidité qui le pénètre, tranche d'une manière remarquable au milieu de l'escarpement.

Cetufa, qu'on nomme *craie* dans le pays, a donné son nom au ravin. Je rappellerai qu'on l'emploie à colorer la croûte des fromages et à marquer les troupeaux.

La partie supérieure des escarpemens est composée d'une puissante assise horizontale de pépérino très-dur, à base de tufa verdâtre. Les fragmens inclus sont généralement de scories noires ou brunes. Enfin on trouve au-dessus de ce pépérino les restes d'une assise de trachite d'un gris violet clair, et qui est parsemé de petits cristaux de feldspath et de quelques aiguilles d'amphibole.

Ainsi que je l'ai dit, la plus grande hauteur des escarpemens qui composent le cirque, est d'environ une centaine de mètres, dont les alternatives de détritit volcaniques et de courans occupent à-peu-près les deux tiers.

On voit, par ce qui précède, que la mine d'alun du Mont-Dore a des dimensions très-étendues,

qu'elle est composée de trois gîtes absolument distincts, quoique contigus; savoir, un terrain stratifié, un filon et un stockwerck; que le premier de ces gîtes est incomparablement plus considérable que les deux autres; que les minerais essayés provenaient d'échantillons pris à la surface du sol, et qui ne peuvent représenter qu'imparfaitement la roche vive; du moins en ce qui concerne les trass alunifères, et que malgré cela la teneur d'une partie des minerais s'élève de 40 à 70 pour 100 en alunite ou matière propre à fournir de l'alun: d'où il suit que l'on doit considérer la mine comme pouvant donner lieu à une exploitation grande et durable.

### § 3. De l'exploitation de la mine.

Les données que j'ai exposées ne peuvent faire connaître d'une manière suffisamment approximative que la teneur des minerais qui sont contenus dans le stockwerk. En effet, les échantillons de ces minerais sont les seuls qui aient été détachés de surfaces qui paraissent avoir été faiblement attaquées par les intempéries atmosphériques.

Il reste à déterminer par des recherches appropriées si le filon à base de trachite ne contient pas dans son intérieur des veines plus nombreuses qu'à l'extérieur; ce qui est à présumer.

Il est d'un bien plus grand intérêt encore d'entreprendre de découvrir au vif et sur un grand nombre de points la masse stratiforme des trass alunifères qui constituent la région moyenne du ravin, et de suivre au milieu de cette masse énorme les zones dont la teneur paraît plus

considérable. On doit présumer que les recherches faites sous ce point de vue auraient des résultats avantageux ; car d'après le peu de dureté de presque tous ces trass, et d'après l'odeur lixivielle qu'ils répandent, on peut croire qu'ils ont perdu depuis long-temps une partie de la substance qui est propre à donner de l'alun.

Si les dernières recherches dont je viens de parler avaient du succès, il en résulterait plusieurs avantages indépendans de ceux relatifs à la teneur en alunite.

En effet, l'extraction du minerai stratiforme serait moins dispendieuse que celle des minerais contenus dans les deux autres gîtes. Il est évident que la structure feuilletée ou tabulaire du terrain rendrait l'abattage et la préparation mécanique bien plus faciles.

Mais en outre il faut savoir que le grillage et la macération que l'on fait subir aux minerais à base d'alunite dans les pays où l'on en exploite, n'ont pas seulement pour objet de produire le dégagement de l'alun, mais encore et avant tout d'obtenir la désaggrégation de la roche. Or, il est certain qu'à teneur égale les trass alunifères se délitéraient plus promptement que les autres minerais, par l'action du feu et par celle de l'humidité.

La nécessité de pourvoir à la désaggrégation de la roche n'avait point assez frappé Collet-Descostils, lorsque dans son excellent mémoire (*Annales des Mines*, t. 1, p. 319) sur les alunières de la Tolfa, il a insisté sur les imperfections du grillage, et lorsqu'il s'est contenté de conseiller de casser le minerai en fragmens égaux,

et de remplacer la torrification à l'air libre par un grillage exécuté, soit au four sans fin, soit au fourneau à réverbère.

L'adoption de ces moyens ne serait, suivant moi, qu'un remède imparfait aux inconvéniens que Collet-Descostils a observés, ainsi que toutes les personnes qui ont été à la Tolfa, et à ceux que je vais développer. Quelques détails ne seront point déplacés pour me faire comprendre dans une matière aussi neuve.

Ainsi que je l'ai déjà exposé, la richesse de tous les minerais de la nature de ceux dont il s'agit, dépend de leur teneur en alunite, c'est-à-dire, de la quantité de la substance minérale qui est propre à donner de l'alun lorsqu'elle a été convenablement décomposée par la chaleur.

Théoriquement parlant, l'alunite pure contient une quantité d'acide et d'alcali suffisante pour donner une quantité d'alun presque égale à son poids. En décomposant l'alunite par la chaleur, on dissipe une certaine quantité d'acide, et le résidu de la torrification ne fournit qu'une quantité d'alun nécessairement moins considérable que le poids de la masse employée. Or, on ne connaît pas quel est le degré de température qui est propre à développer la plus grande quantité d'alun possible, soit dans l'alunite pure, soit dans l'alunite mêlée avec les substances qui l'accompagnent dans les minerais ordinaires.

Collet-Descostils, après avoir analysé un minerai de Montioné (*Ann. des Mines*, t. 1, p. 369), qui s'est trouvé composé d'alunite compacte parfaitement pure, a cherché quelle quantité d'alun

il pourrait retirer en chauffant au rouge ce minerai après l'avoir préalablement réduit en poudre fine. Cette épreuve a donné 40 pour 100 en alun.

J'ai fait quelques expériences analogues sur des échantillons provenant de la Tolfa, et qui étaient formés d'alunite pure, soit cristallisée, soit compacte. En modérant la calcination, je suis parvenu à obtenir 47 et 49, et même jusqu'à 54 pour 100 en alun, c'est-à-dire près de moitié ou plus de moitié du poids de la masse employée.

J'ai été curieux de voir si les mêmes phénomènes se soutiendraient pour les alunites mélangées. J'ai opéré sur un échantillon de brèche du Mont-Dore, sensiblement homogène dans toute son étendue, qui m'avait fourni les fragments que j'ai anciennement soumis à l'analyse, et dont la composition m'était par conséquent connue. Il contenait 70 pour 100 d'alunite; j'ai fait trois épreuves, dont la plus productive m'a donné 32 pour 100 d'alun. Il y a déjà long-temps que j'ai obtenu ces résultats. J'aurais désiré en augmenter le nombre avant de rédiger le présent mémoire; mais la difficulté de me procurer des échantillons dont la composition fut rigoureusement connue, ne m'a pas permis de le faire.

Mes essais suffisent, au reste, pour prouver ce fait important, que si dans les fabriques d'alun qui traitent les minerais dont il s'agit, on pouvait procéder comme je l'ai fait en petit, on obtiendrait en alun environ moitié du poids de l'alunite contenue dans les minerais: supposons

maintenant, en admettant toujours la même hypothèse, qu'on ne puisse arriver qu'aux deux cinquièmes, et comparons avec ce qu'on obtient à la Tolfa.

J'ai cherché par la calcination absolue quelle était la teneur en alunite de plusieurs échantillons de la Tolfa qui avaient été recueillis sur les tas de minerai, soit par moi-même, soit par Dolomieu, soit par M. Lucas fils. La moyenne richesse a été de 56 pour 100. Je vais faire usage de ce résultat approximatif, en avertissant préalablement qu'il donne un nombre sensiblement inférieur à celui qu'on pourrait indirectement conclure de quelques données de fabrication sur lesquelles Collet-Descostils n'a pas pu fournir de détails bien précis.

D'après le même observateur, le minerai de la Tolfa ne rend, terme moyen, que 11,5 pour 100 en alun. Or, nous venons d'établir qu'il renferme, terme moyen, 56 pour 100 d'alunite. Il ne donne donc en alun que 20,5 pour 100 de l'alunite contenue. (Ceci, pour le dire en passant, explique pourquoi les eaux-mères contiennent toujours une certaine quantité de sulfate de potasse libre.)

Mais on a vu précédemment qu'en petit on pouvait obtenir, en alun, au moins 40 pour 100 de l'alunite pure. Si donc on ne pouvait procéder de même dans la fabrication en grand qui a lieu à la Tolfa, il est évident qu'on doublerait le produit brut en opérant sur la même masse de minerai, ou qu'on obtiendrait le même produit brut en opérant sur une masse moitié moindre.

La perspective d'un avantage aussi notable pourrait, sans contredit, motiver à la Tolfa l'introduction de la nouvelle méthode que je vais proposer pour la préparation mécanique des minerais et pour leur grillage. En effet, dans l'état de choses décrit par Collet - Descostils état que l'on peut présumer n'avoir pas beaucoup changé, un quintal métrique de minerai ne produit que 11 kilogrammes et demi d'alun, valant 8 fr. 62 c.; dans l'hypothèse ci-dessus, on en obtiendrait 22 kilogr.  $\frac{4}{10}$  d'alun, valant 16 fr. 70 c. Or, si je ne me trompe, l'excédant de produit serait en grande partie en bénéfice. Effectivement pour fabriquer la même quantité d'alun, on n'aurait plus à extraire et à traiter qu'une masse moitié moindre de minerai. On gagnerait par conséquent sur l'abattage, sur le transport, sur le combustible et sur la main-d'œuvre. La préparation mécanique du minerai et la construction des fourneaux de grillage occasionneraient des dépenses plus grandes que celles que l'on fait actuellement dans le même objet; mais ces dépenses seraient incontestablement beaucoup moindres que le montant des économies dont je viens de parler. Quoi qu'il en soit, je ne pousserai pas plus loin ce qui concerne les améliorations praticables à la Tolfa. Je dois me borner à développer ce que l'on peut faire relativement à la mine du Mont-Dore.

Or, je pense qu'au Mont-Dore il y aurait de l'avantage à bocarder, et, suivant les qualités, à moudre le minerai, à le bluter pour le lotir en poudres d'égale grosseur, à le griller au fourneau à réverbère, en le soumettant d'ailleurs à une

température très-faible et proportionnée au volume des poudres.

Avec les cours d'eau qui existent autour de la mine, et à commencer par la Dore, on aurait à peu de frais la force nécessaire pour faire mouvoir autant de boccards, de meules et de blutoirs qu'il en serait nécessaire. Les blutoirs seraient en toile métallique ou en fil de fer. Il est aisé de sentir qu'il s'agirait ici d'opérations peu délicates, et qu'on pourrait mener avec toute la célérité possible; on ne pourrait travailler qu'une partie de l'année à cause des sécheresses et des gelées; mais la hauteur des chutes suppléerait au volume des eaux, et la configuration du sol permettrait d'établir de grands réservoirs; enfin, les ateliers pourraient être étagés de manière à ce que le même filet d'eau en servît successivement plusieurs.

Le grand avantage de la méthode proposée serait de tirer aisément parti des trass pauvres en alunite; car étant beaucoup plus tendres que les minerais riches, ils seraient plus promptement préparés.

Le reste de l'établissement pourrait être placé au-dessous de l'entrée du ravin. L'ensemble offrirait une disposition par étage, dont il résulterait de l'économie pour les frais de transports, sur-tout en faisant usage de couloirs. Le minerai, en sortant de la mine, descendrait successivement aux ateliers de pulvérisation, aux fours de grillage, aux places de macération, où il resterait peu de temps, de là aux ateliers de lessivage, aux chaudières et définitivement aux cristallisoirs.

Dans le cas où on aurait des doutes sur l'efficacité du procédé que je propose, il serait bien facile d'en faire l'épreuve en grand, comparativement avec celui que l'on pratique à la Tolfa.

Quant au combustible, on le ferait venir des vallées voisines, et notamment des beaux bois du vallon de la Scie, qui sont très-étendus, et dont on ne tire qu'un parti médiocre, à raison de l'éloignement des lieux de consommation.

Au besoin, les mines de houille des environs d'Issoire, celles des environs de Bort, pourraient être mises à contribution pour le chauffage.

L'alun fabriqué pourrait être porté à Issoire, pour y être embarqué sur l'Allier, et la houille viendrait en retour.

Il y aura sans contredit plusieurs améliorations de détail à introduire dans ce que je conserve du procédé suivi à la Tolfa; mais ces améliorations regardent le directeur de l'entreprise; elles seront faciles à imaginer. L'essentiel consiste dans les changemens que j'ai exposés ci-dessus.

Je terminerai en faisant remarquer relativement au traitement du minerai du Mont-Dore, que, vu la nature de ce minerai, vu la surabondance du sulfate de potasse, et la présence continuelle de l'alumine en excès qui auront lieu dans les lessives, on ne peut pas douter que l'on ne réussisse à fabriquer au Mont-Dore de l'alun d'une qualité semblable à celle de l'alun de la Tolfa. Ce dernier alun, qui porte le nom d'*alun de Rome*, dans le commerce, jouit d'une supériorité qui ne s'est point démentie, et qui a bravé tous les efforts des fabricans des autres contrées.

A la fin du mois de mai dernier (1826), les prix courans des aluns étaient ainsi cotés à la bourse de Paris.

Alun de Paris. . . .	49 à 50 le q. m.
Alun de Liège. . . .	81 à 83
Alun de Rome. . . .	110 » »

D'après ces valeurs, on peut chercher par aperçu ce que produiront les minerais les plus pauvres que nous ayons reconnus.

Supposons que ces minerais rendent 5 pour 100 au quintal métrique.

Il y a 26 quintaux métriques de minerai de cette nature dans un mètre cube. D'après l'hypothèse ci-dessus, le mètre cube fournirait 130 kilog. d'alun, qui, rendus à Paris, et vendus au taux de l'alun de Rome, auraient une valeur de 143 fr. Que l'on réduise si l'on veut de 43 fr., c'est-à-dire de près d'un tiers, cette valeur, pour tenir compte des transports et autres faux frais, ainsi que des effets de la concurrence, il n'en restera pas moins constant, que le mètre cube de minerai contiendrait pour 100 fr. de marchandise, prix de vente à l'usine. Or, il paraît évident que les frais de tout genre pour l'abattage et le traitement d'un mètre cube de minerai, y compris l'intérêt des fonds de premier établissement et celui de la mise de fonds courante, seraient loin de s'élever à une pareille somme. A plus forte raison, aurait-on des bénéfices notables par l'exploitation des minerais, dont on pourra obtenir 10 et 20 pour 100 d'alun.

Enfin les droits de douane protègent très-puissamment la fabrication des aluns français. Ces

droits sont de 25 pour 100 par quintal métrique à l'entrée, et de 2 francs seulement à la sortie. On ne peut rien de plus favorable ; cependant on ne cesse pas d'importer annuellement des quantités assez considérables d'aluns étrangers. Voici, pour les 5 années qui viennent de s'écouler, le relevé de ces quantités, tel qu'il résulte des documens officiels que M. David, administrateur des douanes, a eu la complaisance de me communiquer.

	1821.	1822.	1823.	1824.	1825.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Angleterre...	"	927	"	779	"
Suède et Norwège.....	"	"	37	"	"
Pays-Bas.....	39,994	25,547	16,822	29,302	72,055
Prusse.....	7	13,127	28,630	469	32,273
Allemagne....	"	"	1263	"	"
Sardaigne....	30,947	16	"	8,337	186
Toscane et Etats romains (1)...	72,478	87,633	92,353	139,863	99,892
Espagne.....	155	5	94	"	"
Turquie.....	"	"	"	154	141
Egypte.....	"	"	"	571	"
Possessions françaises de l'Inde...	"	"	593	"	"
Tot. des quantités importées.	k°. 143,581	k°. 126,55	k°. 139,792	k°. 179,475	k°. 204,547

(1) On se rappellera que l'alun de Toscane vient de Montione, qu'on le vend comme alun de Rome, et qu'il en a la qualité. J'ai d'ailleurs lieu de présumer que l'alun qui est importé par les expéditions venant de Sardaigne, n'a point été fabriqué dans cette île, mais qu'il provient de Toscane ou des Etats romains.

En considérant tout ce qui précède, on est conduit aux conclusions suivantes.

#### § 4. Conclusions.

1°. Ainsi que je l'avais annoncé, en 1818, dans le mémoire spécial, et appuyé d'expériences positives, qui a été imprimé dans les *Annales des Mines*, t. 4, p. 205 à 222, il existe dans le vallon de la Craie une mine d'alun considérable.

2°. L'étendue de cette mine est en harmonie avec les probabilités que j'avais exposées à ce sujet en 1818 ; j'ai trouvé cette étendue infiniment plus grande que je ne devais le présumer d'après le petit nombre de renseignemens que les personnes que j'ai citées, avaient recueillis antérieurement aux observations que j'ai faites sur les lieux au mois de septembre dernier. Il s'en faut de beaucoup sur-tout que cette mine soit uniquement composée de brèche siliceuse et sulfureuse comme je devais le supposer d'après le petit nombre de renseignemens dont je viens de parler.

3°. Les observations qui me sont propres et dont j'ai rendu compte, font enfin connaître l'état des choses. Elles démontrent principalement que la mine consiste en trois gîtes absolument distincts, quoique placés les uns à côté des autres, et qui sont ; savoir, 1°. une énorme assise de trass alunifère de richesse variable ; 2°. un filon de trachite mêlé d'alunite silicifère porphyrique ; 3°. une espèce de stockwerk ou filon court et puissant, formé d'une roche brouillée, ayant pour base des trass siliceux très-alunifères au milieu desquels il existe des amas d'alunite siliceuse porphyroïde et de brèche alunifère siliceuse et sulfureuse.

4°. Il est évident, d'après la disposition des

lieux, que la mine sera susceptible d'être pendant long-temps exploitée à ciel ouvert, et que les déblais seront enlevés sans frais par les eaux de la Dore.

5°. A en juger par les échantillons que j'ai recueillis à la surface du terrain, et d'après mes expériences sur ces échantillons, la teneur des minerais en alunite, ou substance propre à donner de l'alun par la torréfaction, rend la mine susceptible d'une exploitation profitable. Il est à présumer que cette teneur s'accroîtra sur plusieurs points, dès qu'on atteindra la roche vive.

6°. Enfin, à l'aide des changemens notables que je propose d'introduire dans le traitement de cette espèce de minerais, il est probable qu'on retirera de l'exploitation des avantages plus grands que si l'on se bornait à suivre le procédé qui est en usage à la Tolfa.

## ORDONNANCES DU ROI, CONCERNANT LES MINES,

RENDUES PENDANT LA FIN DU QUATRIÈME TRIMESTRE DE 1825.

*ORDONNANCE du 13 novembre 1825, portant que le sieur Vantroyen est autorisé à établir dans la commune d'Arques, entre la route de Saint-Omer à Aire et la digue du canal de jonction de la Lys à l'Aa (Pas-de-Calais), une verrerie pour la fabrication du verre blanc; composée de trois fours, ayant chacun huit creusets.*

Verrerie  
d'Arques.

*ORDONNANCE du 7 décembre 1825, portant concession des mines de fer du territoire de Feron (Nord).*

Mines de fer  
de Feron.

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.;

ART. I<sup>er</sup>. Il est fait concession à la dame Amélie-Agnès Leroy, veuve Hufty, des mines de fer existant sur le territoire de la commune de Feron, arrondissement d'Avesnes, département du Nord.

ART. II. Cette concession, renfermant une étendue superficielle de deux cent cinquante hectares, est et demeure limitée conformément au plan joint à la présente ordonnance, comme il suit; savoir,

1°. Vers le nord, par la partie du chemin de la Capelle à Chimay, qui s'étend, sur une longueur de deux mille cinq cent quatre-vingt-huit mètres, depuis la jonction de ceux d'Avesnes et de Fourmies jusqu'au fossé qui sert de ligne

séparative entre les bois du Fresseau, situés sur le territoire de Feron, et ceux de Glageon ;

2°. Vers l'est, par le même fossé qui sépare ces deux bois, et qui s'étend, sur une longueur de douze cent dix mètres, depuis le chemin de Chimay, jusqu'à celui de la Houpe-du-Bois, où se réunissent les territoires des trois communes de Feron, Glageon et Fourmies ;

3°. Vers le sud, par une ligne ondulée qui part du point de réunion de ces trois communes, et qui, en suivant le chemin de la Houpe-du-Bois, passe d'abord par les bornes désignées sur le plan sous les nos. 1, 2, 3, 4, 5, jusqu'au ruisseau des Pisons ; s'étend ensuite, suivant le cours des eaux de ce ruisseau, jusqu'à la borne triangulaire n°. 6, placée sur le bord du chemin d'Avesnes à Fourmies, où se réunissent les territoires de Feron, Fourmies et Wignehies, et se termine, en partant de cette dernière et passant par l'axe dudit chemin, à celui de la Capelle à Chimay, où commence la limite, vers le nord de cette concession ; le tout sur une longueur de trois mille deux cent cinquante-cinq mètres.

Haut-four-  
neau de  
Breurey.

*ORDONNANCE du 7 décembre 1825, portant autorisation d'établir un haut-fourneau attendant à la forge de Breurey (Haute-Saône).*

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc. ;

ART. I<sup>er</sup>. Les sieur et dame de Talaru, les dames Charlotte-Athénaïs de Sorans et Anne-Marie-Victoire de Clairon d'Haussonville, sont autorisés à établir, conformément aux plans qu'ils ont produits, et dont une expédition restera annexée à la présente ordonnance, un haut-fourneau attendant à la forge de Breurey, située sur le cours d'eau de la Buthier, commune de Sorans, département de la Haute-Saône.

ART. II. Ce fourneau sera construit, en remplacement de l'ancien haut-fourneau de Sorans, dont le rétablissement avait été autorisé par ordonnance du 2 avril 1823 :

en conséquence, la permission accordée par cette ordonnance est et demeure révoquée (1).

*ORDONNANCE du 21 décembre 1825, concernant des lavoirs à bras établis en la commune de Vy-le-Ferroux (Haute-Saône).*

Lavoirs de  
Vy-le-Ferroux.

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc. ;

ART. I<sup>er</sup>. Les sieurs Galaire et Patret sont autorisés à maintenir en activité les trois lavoirs à bras pour le lavage du minerai de fer, qu'ils ont établis, conformément au plan ci-annexé, sur un terrain à eux appartenant, au-dessous du patouillet à roue situé dans la chaussée en aval de l'étang de Vy-le-Ferroux, commune de Vy-le-Ferroux, département de la Haute-Saône.

ART. V. Les impétrans feront creuser, en aval de leurs lavoirs, un bassin pour la réception des boues provenant du lavage des minerais, lequel bassin ne pourra avoir moins de six cents mètres cubes de capacité, et un mètre cinquante centimètres au plus de profondeur.

ART. VI. Ledit bassin devra être curé à fond, toutes les fois qu'il sera plein aux deux tiers, et les boues qui en proviendront seront déposées sur la propriété même des impétrans, aux points où elles ne pourront être entraînées par les eaux courantes ni par les averse.

*ORDONNANCE du 28 décembre 1825, portant concession des mines de houille dites d'Olympie (Gard).*

Mines de  
houille dites  
d'Olympie.

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc. ;

ART. I<sup>er</sup>. Il est fait concession aux sieurs Louis-Augustin d'Hombre Firmas, Jean-Louis Firmas de Periès, Jean-Louis-Antoine Solagé, Prosper Renaux, François Fort et Jacques Ribot, des mines de houille dites d'Olympie, existant sur une partie des territoires des communes de Sous-

(1) Voyez cette ordonnance, *Annales des Mines*, t. VIII, p. 635.

telle, Cendras et Saint-Paul-la-Coste, département du Gard, dans une étendue superficielle de cinq kilomètres carrés quarante-huit hectares.

ART. II. Cette concession est et demeure limitée, conformément au plan joint à la présente ordonnance, par une suite de lignes droites menées successivement de Malataverne à Brugueirolles; de Brugueirolles au clocher de Saint-Paul-la-Coste; de ce dernier point au château de Vaugrand, de Vaugrand à Periès, de Periès à Camphigoux, en prolongeant cette droite jusqu'au point de rencontre avec la limite sud-ouest de la concession Tubeuf, et de ce point de rencontre à Malataverne, point de départ.

Puits salé de *ORDONNANCE du 28 décembre 1825, portant*  
Salzbronn. *autorisation d'exploiter le puits salé de Salz-*  
*bronn (Moselle).*

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.;

ART. I<sup>er</sup>. Les sieurs Jean-Guillaume de Thon, Frédéric Manthey et Charles de Thon, barons de Dittner, sont autorisés à exploiter le puits salé de Salzbronn, dont ils sont propriétaires, et à établir sur le territoire de Salzbronn, au lieu dit le *Pré Boukers*, et dans l'emplacement désigné au plan produit, une usine qui ne pourra fabriquer annuellement plus de vingt-mille quintaux métriques de sel marin ou muriate de soude.

ART. II. Ils ne pourront employer pour la fabrication que des combustibles minéraux.

ART. III. Ils devront produire, dans le délai de 18 mois, à partir du jour où la présente ordonnance leur sera notifiée, un plan d'ensemble et un plan de détail, dressés le premier sur l'échelle de deux millimètres pour mètre, et le second sur l'échelle d'un centimètre pour mètre. Ces plans seront fournis en triple expédition et vérifiés par l'Ingénieur des Mines.

ART. IV. Ils ne pourront établir aucune machine, hydraulique pour élever les eaux salées sur les bâtimens de graduation, sans avoir obtenu à ce sujet une permission spéciale, donnée sur l'avis de l'Administration des ponts et chaussées.

## TABLE DES MATIÈRES

### CONTENUES DANS LE TOME XII.

#### *Géologie et Minéralogie.*

- NOTICE sur la couche de galène argentifère de Tarnowitz (gisement du minerai); par M. *Manès*, Ingénieur au Corps royal des Mines. . . . . Pag. 101
- NOTICE sur un gisement de calamine dans les environs de Philippeville, province de Namur; par M. *Boüessel*, Ingénieur en chef des Mines du Royaume des Pays-Bas. . . . . 243
- NOTICE sur les mines et usines à zinc de la Silésie supérieure (gisement des minerais); par M. *Manès*. 249
- Sur les mines de plomb du Cumberland et du Derbyshire (gisement des minerais); par M. *Brochant de Villiers*, Inspecteur divisionnaire au Corps royal des Mines. . . . . 339
- MÉMOIRE sur la mine d'alun du Mont-Dore; par M. *Louis Cordier*, Inspecteur divisionnaire au Corps royal des Mines. — (Juin 1826). . . . . 527

#### *Chimie; Recherches docimastiques; Analyses de substances minérales.*

##### CHIMIE (Extraits de journaux).

- 1. Mémoire sur l'électricité des gaz et sur les causes de l'électricité de l'atmosphère; par M. *Pouillet*. . 131
- 2. Recherches sur les pouvoirs réfringens des fluides élastiques; par M. *Dulong*. . . . . 1b.
- 3. Sur la relation entre la forme des cristaux et leur dilatation par la chaleur; par M. *Mitscherlich*. . . . . 133
- 4. Sur quelques perfectionnemens dans les essais au chalumeau; par M. *Smithson*. . . . . 1b.
- 5. Description d'un chalumeau à mouvement spontané; par M. *Leeton*. . . . . 135
- 6. Appareil pour filtrer hors du contact de l'atmosphère; par M. *Donovan*. . . . . 136
- 7. Recherches physico-chimiques sur le charbon; par M. *Chevreuse*. . . . . 1b.
- 8. Nouveaux composés de carbone et d'hydrogène;

par M. <i>Faraday</i> . . . . .	Pag. 138
— 9. Analyse du chlorure de soufre ; par M. <i>Dumas</i> . . . . .	141
— 10. Sur le bore ; par M. <i>Berzélius</i> . . . . .	143
— 11. Recherches sur la dilatation de l'eau par la chaleur et sur la température à laquelle correspond son maximum de densité ; par M. <i>Hällstrom</i> . . . . .	145
— 12. Rectification à froid de l'alcool ; par M. <i>Pajot Descharmes</i> . . . . .	149
— 13. Observations sur la distillation de l'alcool ; par M. <i>Sæmmering</i> . . . . .	<i>Ib.</i>
— 14. Premier mémoire sur la distillation des corps gras ; par M. <i>Dupuy</i> . . . . .	150
— 15. De la distillation des corps gras ; par MM. <i>Bussy et Lecanu</i> . . . . .	151
— 16. Nouvelle formation d'acide sulfurique anhydre ; par M. <i>Gmelin</i> . . . . .	153
— 17. De l'acide iodeux ; par M. <i>Luigi Sementini</i> . . . . .	<i>Ib.</i>
— 18. Recherches sur l'acide fluorique ; par M. <i>Berzélius</i> . . . . .	154
— 19. De quelques combinaisons remarquables produites dans la préparation du potassium par la méthode de <i>Brunner</i> ; par M. <i>Gmelin</i> . . . . .	164
— 20. Sur l'acide sulfo-prussique ; par M. <i>Berzélius</i> . . . . .	170
— 21. Essais sur la préparation du potassium et du sodium ; par M. <i>Brunner</i> . . . . .	171
— 22. Méthode avantageuse de préparer le potassium ; par M. <i>Wohler</i> . . . . .	175
— 23. Description de deux procédés au moyen desquels on fait du verre avec le sulfate de soude et le muriate de soude, sans le secours des alcalis ; par M. <i>Leguay</i> . . . . .	179
— 24. Sur l'ammoniaque ; par M. <i>Bischoff</i> . . . . .	180
— 25. Sur quelques circonstances de la formation de l'ammoniaque, et sur les moyens de reconnaître la présence de petites quantités d'azote dans certains états ; par M. <i>Faraday</i> . . . . .	<i>Ib.</i>
— 26. Sur le zirconium ; par M. <i>Berzélius</i> . . . . .	182
— 27. Note sur la thorine ; par le même . . . . .	190
— 28. Observations sur quelques sulfures ; par M. <i>Gay Lussac</i> . . . . .	<i>Ib.</i>
— 29. Sur la température à laquelle bouillent plu-	

sieurs dissolutions salines ; par M. <i>Griffith</i> . . . . .	Pag. 192
— 30. Observations sur quelques carbonates ; par M. <i>Boussingault</i> . . . . .	193
— 31. De l'action réciproque des acides carbonique et hydrosulfurique sur les hydrosulfates et les carbonates ; par M. <i>Henry fils</i> . . . . .	195
— 32. Sur le volume que l'oxygène occupe dans les oxides ; par M. <i>Hérath</i> . . . . .	196
— 33. Sur la précipitation des métaux, de leurs dissolutions par d'autres métaux ; par M. <i>Fischer</i> . . . . .	197
— 34. Sur la décomposition des sulfures métalliques par le gaz hydrogène ; par M. <i>Rose</i> . . . . .	200
— 35. Sur le tungstène ; par M. <i>Wohler</i> . . . . .	201
— 36. Sur les propriétés du tantale ; par M. <i>Berzélius</i> . . . . .	205
— 37. Sur le chlorure de titane ; par M. <i>George</i> . . . . .	208
— 38. Sur la séparation de l'acide titanique de l'oxide de fer ; par M. <i>Rose</i> . . . . .	209
— 39. Sur la faculté de quelques poudres métalliques de s'enflammer spontanément dans l'air atmosphérique, à la température ordinaire ; par M. <i>Magnus</i> . . . . .	210
— 40. Note sur l'existence du persulfate de fer anhydre dans le résidu de la concentration de l'acide sulfurique du commerce, et sur la réaction de l'acide sulfurique et des sulfates de fer ; par MM. <i>Bussy et Lecanu</i> . . . . .	212
— 41. Alliage de fonte et de laiton ; par M. <i>Fazie</i> . . . . .	213
— 42. Sur les combinaisons de l'oxide de cobalt avec l'ammoniaque et sur l'acide cobaltique ; par M. <i>Gmelin</i> . . . . .	<i>Ib.</i>
— 43. Expériences et observations additionnelles sur l'application des combinaisons électriques à la conservation du doublage de cuivre des vaisseaux et à d'autres objets ; par M. <i>Davy</i> . . . . .	214
— 44. Sur les combinaisons de l'antimoine avec le chlore et avec le soufre ; par M. <i>Rose</i> . . . . .	215
— 45. Analyse de l'émétique ; par M. <i>Phillips</i> . . . . .	219
— 46. Note sur l'acétate d'argent et sur l'acétate de mercure ; par M. <i>Dumas</i> . . . . .	<i>Ib.</i>
— 47. Alliages propres à recouvrir les constructions et doubler les vaisseaux ; par M. <i>Pope</i> . . . . .	220
— 48. Sur l'alliage fusible et sur une combinaison métallique réfrigérante ; par M. <i>Dobereiner</i> . . . . .	<i>Ib.</i>
— 49. Sur un sous-chromate de plomb écarlate ; par M.	

<i>Badams</i> .....	Pag. 221
— 50. Sur une espèce particulière de combinaison ; par M. <i>Wohler</i> .....	222
— 51. Carbure de palladium ; par <i>le même</i> .....	223
— 52. Alliage imitant l'or ; par M. <i>Hernbstädt</i> .....	<i>Ib.</i>
— 53. Note sur quelques faits relatifs à l'action des métaux sur les gaz inflammatoires ; par MM. <i>Rive</i> et <i>Marcel</i> .....	224
NOTE sur la fabrication des pouzzolanes , ou trass factices ; par M. le général <i>Treussart</i> .....	233
ANALYSE d'une calamine des environs de Philippeville, province de Namur ; par M. <i>Boüesnel</i> .....	244
ANALYSE d'un fer carbonaté argileux des houillères de Fins (Allier) ; par M. <i>Guillemin</i> .....	248
ANALYSES DE SUBSTANCES MINÉRALES. (Ext. de journaux.)	
— 1. Analyse comparative de deux bitumes élastiques d'Angleterre et de France ; par M. <i>Henry</i> fils.....	269
— 2. Note sur le schiste bitumineux, et sur le lignite d'Ardes (Puy-de-Dôme) ; par M. <i>Payen</i> .....	<i>Ib.</i>
— 3. Analyse de l'apophyllite ; par M. <i>Berzélius</i> .....	270
— 4. Analyse du diploït ; par M. <i>C.-G. Gmelin</i> .....	271
— 5. Description de l'herchélite et de la phillipsite ; par M. <i>C.-A. Lévy</i> .....	<i>Ib.</i>
— 6. Analyse de la latrobeite ; par M. <i>Gmelin</i> .....	272
— 7. Analyse de la killinite ; par M. <i>Barcker</i> .....	<i>Ib.</i>
— 8. Analyse des eaux minérales des environs d'Eger en Bohême ; par M. <i>J. Berzélius</i> .....	273
— 9. Analyse du mica de Cornouailles ; par M. <i>E. Turner</i> .....	276
— 10. Des eaux minérales de l'Allemagne et de la France ; par M. le Dr. <i>G. Bichoff</i> .....	276
— 11. Mémoire sur l'urao ( carbonate de soude ) ; par MM. <i>Mariano de Rivero</i> et <i>J.-B. Boussingault</i> .....	278
— 12. Sur le carbonate de soufre natif ; par M. <i>Haidinger</i> .....	279
— 13. Sur l'existence de l'iode dans l'eau d'une source de la province d'Antioquia ; par M. <i>J.-B. Boussingault</i> .....	281
— 14. Eaux minérales d'Uriage , près Grenoble ..	282
— 15. Analyse de l'eau de mer du port de Boston ; par M. <i>S.-W. Webster</i> .....	283
— 16. Sur le gmelinite ; par M. <i>D. Brewster</i> .....	<i>Ib.</i>

— 17. Analyse de la hauyne du lac Laacher ; par M. <i>Nægerath</i> .....	Pag. 284
— 18. Analyse du periklin ; par M. <i>Gmelin</i> .....	<i>Ib.</i>
— 19. Analyse du mica de Chursdorf en Saxe ; par <i>le même</i> .....	285
— 20. Analyse de la célestine radiée de Norten, près de Hanovre ; par M. <i>E. Turner</i> .....	286
— 21. Analyse de l'erlan d'Erla, dans les montagnes de Schwarzenberg ; par M. <i>Gmelin</i> .....	<i>Ib.</i>
— 22. Essai pour déterminer la composition du péri-dot ; par M. <i>Walmstedt</i> .....	287
— 23. Analyses comparatives de l'olivine et de la chrysolite ; par M. <i>Stromeyer</i> .....	289
— 24. Analyse de l'yttria phosphatée ; par M. <i>Berzélius</i> .....	291
— 25. Analyse de l'helvine ; par M. <i>Gmelin</i> .....	292
— 26. Analyse du diaspro ; par M. <i>Children</i> .....	<i>Ib.</i>
— 27. Analyse de l'alumine sulfatée native de Rio-Salvada ; par M. <i>J.-B. Boussingault</i> .....	<i>Ib.</i>
— 28. Analyse de la terre alumineuse de Rigberge, près de Bonn ; par M. <i>Nægerath</i> .....	293
— 29. Recherches sur quelques argiles employées dans les usines à fer. ( <i>Arch. mét. de M. Karsten.</i> )	<i>Ib.</i>
— 30. Cendres lancées avec de l'eau bouillante par un volcan, près de Manille, aux Philippines ; par M. <i>Ballarini</i> .....	295
— 31. Sur la lévyne ; par M. <i>D. Brewster</i> .....	<i>Ib.</i>
— 32. Analyse de la lévyne ; par M. <i>Berzélius</i> .....	<i>Ib.</i>
— 33. Analyse de l'axinite de Freseburg ; par M. <i>Wiegmann</i> .....	296
— 34. Nouvelle analyse du steinchilite ou dichroïte d'Orijarvi ; par M. <i>P.-A. Bonsdorf</i> .....	<i>Ib.</i>
— 35. Analyse d'un grenat manganésifère d'Amérique ; par M. <i>Sybert</i> .....	297
— 36. Analyse du zircon d'Expailly ; par M. <i>Berzélius</i> .....	<i>Ib.</i>
— 37. Analyse du polymignite ; par <i>le même</i> .....	298
— 38. Analyse de l'oxide de titane de Saint-Yriex, de l'iserine d'Iservièse et du fer titané d'Egersund ; par M. <i>H. Rose</i> .....	300
— 39. Sur la brookite ; par M. <i>Lévy</i> .....	301
— 40. Carbonate et fluaté de cérium ; par M. <i>Berzélius</i> .....	302

— 41. Sur les minéraux cristallisés qui se trouvent dans les pierres météoriques; par M. G. Rose. Pag.	302
— 42. Analyse du fer phosphaté d'Anglar, commune de Campregniac (H.-Vienne); par M. P. Berthier.	303
— 43. Analyse d'une nouvelle espèce de phosphate de fer du département de la Haute-Vienne; par M. Vauquelin.	304
— 44. Analyse de l'hétérosite; par le même.	305
— 45. Analyse de l'huralite; par le même.	Ib.
— 46. Analyse de deux variétés de fer arséniaté; par M. J. Berzélius.	306
— 47. Examen chimique du fer oxidé-résinite des environs de Freyberg; par M. Laugier.	309
— 48. Sur le withamite; par M. D. Brewster.	310
— 49. Analyse du sidéro-schistolite de Conghonas do Campo, dans le Brésil, par M. Werneckink.	Ib.
— 50. Analyse des scories d'affinage du fer et de leur action sur l'argile réfractaire, à la chaleur du chalumeau à gaz oxigène. (Arch. mét. de Karsten.)	311
— 51. Sur une nouvelle espèce de wolfram; par M. Vauquelin.	312
— 52. Analyse du tantalite de Kimito (And. phys. Poggendorf, 1825); par M. Berzélius.	314
— 53. Nouvelle analyse du diopside; par M. Vauquelin.	315
— 54. Analyse du kermès natif (Rothspics-Glanzerz de Braundorf), près de Freyberg, en Saxe; par M. H. Rose.	Ib.
— 55. Sur le cadmium; par M. Apjohn.	316
— 56. Analyses des séléniures du kartz oriental; par M. H. Rose.	Ib.
— 57. Sur la composition des minerais de plomb phosphaté et arséniaté; par M. Wohler.	320
— 58. Séléniure d'argent à Tasco (Mexique); par MM. André del Rio et Mendez.	321
— 59. Note sur l'existence de l'iode dans le règne minéral; par M. Vauquelin.	322
— 60. Analyse d'un alliage d'or et de rhodium, de la maison de départ de Mexico; par M. André del Rio.	323
— 61. Examen du platine trouvé en Russie; par M. Laugier.	324
— 62. Analyse du minerai d'iridium; par M. Thomson.	326

DE l'emploi de l'acide empyreumatique du goudron pour l'éclairage au gaz; par M. Schwartz.	338
PURIFICATION de l'acide pyroligneux, au moyen du charbon animal; par M. J. Berzélius.	Ib.
ANALYSE de la mésotype d'Auvergne; par M. J. Guillemin.	390
SUR la matière micacée qui se trouve dans certains cuivres; par MM. Stromeyer et Haussmann. (Arch. mét. de M. Karsten.)	524
<i>Minérallurgie : Arts qui en dépendent.</i>	
NOTICE sur la couche de galène argentifère de Tarnowitz (préparation et fonte des minerais); par M. Manès.	109 et 114
MOYEN de rendre plus facile la fabrication du fil de fer. (Tech. Rep., t. 7, p. 161.)	247
NOTICE sur les mines et usines à zinc de la Silésie supérieure (fonte des minerais); par M. Manès.	257
SUR la carbonisation du bois; résultats des expériences faites à Brefwen en Suisse; par M. le baron Anckarsræd. (Extrait).	327
RAPPORT sur les essais de carbonisation du bois faits à Brefwen, par M. le baron Anckarsræd; par M. C.-D. de Uth.	332
SUR les mines de plomb du Cumberland et du Derbyshire (préparation et traitement métallurgique des minerais); par MM. Dufrenoy et Elie de Beaumont, Ingénieurs au Corps royal des Mines.	361 et 401
<i>Exploitation des Mines.</i>	
NOTICE sur la couche de galène argentifère de Tarnowitz (exploitation du minerai); par M. Manès.	101
NOTICE sur les mines et usines à zinc de la Silésie supérieure (exploitation des calamines); par le même.	253
SUR l'exploitation de la mine d'alun du Mont-Dore; par M. Louis Cordier.	553
<i>Mécanique, Arts de construction et Objets divers.</i>	
RAPPORT fait à MM. les Président et Conseillers de la Cour royale séante à Paris, sur la nouvelle et l'ancienne machine à vapeur établies, à Paris, au Gros-Caillou, à l'occasion du procès pendant au tribunal de la Cour royale de Paris, entre M. Edwards,	

- vendeur, et M. *Lecour*, acquéreur de la nouvelle machine ; par M. *de Prony*, Inspecteur général au Corps royal des ponts et chaussées, membre de l'Académie royale des sciences. . . . . Pag. 5
- Première note. Sur le parallélogramme du balancier de la machine à vapeur . . . . . 81
- Deuxième note. Sur un moyen de mesurer l'effet dynamique des machines de rotation. . . . . 91
- Sur un cabestan mis en usage par M. *de Bétancourt*, lieutenant général au service de Russie. ( Article communiqué par MM. *Lamé et Clapeyron*, Ingénieurs au Corps royal des Mines, Lieutenants-colonels du génie au service de Russie ). . . . . 225
- NOTE de M. *Baillet*, Inspecteur divisionnaire au Corps royal des Mines, sur des couteaux ou lames de silex, trouvés près de Douay, département du Nord. 230
- RAPPORT des mesures suédoises aux mesures métriques. 336
- MÉMOIRE sur les roues hydrauliques verticales à aubes courbes, mues par-dessous, suivi d'expériences sur les effets mécaniques de ces roues; par M. *Poncelet*, capitaine au Corps royal du Génie. . . . . 453
- Additions à ce mémoire; par le même. . . . . 520
- Ordonnances royales concernant les Mines.*
- ORDONNANCES rendues pendant la fin du quatrième trimestre de 1825. . . . . 391 et 565

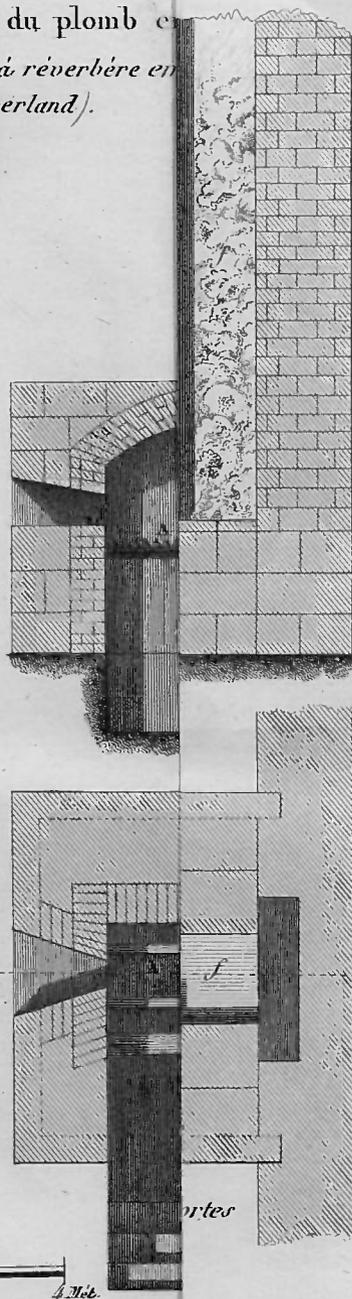
*Planches jointes à ce Tome.*

- PL. I. Machine à vapeur de M. Edwards.
- PL. II. Parallélogramme du balancier de cette machine.
- PL. III. Moyen de mesurer l'effet dynamique des machines de rotation.
- PL. IV. Préparation du potassium.
- PL. V. Cabestan.
- PL. VI. Usine à zinc de la Silésie.
- PL. VII. Carbonisation du bois en Suède.
- PL. VIII. }
- PL. IX. } Traitement du plomb en Angleterre.
- PL. X }  
et XI. }
- PL. XII. Roue hydraulique verticale, à aubes courbes.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Imprimerie de Madame HUZARD (née Vallat la Chapelle), rue de l'Éperon, n°. 7. — 1826.

Traitement du plomb en  
Fourneaux à réverbère en  
moor (Cumberland).



Fourneau de grillage

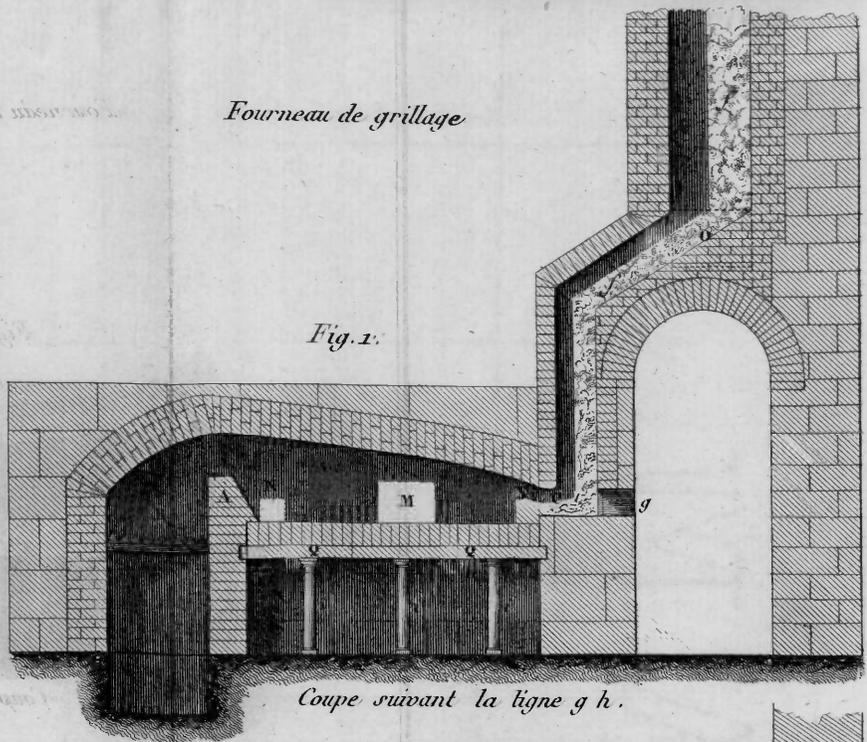
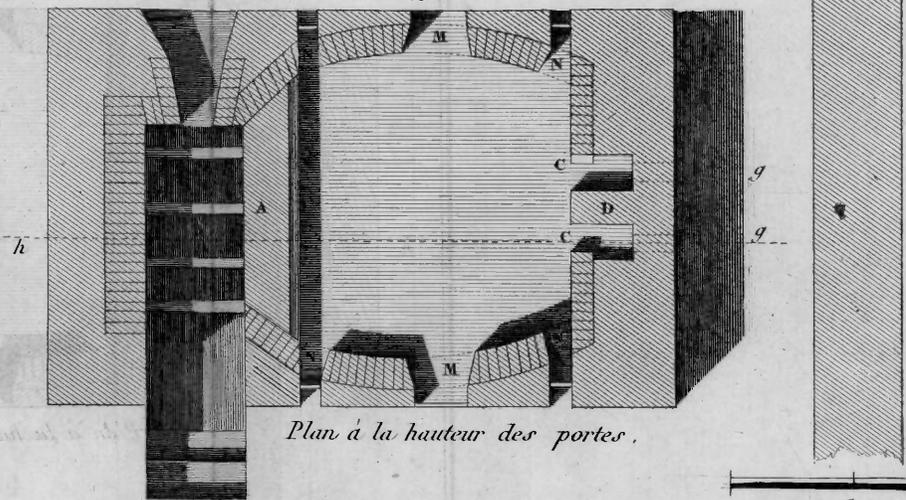


Fig. 1.

Coupe suivant la ligne g h.

Fig. 2.



Plan à la hauteur des portes.

Traitement du plomb en Angleterre.  
Fourneaux à réverbère employés à Alston-  
moor (Cumberland).

Fourneau de réduction de la litharge

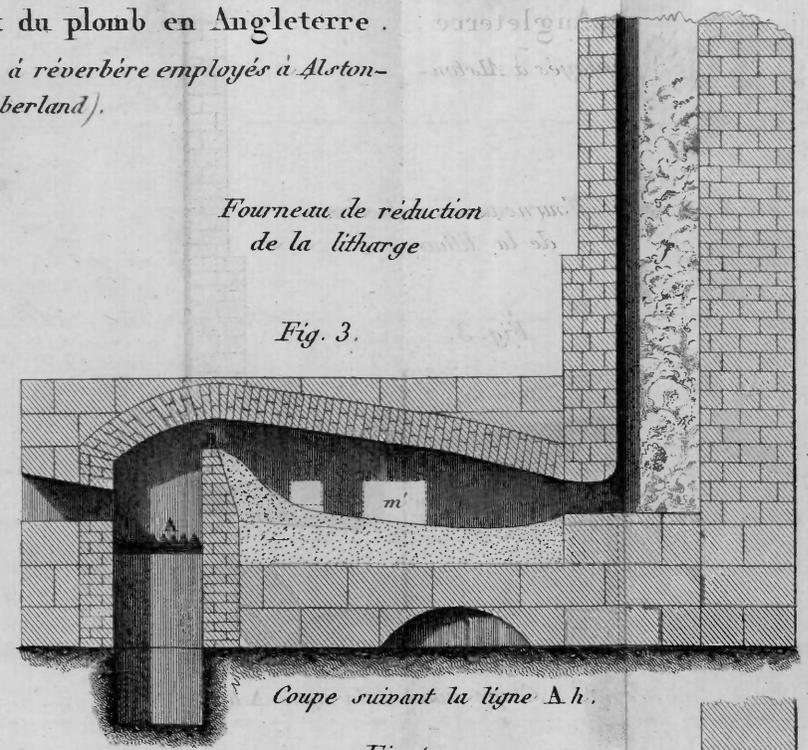
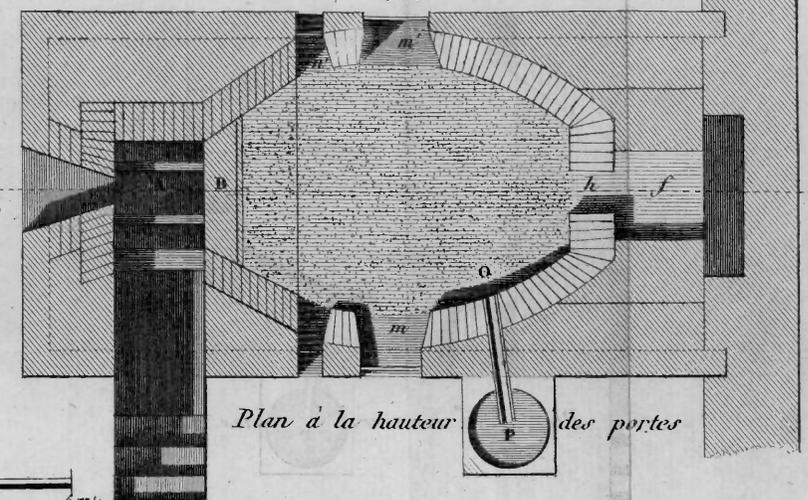


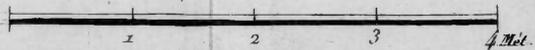
Fig. 3.

Coupe suivant la ligne A h.

Fig. 4.



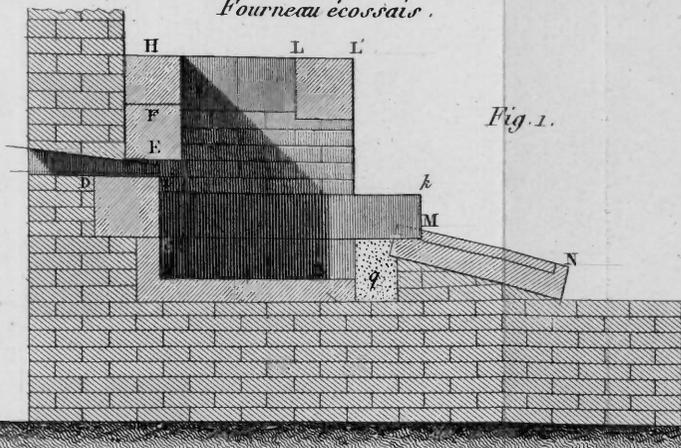
Plan à la hauteur des portes



Traitement du plomb en Angleterre.  
 Fourneau écossais et fourneau à manche employés à Alston-moor (Cumberland).

Fourneau écossais.

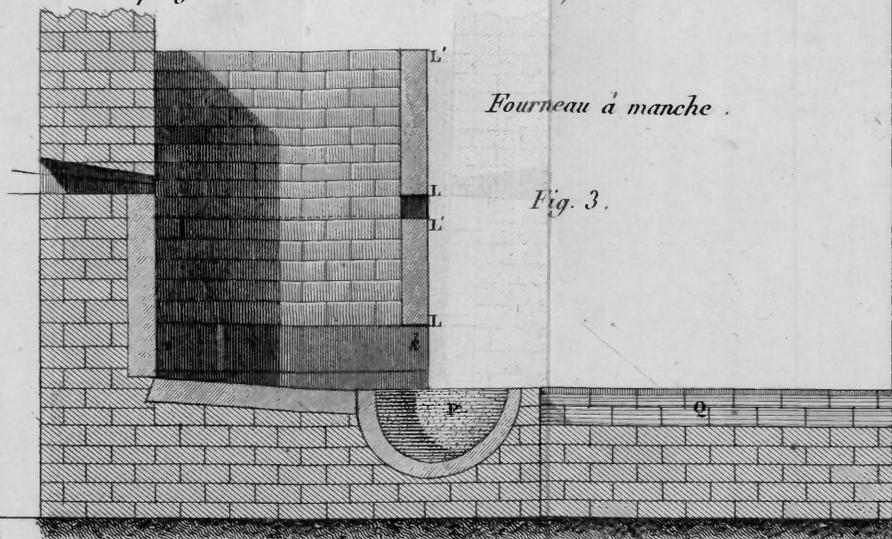
Fig. 1.



Coupe du fourneau écossais suivant la ligne R.S.

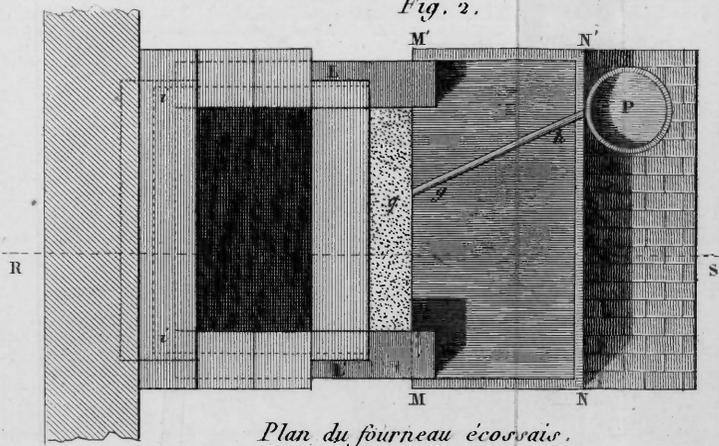
Fourneau à manche.

Fig. 3.



Coupe du fourneau à manche.

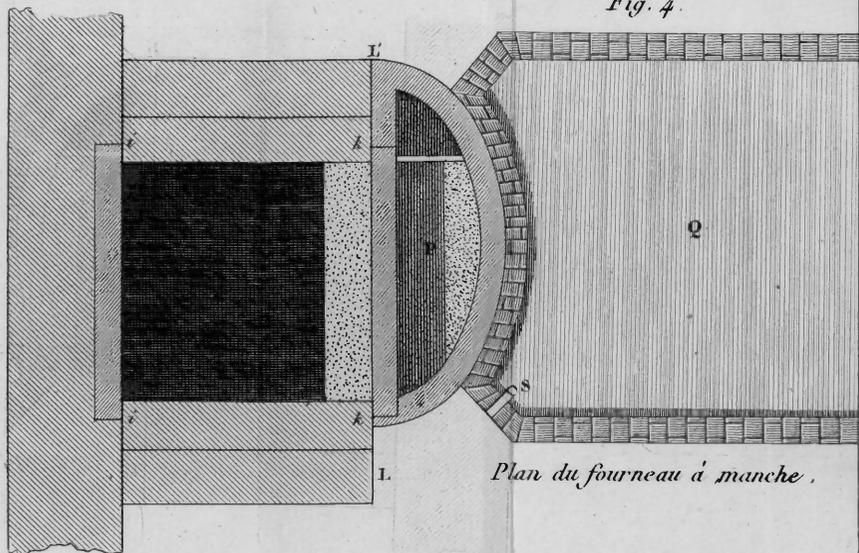
Fig. 2.



Plan du fourneau écossais.

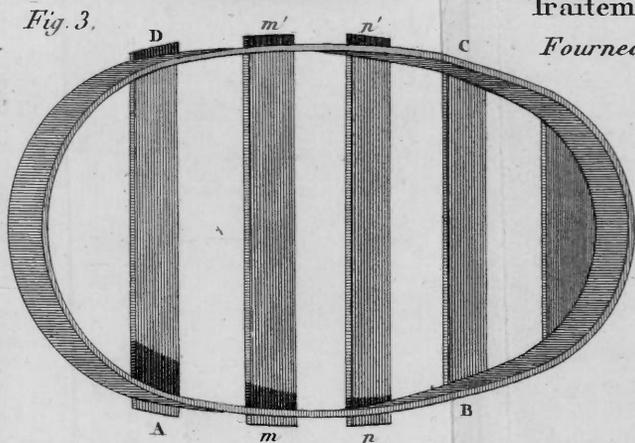


Fig. 4.

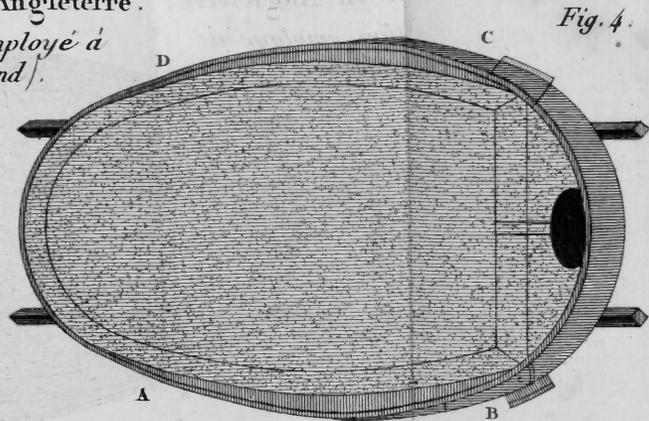


Plan du fourneau à manche.

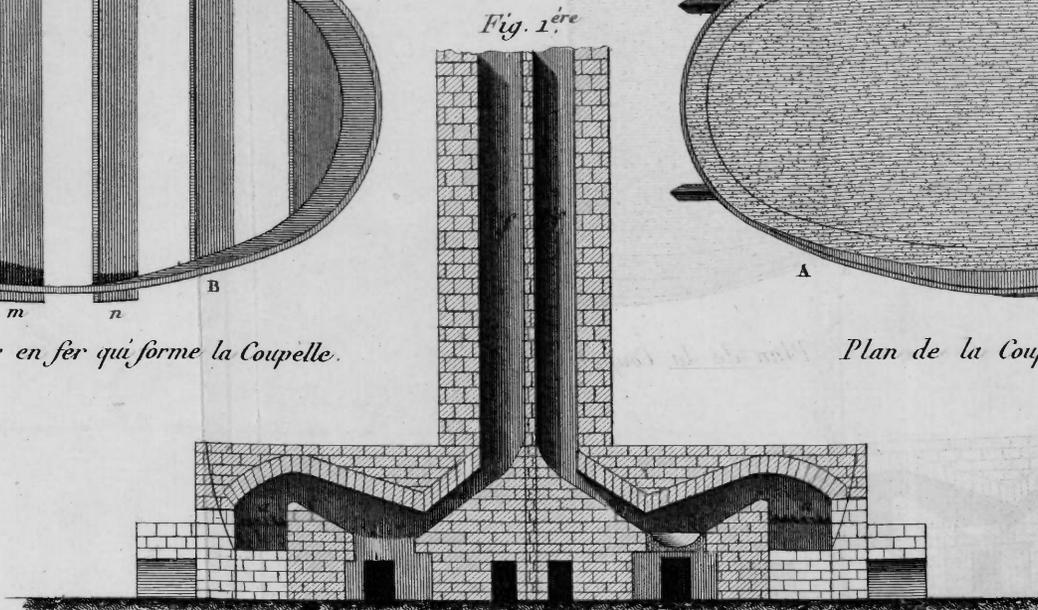
Traitement du plomb en Angleterre.  
 Fourneau de Coupellation employé à  
 Alston-moor (Cumberland).



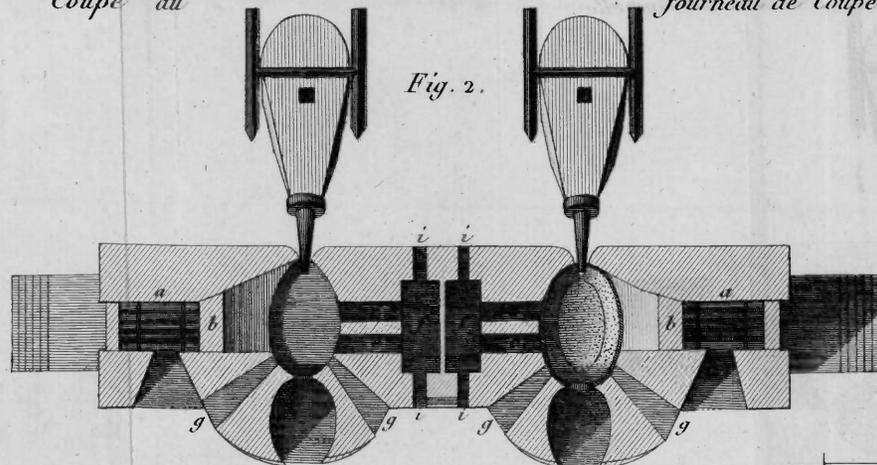
Plan du chassis en fer qui forme la Coupelle.



Plan de la Coupelle préparée.



Coupe du fourneau de Coupellation.



Plan du fourneau de Coupellation.



Roue hydraulique verticale à aubes courbes, mue par dessous, par M. Poncelet, Capitaine au Corps Royal du Génie.

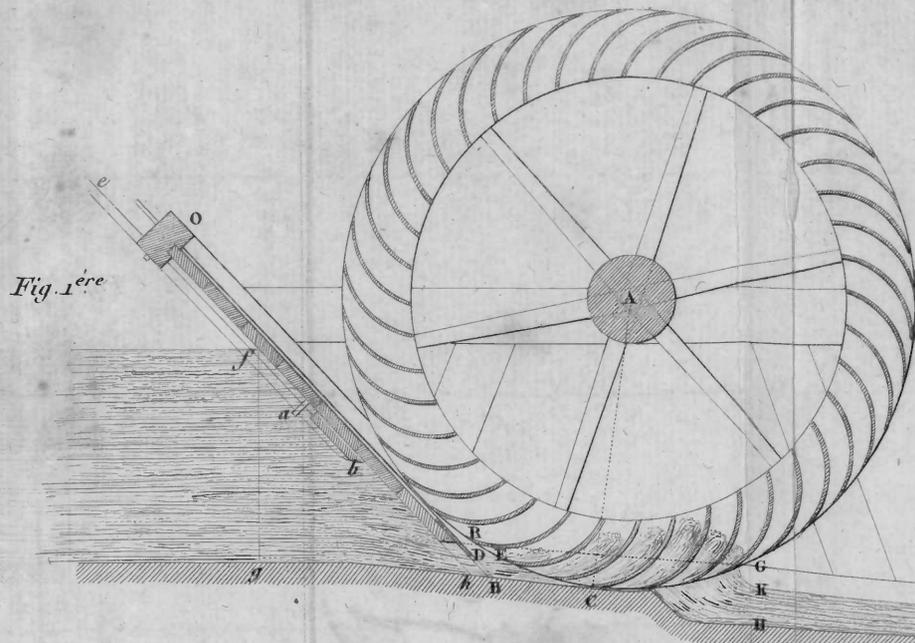


Fig. 1.<sup>ère</sup>

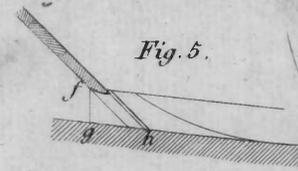


Fig. 5.

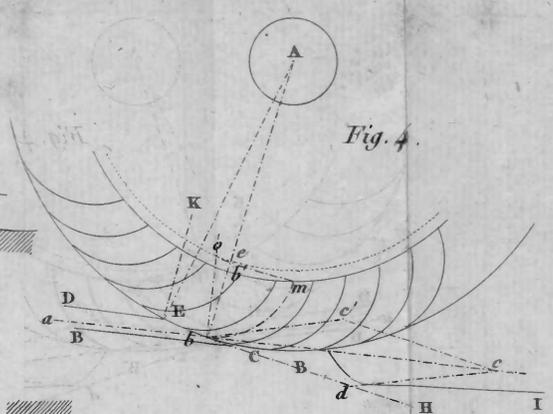


Fig. 4.

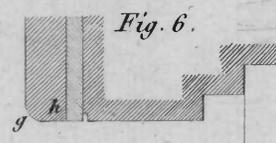
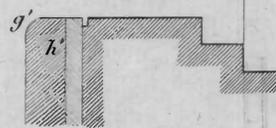


Fig. 6.



g' h'

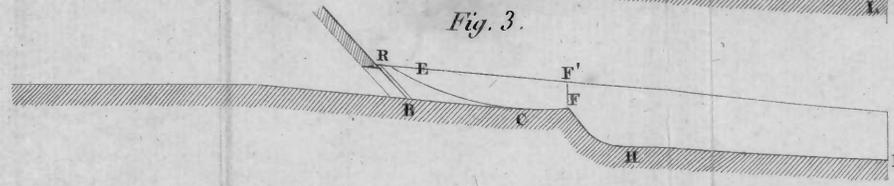


Fig. 3.

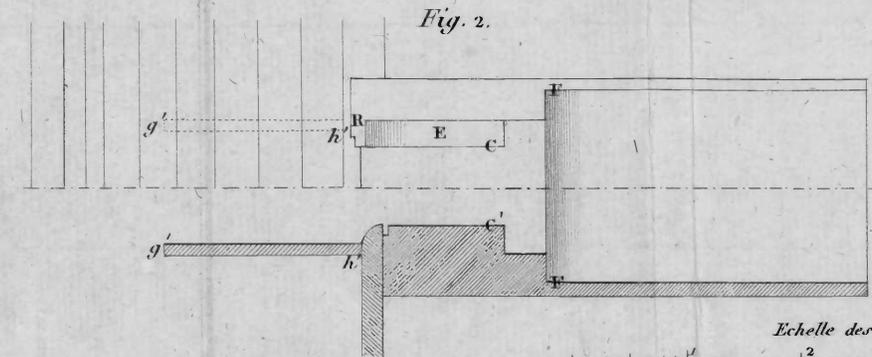


Fig. 2.

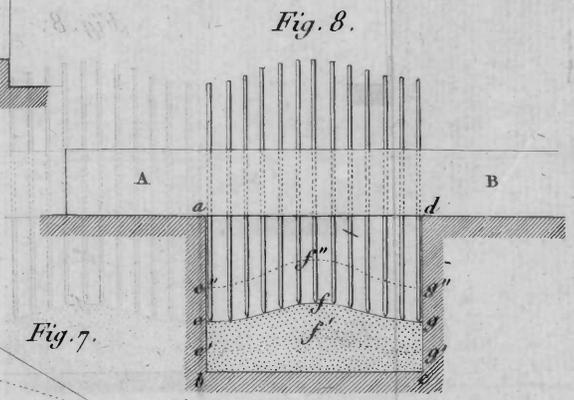


Fig. 7.

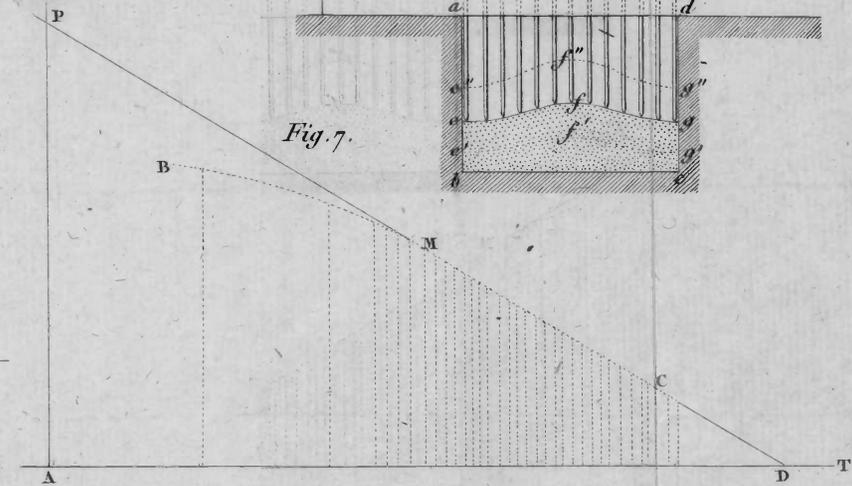


Fig. 8.

Echelle des Figures 1, 2, 3, 4, 5 et 6.  
 0 1 2 3 4 5 6 Décimètres