



ANNALES

DES MINES.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur remplissant les fonctions de secrétaire :

MM.

COMBES, inspecteur général de 1^{re} cl.,
membre de l'Académie des Sciences,
directeur de l'École des mines, *président*.

ÉLIE DE BEAUMONT, sénateur, insp. général de 1^{re} cl., (en retraite) membre de l'Acad. des Sciences, professeur de géologie au Collège de France et à l'École des mines.

DE BOURNEUILLE, conseiller d'État, inspecteur général de 1^{re} cl., secrétaire général du ministère des travaux publics.

DE BILLY, inspecteur général de 1^{re} cl.

PIÉRARD, inspecteur général de 1^{re} cl.

DE HENNEZEL, inspecteur général de 1^{re} classe.

BAUDIN, inspecteur général de 2^e cl.

GRUNER, inspecteur général de 2^e cl.,
professeur de métallurgie.

FRANÇOIS, inspecteur général de 2^e cl.

MM.

DUSOUCIEN, inspecteur général de 2^e cl.
DAUBRÉE, inspecteur général de 2^e cl.,
membre de l'Académie des Sciences,
professeur de minéralogie.

COUCHE, inspecteur général de 2^e cl.,
professeur de construction et de chemins de fer.

HARLÉ, inspecteur général de 2^e cl.

CALLON, ingénieur en chef de 1^{re} cl.,
professeur d'exploitation.

DUPONT, ingénieur en chef de 1^{re} cl.,
professeur de droit des Mines.

BAYLE, ingénieur en chef de 2^e cl.,
professeur de paléontologie.

DELESSE, ingénieur en chef de 2^e cl.,
professeur de drainage.

LAMÉ-FLEURY, ingénieur en chef de 2^e cl.,
secrétaire du conseil général des mines.

MOISSENET, ingén. ordinaire de 1^{re} cl.,
secrétaire de la commission.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux Publics, à M. l'ingénieur, secrétaire de la commission des ANNALES DES MINES, boulevard Saint-Michel, n° 60, à Paris.*

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles formant au moins une feuille d'impression. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 12 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 21 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

ANNALES DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT,

RÉDIGÉES

PAR LES INGÉNIEURS DES MINES,

ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

SIXIÈME SÉRIE.

MEMOIRES. — TOME XV.

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE V^o DALMONT,

Précédemment Carilian-Gœury et Victor Dalmont,

LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, n° 49.

ANNALES DES MINES.

NOTICE

SUR

P. BERTHIER,

MEMBRE DE L'INSTITUT, INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES.

Par M. DAUBRÉE,

Membre de l'Institut, Inspecteur Général des Mines.



INTRODUCTION.

Ce n'est pas seulement pour acquitter une dette de reconnaissance envers l'un des hommes qui ont rendu le plus de services à la science, aux industries minéralurgiques et au Corps des Mines, que nous nous proposons de rappeler ici quelques-uns des travaux les plus saillants de Berthier. C'est aussi pour signaler un modèle à ceux qui entrent dans la carrière, où il a laissé une trace si féconde et si durable. Il est en effet peu d'hommes qui aient su, comme Berthier, faire voir la fécondité de la théorie, au point de vue de l'application.

Beaucoup de ses travaux, qui remontent au commencement du siècle, ont fourni une base solide à ceux d'autres savants : certains sont devenus classiques, sans qu'on se souvienne toujours de celui à qui on en est redevable ; aussi croyons-nous nécessaire d'entrer dans une énumération

assez complète de ses découvertes. D'ailleurs, son œuvre, riche en faits nouveaux, ne comporte pas une exposition succincte, comme si son activité s'était concentrée sur un petit nombre de sujets ; les études de Berthier embrassent, en effet, presque toutes les branches de la minéralogie et de la minéralurgie, en même temps qu'elles éclairent plusieurs questions importantes de la géologie, et que certaines d'entre elles sont d'une extrême utilité pour l'agriculture.

Cette notice se divise naturellement en trois parties, dont la première est consacrée à la biographie de Berthier, la seconde à l'exposé de ses travaux, et la troisième à quelques observations sur son caractère et son esprit scientifique.

I.

Pierre Berthier est né à Nemours (Seine-et-Marne), le 3 juillet 1782, dans la même rue, où, un demi-siècle avant lui, était venu au monde le mathématicien Étienne Bezout.

D'anciens documents authentiques constatent qu'à dater du commencement du xvii^e siècle, plusieurs de ses ancêtres furent baillis de Puiseaux-en-Gâtinais, d'où ils paraissent originaires. En 1789, M. Berthier, son grand-père, fut élu député aux États-généraux, pour le bailliage royal de Nemours. Il mourut la même année, presque aussitôt après l'ouverture de l'Assemblée constituante. Le père du savant auquel est consacrée cette notice, fils du précédent, débuta dans sa jeunesse comme avocat au bailliage. Il était maire de la ville en 1793, et sut, par son énergie et le respect qu'il inspirait à la population, maintenir l'ordre pendant la disette, et lors du passage des bandes terroristes des Marseillais. Il fut, pendant de longues années, juge de paix du canton, et termina, en 1844, une carrière remplie par cinquante ans de fonctions publiques, en récompense desquelles il avait reçu la croix de la Légion d'honneur. Il mourut à l'âge de quatre-vingt-huit ans, et sa femme, qui

lui survécut plusieurs années, s'éteignit doucement à quatre-vingt-douze ans, après une union de soixante-deux ans et demi.

M. Berthier laissa quatre enfants, deux garçons et deux filles. Pierre, l'aîné, dont nous avons à parler ; Charlotte-Sophie, la seconde, qui épousa, en 1817, M. Charroy, ancien lieutenant-colonel à l'État-major de la vieille garde impériale ; Hilaire Paul, qui s'engagea dans les vélites de la garde, devint rapidement officier, et périt dans un naufrage, en vue des côtes de France ; enfin Adèle, remarquable par sa beauté, qui épousa, en 1811, M. Gréau de Troyes, l'un des camarades de Pierre Berthier à l'École polytechnique. Après s'être distingué comme officier d'artillerie, il donna sa démission pour prendre la direction de la maison de commerce de son père, et apporta à l'industrie de sa ville natale les ressources de ses connaissances scientifiques ; industriel éminent, il disait que c'était non avec le canon, mais avec la navette qu'il fallait lutter, au profit de l'humanité, contre l'Angleterre, notre ancienne rivale. Madame veuve Gréau, dans laquelle s'éteint le nom de Berthier, est morte le 6 janvier 1868, dans sa quatre-vingtième année.

L'aîné de la famille, Pierre BERTHIER, le seul qui doive nous occuper maintenant, commença ses études au collège de Nemours. Cette ville avait alors une importance relative : chef-lieu d'un bailliage royal ressortissant directement du parlement de Paris, elle renfermait les établissements que comportait un centre administratif et judiciaire.

Entré ensuite à l'École centrale de Fontainebleau, Berthier y fut le condisciple de Poisson. Admis à l'École polytechnique en 1798 (an VII), à l'âge de seize ans, en même temps que ce dernier, il eut la bonne fortune d'entendre les leçons de plusieurs de ses illustres fondateurs, Monge, Berthollet et Fourcroy ; il en sortit en 1801 (an X), pour entrer à l'École des Mines, dont il fut nommé élève,

en même temps que M. Mignerou, pendant que Chaptal occupait le ministère de l'intérieur.

L'École des Mines était alors à Paris; mais, une année plus tard, elle fut transférée à Moutiers, département du Mont-Blanc (*). Berthier s'y rendit, avec le petit nombre d'élèves qui consentirent à quitter la capitale, pour aller habiter un pays encore dépourvu de ressources.

Il assista donc à la création du nouvel établissement, et suivit, sous l'habile direction de Schreiber, les intéressants travaux auxquels donna lieu la reprise de l'exploitation de la mine de plomb argentifère de Pesey, qui avait été complètement abandonnée en 1792, à la suite d'une inondation, et était tombée dans le délabrement le plus complet.

En compagnie des professeurs de l'École, il parcourut et étudia les Alpes; des mémoires publiés bientôt après, montrent l'attention qu'il donna aux hauts-fourneaux et aux aciéries de l'Isère.

Nommé ingénieur ordinaire le 27 décembre 1805 (6 nivôse an XIV), Berthier fut d'abord, pendant six mois, attaché à l'inspection de l'École. Puis en 1806, on eut l'heureuse inspiration de l'appeler au laboratoire central établi près du Conseil des Mines, pour y travailler sous la direction du professeur Descostils, et l'aider dans les recherches qu'il avait entreprises, en vue de publier un traité de docimasie. Diverses circonstances ayant empêché cette publication, Berthier inséra dans le *Journal des mines* un certain nombre de mémoires, qui sont le fruit de son travail personnel, et qui décèlent déjà les qualités de son esprit scientifique.

Malgré ces premiers succès, désireux d'approfondir, sur le terrain et dans les usines, les études vers lesquelles il se sentait si vivement porté, Berthier n'hésita pas à solliciter d'être envoyé dans les départements, et une décision du

(*) Arrêté des consuls du 25 pluviôse, an X (12 février 1802).

Conseil, en date du 25 avril 1808, lui confia le service de ceux de la Haute-Loire, du Cantal et du Lot. C'est dans cette région, classique pour la géologie des volcans, et dotée de gîtes minéraux de diverses natures, que le jeune ingénieur resta jusqu'à la nouvelle répartition opérée dans le service des mines. Il fut alors placé au nombre des ingénieurs ordinaires de première classe, par une décision du ministre de l'intérieur du 22 janvier 1811, et, le 11 mai de la même année, envoyé en station à Nevers, sous les ordres de M. l'ingénieur en chef Champeaux; son service comprenait les trois départements de la Nièvre, du Cher et de l'Allier, si importants par leurs mines de fer et de houille, ainsi que par leurs usines.

Quand la France fut réduite à ses anciennes limites, et qu'il devint nécessaire de former une nouvelle répartition du service, Berthier fut chargé, le 1^{er} août 1814, de remplir les fonctions d'ingénieur en chef dans l'arrondissement de Nevers, qui comprenait les quatre départements de la Nièvre, du Cher, de l'Allier et de Saône-et-Loire. Il remplit ce dernier service pendant près de deux ans.

A la mort de Descostils, M. le directeur général comte Molé lui confia, par une décision en date du 24 mai 1816, la place de professeur de docimasie et de chef du laboratoire de l'École des Mines, fonctions qu'il exerça pendant plus de trente ans, d'une manière si active et si éminemment utile. Nommé ingénieur en chef de deuxième classe en 1823, il fut promu, le 1^{er} mai 1832, à la première classe de ce grade, et, le 22 décembre 1836, nommé inspecteur général. Avec ce dernier titre, il revint au service administratif, et prit la Division de l'Ouest. Toutefois, il continua l'enseignement à l'École des Mines, d'abord avec le concours de M. Regnault nommé, en 1858, professeur adjoint de docimasie, puis avec Ébelmen, qui succéda à ce dernier en 1840, et dont l'Administration avait su apprécier la valeur. Un arrêté du 16 novembre 1845 donna à Berthier le titre de pro-

fesseur honoraire, et en même temps, Ébelmen fut désigné pour lui succéder. Enfin Berthier fut admis à faire valoir ses droits à la retraite, par un arrêté du 22 mars 1848; il avait atteint la limite d'âge, qu'un récent décret venait de fixer à soixante-cinq ans. Néanmoins, sur la demande de M. Dufrenoy, directeur de l'École, et en raison des services exceptionnels qu'il avait rendus, son laboratoire lui fut conservé.

Chevalier de la Légion d'honneur, depuis le 28 novembre 1828, Berthier avait été promu, le 10 janvier 1835, au grade d'officier du même ordre.

En 1825, lorsque la mort de Ramond laissa une place vacante à l'Académie des sciences, dans la section de minéralogie, Berthier, alors âgé de trente-sept ans, occupait un rang des plus distingués parmi les savants. Cependant, craignant, comme toujours, de se produire, ce fut avec beaucoup de peine qu'il consentit à se mettre sur les rangs; il ne fallut rien moins que les instances d'Arago, qui le connaissait d'ancienne date, et dont l'appui, comme toujours, était acquis au véritable mérite, pour le décider à surmonter sa répugnance et à faire les démarches d'usage. Il fut élu le 16 juillet 1825; il avait pour principal concurrent, un de ses collègues du Corps des Mines, de Bonnard, qui, plus tard, fut nommé académicien libre.

Plusieurs années avant sa mort, vers le milieu de 1858, l'activité de Berthier fut arrêtée par un accident. Un jour il regagnait son domicile, lorsque, aux abords du Louvre, il fut renversé par une voiture; on le releva sans blessure, mais frappé d'une paralysie, qui s'empara d'un côté du corps. Depuis lors, il ne quitta plus son appartement et dut renoncer à ses travaux de laboratoire, sans que sa vivacité d'esprit se fût sensiblement affaiblie. Il se consolait en recevant les visites d'anciens élèves qu'il affectionnait, et en s'entretenant avec eux. Il succomba le 24 août 1861, à l'âge de soixante-dix-neuf ans. Suivant son désir, ses restes furent

transportés dans sa ville natale, auprès de ceux de ses parents, pour lesquels il avait toujours montré une vive affection.

II.

Pour donner une idée, au moins sommaire, de découvertes aussi nombreuses et aussi diverses que celles dont la science et l'industrie sont redevables à Berthier, il convient, non de suivre l'ordre chronologique, suivant lequel elles se sont succédé, mais de les grouper, d'après la nature des sujets auxquels elles se rattachent.

A ce point de vue, le sujet a été partagé en sept parties : minéralogie; géologie; cendres des végétaux et terre végétale; phosphates et diffusion du phosphore; minéralurgie; chimie; publication d'ensemble.

Minéralogie.

Ce sont les minéraux utiles, métalliques ou pierreux, qui ont toujours le plus particulièrement attiré l'attention de Berthier.

Aussi les minerais de fer occupent-ils une place importante dans ses recherches. Après avoir montré que ceux que l'on désignait sous le nom de *fer hydraté*, constituent réellement une espèce, dans laquelle la proportion d'eau est constante, si l'on fait la déduction des substances étrangères, il a décelé et caractérisé les mélanges auxquels cet oxyde hydraté se trouve le plus ordinairement associé. C'est ainsi que dans les minerais dits en grains, il signala le premier, entre autres substances mélangées, un alumino-silicate de fer magnétique, du fer carbonaté oolithique, du fer titané en grains cristallins, et l'hydrate d'alumine, substance qu'il découvrit plus tard isolée et en masses considérables (*). Il est à peine nécessaire de remarquer que la connaissance des compagnons habituels des minerais de fer, dans leurs

(*) Sur la composition des minerais de fer en grains, *Annales des mines*, 2^e série, t. III, p. 241, 1828.

divers gisements, n'intéresse pas moins le minéralogiste et le géologue que le métallurgiste.

Le fer spathique avait été longtemps considéré comme de la chaux carbonatée mélangée d'oxyde de fer, à raison des similitudes de forme cristalline et de clivage; Berthier confirma qu'il constitue une espèce particulière, le *fer carbonaté*. En outre, après avoir annoncé, dès 1808, la présence presque constante du manganèse dans cette sorte de minéral (*), il appelait plus tard l'attention (en 1826) sur la cause pour laquelle le fer spathique, par suite de sa teneur en manganèse, est spécialement propre à la fabrication des fontes à acier (**); en même temps il montrait l'avantage que l'on trouve à fondre des minerais très-manganésifères. On sait que ces principes se trouvent aujourd'hui de plus en plus constatés, et que, lorsqu'il s'agit d'obtenir des fontes destinées à la fabrication de l'acier Bessemer, on cherche à introduire de l'oxyde de manganèse dans les minerais qui n'en contiennent pas en quantité suffisante.

Pour ce sujet, comme pour bien d'autres, les vues de Berthier continuent à servir, chaque jour, de guide.

Depuis longtemps, on avait remarqué, sous le nom de *mine douce*, un minéral qui paraissait provenir d'une décomposition du fer spathique. En vérifiant le fait, Berthier vit que la décomposition a été accompagnée de l'élimination de la magnésie, que le fer spathique devait primitivement contenir.

En 1819, au moment où les grands résultats obtenus par l'Angleterre dans la fabrication du fer, commençaient à attirer sérieusement l'attention du continent, et où des essais en grand étaient tentés dans le nord de la France, à Anzin, Berthier fit une étude très-approfondie de la composition des minerais de fer que renferment les bassins houillers de notre pays (**).

(*) *Journal des mines*, t. XXIII, p. 186, 1808.

(**) *Annales des mines*, 1^{re} série, t. XIII, p. 100, 1826.

(***) *Essais et analyses d'un grand nombre de minerais de fer*

Après avoir analysé un très-grand nombre de ces minerais de fer, Berthier constata plusieurs faits importants relatifs à leur constitution. Il reconnut que le fer carbonaté des houillères, auquel il proposa de donner le nom de *fer carbonaté argileux*, renferme habituellement un corps, dont les caractères extérieurs ne peuvent faire soupçonner la présence, l'acide phosphorique, qui même s'y trouve souvent en forte proportion. Il est juste de rappeler que la présence de ce même corps avait déjà été reconnue, treize ans auparavant, par Vauquelin, dans une autre sorte de minéral de fer, la limonite de la Bourgogne et de la Franche-Comté. En même temps, cette longue série d'analyses faisait ressortir dans quelles proportions variables le minéral des houillères renferme les carbonates de fer, de manganèse, de magnésie et de chaux, ainsi que l'argile, le sable quartzéux et la substance charbonneuse.

On croyait que ce fer carbonaté argileux était l'apanage du terrain houiller, lorsque Berthier en fit connaître la présence dans un terrain beaucoup plus récent, à Pourrain (Yonne), où il est associé aux bancs d'ocre que l'on y exploite depuis longtemps, et où il se présente avec la structure oolithique.

Le minéral de fer magnétique de Chamoison, en Valais, attira aussi son attention, à raison de la forte action qu'il exerce sur le barreau aimanté. Quoiqu'il diffère notablement de l'espèce désignée sous le nom d'oxyde magnétique, Berthier constata que le fer y est au *minimum* d'oxydation, associé à de l'alumine, de la silice et de l'eau, de manière à constituer une espèce nouvelle, à laquelle il donna le nom de chamoisite (*).

Plus tard, Berthier reconnut une composition assez analogue à cette dernière dans un autre minéral magnétique

provenant des houillères de la France. *Annales des mines*, 1^{re} série, t. IV, p. 359, 1819.

(*) *Annales des mines*, 1^{re} série, T. V, p. 595, 1820.

provenant des environs de Saint-Brieuc (Côtes-du-Nord), où la couche qu'il constitue appartient au terrain silurien (*); au lieu d'être subordonnée au terrain nummulitique, comme à Chamoison. Ce dernier minerai magnétique a été rencontré, en d'autres points, associé à la limonite, laquelle se retrouve dans différentes parties de la Bretagne, sur une distance de plus de 160 kilomètres, et à un niveau bien défini du terrain silurien (**).

Dans son important travail sur la composition des roches volcaniques, Cordier avait établi que le fer titané est habituellement disséminé dans ces roches, en très-petits grains, souvent indiscernables à l'œil nu. Berthier reconnut ce même minéral dans des échantillons provenant de différents lieux, tels que Maisdon (Loire-Inférieure) (***) et le Brésil; mais dans ces contrées, il constitue des masses considérables, et se trouve subordonné à des terrains stratifiés; c'est donc là un tout autre gisement que le premier. Il crut, en outre, pouvoir conclure que le fer et le manganèse sont, l'un et l'autre, à l'état de protoxyde, et que cette sorte de combinaison comprend, au moins, deux espèces distinctes. Dans les applications qu'il cherchait, comme d'ordinaire, à déduire de ses analyses, Berthier ajoutait qu'il serait très-facile de traiter en grand le fer titané et d'en obtenir de bon fer: il montrait comment, par l'addition d'un fondant convenable, on peut amener complètement le fer à l'état métallique, sans qu'il entraîne de titane. On sait que, depuis lors, on a, en effet, traité le fer titané au Canada et ailleurs, et qu'on a même cherché à en obtenir de l'acier.

Dans ses études sur les diverses combinaisons naturelles du fer, Berthier constata que le minéral, autrefois désigné

(*) *Annales des mines*, 1^{re} série, T. XIII, p. 227, 1826.

(**) Au-dessous des ardoises à *Calymene Tristrami*, et au-dessus des grès à *Scolitus linearis*, ainsi que l'a bien fait voir M. Dalimier.

(***) *Annales des mines*, 1^{re} série, t. XIII, p. 214, 1826.

sous le nom de *fer azuré*, n'est autre qu'une combinaison d'oxyde de fer au minimum, d'acide phosphorique et d'eau (*).

Les minerais des métaux autres que le fer ont aussi été l'objet de nombreuses recherches de la part de Berthier.

En 1803, Smithson avait montré que les minerais de zinc, jusqu'alors confondus sous le nom de *zinc oxydé*, constituent deux espèces tout à fait distinctes, le *zinc carbonaté* et le *zinc silicaté*. En reproduisant le mémoire dans le *Journal des mines* (**), Berthier y ajouta un grand nombre d'observations utiles. Ainsi, tout en confirmant que dans la seconde de ces espèces, la silice est en effet combinée avec l'oxyde de zinc, il démontra que l'eau, considérée par Smithson comme accidentelle dans ce composé, y est essentielle, et s'y trouve dans une proportion constante. Il chercha, en outre, à reproduire artificiellement le carbonate anhydre, mais sans y parvenir. On sait que Senarmont imita plus tard ce minéral, dans la belle série d'expériences qu'il institua en recourant à la chaleur aidée de la pression. Berthier est aussi conduit, par la discussion de ses analyses, à des observations très-judicieuses sur la manière de distinguer l'espèce, au milieu des mélanges qui compliquent si fréquemment la composition des minéraux (***) .

Un autre mémoire concerne spécialement l'un des gîtes zincifères de la France, qui, tout pauvre qu'il est, offre de l'intérêt par sa position géologique. La partie inférieure du lias renferme dans le département du Lot, à Combecave, près Figeac, une couche imprégnée de minerai de zinc, que Cordier avait décrite; elle se trouve au même niveau que beaucoup d'autres épanchements métallifères, qui forment comme une auréole discontinue autour du pla-

(*) *Journal des mines*, T. XXVIII, p. 73, 1810.

(**) *Journal des mines*, T. XXVIII, p. 341, 1810.

(***) Mémoire précité, p. 349, en note.

teau granitique de la France centrale (*). La roche qui accompagne le gîte a l'aspect d'un calcaire pur; mais la circonstance qu'elle consiste en une dolomie zincifère, contenant 1 p. 100 d'oxyde de zinc, apporte un document intéressant pour l'origine de ces couches métallifères, qui, dans d'autres contrées, sont beaucoup plus développées.

Le cinabre, associé à un grès quartzeux, forme aussi des couches, dont la puissance est considérable, dans les Andes du Pérou et dans la province de Huanca-Velica. L'une des deux principales variétés de minerai, connue sous le nom de minerai rouge, était considérée comme du cinabre d'une nature particulière, dont on ne pouvait extraire le mercure par les procédés métallurgiques connus. Berthier montra combien on se trompait à ce sujet (**). D'abord la substance rouge qui domine dans le minerai n'est pas du sulfure de mercure, mais du sulfure d'arsenic (réalgar) dont la couleur avait induit les exploitants en erreur, quoique sa nuance ne soit pas la même que celle du cinabre. En second lieu, ce même minerai renferme réellement du cinabre, et même en proportion plus considérable que le minerai ordinaire, mais en mélange très-intime avec le réalgar, ainsi qu'avec d'autres sulfures métalliques, tels que la pyrite, la blende et la galène. On trouvait ainsi l'explication des maladies spéciales dont étaient victimes les ouvriers des mines de cette région, qui sont restées les plus importantes des deux Amériques, jusqu'à l'époque toute récente (1850) de la découverte des riches gisements de mercure de Californie.

Après avoir donné un procédé simple et exact pour déterminer la proportion de mercure que renferme ce cinabre arsenical, Berthier proposa en outre plusieurs modes à employer, pour le traiter en grand.

(**) *Journal des mines*, T. XXVII, p. 488, 1810.

(***) *Annales des mines*, 3^e série, t. XIX, p. 706, 1841.

En dehors des minerais métalliques proprement dits, les découvertes de Berthier sont aussi très-nombreuses.

L'analyse d'une série de calcaires, qu'il entreprit quelque temps après la publication du beau travail de Vicat sur les mortiers, le conduisit à des conclusions théoriques, dont quelques-unes modifiaient celles auxquelles venaient d'être conduits Vicat et John, sur la cause à laquelle on devait attribuer la solidification des mortiers. Les résultats de ces analyses (*), confirmés par une série d'expériences synthétiques, prouvent d'abord, que la silice est un principe essentiel à ces sortes de chaux et, en outre, que les oxydes de fer et de manganèse, loin de jouer le rôle important qu'on leur avait attribué, sont, au contraire, en général tout à fait passifs. Quant à l'alumine, Berthier croyait pouvoir conclure, dès 1821, qu'elle contribue à donner de la dureté (**).

On rencontre des carbonates complexes de chaux, de magnésie, de protoxyde de fer et de protoxyde de manganèse, dans lesquels ces quatre bases se trouvent, en proportions extrêmement variées. Berthier, après avoir précisé la composition d'un grand nombre de ces carbonates multiples, y établit quatre groupes naturels, déterminés par la nature du carbonate prédominant (***). Il reconnut en outre, au milieu de ces mélanges en proportions très-variables, qu'un minéral qui avait reçu la dénomination de chaux carbonatée ferrifère, ne renferme pas de traces de chaux, et se compose essentiellement de carbonate de magnésie, avec du carbonate de fer en faible proportion; c'est l'espèce qui a reçu le nom de *Breunnerite*. L'existence du manganèse carbonaté, déjà annoncée par divers chimistes, et révoquée en doute par quelques minéralogistes,

(*) *Annales des mines*, 1^{re} série, t. VII, p. 483, 1822.

(**) Mémoire précité, p. 501.

(***) *Annales des mines*, 1^{re} série, t. VIII, p. 887, 1825; *id.*, 2^e série, t. III, p. 25, 1828.

fut parfaitement démontrée par Berthier, sur des échantillons de Nagyag et de Freyberg (*).

De nombreuses espèces de la famille des silicates, si importante dans le règne minéral, ont été l'objet d'investigations approfondies de la part de Berthier.

Depuis longtemps, les traités de minéralogie mentionnent les analyses qu'il a données des feldspaths du Mont-Dore et du Drachenfels, de l'obsidienne de Pasco, et du pétrosilex d'Aran. On peut aussi rappeler ses études sur la pouzzolane de Naples et le trass des bords du Rhin (**), substances dans lesquelles il trouve l'eau à l'état de combinaison, et qui constituent comme des feldspaths hydratés, que l'on pourrait, dit-il, exploiter pour minerai d'alun.

Dans l'un de ses premiers mémoires, dès 1807, Berthier indiquait, dans le phyllade de Cherbourg, la présence de la potasse, sans la moindre trace de soude. Toujours très-circonspect dans ses déductions, il ajoutait toutefois que cette potasse pouvait provenir d'un mélange de feldspath (***). Peu de temps après, la présence de la potasse, également en proportion très-notable, était constatée par d'Aubuisson (****) dans une analyse très-instructive par ses conséquences. On sait comment ces premiers résultats, si importants pour l'agriculture, non moins que pour la géologie, se généralisèrent, notamment par les travaux de Mitscherlich; ceux-ci nous ont même appris qu'il est bien peu d'argiles sans potasse combinée.

La constitution intime des argiles a été éclairée par Berthier; il s'est servi de divers agents, acides ou alcalins, pour faire une sorte d'analyse immédiate de ces composés naturels, si intéressants par leur abondance, ainsi que

(*) *Annales des mines*, 1^{re} série, T. VI, p. 593, 1821.

(**) *Annales des mines*, 2^e série, t. I, p. 353, 1827; *id.*, 3^e série, t. XI, p. 464, 1837.

(***) *Journal des mines*, t. XXI, p. 515, 1807.

(****) *Journal de physique*, t. LXVIII, p. 420, 1809.

par leur origine et leurs nombreux emplois dans l'industrie (*).

Le premier, il a appelé l'attention sur des silicates d'alumine hydratés, qu'il a distingués, à juste titre, des argiles proprement dites; elles en diffèrent, en effet, non-seulement par les proportions relatives de leurs trois éléments, mais, sans doute aussi, par leur mode de formation. L'halloysite, d'abord établie comme espèce, sur un échantillon que le vénérable doyen des géologues, M. d'Omalius d'Halloy, avait rencontré à Angleure, près de Liège, fut bientôt retrouvée par Berthier dans les gîtes métallifères d'autres contrées, notamment à Nontron, dans la Dordogne (**).

C'est aussi dans cette dernière localité que Berthier signala, une espèce nouvelle, un silicate de peroxyde de fer, avec de l'eau de combinaison, qui présente l'aspect d'une argile de couleur jaune serin. Cette espèce nouvelle, qui reçut le nom de *nontronite*, doit donc être séparée bien nettement des *ocres jaunes*, qui consistent en un silicate d'alumine, simplement mélangé d'hydrate de peroxyde de fer, et dont Berthier avait aussi fait une étude spéciale (***).

A la fin du siècle dernier, Guettard avait reconnu que le kaolin résulte d'une décomposition du feldspath appartenant à certaines roches granitiques. Plus tard, on constata que l'alcali du minéral primitif a disparu dans cette décomposition. Berthier démontra de plus, que dans l'action à laquelle le kaolin doit naissance, une partie notable de la silice a été éliminée (****).

La décomposition qu'a subie une autre espèce de silicate,

(*) *Traité des essais par la voie sèche*, t. I, p. 39.

(**) *Annales des mines*, 2^e série, t. I, p. 264, 1827; *id.*, 3^e série, T. V, p. 552, 1834.

(***) *Annales des mines*, 1^{re} série, t. VIII, p. 356, 1823.

(****) *Annales de chimie et de physique*, t. XXIV, p. 107, et *Annales des mines*, 1^{re} série, t. IX, p. 404, 1824.

qui est dépourvu d'alcali, le silicate de manganèse, connu sous le nom de *bustamite*, fut aussi pour Berthier le sujet d'une observation, dont l'importance s'est surtout montrée plus tard; il reconnut que dans l'altération, le métal s'est isolé de la silice, en passant à l'état de peroxyde (*).

C'est ainsi que, dans cette direction, comme dans plusieurs autres, Berthier préluait aux études classiques sur la décomposition des roches silicatées en général, dont son éminent élève, Ébelmen, a plus tard enrichi la géologie chimique.

L'auteur d'études si variées sur les combustibles charbonneux, ne pouvait oublier les bitumes naturels, dont on commençait alors à faire très-grand usage pour les dallages et pour les enduits, non plus que les schistes dits bitumineux, que l'on entreprenait de distiller aux environs d'Autun, pour en extraire des huiles destinées à l'industrie, fabrication dont l'invasion des pétroles d'Amérique a plus tard arrêté l'essor (**).

Il serait trop long d'examiner tout ce que nous ont appris les nombreux travaux de Berthier sur les minerais de cuivre notamment ceux du Chili, sur les minerais d'argent et, en particulier, ceux du Mexique, sur les minerais de nickel; on ne peut les lire, sans y trouver des documents précieux tant pour la connaissance minéralogique de ces minerais que pour leur traitement.

A la suite des nouvelles espèces de silicates qu'il découvrit et dont il vient d'être question, halloysite, nontronite et autres, il faut citer une espèce particulière de silicate de cuivre, de même qu'un sulfate de cuivre, voisin de la brochantite.

A côté de l'antimoine sulfuré que fournissent les filons de Chazelles (Puy-de-Dôme), il signala une combinaison de

(*) *Annales des mines*, 4^e série, t. II, p. 524, 1842.

(**) *Annales des mines*, 3^e série, t. XIII, p. 605, 1838.

sulfure d'antimoine et de sulfure de fer qu'il nomma haidingerite en l'honneur de M. de Haidinger, mais à laquelle cet éminent minéralogiste a imposé le nom de berthierite conservé depuis lors (*). Cette espèce a été retrouvée, plus tard, dans d'autres localités.

On vient de voir comment, dans ces diverses recherches, qui initient intimement à la constitution des minéraux les plus importants, Berthier a découvert un certain nombre d'espèces nouvelles.

Ce ne sont pas les seules dont on lui doive la connaissance.

En analysant les minéraux zincifères qui constituent le gîte de Franklin, État de New-Jersey, il décela, en 1819, dans le minéral noir, associé au zinc oxydé manganésifère, une combinaison nouvelle de peroxyde de fer et de peroxyde de zinc, à laquelle il donna le nom de franklinite (**). Ce minéral est analogue au spinelle, ainsi qu'Abich le confirma pleinement, en 1851, dans ses belles études sur cette famille de minéraux. Comme d'ordinaire dans les mémoires de Berthier, les considérations théoriques sont suivies ici d'observations pratiques; l'auteur montre qu'on pourrait tirer un parti très-avantageux de ces minerais, et cela, de plusieurs manières; on les utilise en effet aujourd'hui, et, après avoir fourni du zinc, ils donnent de la fonte blanche miroitante, propre à la fabrication de l'acier.

L'examen d'un minerai de fer du Sénégal, de Fouta-Diallon, avait fait reconnaître à Berthier une espèce minérale nouvelle, un hydrate d'alumine. Bientôt après il retrouva cette même espèce en France, où elle constitue des masses considérables dans la commune des Baux, près Tarascon, département des Bouches-du-Rhône; le mélange d'argile et d'hydrate de peroxyde de fer, qui cache habituel-

(*) *Annales des mines*, 1^{re} série, t. III, p. 262, 1828.

(**) *Annales des mines*, 1^{re} série, t. IV, p. 485, 1819.

lement à la vue cette nouvelle espèce, au point que l'on avait cherché à le traiter comme un minerai de fer, n'empêcha pas Berthier de la découvrir (*). L'importance de ce minéral, qui a reçu le nom de bauxite, s'est accrue, depuis qu'on l'a reconnu en abondance dans bien d'autres gîtes du sud-ouest de la France et dans diverses contrées. Déjà, on cherche à en tirer parti pour la fabrication directe du sulfate d'alumine, pour celle de l'aluminium, et il est possible que cet hydrate d'alumine naturel, si facilement attaquant, trouve d'autres emplois.

Le minéral connu des mineurs du Mexique sous le nom de *plata verde* ou *argent vert*, fut reconnu par Berthier comme étant, non un chlorure, mais un bromure d'argent (bromargyrite) et retrouvé ensuite par lui, à Huelgoat, dans le Finistère(**), puis au Chili, où il forme des masses considérables, surtout comme chlorobromure. Cette découverte du brome dans les minerais proprement dits, en dehors de l'eau de mer, complétait la découverte, qu'avait faite Vauquelin, en 1825, de l'iode dans le règne minéral, à l'état d'iodure d'argent.

Sources minérales. — Pendant que les recherches de Berzélius montraient tout l'intérêt que l'étude des sources minérales présente, au point de vue de la géologie, non moins qu'à celui de la thérapeutique, Berthier se livrait à des recherches sur le même sujet, particulièrement en ce qui concerne la France.

A peine sorti de l'École des Mines de Moutiers, il analysait l'eau de Salins, dans le but d'apprécier les procédés suivis pour l'extraction du sel, et d'y chercher des perfectionnements (**). Déjà, dans ce premier mémoire, on

(*) *Annales des mines*, 1^{re} série, t. V, p. 155, 1820 et t. VI p. 551, 1821.

(**) *Annales des mines*, 3^e série, t. XIX, p. 754, 1841; *id.*, 4^e série, t. II, p. 534, 1842.

(***) *Journal des mines*, t. XXII, p. 81, 1807.

remarque l'exposition méthodique et précise qui le caractérisa toujours.

Après avoir fait connaître la composition de l'eau minérale de Chaudesaigues (Gantal), la plus chaude de la France (*), Berthier étudia, conjointement avec son collègue Puvis (**), celle de Vichy, dont l'examen chimique fut, pour lui, l'occasion de considérations géologiques. L'énorme quantité de bicarbonate de soude qu'elles apportent chaque année, mélangé de chlorure de sodium et de sulfate de soude, lui suggéra l'idée d'extraire le carbonate de soude, que l'on n'utilisait pas encore, comme on le fait aujourd'hui.

L'analyse des sources thermales de Bourbon-Lancy (***) révéla, pour la première fois, dans les eaux minérales de la France la présence de la potasse, dont Berzélius avait démontré l'existence en d'autres localités.

La source saline de Sultz-sous-Forêts (Bas-Rhin), présente cette particularité remarquable de jaillir, non du trias, mais de couches tertiaires, qui renferment en même temps des gîtes de pétrole; elle est aussi caractérisée, au point de vue chimique, comme l'a montré Berthier, par l'abondance du brome, en même temps que par l'absence de sulfates (****). Il en est de même des sources de Creutznach (Hesse-Darmstadt) qui sortent également dans des conditions spéciales, en relation avec le porphyre quartzifère (*****).

Géologie.

Les travaux qui précèdent ne sont pas seulement minéralogiques; ils ont fourni une foule de documents sur le

(*) *Journal des mines*, t. XXVII, p. 141, 1810, et *Annales des mines*, 1^{re} série, t. V, p. 499, 1820.

(**) *Annales des mines*, 1^{re} série, t. V, p. 401, 1820.

(***) *Annales des mines*, 2^e série, t. III, p. 98, 1828.

(****) *Annales des mines*, 5^e série, t. V, p. 535, 1834.

(*****) *Annales des mines*, 1^{re} série, t. XIII, p. 213, 1826.

mode de formation des substances minérales et, par conséquent, sur la géologie générale : on en trouve des preuves dans les observations, dont Berthier accompagne souvent l'exposé de ses expériences. Il s'intéressait à cette science, et fut membre depuis la fondation de la Société géologique de France.

Berthier avait commencé par des travaux essentiellement géologiques, parmi lesquels on peut mentionner une étude sur les environs de Moutiers en Savoie, et sur l'origine des sources salines de cette localité. En 1827, il donna une description des environs de Nemours, son pays natal(*), en l'accompagnant de coupes, et il démontra que le calcaire polissable de Château-Landon n'est autre que le calcaire d'eau douce inférieur de Brongniart et Cuvier.

La géologie trouvait aussi un enseignement des plus utiles, et alors tout nouveau, dans ses études sur la synthèse des minéraux.

Les silicates cristallins qui se produisent dans les ateliers métallurgiques avaient attiré l'attention, comme le témoignent les travaux du professeur Haussmann, qui remontent à 1816; mais on n'avait pas encore produit cette sorte de composés dans le laboratoire, par une synthèse directe. C'est Berthier qui, en 1823, ouvrit cette voie féconde; en fondant la silice avec diverses bases, en proportions définies, il obtint des combinaisons cristallines identiques à celles de la nature, notamment le pyroxène (**).

Ses nombreuses recherches sur l'analyse et la synthèse des silicates, firent connaître beaucoup de faits instructifs, pour l'histoire des combinaisons naturelles analogues.

Berthier ne se borna pas à chercher à obtenir des combinaisons cristallines, en opérant par la fusion simple. Tandis que le nombre des sels doubles que l'on peut obtenir par

(*) *Annales des mines*, 2^e série, t. I, p. 287, 1827.

(**) *Annales de chimie et de physique*, t. XXIV, p. 376, 1823. — En note du mémoire de Mitscherlich.

la voie humide s'accroissait tous les jours, on n'avait fait que peu d'attention aux combinaisons analogues que l'on peut former par la voie sèche, si ce n'est aux silicates et aux borates. C'est afin de combler cette lacune, que Berthier eut l'ingénieuse idée de recourir à l'emploi de sels divers, notamment de carbonates, phosphates et sulfures alcalins, ainsi que de fluorures (*). Il arriva ainsi à obtenir un certain nombre de composés nouveaux, la plupart éminemment cristallins; il compare quelques-uns d'entre eux aux composés doubles que présente le règne minéral, tels que la topaze, le mica et l'apatite. « Il serait certainement facile, » ajoute Berthier, d'obtenir ces sels, cristallisés sous des « formes régulières, en les soumettant à un refroidissement « gradué; mais je n'ai pu me livrer à ces recherches qui « demandent du temps. Il serait à désirer que les cristallographes s'occupassent d'un pareil travail et examinassent « géométriquement les sels doubles, aisément fusibles, que « l'on pourra découvrir. » On voit donc que l'éminent auteur de ces recherches ouvrait ainsi la voie à des expériences qui se sont faites plus tard, et qui ont abouti à la reproduction, par la voie sèche, de beaucoup d'espèces minérales infusibles.

Cendres des végétaux et terre végétale.

Berthier, qui embrassait toujours les questions d'une manière complète, avait été d'abord amené, par ses recherches sur la minéralurgie, à s'occuper de la composition des cendres d'un grand nombre de bois. La connais-

(*) Sur quelques sels doubles et sur quelques autres composés obtenus par voie sèche. *Annales de chimie et de physique*, t. XXXVIII, p. 246, 1828. *Annales des mines*, 2^e série, t. V, p. 95, 1829.

Analyse de quelques produits des usines à plomb d'Angleterre; préparation de diverses combinaisons salines fusibles. *Annales des mines*, 2^e série, t. VII, p. 75, 1830.

sance de cette composition est, en effet, d'un puissant secours, lorsqu'on veut remonter à toutes les influences qui peuvent agir dans les opérations métallurgiques, où l'on brûle de grandes quantités de combustibles, comme dans la fabrication de la fonte.

Mais il est encore un tout autre point de vue, auquel ces études présentent un intérêt d'un ordre plus élevé; car elles éclairent les relations qui existent entre les éléments inorganiques des végétaux et le sol qui les supporte. C'est ainsi qu'elles apportent un tribut important à la physiologie et à l'agriculture, qu'elles rattachent à la chimie et à la géologie.

Théodore de Saussure, le premier, a exécuté des analyses exactes de cendres de végétaux; il a montré qu'il y a un certain nombre d'éléments minéraux, faisant tout aussi essentiellement parties constituantes des plantes, que le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote. Avant lui, on regardait les substances minérales contenues dans les végétaux, et que ceux-ci laissent sous forme de cendres, quand on les brûle, comme purement accidentelles; on les croyait introduites dans leurs tissus avec l'eau qu'ils puisent incessamment dans le sol, en vertu de la capillarité, sans que les forces vitales pussent jouer aucun rôle, quant au choix de ces substances et à leur distribution dans les différents organes.

Après une longue série de recherches, Berthier est arrivé à des faits qui précisent et étendent ces notions (*).

Une première remarque, c'est qu'aucune analyse ne lui présente d'alumine, à part toutefois celle qui peut provenir d'une petite quantité d'argile, adhérente aux racines et mélangée ensuite avec les cendres. Cependant cette terre existe dans tous les sols cultivables, et souvent en proportions très-considérables. Son absence dans le végétal tient

(*) *Annales des mines*, 2^e série, t. 1^{er}, p. 241, 1827.

probablement, ajoute Berthier, non-seulement à ce que cette base est insoluble dans l'eau, mais aussi à ce qu'elle n'a que des affinités très-faibles, qui ne lui permettent pas de se combiner aux acides organiques, en présence de bases fortes, telles que les alcalis, la chaux, la magnésie et les protoxydes de fer et de manganèse. Le rôle du principal composé d'alumine, c'est-à-dire de l'argile, est surtout physique, par suite de son action absorbante sur l'engrais; elle le tient comme en dépôt, et le fournit peu à peu aux végétaux.

Quant à la silice, elle est rarement en grande quantité dans les cendres de bois, tandis qu'elle se trouve, au contraire, en proportion très-considérable, dans les cendres de beaucoup de plantes herbacées, notamment de celles des graminées. Cette substance peut être introduite dans les végétaux, à la faveur de sa solubilité dans l'eau et de la facilité avec laquelle elle se combine aux alcalis.

L'influence du sol, sur la composition des cendres de bois d'une même espèce, a été constatée sur de nombreux exemples. Si l'on examine les cendres de végétaux différents, crus dans le même terrain, on trouve que, pour les espèces qui ont de l'analogie, les cendres ont beaucoup de rapport entre elles, mais que, pour des végétaux de genres très-différents, les cendres sont aussi très-différentes; d'où il faut conclure que les plantes choisissent, dans le sol, les substances qui leur sont le plus propres, et que celles-ci ne s'y introduisent pas par simple succion capillaire, ou par voie mécanique. Ainsi l'on voit des arbres qui croissent dans un sol argileux, donner des cendres néanmoins très-chargées de chaux, tandis que la cendre du froment, cultivé dans un sol calcaire, n'en contient presque pas.

C'est l'étude de la composition des cendres des végétaux que Berthier reprit, d'une manière très-approfondie à la fin de sa carrière, lorsque sa mise à la retraite lui donna de longs loisirs. Il se livra alors à son goût pour

l'agriculture et l'horticulture, dans son pays natal, à Nemours, et il saisit avec empressement cette occasion, pour y tenter l'introduction de quelques cultures avantageuses, qui n'y étaient pas encore pratiquées. Quoique ne disposant que d'un terrain d'une petite étendue (moins d'un hectare) (*), il varia beaucoup ses essais, qui portent sur les fourrages, les céréales, les plantes légumineuses et oléagineuses, des bois, feuilles, racines, tubercules et fruits de nature variée. Son dernier mémoire sur cette question (**), qui termine aussi sa riche série de publications, ne renferme pas moins de cent dix-neuf analyses complètes. Comme toujours, elles ont toutes été exécutées par lui-même, et sans aucun aide, quelque longs et fastidieux que soient les détails d'un pareil travail; c'est une preuve de l'importance qu'il attachait aux résultats de cette étude.

La comparaison de ces nombreuses analyses fait parfaitement ressortir, par des exemples très-divers, ce grand principe de physiologie, que, chez les végétaux, chaque organe s'approprie, suivant sa nature, les éléments minéraux qui lui conviennent, et les choisit en proportions très-différentes, parmi tous ceux que la sève tire du sol. Ainsi les phosphates à base de potasse, de chaux et de magnésie, et quelquefois aussi à base de manganèse, constituent, presque à eux seuls, la cendre des graines; et, ce qui est très-digne de remarque, c'est qu'ils s'accumulent aussi dans les tubercules, les oignons et les bulbes, et, en général, dans toutes les parties des plantes destinées à nourrir les germes ou les bourgeons, dans les premiers temps de leur croissance. Les substances minérales ne se partagent pas seulement d'une manière très-inégale entre les différents

(*) Son jardin est religieusement conservé par sa famille.

(**) Analyses comparatives des cendres d'un grand nombre de végétaux, suivies de l'analyse de différentes terres végétales. Extrait des *Mémoires de la Société impériale et centrale d'agriculture*, 1854.

organes des plantes, mais même entre les différentes parties de ces organes; dans l'avoine, par exemple, l'épi, l'écorce des graines et les balles qui l'accompagnent ne contiennent presque que de la silice, tandis que la masse farineuse de ces grains en est complètement dépourvue, et ne renferme que des phosphates.

Suivant le principe admis par Fourcroy et Vauquelin, Berthier pensait que les carbonates des cendres des plantes ne préexistent jamais dans celles-ci. Il convient de rappeler cependant que, déjà à l'époque où il publiait ces travaux, M. Payen avait fait connaître ce fait intéressant, que certains organismes sécrètent et conservent du carbonate de chaux (*).

Comme autres résultats très-dignes d'intérêt et très-utiles à connaître, on peut citer ceux qui montrent la composition relative des diverses parties de la vigne; bois, feuilles fraîches et mortes, raisin et pepins, ainsi que ceux qui concernent le topinambour. Dans cette dernière plante, les tiges jeunes sont beaucoup plus riches en sels alcalins, en phosphates et en magnésie que les tiges vieilles; il semble donc qu'elles soient destinées à prendre ces substances dans le sol et à les emmagasiner, pour les transmettre ensuite aux tubercules, dans lesquels elles doivent s'accumuler. Quant à la chaux, elle reste, presque en totalité, dans les tiges vieilles, arrivées au terme de leur existence.

On le voit, les persévérantes recherches de Berthier ont contribué à établir des faits, sur lesquels reposent certains principes fondamentaux de l'agriculture moderne.

Comme complément de ces études, qui lient le règne végétal au règne animal, Berthier rappelle, en les groupant suivant les sortes de culture auxquelles elles sont appropriées, une série de trente-huit analyses de terres végétales qu'il a exécutées.

(*) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XII, p. 799, 1841, et *Recueil des savants étrangers*, t. VIII et IX.

En 1859, la Société impériale et centrale d'agriculture de France voulut proclamer, de la manière la plus éclatante, l'importance qu'elle attachait à ces travaux de Berthier sur les cendres des végétaux, en même temps qu'aux découvertes de phosphates que ce savant avait faites, il y avait déjà quarante ans. La grande médaille d'or, à l'effigie d'Olivier de Serres, lui fut décernée; en outre, l'assemblée décida que l'état de santé de Berthier l'empêchant de venir recevoir lui-même cette distinction, le président, qui était M. Chevreul, irait, à la tête d'une députation, la lui porter à son domicile. Cet hommage, qui venait trouver Berthier sur son lit de souffrance, fut reçu par lui avec plaisir et reconnaissance.

Phosphates et diffusion du phosphore.

Il est encore une autre série d'études, par lesquelles Berthier a rendu à l'agriculture, en même temps qu'à la géologie, des services très-considérables et dont la portée s'étend chaque jour.

Les découvertes successives de l'acide phosphorique dans le règne minéral, qu'il fit d'une manière si inattendue, sont peut-être la preuve la plus saillante du judicieux esprit qui le dirigeait dans ses recherches, de la rare sagacité avec laquelle il choisissait son sujet et savait le poursuivre. Le premier, il montra que la chaux phosphatée constitue dans les terrains stratifiés des gisements abondants.

En effet, dès 1818, Berthier reconnut que la pyrite de fer alors exploitée à Wissant (Pas-de-Calais), pour la fabrication du sulfate de fer, est entremêlée de phosphate de chaux, qui se montre parfois en rognons isolés. (*) Deux ans après il découvrit la même espèce minérale dans des nodules recueillis au cap de la Hève, près du Havre, dans

(*) *Annales des mines*, 1^{re} série, t. IV, p. 623, 1815.

des couches appartenant au terrain crétacé comme ceux des environs de Wissant. Dans ces deux localités, la chaux phosphatée était très-difficile à reconnaître, non-seulement à cause de son état amorphe, mais aussi en raison de son association intime avec d'autres substances qui la masquent, de la pyrite de fer et une argile carbonneuse à Wissant, du carbonate de chaux et de la glauconie au cap de la Hève.

C'est à la suite de cette découverte, tout à fait imprévue, que l'attention se porta, en Angleterre, sur des rognons semblables à ceux qu'il venait de signaler en France, renfermés aussi à la partie inférieure des terrains crétacés, dans les grès verts. Bientôt après, en 1848, ce phosphate de chaux, dont les géologues venaient de mentionner l'existence, était employé avantageusement pour remplacer les os pulvérisés, dans leur application agricole, et, d'ailleurs, reconnu en quantité suffisante pour avoir une valeur économique. Le phosphate minéral ne tarda pas à donner lieu, dans le pays, à une exploitation qui, dès lors, se poursuivit activement.

La grande analogie que présentent les couches de grès vert des deux côtés de la Manche, devait conduire aussi à explorer en France ces couches d'une manière plus approfondie, au point de vue de la présence des nodules de chaux phosphatée. Dès 1852, des rognons de cette substance étaient trouvés dans les départements du Nord et des Ardennes, avec la même position que ceux d'Angleterre, et, en outre, à des niveaux supérieurs (*). Bientôt après, des gisements réguliers étaient reconnus dans un certain nombre de départements, d'une manière à peu près continue, depuis le département des Ardennes, à travers ceux de la

(*) On pourra trouver plus de détails sur cet historique dans une Notice sur la découverte et la mise en exploitation de nouveaux gisements de chaux phosphatée. *Annales des mines*, 6^e série, t. XIII, p. 67, 1868.

Meuse, de la Marne et de la Haute-Marne, jusque dans celui de l'Yonne, sur une zone qui dépasse 300 kilomètres.

Plus tard, on les a découverts dans le midi de la France, dans les départements de l'Isère, de la Drôme et de la Savoie, et jusque dans ceux des Alpes-Maritimes et du Var. Aujourd'hui la chaux phosphatée est reconnue en France dans une quarantaine de départements.

Après avoir constaté l'abondance de la phosphorite en France, on se mit à l'y exploiter; l'importance de l'extraction, qui ne se fait encore que dans trois départements, ceux des Ardennes, de la Meuse et de la Marne, tend chaque jour à s'accroître. Les gisements, jusqu'à présent susceptibles d'être exploités, ont été trouvés à un même niveau, appartenant aux couches que les géologues ont désignées sous le nom de *gault*.

Dans le terrain crétacé d'autres régions de l'Europe, on a retrouvé la chaux phosphatée, notamment en Bohême, dans le nord de l'Allemagne, en Bavière; en Russie, au voisinage de Koursk, le phosphate se rencontre dans une pierre connue sous le nom vulgaire de samarode; il se trouve aussi, en couche et sur une étendue considérable, jusque dans les gouvernements de Simbirsk et de Voronech. Enfin, cet horizon de phosphates se poursuit, dans le terrain crétacé, jusqu'en Espagne et en Portugal.

Comme s'il avait eu la prescience de toute l'utilité que les phosphates minéraux devaient acquérir dans la suite, Berthier les rechercha encore dans d'autres gisements, où on ne les soupçonnait nullement.

On a vu qu'il avait constaté la présence très-fréquente de l'acide phosphorique combiné, dans le minerai de fer des houillères. Six années après (*), cet éminent observateur retrouvait encore l'acide phosphorique dans le même ter-

(*) Note sur la chaux phosphatée des mines de houille de Fins (Allier). *Annales des mines*, 1^{re} série, t. XI, p. 142, 1825.

rain houiller, mais à l'état de chaux phosphatée; c'était à Fins, département de l'Allier, dans des masses où ce minéral est rendu tout à fait invisible, par un mélange de matières charbonneuses et d'argile, qui devait le laisser inaperçu pour d'autres observateurs moins clairvoyants; car ces rognons de chaux phosphatée ont, à s'y méprendre, l'aspect du fer carbonaté argileux, si abondant dans les mêmes couches.

Or, trente-six ans plus tard, cette seconde découverte devenait, comme la première, le point de départ d'une exploitation en grand: en Westphalie, la phosphorite était reconnue dans les argiles schisteuses noires du bassin de la Ruhr; elle y est mélangée de pyrite et de carbonate de fer. Ce phosphate occupe exactement la même position que le fer carbonaté lithoïde appartenant au même terrain, et en offre tout à fait l'aspect, remarque qui n'a pas moins d'importance au point de vue de l'origine de ces phosphates qu'à celui de leur recherche. Il s'est bientôt établi à Hoërde une fabrique, où l'on convertit le phosphate en superphosphate, comme en Angleterre.

Il est un troisième gisement devenu récemment l'objet d'exploitations, déjà considérables, dont l'indication première est encore due à Berthier. On sait que les minerais de fer de certains gisements, comme ceux qui viennent d'être cités, produisent des fers phosphoreux et qu'ils doivent cette propriété à ce qu'ils sont mélangés de phosphates; mais dans ces gisements les phosphates n'avaient pas encore été rencontrés constituant des masses considérables. Or un échantillon que M. de Bonnard avait rapporté de ses fructueuses explorations en Bourgogne, fut examiné par Berthier, qui y reconnut encore la phosphorite. Cette substance provenait des environs de Saint-Thibault (Côte-d'Or); elle y est associée au minerai de fer en grains, qui est superposé au terrain jurassique et constitue des masses isolées assez abondantes.

En faisant des recherches de minerai de manganèse dans le Nassau, aux environs de Staffel, un exploitant découvrit, en 1864, une substance pierreuse abondante sur laquelle il eut le mérite de porter son attention. L'analyse démontra qu'elle est principalement formée de phosphate de chaux, renfermant du fluor. On ne tarda pas à en découvrir d'autres gisements, et aujourd'hui, on en connaît, non-seulement dans la contrée de la Lahn, mais encore dans celle de la Dill, dans plus de dix communes. De même que les minerais de manganèse et de fer auxquels elle est associée, la phosphorite du Nassau repose immédiatement sur du calcaire et de la dolomie, qui appartiennent au terrain dévonien; elle est déjà activement exploitée et une partie est exportée en Angleterre. La chaux phosphatée vient encore d'être reconnue en Belgique, où l'on s'est mis aussi à l'exploiter, dans des gîtes de pyrite, c'est-à-dire dans des conditions analogues.

Après avoir montré la fréquence et l'abondance de la chaux phosphatée dans des gisements très-divers, Berthier a, en outre, contribué à nous éclairer sur la diffusion de l'acide phosphorique dans le règne minéral, en découvrant ce corps dans d'autres combinaisons, et en des conditions où on ne l'avait pas encore signalé. Il en constata la présence dans le phosphate d'alumine de la mine de Rozières (Tarn), qui constitue une espèce nouvelle, et dans un sel qui s'était récemment déposé sur les boisages des galeries de la mine de Huelgoat. Il reconnaissait encore, en 1854, l'acide phosphorique dans le dépôt ocreux que forme la source salée de Soultz-les-Bains (Bas-Rhin). C'est dans des dépôts ocreux de même nature que le professeur Walchner a découvert, plus tard, la présence habituelle de l'acide arsénique (*).

Parmi les situations géologiques dans lesquelles Berthier

(*) Il convient de rappeler aussi que, dès 1824, Berthier avait caractérisé deux espèces de phosphate de cuivre.

a su trouver le phosphore, il en est deux qui méritent encore d'être signalées, à cause de leur caractère tout particulier, bien qu'elles n'aient pas jusqu'à présent donné lieu à des exploitations, comme les trois premiers types de gisement que nous venons de mentionner. C'est d'abord, en mélange intime avec le graphite et le quartz, près de Quillan (Aude) (*), dans une roche qui paraît appartenir au terrain de transition; en outre, dans l'un des minerais de mercure d'Idria (**), en Carniole, auquel le phosphate est intimement mélangé.

La découverte, dans des gisements aussi différents, et sous des aspects aussi variés, d'une substance tout à fait dépourvue de caractères physiques remarquables, et qui, bien que destinée à acquérir une grande importance agricole, restait inaperçue, montre la judicieuse pénétration d'esprit, dont Berthier a fait preuve, dans les nombreuses recherches qu'il a si activement poursuivies, pendant plus de cinquante ans, et qui, à tant d'égards, en dehors de la science proprement dite et des industries métallurgiques, méritent un tribut de reconnaissance.

Minéralurgie.

On vient de voir ce que Berthier a jeté de lumière dans la connaissance des substances minérales de toutes sortes; mais les procédés qui servent à élaborer ces substances, pour les approprier aux besoins de la société, et que l'on groupe ordinairement sous le nom de minéralurgie, ne sont pas moins redevables aux découvertes de ce savant éminent. Comme l'a dit très-justement Arago, « il n'est peut-être « pas d'opération métallurgique que les nombreux travaux

(*) *Annales des mines*, 4^e série, t. II, p. 459. 1842.

(**) *Traité des essais par la voie sèche*, t. II, p. 651.

« de M. Berthier n'aient contribué à expliquer ou à perfectionner. »

Les combustibles, sur lesquels reposent presque tous les traitements de minerais, ont fixé d'une manière toute spéciale l'attention de Berthier, qui a fait de nombreuses études sur leur composition chimique. Le procédé si simple et si pratique qu'il a imaginé, pour déterminer leur pouvoir calorifique, est devenu d'un emploi général et a rendu les plus grands services. On sait que ce procédé, qui repose sur un principe antérieurement avancé par Welter, consiste à chauffer dans un creuset de terre le combustible à essayer, coke, charbon, houille ou bois, en mélange intime avec un excès de protoxyde de plomb ou litharge, de telle sorte que toute la matière combustible soit convertie en acide carbonique et en eau, par l'oxygène de l'oxyde de plomb; le plomb révivifié se réunit en un seul culot, dont le poids fait connaître, par une règle de proportion, la quantité d'oxygène qui a été nécessaire à la combustion, et de là, le pouvoir calorifique du combustible.

D'un autre côté, les silicates, qui résultent de la plupart des procédés métallurgiques, ont été également soumis par Berthier à une étude approfondie. Il a analysé un très-grand nombre d'entre eux, de manière à en déterminer la composition exacte et la formule atomique. Conformément à la notion que Berzélius avait si heureusement introduite dans la science, en considérant la silice, non comme une terre, mais comme un *acide*, l'étude des divers degrés de saturation de ses composés, devait présenter un véritable intérêt, pour la théorie des opérations et pour la manière la plus rationnelle de les conduire.

Berthier compléta cette série d'analyses, en instituant de nombreuses expériences sur des silicates simples et complexes, principalement dans le but de constater leur aptitude plus ou moins grande à se fondre. La connaissance de leur fusibilité importe beaucoup en métallurgie,

ainsi qu'en docimasia; la composition chimique d'un minerai étant donnée, on peut, en effet, conclure ce qu'on doit y ajouter en argile, calcaire ou autres substances, pour déterminer la fusion de la partie vulgairement appelée gangue. Ce qui distingue tout particulièrement les travaux de Berthier de ceux qu'avaient faits ses prédécesseurs, (*), c'est, comme l'a remarqué M. Chevreul, que les silicates qu'il formait provenaient de mélanges, faits dans des proportions atomiques; qu'il opérait à des températures aussi bien déterminées que possible; enfin que les résultats de ses synthèses étaient coordonnés avec ceux de ses analyses, de telle sorte que les uns servent de contrôle aux autres.

On sait que Berthier est arrivé à faire dépendre la fusibilité des silicates simples de trois causes: de la fusibilité propre de la base unie à la silice, de son énergie chimique et de sa proportion. Quant à la fusibilité des silicates doubles et multiples, elle est plus grande, ainsi que l'a reconnu Berthier, que la fusibilité moyenne des silicates simples qui les constituent: par exemple, les silicates de chaux, de magnésie et d'alumine, qui ont séparément si peu de disposition à se fondre, forment des silicates doubles à base de chaux et de magnésie ou de chaux et d'alumine, qui sont fusibles.

Ses études sur la constitution des silicates ont trouvé une première application importante, dans la fabrication de la fonte. On est ainsi arrivé à déterminer la composition la plus convenable à donner aux laitiers des hauts-fourneaux, qu'ils soient chauffés par le combustible végétal ou par le combustible minéral.

La méthode si simple, si prompte et si pratique qu'il a imaginée pour essayer les minerais de fer, a bientôt été d'un usage général et a rendu ainsi les plus grands services à l'industrie.

(*) *Journal des savants*, chap. V, Réactifs.

Bien d'autres parties de la métallurgie du fer doivent à Berthier des perfectionnements notables.

Dès 1814, à l'époque où se faisaient, chez un maître de forges distingué, M. Aubertot, les premiers essais pour employer la flamme perdue des hauts-fourneaux et des foyers de forges, Berthier examina les procédés employés, et, après avoir reconnu leur explication théorique, il en proposa le perfectionnement (*). C'est seulement une vingtaine d'années plus tard, que l'on reconnut toute l'importance de cet emploi de la chaleur, si longtemps perdue, dans l'industrie du fer; on sait combien cet emploi est maintenant devenu général.

Berthier rechercha aussi la cause de l'avantage qu'a l'air chaud sur l'air froid, dans les hauts-fourneaux; il l'attribua à ce que la combustion s'opère à la partie inférieure de l'ouvrage, dans un espace plus resserré et d'une manière plus complète qu'avec l'air froid.

En examinant la manière dont se réduisent les minerais de fer, à mesure qu'ils descendent dans les régions basses des hauts-fourneaux (**), Berthier arrivait à certains aperçus, que les travaux d'Ébelmen devaient si bien éclaircir plus tard. En outre, la pureté et la mollesse du fer obtenu par cémentation ne lui avaient pas échappé, non plus que son analogie avec l'éponge de platine, et l'on sait que le procédé Chenot repose sur des notions de ce genre.

Déjà, en 1808, Berthier montra le parti avantageux que l'on peut tirer des scories d'affinage au bois, en les faisant passer au haut-fourneau (***), et il indiquait les différentes substances qui peuvent leur servir de fondants.

(*) Sur plusieurs procédés imaginés pour employer la flamme perdue des hauts fourneaux, des foyers de forges, etc. *Journal des mines*, t. XXXV, p. 375, 1814.

(**) *Annales des mines*, 2^e série, t. XIII, p. 715, 1858.

(***) *Journal des mines*, t. XXIII, p. 177, 1808. *Annales des mines*, 1^{re} série, t. VII, p. 377, 1822.

L'analyse des scories qui proviennent de l'affinage de la fonte par la méthode anglaise, et dont il reconnaît les états de saturation, conduisit aussi Berthier à des conséquences très-utiles, en montrant que le phosphore de la fonte passe, en grande proportion, dans les scories, à l'état d'acide phosphorique (*).

Dans d'autres études, Berthier était arrivé à un résultat non moins utile, en signalant la présence du sulfure de calcium dans certains laitiers, et en montrant, par conséquent, comment une addition de chaux au lit de fusion peut exercer une influence très-favorable, dans le traitement des minerais sulfureux.

Enfin, les procédés nouveaux que Berthier a imaginés pour analyser les fontes et les aciers, notamment par l'emploi du brome et de l'iode, doivent également être mentionnés comme services rendus à la sidérurgie.

La métallurgie du plomb, du cuivre, de l'étain, de l'antimoine et d'autres métaux a aussi été éclairée par de nombreuses analyses de Berthier.

Dans le but de perfectionner les moyens d'essai, par la voie sèche, des substances métalliques, et d'expliquer certaines opérations industrielles, il a recherché directement quelle est l'action des alcalis, des terres alcalines, ainsi que de la litharge sur quelques sulfures métalliques (**), notamment sur ceux des métaux utiles, plomb, cuivre, mercure, zinc, étain, antimoine et fer. Entre autres résultats, il en conclut l'avantage de surcharger aussi les laitiers de chaux, quand on traite des minerais phosphoreux. C'est ainsi qu'il éclaire les opérations métallurgiques par une véritable synthèse.

(*) *Annales des mines*, 1^{re} série, t. IX, p. 795, 1824.

(**) *Annales des mines*, 2^e série, t. I, p. 25, 1827; t. II, p. 585, 1827.

Chimie.

Les premiers travaux de Berthier portent principalement sur des études chimiques; telles sont celles sur les sulfates, chlorures et phosphates qu'il publia en 1807.

En outre, en poursuivant les nombreuses recherches dont il vient d'être rendu compte, Berthier a imaginé divers procédés de séparation ou de dosage, dont plusieurs se distinguent par leur simplicité ou par leur élégance.

On se bornera à rappeler ici ses méthodes pour déterminer le pouvoir calorifique des combustibles, pour faire les essais de minerai de fer et pour doser le carbone et le silicium dans les fontes et les aciers; les procédés qu'il a proposés pour préparer le titane et la zircone (*); le parti qu'il a su tirer de l'acide sulfureux et des sulfites alcalins pour la séparation de certains corps; enfin ses études sur les oxysulfures, dont il a fait connaître l'existence. On peut encore citer le procédé par lequel on sépare l'acide phosphorique, en le précipitant avec du peroxyde de fer en grand excès. Préalablement à toute opération chimique, il ne manquait jamais de recourir à des lavages par lévigation, opérations dans lesquelles il excellait, pour chercher à isoler les diverses espèces minérales, qui sont si souvent en mélange intime.

Ce qui caractérise les méthodes de Berthier, ce n'est pas la délicatesse ni la rigueur, mais surtout la simplicité et la rapidité. Elles s'adressent spécialement aux ingénieurs et aux industriels, et ont l'avantage de pouvoir être employées partout, même dans les pays les plus reculés, de préférence

(*) *Annales des mines*, 3^e série., t. V, p. 451, 1854. — *Annales de chimie et de physique*. T. L, p. 362, 1832.

Sur quelques séparations opérées au moyen de l'acide sulfureux ou de sulfites alcalins. — *Annales des mines*, 4^e série, t. II, p. 126, 1842.

à des méthodes qui seraient plus exactes, mais aussi plus compliquées.

Publications d'ensemble.

Berthier a dignement couronné la publication de ses nombreux mémoires, parsemés de tant de découvertes, par un ouvrage d'ensemble, le *Traité des essais par la voie sèche* (*).

L'art de reconnaître par cette voie, la présence et la proportion d'un ou de plusieurs corps utiles ne présente pas seulement des avantages par la rapidité des procédés, mais aussi à cause de leur extrême analogie avec ceux de la métallurgie des ateliers, dont ils éclairent, à peu de frais, certaines opérations.

Le grand travail de Berthier, avant tout remarquable par la richesse des faits qu'il contient, ne l'est pas moins par l'ordre dans lequel ils sont groupés, ainsi que par la concision avec laquelle ils sont exposés.

Le premier volume n'est pas seulement l'œuvre d'un chimiste éminent, mais aussi d'un esprit large et élevé, qui a profondément étudié toutes les sciences se rattachant, de près ou de loin, à ses études habituelles. Dans toutes les parties de cette coordination si considérable, on trouve une foule de faits inédits, ainsi qu'on peut s'en convaincre, en lisant les principaux chapitres, tels que ceux relatifs aux silicates ou aux minéraux du fer; on apprécie d'autant plus l'utilité de cette mine féconde qu'on l'exploite plus profondément. Il est superflu d'entrer dans plus de détails sur cet important ouvrage, qui est immédiatement devenu classique dans toute l'Europe (**).

Berthier avait rédigé, et à peu près terminé, sur la voie

(*) 2 vol. in-8°, Paris, 1834.

(**) Lors de sa publication, cet ouvrage a été l'objet d'un compte rendu et d'une appréciation de la part de M. Chevreul, dans le *Journal des savants*, t. XXI.

humide un travail semblable que certaines circonstances, entre autres la suspension d'affaires de son éditeur, et la crainte que l'ouvrage ne fût pas à la hauteur des découvertes les plus récentes, l'ont malheureusement empêché de publier.

Pour donner une idée de l'activité avec laquelle Berthier servait la science par tous les moyens il convient encore de rappeler qu'il n'enrichissait pas seulement les Annales des mines par des mémoires originaux, mais aussi par des extraits, qui enregistraient annuellement tous les progrès de la minéralogie, de la chimie et de la docimasié. Ces extraits, commencés en 1816, ont paru jusqu'en 1848, c'est-à-dire pendant plus de trente ans (*). Personne n'a jamais fourni à ce recueil un tel contingent. Chacun de ces extraits est souvent très-court; mais les traits saillants y sont toujours donnés de la manière la plus substantielle et la plus concise.

III.

Les découvertes dont il vient d'être rendu un compte succinct, montrent assez combien Berthier excellait comme homme de science, embrassant les applications nombreuses et variées de la chimie.

Ce qui rehausse encore son mérite, c'est qu'il avait toujours été très-imparfaitement servi par la vue, sens qui est cependant si utile au chimiste. Aussi, quand on le voyait à l'œuvre, s'étonnait-on qu'il lui fût possible d'arriver à une exactitude irréprochable.

D'ailleurs, il n'était pas muni des procédés rapides et puissants d'expérimentation que l'on possède aujourd'hui, pas même de tous ceux que l'on connaissait de son temps.

(*) Ces extraits, tirés à part, forment sept volumes; il en existe quatre autres, qui donnent exclusivement les *mémoires et notices chimiques, minéralogiques et métallurgiques*, publiés par Berthier, jusqu'en 1859.

Son laboratoire, de même que celui de plusieurs autres chimistes éminents, s'est toujours fait remarquer par une simplicité primitive.

Il faut ajouter qu'aucun auxiliaire n'assistait le Maître dans les opérations, longues et fastidieuses, qu'entraînent certaines recherches. Il travaillait constamment seul, et restait ainsi à l'œuvre, chaque jour, jusqu'à une heure avancée. Son habileté, ses habitudes laborieuses et sa persévérance expliquent comment il a pu être aussi fécond.

On peut encore remarquer que, pendant la plus grande partie de sa vie, Berthier vivait dans l'isolement, sans tirer parti des ressources qu'aurait pu lui offrir un commerce journalier avec d'autres savants.

Toutes ces circonstances défavorables ne font que mieux ressortir le talent, pour ainsi dire d'intuition, qu'il possédait.

Quand on parcourt les publications de ce savant éminent, on remarque, d'abord, la forme extrêmement concise et nette, sous laquelle les faits sont partout présentés.

En outre, on ne tarde pas à reconnaître qu'il y efface autant que possible, sa personnalité. Il parle avec une extrême modestie, ne cherchant jamais à faire valoir ses droits de priorité, comme il aurait pu le faire souvent; on ne voit même pas toujours, s'il est l'auteur du résultat ou s'il parle d'autrui; il écarte toutes les formes qui pourraient donner de l'éclat au style. Dédaignant la popularité, il n'est préoccupé que d'un but: la connaissance de la vérité.

C'est surtout par l'esprit de critique avec lequel Berthier discute les résultats directs de ses expériences, et par les conclusions qu'il sait en tirer, qu'il manifeste la fermeté et la pénétration de son jugement. Il est partout sobre d'hypothèses et de conjectures, éminemment circonspect et rigoureux. Cependant, doué d'un esprit à la fois profond et étendu, il sait toujours faire ressortir les conséquences à

déduire, soit dans le domaine de la théorie, soit dans celui des applications. Cette rare perspicacité se fait remarquer dans les nombreux mémoires qu'il a publiés, même les moins considérables, aussi bien que dans son *Traité des essais par la voie sèche*. D'une analyse ou d'un sujet en apparence insignifiant, il fait souvent jaillir, et en très-peu de mots, des considérations d'un ordre élevé et d'un intérêt inattendu. La portée que ce savant sut ainsi donner à la plupart de ses travaux, en forme comme le trait caractéristique, et lui imprime une physionomie à part, parmi les chimistes les plus éminents qui se sont occupés d'analyse, tels que Klaproth et Vauquelin.

Cette abondance et cette ampleur dans les conséquences auxquelles Berthier sut arriver, résultent encore du savoir aussi solide et exact que profond et varié, qu'il avait puisé à l'École polytechnique, et sur lequel il s'appuie toujours pour peser, comparer et discuter les faits fournis par l'observation.

Berthier était d'une taille un peu inférieure à la moyenne. Il jouissait d'une excellente constitution et parvint à l'âge de soixante-seize ans sans aucune infirmité. Les traces de la petite vérole, dont sa figure était couverte, contribuaient peut-être encore à en augmenter l'expression, naturellement spirituelle, et parfois railleuse.

Son esprit répondait, en effet, à cette physionomie; sa conversation était pleine d'intérêt, de piquant, et, souvent même, de charme.

Pour le plus grand nombre, il faut le reconnaître, Berthier était un homme peu sociable, à qui l'on a souvent reproché des formes cassantes et brusques, et même un abord presque bourru; mais, comme il arrive souvent, sous cette âpreté extérieure, il cachait des qualités d'esprit et de cœur, qu'on ne manquait pas d'apprécier dans son intimité.

Il était peu communicatif, et ne cultivait de relations qu'avec un petit nombre de personnes, parmi lesquelles on

peut citer Arago. La sûreté de son commerce était à toute épreuve.

Extrêmement gai dans les réunions intimes, s'il était bienveillant et affectueux avec certaines personnes simples et modestes, il avait une tout autre manière d'être avec celles qu'il supposait prétentieuses.

Il s'abstenait de prendre la parole dans les réunions officielles ou savantes : une timidité, à laquelle un peu de fierté se joignait peut-être, l'empêchait de se mettre en évidence. Quand, dans le sein de l'Académie des sciences, il était forcé de parler, ce n'était pas sans quelque émotion, et jamais pour son compte personnel. Par exemple, en 1840 quand on s'occupait de toutes parts de l'emploi de la chaleur perdue des hauts fourneaux, et qu'on paraissait tout à fait oublier, l'initiative que Berthier avait prise, à cet égard, dès 1814, c'est Arago qui dut se charger de rappeler des titres de priorité incontestables.

Toutefois, il fut de très-rare occasions, où Berthier crut devoir sortir de son silence habituel. Ainsi, lorsqu'il s'agit, en 1829, de pourvoir à une vacance de l'Académie des sciences, dans la section de chimie, pour la succession de Vauquelin, après une longue discussion, Berthier demanda la parole pour soutenir Sérullas, auquel les hommes les plus considérables avaient préféré un autre savant, et il défendit ses titres d'une manière si supérieure qu'il enleva tous les suffrages, et que beaucoup de ses confrères, notamment Fourier, vinrent à lui pour le féliciter.

La simplicité de ses habitudes, et sa frugalité étaient remarquables. Il aimait la musique et assistait souvent à l'audition des opéras.

Berthier resta célibataire, mais une vie ainsi vouée à la science ne lui laissa jamais oublier sa famille. Son affection et son respect pour son père et sa mère se manifestèrent en toute occasion, dans le cours de son existence, et jusqu'à l'âge avancé qu'il avait, lorsqu'il les perdit.

La sévérité que Berthier s'appliquait à lui-même, dans l'appréciation de ses propres recherches, le portait à user d'une rigueur pareille, dans ses jugements sur les travaux des autres. S'il agissait ainsi, c'est qu'il voyait avant tout l'intérêt de la science, devant lequel disparaissaient pour lui toutes les individualités. Son intégrité parfaite lui faisait ressentir une aversion profonde pour tout ce qui ressemblait à l'intrigue; et son indépendance se manifestait en toute circonstance. Aucune considération personnelle ne l'influait; mais s'il ne cachait jamais ce qu'il croyait être la vérité, même en présence des hommes qui n'étaient pas habitués à l'entendre, il faut dire aussi que son esprit d'équité était tel, qu'il savait rendre justice aux personnes mêmes, dont il avait à se plaindre.

Il était très-ferme dans les jugements qu'il portait, et il les modifiait rarement; c'est ainsi qu'au conseil des Mines, où il apportait le même esprit de discussion que dans les expériences, il soutenait fortement l'opinion qu'il s'était une fois faite.

On ne peut voir, sans l'admirer, le dévouement avec lequel l'éminent professeur de docimastie de l'École des Mines s'est constamment consacré à toutes les exigences de ses fonctions, et, en particulier, à celles de son enseignement expérimental. Son désir d'être utile le portait même bien souvent à dépasser, de beaucoup, les limites d'un strict devoir. Malgré les occupations dont il était surchargé, il ne dédaignait pas de s'occuper des élèves, en dehors de son enseignement, et dans toutes les circonstances qui intéressaient leur instruction ou leur avenir. S'il s'agissait des voyages d'étude, il leur traçait, de sa main, des itinéraires, où étaient signalés, avec soin, tous les faits dignes d'intérêt, qui devaient fixer leur attention; puis, à leur retour, il ne manquait pas de lire les journaux et mémoires qu'ils avaient rédigés, y cherchant le talent d'observation de l'auteur, ainsi que les faits nouveaux qu'il apportait.

La correspondance que Berthier entretenait, avec plusieurs de ses jeunes collègues du Corps des Mines, manifeste à chaque page, à côté de son style spirituel, un zèle ardent pour le progrès de la science, qui le porte à provoquer, de toutes parts, des recherches de bon aloi et des publications; puis une chaleureuse sollicitude et un véritable dévouement pour ceux de ses élèves qu'il en croit dignes, et dont la valeur reste rarement inaperçue à son attention clairvoyante. Il aime, soit à les appuyer auprès de ceux qui peuvent leur être utiles, soit à présager leurs succès, et, en voyant la manière dont la plupart de ses prédictions se sont confirmées on reconnaît combien son appréciation avait de justesse et de sûreté.

On a vu les services considérables et variés que Berthier, sans sortir de son laboratoire, a rendus à la minéralogie, aux industries minéralurgiques, à la chimie et à l'agriculture, par ses découvertes personnelles.

Il a bien mérité aussi, en propageant la science, par le cours si complet qu'il a professé, et par l'enseignement pratique qu'il donnait, avec tant de soin et de dévouement, dans le laboratoire de l'École des mines. Les élèves français et étrangers qu'il a ainsi formés, pendant plus de trente années, ont appliqué depuis lors les connaissances qu'ils lui devaient, dans les contrées les plus diverses. Le bien qu'il a ainsi produit ne saurait être trop apprécié. Partout, au loin comme en France, il a porté avec éclat la renommée de l'École des mines.

Vis-à-vis des élèves qu'il dirigeait, comme dans ses relations en général, sa manière d'agir était extrêmement différente, selon l'appréciation qu'il faisait de leur aptitude et de leur zèle. De là vient qu'on a quelquefois pu méconnaître ce sentiment d'équité, qui lui faisait rechercher toujours ceux qu'il croyait les plus capables, pour les encourager et leur prodiguer ses bons avis.

On peut juger, d'ailleurs, des excellents conseils qu'il

leur donnait, même au loin, par les lignes suivantes qu'il écrivait à l'un de ses anciens élèves, qui venait de le quitter, pour débiter dans le professorat : « Il faut faire de la vraie science, pour fonder bien solidement votre réputation ; peu m'importe le sujet, pourvu qu'il soit traité, à la manière des savants, qui vont au fond des choses, et qui n'avancent que de déductions en déductions, sans s'aventurer dans l'espace brumeux des suppositions. — Les compilations et les ouvrages didactiques ne sont pas le fait des jeunes gens, les idées ne sont pas suffisamment mûries dans leur esprit, et leur vue d'ensemble n'est jamais sûre ; vous le verrez plus tard : l'âge et l'expérience modifieront extrêmement toutes vos opinions. — Votre premier soin doit être de vous mettre en état de remplir vos devoirs avec honneur, c'est-à-dire aussi bien qu'il vous sera possible ; c'est donc sur l'organisation de votre cours que toute votre attention doit se porter quant à présent. Il faut se mettre au courant de tout ce qui a été fait, pour établir une opinion sur toute chose, faire un choix de matériaux, coordonner ces matériaux et en faire un tout bien lié, dans le but d'instruire votre auditoire et de lui inculquer les saines doctrines, c'est-à-dire de lui faire discerner le vrai du faux et même du douteux. C'est là un travail considérable et qui devra, ce me semble, absorber complètement votre temps, pendant les premières années ; mais il faut le faire, et ce n'est qu'à cette condition que vous prendrez rang parmi les hommes estimables de la science. Il vous méritera certainement une grande considération, et vous verrez qu'il vous procurera, en même temps, beaucoup de satisfaction de conscience.

« Chemin faisant, vous signalerez toutes les lacunes de la science, vous en prendrez note, et plus tard, vous vous mettrez à l'œuvre, pour tâcher de remplir ces lacunes. Je trouverais même bien, que, dès ce moment, vous fissiez

« choix de quelque sujet de recherches, qui ne fût pas trop compliqué, pour faire diversion à vos travaux d'érudition et jeter un peu d'intérêt dans votre vie d'étude. Mais cela est secondaire : le devoir avant tout : pour l'honnête homme, c'est la règle de toute la vie. »

Dans ces fragments de correspondance, tout intime, il trace lui-même, d'une manière ferme, la route que les jeunes savants doivent suivre, et qu'il a constamment suivie ; il se caractérise lui-même.

C'est toujours dans le même esprit d'équité et de discernement, avec le seul but de servir la science, que, toutes les fois qu'il avait à se donner un adjoint pour le laboratoire d'essais, il choisissait le plus capable, sans aucune autre préoccupation. Ainsi, quand M. Regnault dut quitter le laboratoire de l'École, pour se livrer plus complètement aux travaux de physique, qui l'ont illustré bientôt lui-même, Berthier alla chercher, dans la province, celui de ses anciens élèves qui, incontestablement, avait le plus de titres à cette succession ; car, dans son modeste laboratoire de Vesoul, et malgré les exigences d'un service ordinaire de sous-arrondissement, Ébelmen avait déjà donné la mesure d'une capacité exceptionnelle, qu'il manifesta, avec plus d'éclat encore, pour être, hélas ! enlevé d'une manière si triste et si prématurée !

Aussi la mémoire de Berthier ne vivra-t-elle pas seulement dans les fastes de la science. L'École des Mines s'honorera toujours de lui, et son nom y sera impérissable ; les nombreux élèves qu'il y a formés, directement ou indirectement, lui conserveront, à jamais, un souvenir de profonde reconnaissance.

PUBLICATIONS DE BERTHIER

DISPOSÉES

PAR ORDRE CHRONOLOGIQUE.

- Analyse d'une chaux carbonatée de Pesey. (Annales de chimie t. LVIII, p. 87.) 1806.
- Sur les sulfates de chaux, de baryte et de plomb. (Journal des mines, t. XXI, p. 505.) 1807.
- Analyse d'un schiste des environs de Cherbourg, provenant des excavations faites dans le port Bonaparte. (Journal des mines, t. XXI, p. 515.) 1807.
- Analyse de l'eau de Salins et des produits de la saline de Moutiers. (Journal des mines, t. XXII, p. 81 et p. 165.) 1807.
- Sur les muriates de baryte et d'argent. (Journal des mines, t. XXII, p. 525.) 1807.
- Sur les phosphates de chaux, de fer, de plomb et de manganèse, et sur l'acide phosphorique. (Journal des mines, t. XXII, p. 415.) 1807.
- Analyse de quelques produits de forges et de hauts-fourneaux. (Journal des mines, t. XXIII, p. 177.) 1808.
- Analyse de l'eau minérale de Chaudesaigues. (Journal des mines, t. XXVII, p. 141.) 1810.
- Analyse des minerais de fer de la vallée des Arques, et des scories des forges qu'ils alimentent. (Journal des mines, t. XXVII, p. 195.) 1810.
- Analyse d'un fer carbonaté fibreux pseudomorphique. (Journal des mines, t. XXVII, p. 477.) 1810.
- Analyse du zinc carbonaté de Combecave et du calcaire qui l'accompagne. (Journal des mines, t. XXVII, p. 488.) 1810.
- Analyse d'un fer phosphaté bleu. (Journal des mines, t. XXVIII, p. 75.) 1810.
- Analyse des minerais de fer des environs de Bruniquel et des produits du haut-fourneau qu'ils alimentent. (Journal des mines, t. XXVIII, p. 101.) 1810.

- Extrait d'un mémoire de M. Smithson sur les calamines. (Journal des mines, t. XXVIII, p. 341.) 1810.
- Analyses de plusieurs calamines. (Journal des mines, t. XXVIII, p. 344 et 350.) 1810.
- Analyse de la chaux grasse des environs de Nemours. (Journal des mines, t. XXXIV, p. 508.) 1815.
- Sur plusieurs moyens imaginés pour employer la flamme perdue des hauts-fourneaux, des foyers de forges, etc. (Journal des mines, t. XXXV, p. 575.) 1814.
- Note sur une roche connue sous le nom de la *Roche-Noire* qui fait partie du terrain houiller de Noyant, département de l'Allier. (Annales des mines, 1^{re} série, t. III, p. 49.) 1818.
- Note sur le poids de quelques espèces de bois à brûler et sur la consommation comparative de ce combustible et de la houille dans les travaux minéralogiques. (Même volume, p. 51.)
- Analyse de la calamine de Sauxais, département de la Vienne. (Même volume, p. 590.)
- Analyse des principaux produits de la fabrication du laiton au moyen de la calamine et de la blende. (Même volume, p. 461.)
- Résultats principaux de la préparation mécanique de la galène à la mine de Pezey. (Même volume, p. 549.)
- Note sur les roches de l'igeac. (Même volume, p. 568.)
- Sur le moyen de séparer le sulfure d'antimoine de sa gangue. (Annales des mines, 1^{re} série, t. III, p. 555.) 1818.
- Sur les essais faits dans la fonderie de Jemmapes avec les blendes de Pontpéan. (Annales des mines, 1^{re} série, t. III, p. 545.) 1818.
- Sur un nouveau gisement de fer carbonaté à Pourrain (Yonne). (Annales des mines, 1^{re} série, t. IV, p. 655.) 1819.
- Extrait d'un rapport au conseil général des mines, sur les minerais de fer des houillères d'Anzin, et sur les essais en grand qui ont été faits par MM. Clère et Tournelle. (Annales des mines, 1^{re} série, t. IV, p. 555.) 1819.
- Essais et analyses d'un grand nombre de minerais de fer provenant des houillères de France. (Même volume, p. 559.)
- Analyse du nickel arsenical et du nickel arséniaté d'Allemont (Isère). (Même volume, p. 467.)
- Analyse de deux minéraux zincifères des États-Unis d'Amérique. (Annales des mines, 1^{re} série, t. IV, p. 483.) 1819.
- Analyse du phosphate de fer qu'on obtient dans la fabrique de vitriol de Wissant (Pas-de-Calais), et des pyrites mêlées de phosphate de chaux qu'on traite dans cette fabrique. (Même volume, p. 622.)

- Examen du fer forgé par les nègres du Fouta-Diallon (haut Sénégal) et des minerais duquel ils le retirent. (Annales des mines, 1^{re} série, t. V, p. 129.) 1820.
- Analyse des nodules de chaux phosphatée qui se trouvent dans la craie du cap la Hève (près le Havre). (Même volume, p. 197.)
- Analyse de l'alun de plume. (Même volume, p. 259.)
- Analyse du fer titané en couches du Brésil et de quelques autres minéraux du même genre. (Même volume, p. 479.)
- Analyse de l'eau de deux sources minérales de Chaudesaigues (Cantal). (Même volume, p. 499.)
- Sur la coupellation et le traitement de la galène argentifère. (Même volume, p. 535.)
- Sur la nature du minerai de fer magnétique de Chamoison (Valais). (Même volume, p. 595.)
- Notice sur les eaux minérales et thermales de Vichy, par MM. Berthier et Puvis. (Même volume, p. 401.)
- Notes relatives aux analyses de quelques minerais et produits de la fonderie de Chessy (Rhône), faites par M. Thibaud. (Même volume, p. 550.)
- Examen comparatif de plusieurs minerais de manganèse. (Annales des mines, 1^{re} série, t. VI, p. 291.) 1821.
- Analyse des eaux minérales de Nérès (Allier). (Même volume, p. 511.)
- Analyse de quelques pierres magnésiennes. (Même volume, p. 451.)
- Analyse de plusieurs minéraux que l'on rapporte ordinairement à l'espèce chlorite. (Même volume, p. 459.)
- Analyse de l'alumine hydratée des Baux (Bouches-du-Rhône). (Même volume, p. 551.)
- Note sur l'application du chromate de plomb sur les étoffes. (Annales des Mines 1^{re} série t. VI, p. 137, 1821, et (Annales de Chimie et de physique 2^e série t. XVI, p. 442.) 1821.
- Analyse de deux variétés de fer chromé, suivie d'une note sur les alliages du chrome avec le fer et l'acier. (Annales des mines, 1^{re} série, t. VI, p. 573, 1821, et Annales de chimie et de physique, t. XVII, p. 55.) 1821.
- Analyse de deux variétés de manganèse carbonaté natif. (Annales des mines, 1^{re} série, t. VI, p. 595.) 1821.
- Nouveau moyen d'analyser les pierres alcalines. (Annales des Mines, 1^{re} série, t. VII, p. 94, 1822, et (Annales de chimie et de physique, t. XVII, p. 28.) 1821.
- (Au moyen du sulfate de plomb et de la céruse, il donne en même temps dix analyses de minéraux feldspathiques faites par ce procédé.)

- Annales des eaux minérales et thermales du mont Dore, (Annales des mines, 1^{re} série, t. VII, p. 201.) 1822.
- Note sur le minerai de plomb argentifère de Chéronie (Charente). (Annales des mines, 1^{re} série, t. VII, p. 149.) 1822.
- Note sur le minerai de plomb de Chenelette (Rhône). (Même volume, p. 152.)
- Analyse de plusieurs pierres alcalines. (Même volume, p. 259.)
- Sur la composition de la magnésite et de la magnésie carbonatée. (Même volume, p. 515.)
- Sur la nature des scories de forges catalanes et des foyers d'affinerie. (Même volume, p. 577.)
- Notice sur les eaux minérales et thermales de Saint-Nectaire (Puy-de-Dôme). (Annales des Mines, 1^{re} série, t. VII, p. 208, 1822 et Annales de chimie et de physique, t. XIX, p. 25.) 1822.
- Sur les oxydes de manganèse. (Annales des Mines, 1^{re} série, t. VIII, p. 158, 1825, et Annales de chimie et de physique 2^e série, t. XX, p. 186.) 1822.
- Sur le parti qu'on pourrait tirer du sulfate de plomb dans les arts. (Annales des Mines, 1^{re} série, t. VIII, p. 175, 1825, et Annales de Chimie et de Physique, 2^e série, t. XIX, p. 275.)
- Analyses de différentes pierres à chaux. Expériences sur les qualités des chaux, et observations sur les mortiers. (Annales des mines, 1^{re} série t. VII, p. 485, 1822, et Annales de chimie et de physique, 2^e série, t. XXII, p. 62.) 1823.
- Sur les dépôts ferrugineux que forment les eaux minérales et sur l'ocre jaune. (Annales des mines, 1^{re} série, t. VIII, p. 556.) 1823.
- Analyse du cuivre phosphaté de Liebethen (Hongrie). (Même volume, p. 554.)
- Note sur le cuivre panaché et le cuivre pyriteux. (Même volume, p. 541.)
- Sur les blendes. (Annales des mines, 1^{re} série, t. IX, p. 419.) 1824.
- Analyse de quelques carbonates natifs à base de chaux, de magnésie, de fer et de manganèse. (Même volume, p. 587.)
- Sur l'abstrich ou litharge noire. (Même volume, p. 903.)
- Sur les sulfures qui proviennent de la réduction de quelques sulfates. (Annales de chimie et de physique, 2^e série, t. XXII, p. 225, 1823, et Annales des mines, 1^{re} série, t. VII, p. 421.) 1822.
- Analyse d'une terre végétale des environs de Lille. (Annales de chimie et de physique, 2^e série, t. XXIV, p. 89, 1825, et Annales des mines, 1^{re} série, t. VIII, p. 327.) 1823.
- Analyse du kaolin. (Annales de chimie et de physique, t. XXIV p. 107.) 1825, et Annales des mines, 1^{re} série, t. IX, p. 404, 1824.

- Analyse des eaux de Vals (Ardèche). (Annales de chimie et de physique, t. XXIV, p. 256.) 1823, et Annales des mines, 1^{re} série, t. IX, p. 568.) 1824.
- Préparation de l'acide sulfhydrique et des hydrosulfates alcalins. (Annales de chimie et de physique, t. XXIV, p. 271, 1823, et Annales des mines 1^{re} série, t. IX, p. 205.) 1824.
- Note sur la théorie des mortiers de M. Vicat. (Annales des mines, 1^{re} série, t. IX, p. 118.) 1824.
- Notes sur les recherches de M. Bredberg pour déterminer la composition chimique des scories produites dans diverses opérations métallurgiques. (Même volume, p. 819.)
- Examen de quelques produits des usines à cuivre du Mansfeld. (Même volume, p. 62.)
- Sur un produit alcalin du haut fourneau de Schönau, régence de Spire (Bavière). (Même volume, p. 249.)
- Sur les scories qui proviennent de l'affinage de la fonte de fer par la méthode anglaise. (Même volume, p. 795.)
- Note sur le sulfure d'antimoine argentifère et aurifère de Neuvied. (Même volume, p. 805.)
- Note sur le minerai de cuivre de Framont (Vosges). (Même volume, p. 809.)
- Sur les minerais de fer appelés mines douces. (Annales des mines, 1^{re} série, t. IX, p. 825.) 1824.
- Composition de l'oxyde de nickel. (Annales de chimie et physique, t. XXV, p. 94, 1824, et Annales des mines, 1^{re} série, t. X, p. 144.) 1825.
- Sur l'essai et le traitement du sulfure d'antimoine, même volume (Annales des mines, 1^{re} série, t. X, p. 155.) 1825.
- Sur les battitures de fer. (Annales de chimie et de physique, 2^e série, t. XXVII, p. 19, 1824, et Annales des mines, 1^{re} série, t. X, p. 120.) 1825.
- Analyse du sel gemme de Vic (Meurthe) et du sel des marais salants de Marennes (Charente-Inférieure). (Annales des mines, 1^{re} série, t. X, p. 258.) 1825.
- Analyse du péridot granulaire de Langeac (Haute-Loire). (Même volume, p. 269.)
- Examen de la substance rosé de Quincy (Cher). (Même volume, p. 272.)
- Notes sur le cuivre pyriteux aurifère de Gondo (Valais). (Même vol.) p. 510.
- Analyse du minerai de fer de la Plata. (Même volume, p. 295)

- Examen de l'argent natif de Curcy. (Annales des mines, 1^{re} série, t. XI, p. 72.) 1825.
- Essais sur le cuivre gris de Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin). (Même volume, p. 121.)
- Note sur la chaux phosphatée des mines de houille de Fins (Allier). (Même volume, p. 142.)
- Sur l'action qui a lieu entre le plomb et l'oxyde de cuivre, et entre le cuivre et l'oxyde de plomb. (Même volume, p. 485.)
- Sur le traitement métallurgique des alliages de cuivre et d'argent. (Annales des mines, 1^{re} série, t. XI, p. 81.) 1825.
- Analyse du fer phosphaté d'Anglar, commune de Campregniac (Haute-Vienne), même volume, p. 303.
- Annalyse de quelques substances minérales. (Annales des mines, 1^{re} série, t. XIII, p. 213.) 1846.
1. Grains verts provenant d'une glauconie (craie chloritée) d'Allemagne.
 2. Grains verts de Schirmeck (département des Vosges).
 3. Fer titané de Maisdon (Loire-Inférieure).
 4. Substance rose de Confolens (département de la Charente-inférieure.)
 5. Note sur le cuivre carbonaté argentifère de Katzenthal, régence de Spire (Bavière).
 6. Eau minérale de Hambourg.
 7. Eau minérale de Creutznach, près Bingen (grand-duché du Rhin).
 8. Sel de Saint-Ubes (Setuval) en Portugal.
 9. Plomb sulfaté argileux de Badenviller (grand-duché de Bade).
 10. Minerai de fer magnétique des environs de Saint-Brieuc (Côtes-du-Nord).
- Analyse de fontes et laitiers de Müsen. (Même volume, p. 99.)
- Analyse de scories provenant du raffinage du cuivre. (Même volume, p. 102.)
- Analyse d'une substance alcaline recueillie dans un haut fourneau de Mertyrtidwill (Angleterre). (Même volume, p. 101.)
- Note sur un essai de minerai de plomb argentifère de Bobenthal (régence de Spire) fait par M. Fournet. (Annales des mines, 1^{re} série, t. XIII, p. 535.) 1826.
- Examen de quelques produits du traitement métallurgique des minerais d'étain. (Annales des mines, 1^{re} série, t. XIII, p. 465.) 1826.
- Analyse de quelques produits métallurgiques. (Annales de chimie

- et de physique, t. XXXIII. p. 214.) 1826, et Annales des mines, 1^{re} série, t. XIII, p. 99, 1846.
- Notice géologique sur les environs de Nemours, Puyseaux et Château-Landon. (Annales des mines, 2^e série, t. I, p. 287.) 1827.
- De l'action des alcalis et des terres alcalines sur quelques sulfures métalliques. (Même volume, p. 25.)
- Sur la préparations du nickel. (Même volume, p. 151.)
- Analyse des cendres de diverses espèces de bois. Même volume, p. 241.
- Analyse de l'halloysite. (Même volume, p. 264, et Annales de chimie et de physique, t. XXXII, p. 352.) 1826.
- Analyse de la pouzzolane de Naples. (Annales des mines, 2^e série, t. I, p. 335.) 1827.
- Analyse du fer météorique de Toluca au Mexique. (Même volume, p. 337.)
- Analyses de quelques poteries. (Même volume, p. 469.)
- De l'action de la litharge sur différents sulfures métalliques. (Annales des mines, 2^e série, t. II, p. 385.) 1827.
- Nouvelles analyses de carbonates à plusieurs bases. (Annales des mines, 2^e série, t. III, p. 25.) 1828.
- Sur la composition des minerais de fer de grains. (Même volume, p. 241.)
- Haidingérite, minerai d'antimoine d'Auvergne d'espèce nouvelle. (Même volume, p. 262.)
- Nontronite, nouveau minéral découvert dans le département de la Dordogne. (Annales de chimie et de physique, t. XXXVI, p. 22, 1827, et Annales des mines, 2^e série, t. III, p. 255, 1828.)
- Sur quelques sels doubles et autres composés obtenus par voie sèche. (Annales de chimie et de physique, 2^e série, t. XXXVIII, p. 246, 1828, et Annales des mines, 2^e série, t. V, p. 95.) 1829.
- De l'action de la litharge sur les sulfures de bismuth, d'antimoine et d'arsenic. (Annales des mines, 2^e série, t. V, p. 164.) 1829.
- Analyse de quelques produits des usines à plomb d'Angleterre, préparations de diverses combinaisons salins fusibles. (Annales des mines, 2^e série, t. VII, p. 73.) 1830.
- Sur le traitement métallurgique de la galène (Annales des mines, 3^e série, t. II, p. 97), 1852.
- Sur quelques alliages du zinc. (Même volume, p. 347.)
- Analyse de la Volkonskoïte du mont Jcfimietski. (Annales des mines, 3^e série, t. III, p. 39.) 1853.
- Analyse de divers minéraux métalliques. (Même volume, p. 39.)

- Analyse du fer titané de Baltimore, en Maryland (Amérique septentrionale). (Même volume, p. 41.)
- Analyse du fer oxydé octaédrique de Framont. (Même volume, p. 44.)
- Analyse du minerai de fer de La Lizolle et de Servan (Allier). (Même volume, p. 45.)
- Analyse du minerai de cuivre d'Escouloubre (Aude). (Même volume, p. 46.)
- Analyse du cuivre panaché de Nadaud (Haute-Vienne). (Même volume, p. 48.)
- Analyse de deux nouvelles variétés d'haidingérite. (Même volume p. 49.)
- Analyse de diverses calamines. (Même volume, p. 51.)
- Analyse du minerai d'argent aurifère du Mexique. (Même volume, p. 55.)
- Analyse du minerai d'argent d'Huelgoët. (Même volume, p. 58.)
- Recherche du carbone et du silicium dans différentes variétés de fonte et d'acier. (Même volume, p. 209.)
- Analyse de plusieurs verres de différentes sortes. (Même volume p. 494.)
- Analyse d'une chaux hydraulique artificielle d'Angleterre. (Même volume, p. 503.)
- Analyse de deux laitiers sulfureux du haut fourneau d'Hayange (Moselle). (Même volume, p. 504.)
- Analyse de deux scories de forges catalanes. (Même volume, p. 512.)
- Analyse d'un cuivre rouge de Suisse. (Même volume, p. 516.)
- Analyse d'un alliage de cuivre anglais. (Même volume, p. 517.)
- Analyse des scories qui proviennent de la poussée des matières d'or et d'argent. (Même volume, p. 526.)
- Sur la préparation du titane et de la zircon (Annales des mines, 3^e série, t. V, p. 451), 1834.
- Purification de l'osmium d'iridium. (Même volume, p. 490.)
- Analyse de l'eau minérale du Port-Thareau (Nièvre). (Même volume, p. 530.)
- Analyse de l'eau salée de Sougraigne (Aude). (Même volume, p. 535.)
- Analyse du sel et de l'eau-mère de la saline de Soultz-sous-Forêts (Bas-Rhin). (Même volume, p. 535.)
- Analyse du feldspath du mont Dore et du Drachenfels. (Même volume, p. 540.)
- Analyse du pétrosilex de l'île d'Aran (Écosse). (Même volume, p. 543.)
- Analyse de l'obsidienne del Pasco (Colombie). (Même volume p. 545.)

- Analyse du calcaire hydraulique de Morlac (Tarn). (Même volume, p. 547.)
- Analyse de la marne hydraulique de Péronne (Somme). (Même volume, p. 547.)
- Analyse de la dolomie manganésienne de Villé (Haut-Rhin). (Même volume, p. 548.)
- Analyse de l'amphibole des monts Ourals. (Même volume, p. 550.)
- Analyse des hydrosilicates d'alumine de Namur et de Nontron. (Même volume, p. 552.)
- Analyse de quelques minerais de manganèse d'espèces variées. (Même volume, p. 556.)
- Sur un nouveau sulfate de cuivre. (Même volume, p. 574.)
- Analyses de trois variétés de silicates de cuivre. (Même volume, p. 575.)
- Analyse du tellure d'or sulfo-plombifère de Nagyag. (Même volume, p. 580.)
- Note sur les produits du haut fourneau de Plons, près de Sargans (Saint-Gall). (Annales des mines, 5^e série, t. VI, p. 467.) 1854.
- Analyse du sel gemme de Briscous (près Bayonne). (Annales des mines, 5^e série, t. VII, p. 506.) 1855.
- Analyse d'un laitier très-sulfureux de Firmy (Aveyron). (Même volume, p. 511.)
- Analyse d'un silicate de magnésie de Styrie. (Même volume, p. 515.)
- Analyse de deux minerais de manganèse récemment découverts dans le département de l'Aude. (Même volume, p. 525.)
- Analyse des tubercules ferrugineux qui se déposent dans les tuyaux de conduite d'eau de Grenoble. (Même volume, p. 528.)
- Analyse d'une pyrite magnétique du Brésil. (Même volume, p. 531.)
- Analyse de l'arsénico-antimoniure de nickel de Balen (Basses-Pyrénées). (Même volume, p. 537.)
- Analyse du cuivre panaché de Monte-Castelli, en Toscane. (Même volume, p. 540.)
- Analyse de l'oxychlorure de cuivre du Chili. (Même volume, p. 542.)
- Analyse de deux bronzes. (Même volume, p. 544.)
- Essai de quelques minerais argentifères. (Même volume, p. 550.)
- Examen de minerais de cuivre-argentifère de l'Aude. (Même volume, p. 552.)
- Examen de divers bois desséchés pour le service des hauts fourneaux. (Annales des mines, 5^e série, t. IX, p. 449.) 1856.
- Analyse de la terre de bruyère des environs de Paris. (Même volume, p. 458.)

- Analyse des cendres des côtes de divers tabacs. (Même volume, p. 471.)
- Analyse de la chaux magnésienne hydraulique de Robache (Vosges). (Même volume, p. 487.)
- Analyse d'un laitier cristallisé de Charleroy. (Même volume, p. 491.)
- Analyse de l'allophane de Beauvais (Oise). (Même volume, p. 498.)
- Analyse de l'halloysite de Bayonne. (Même volume, p. 500.)
- Analyse d'une croûte provenant d'un moulage de fonte. (Même volume, p. 507.)
- Analyse d'un boulet de fonte oxydé par l'eau de mer. (Même volume, p. 508.)
- Analyse du phosphate de fer de Fouchères (Aude). (Même volume, p. 519.)
- Analyse du cuivre gris de Corbières (Aveyron). (Même volume, p. 529.)
- Analyse d'une matière employée comme couleur sur porcelaine. (Même volume, p. 532.)
- Essai de la galène de Saint-Santin-Cantalès. (Même volume, p. 534.)
- Essai de trois minerais de Pasco (Mexique). (Même volume, p. 537.)
- Essai d'un minerai d'argent de Pachuca (Mexique). (Même volume, p. 539.)
- Essai d'un minerai d'arsenic argentifère du Chili. (Même volume, p. 539.)
- Analyse de cendres des marais de la Vendée. (Même volume, p. 541.)
- Analyse de bois torréfié employé dans l'usine à fer de Vasseraffingen (Wurtemberg). (Annales des mines, 5^e série, t. XI, p. 444.) 1857.
- Analyse de plusieurs variétés de tourbes du département de la Somme. (Même volume, p. 446.)
- Analyse d'un lignite de la baie de Baffin. (Même volume, p. 455.)
- Analyse de la houille de Faymoreau (Vendée). (Même volume, p. 454.)
- Analyse de deux tufs volcaniques des environs de Naples. (Même volume, p. 464.)
- Analyse d'une efflorescence saline d'Aix, en Savoie. (Même volume, p. 477.)
- Analyse du savon de montagne de Plombières. (Même volume, p. 479.)
- Analyse de deux terres végétales des environs de Nemours (Seine-et-Marne). (Même volume, p. 481.)

- Analyse de deux terres végétales des environs de Puiseaux (Loiret). (Même volume, p. 485.)
- Analyse d'une terre végétale de l'île de Cuba. (Même volume, p. 485.)
- Analyse du minerai de manganèse de Sargans (Saint-Gall). (Même volume, p. 489.)
- Analyse du minerai de manganèse de Ludwigsöhal (Wurtemberg). (Même volume, p. 491.)
- Analyse de trois pyrites magnétiques du Valais. (Même volume, p. 498.)
- Analyse de deux fontes très-arséniées provenant d'Alger. (Même volume, p. 501.)
- Analyse du sulfate de fer de Nordhausen. (Même volume, p. 503.)
- Analyse du biarséniure de nickel du Valais. (Même volume, p. 504.)
- Analyse d'un minerai de cuivre du Pérou. (Même volume, p. 508.)
- Analyse d'un étain allié. (Même volume, p. 515.)
- Essai d'un minerai de plomb très-riche en argent, de Pontgibaud (Puy-de-Dôme). (Même volume, p. 517.)
- Analyse d'un plomb argentifère d'Alloué. (Même volume, p. 518.)
- Essai de quelques minerais d'argent du Pérou. (Même volume, p. 522.)
- Analyse de quelques minerais de bitume (Annales des mines, 5^e série, t. XIII, p. 605.) 1858.
- Analyse des schistes bitumineux d'Autun, même volume, p. 616.
- Analyse d'un laitier cristallisé du Pays-de-Galles. (Même volume, p. 641.)
- Analyse d'un sous-sulfate d'alumine du Huelgoät. (Même volume, p. 645.)
- Analyse d'une terre végétale d'Ormesson près Nemours (Seine-et-Marne). (Même volume, p. 648.)
- Analyse de trois terres végétales des environs de Saint-Germain-de-Laxis, près Melun (Seine-et-Marne). (Même volume, p. 651.)
- Analyse d'une incrustation attachée à une ancre de fer trouvée dans la Seine, à Paris. (Même volume, p. 664.)
- Essai d'un minerai de fer mêlé de matière organique des environs de Douai (Nord). (Même volume, p. 666.)
- Analyse d'un phosphato-sulfate de fer du Huelgoät. (Même volume, p. 669.)
- Note sur différents minerais de l'île de Cuba. (Même volume p. 691.)
- Sur le magistral employé pour traiter le minerai d'argent du Huelgoat. (Même volume, p. 698.)
- Essai d'un minerai d'argent du Mexique. (Même volume, p. 705.)

- Examen des minerais d'or et de cuivre de Conrad (Caroline du Nord). (Même volume, p. 710.)
- Recherches sur la réduction des minerais de fer. (Même volume, p. 715.)
- Sur les fontes phosphorées. (Annales des mines, 3^e série, t. XIV, p. 115.) 1858.
- Analyse du calcaire bitumineux du Val-de-Travers (Principauté de Neuchâtel). (Annales des mines, 5^e série, t. XV, p. 564.) 1859.
- Analyse des matières salines provenant de l'amalgamation des minerais d'argent, à Freyberg. (Même volume, p. 578.)
- Analyse d'un minerai de fer magnétique de Cherbourg. (Même volume, p. 591.)
- Analyse de trois sortes de pièces de monnaie de la Chine et de la Cochinchine. (Même volume, p. 611.)
- Examen du produit du traitement des minerais d'antimoine plombés et argentifère, à Carcassonne. (Même volume, p. 615.)
- Sur la jamesonite aurifère de Pont-Vieux (Puy-de-Dôme). (Même volume, p. 634.)
- Nouvel examen du minerai de plomb argentifère de Saint-Santin-Cantalès. (Même volume, p. 655.)
- Analyse d'une houille de Chantonnay (Vendée). (Annales des mines, 3^e série, t. XVII, p. 555.) 1840.
- Essai d'une houille des environs de Mauriac (Cantal). (Même volume, p. 555.)
- Essai de quelques houilles des Asturies (Espagne). (Même volume, p. 556.)
- Analyse d'une cendre alunifère provenant de la combustion d'une houille. (Même volume, p. 558.)
- Essai d'un minerai de cuivre argentifère de Padern (Aude). (Même volume, p. 648.)
- Sur deux alliages de zinc et de fer obtenus dans la fabrication du fer galvanisé. (Même volume, p. 652.)
- Essai d'un minerai argentifère et aurifère de l'Altaï. (Même volume, p. 658.)
- Sur le plâtre des environs de Paris. (Annales des mines, 5^e série, t. XIX, p. 655.) 1841.
- Analyse d'une pouzzolane d'Alger. (Même volume, p. 659.)
- Analyse d'un phosphate d'alumine plombifère de Rozières (Tarn). (Même volume, p. 669.)
- Analyse de deux terres à garance du midi de la France. (Même volume, p. 674.)

*Annales des mines
série t. VII*

- Analyse de deux terres végétales de la Charente-Inférieure. (Même volume, p. 676.)
- Essai du minerai de fer de Rustrel (Vaucluse). (Même volume, p. 684.)
- Essai de trois minerais de fer de l'Algérie. (Même volume, p. 687.)
- Analyse d'un minerai de Carthagène (Espagne). (Même volume, p. 690.)
- Analyse d'un acier à filières provenant d'Allemagne. (Même volume, p. 695.)
- Essai d'un minerai de cuivre et d'argent de l'Algérie. (Même volume, p. 696.)
- Analyse d'un étain allié. (Même volume, p. 702.)
- Sur le minerai de mercure et d'arsenic de Huanca-Velica, au Pérou. (Même volume, p. 706.)
- Recherche de l'argent dans les galènes crues et grillées. (Même volume, p. 718.)
- Examen du minerai d'argent du Pérou. (Même volume, p. 722.)
- Examen des principaux minerais d'argent du Mexique. (Même volume, p. 725.)
- Sur l'existence du bromure d'argent natif du Mexique, et du Huelgoët en France. (Même volume, p. 734.)
- Analyse d'un produit métallurgique, riche en argent. (Même volume, p. 744.)
- Sur quelques séparations opérées au moyen de l'acide sulfureux ou des sulfites alcalins. (Annales des mines, 4^e série, t. II, p. 126.) 1842.
- Note sur les cendres provenant des sucreries des Antilles. (Même volume, p. 415.)
- Sur le phosphate de chaux graphiteux du département de l'Aude. (Même volume, p. 459.)
- Analyse de la chaux carbonatée manganésifère de Tétala (Mexique). (Même volume, p. 442.)
- Analyse de l'alunite de Beregszasz (Hongrie). (Même volume, p. 459.)
- Analyse des sables du puits foré de Grenoble. (Même volume, p. 480.)
- Note sur différents minerais de fer de l'Algérie. (Même volume, p. 488.)
- Analyse d'un minerai de fer contenant des paillettes semblables, par leur aspect, à du feldspath. (Même volume, p. 495.)
- Note sur la composition des minerais de cuivre du Chili. (Même volume, p. 504.)

- Analyse d'un minerai de zinc de Campiglia (Toscane). (Même volume, p. 513.)
- Analyse d'un chlorure de zinc ammoniacal de Paris. (Même volume, p. 515.)
- Analyse d'un minerai de mercure et d'argent des Asturies. (Même volume, p. 517.)
- Analyse du plomb noir d'Aulus (Ariège). (Même volume, p. 519.)
- Note sur le minerai d'argent de Tétala (Mexique). (Même volume, p. 522.)
- Note sur les minerais de bromure d'argent du Mexique et du Chili. (Même volume, p. 524.)
- Examen des différents produits de l'amalgamation des minerais d'argent à Guanajuato (Mexique). (Même volume, p. 541.)
- Analyse d'une eau minérale du département du Nord. (Annales des mines, 4^e série, t. III, p. 726.) 1845.
- Examen de quelques poteries noires anciennes et modernes. (Même volume, p. 790.)
- Analyse de deux terres végétales de Pomard (Côte-d'Or). (Même volume, p. 795.)
- Analyse d'une terre végétale de Nemours (Seine-et-Marne). (Même volume, p. 796.)
- Essai de quatre minerais de fer de l'Ariège. (Même volume, p. 805.)
- Essai d'un minerai de fer de Corse. (Même volume, p. 807.)
- Analyse des minerais de cuivre de Tapézala (Mexique). (Même volume, p. 810.)
- Essai d'un minerai de mercure de Toscane. (Même volume, p. 819.)
- Analyse des minerais de plomb et d'argent nouvellement découverts aux environs de Carthagène (Espagne). (Même volume, p. 822.)
- Examen de différents minerais d'argent de Catorcé (Mexique). (Même volume, p. 826.)
- Note sur le minerai d'argent et d'or de Guadalupe y Calvo (Mexique). (Même volume, p. 826.)
- Analyse des minerais de San-Clemente (Mexique). (Même volume, p. 856.)
- Analyse du minerai d'argent de Simon (Mexique). (Même volume, p. 841.)
- Examen d'un échantillon du sable recueilli, par M. Fiedler, autour de la fulgurite de Dresde. (Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. XVII, p. 598.) 1825.
- Recherches sur les substances organiques dans les sarments de vigne, ainsi que dans les feuilles, dans le raisin et dans les pépins.

(Annales de chimie et de physique, 3^e série, t. XXXIII, p. 249.)
1851.

Chimie agricole. Analyses comparatives des cendres d'un grand nombre de végétaux, suivis de l'analyse de différentes terres végétales. (Mémoires de la Société impériale et centrale d'agriculture.) 1854.

OUVRAGES D'ENSEMBLE.

Traité des essais par la voie sèche ou des propriétés, de la composition, et de l'essai des substances métalliques et des combustibles, par M. P. Berthier. 2 vol. in-8°, Paris, 1854.

Mémoires et notices chimiques, minéralogiques, géologiques et minéralurgiques, publiés par M. Berthier. 4 volumes.

Ces mémoires et notices font un tirage à part des publications faites par Berthier, tant dans les Annales des mines que dans les Annales de chimie et de physique. Ils forment quatre volumes : le premier sans date et sans table ; le second, comprenant les années 1824, 1825, 1826 ; le troisième, les années 1827 à 1852 inclusivement ; le quatrième, les années 1853 à 1854 inclusivement ; ces trois derniers volumes portent les dates de 1827, 1853 à 1859.

En outre il existe également un tirage à part des extraits des travaux de divers savants, que Berthier a insérés annuellement dans les Annales des Mines ; il forme sept volumes.

EMPLOI DES HUILES MINÉRALES

AU CHAUFFAGE DES CHAUDIÈRES DES NAVIRES A VAPEUR.

Essai fait sur le yacht impérial *le Puebla* le 18 juin 1868 (*).

L'appareil de combustion appliqué à la chaudière du *Puebla* consiste dans une grille verticale placée à l'ouverture de l'ancien cendrier.

La porte de l'ancien foyer est condamnée et sa grille horizontale a été supprimée. L'intérieur du foyer a été tapissé en briques réfractaires formant une voûte au-dessus d'une sole placée au fond du cendrier. Cette sole est légèrement inclinée vers l'intérieur, jusqu'au point où elle rencontre un autel également en briques réfractaires, placé environ à mi-longueur de l'ancienne grille.

L'huile descend par son propre poids du réservoir qui la contient au moyen d'un tuyau muni d'abord d'un seul robinet placé au-dessus de la grille ; elle se sépare ensuite pour fournir à treize petits robinets, donnant chacun un filet d'huile à chaque division de la grille verticale.

Le robinet unique sert à modérer ou à accélérer le débit d'huile, ainsi qu'à l'arrêter brusquement.

Les treize petits robinets servent à régler les filets isolés.

(*) Cette note a été transmise à Son Excellence M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, par son collègue, M. le ministre de la marine.

La commission des *Annales des mines*, vu l'intérêt du sujet traité dans cette note, en a décidé l'insertion immédiate dans le recueil des *Annales*.

L'huile coule en couches minces le long des parois métalliques de la grille verticale, et lorsque la combustion est bien en train, l'huile n'arrive pas même à l'état liquide jusqu'à la sole.

L'ancienne grille de la chaudière du *Puebla* avait une surface de 0^m,90, et la surface de chauffe est de 25 mètres carrés. Activement chauffée au charbon de terre, cette chaudière avait fait développer à la machine du *Puebla* une force effective de 65 chevaux de 75 kilogrammètres mesurés sur le piston avec 240 tours de machine par minute, sous une pression de cinq atmosphères et demie, et les valves ouvertes en grand.

L'huile minérale employée pour cet essai n'était point de ces huiles légères de pétrole, qui se mettent en vapeur à de trop basses températures pour que leur emploi au chauffage d'une machine dans un navire puisse avoir lieu sans des dangers impossibles à conjurer.

L'huile employée à bord du *Puebla*, le 8 juin, était de l'huile lourde de la compagnie parisienne du gaz, dont la densité à 0 degré est de 1,044, et qui contient 82 p. 100 de carbone, 7,6 p. 100 d'hydrogène, 10,4 p. 100 d'oxygène, d'azote et de soufre.

Le *Puebla* s'est essayé dans ces conditions le 8 juin 1868. Dès que le tirage provenant de l'échappement de la vapeur dans la cheminée s'est établi, la fumée assez noire qui sortait pendant que la machine était stoppée a bientôt disparu entièrement. La combustion de l'huile est devenue de plus en plus complète, et le nombre de tours de la machine du *Puebla* a bientôt atteint, puis dépassé celui qu'elle avait obtenu avec le chauffage au charbon dans les essais antérieurs les plus favorables.

Pendant l'essai, la machine du *Puebla* a atteint jusqu'à 242 tours; le nombre de chevaux développés sur le piston était alors d'environ 65, et la consommation d'huile était de 96 kilogrammes à l'heure; ce qui représente 1^k,47 par

heure et par cheval effectif de 75 kilogrammètres. C'est là, évidemment une consommation très-réduite pour une machine à haute pression, sans condensation, sans chemises aux cylindres et introduisant la vapeur jusqu'à 65 p. 100 de la course.

On ne saurait estimer la consommation de cette même machine chauffée à la houille à moins de 2^k,25 par cheval de 75 kilogrammètres. Le rapport de la consommation d'huile à celle de la houille serait donc d'environ 0,66.

Le conseiller d'État, directeur du matériel,

Signé : DUPUY DE LOME.

MÉMOIRE

SUR

L'APPLICATION DE LA THÉORIE DU SPIRAL RÉGLANT DES MONTRES
ET DES CHRONOMÈTRES
A LA DÉTERMINATION DU COEFFICIENT D'ÉLASTICITÉ DES DIVERSES
SUBSTANCES
AINSI QU'À CELLE DE LA LIMITE DE LEURS ALLONGEMENTS PERMANENTS.

Par M. PHILLIPS,

Ingénieur en chef des mines, membre de l'Institut.

Exposé. — Dans la théorie que j'ai donnée du spiral réglant, j'ai obtenu la formule suivante, qui fait connaître la durée des oscillations d'un balancier mû par un spiral donné :

$$(1) \quad T = \pi \sqrt{\frac{AL}{M}}$$

T est le temps d'une oscillation simple, c'est-à-dire dans l'intervalle d'une extrémité à l'autre de l'excursion du balancier ;

A est le moment d'inertie de celui-ci ;

L est la longueur développée du spiral entre ses deux bouts encastres ;

Et M est le moment d'élasticité de ce spiral.

J'ai déjà fait ressortir les rapprochements curieux qui existent entre cette formule et celle qui donne la durée des oscillations du pendule. Ainsi, de même que le temps de chaque oscillation du pendule est proportionnel à la racine quarrée de sa longueur, de même la durée de chaque oscillation d'un balancier relié à un spiral est, toutes choses égales d'ailleurs, exactement proportionnelle à la racine

quarrée de la longueur développée de celui-ci. J'ai vérifié cette loi dans les circonstances les plus diverses et de la manière la plus minutieuse, et elle s'est toujours accordée rigoureusement avec l'expérience. Il devait d'ailleurs en être ainsi, puisque la théorie qui la donne ne suppose aucune hypothèse préconçue, et émane directement de la théorie mathématique de l'élasticité.

Un autre rapprochement intéressant de la théorie du spiral avec celle du pendule est celui qui m'a conduit au travail dont il s'agit dans ce mémoire. Ainsi, de même que la quantité g existe en dénominateur sous le radical de la formule qui correspond au pendule, de même, pour celle qui se rapporte au spiral, c'est le moment d'élasticité de celui-ci qui remplace g . Or, comme cette circonstance fait recourir aux oscillations du pendule, pour déterminer l'intensité variable de la pesanteur aux différents points de la terre, on se trouve conduit, de cette façon, à déterminer par le même procédé et à l'aide des oscillations d'un spiral formé d'une substance donnée, le moment d'élasticité, et par suite le coefficient d'élasticité de cette substance.

On a là un moyen très-simple et très-exact de déterminer le coefficient d'élasticité des différents corps et les résultats numériques qu'il m'a fournis se sont toujours très-bien accordés avec ceux résultant des expériences les plus précises faites antérieurement.

En même temps, on détermine très-aisément, pour chaque substance, la limite d'allongement élastique auquel correspond un allongement permanent.

En effet, j'ai démontré que si le balancier est écarté d'un angle α de sa position d'équilibre, α étant la mesure de l'arc d'écartement relativement au cercle dont le rayon serait l'unité, l'allongement ou le raccourcissement proportionnel que subit le spiral au même instant est donné par la formule très-simple

$$(2) \quad i = \frac{e}{2L} \alpha,$$

dans laquelle e est l'épaisseur du spiral et L sa longueur.

Ce procédé pour rechercher les coefficients d'élasticité, outre l'avantage d'une très-grande exactitude, a celui de n'exiger que des quantités très-minimes des matières à éprouver. C'est ainsi que j'ai réussi à déterminer les coefficients d'élasticité, jusqu'alors ignorés du nickel et du cobalt, dont j'ai pu, grâce à l'obligeance de M. Henri Deville, obtenir de très-faibles quantités à l'état ductile.

Tous les métaux ou alliages que j'ai soumis aux expériences ont été étirés à la filière, suivant une section exactement circulaire, et l'on sait que d étant le diamètre de cette section, et E le coefficient d'élasticité, on a alors l'expression suivante du moment d'élasticité

$$(3) \quad M = \frac{E\pi d^4}{64}$$

Il résulte de là que, pour un balancier et un spiral quelconques reliés entre eux, on a toujours, à cause de (1),

$$(4) \quad E = \frac{64\pi AL}{d^4 T^2},$$

et c'est par cette formule que j'ai calculé tous les moments d'élasticité. Ces calculs se font très-vite par logarithmes.

Description des procédés. — J'ai fait deux séries d'expériences. Dans la première, les fils, étant étirés suivant un diamètre d'environ 1 millimètre, et sur une longueur comprise entre 1 et 2 mètres, étaient façonnés en forme de spiral comme ceux des chronomètres, mais beaucoup plus grands, les courbes terminales étant une de celles que j'ai indiquées antérieurement comme théoriques; ici c'était une certaine demi-ellipse. Puis chaque spiral était adapté successivement à un balancier de laiton fabriqué exprès pour la circonstance. Tous ces appareils, du reste, ont été construits par MM. Rozé père et fils, membres de la Société des

horlogers, et toutes les observations ont été faites avec leur concours.

Celles-ci, du reste, étaient très-simples. On comptait sur une pendule régulateur le temps nécessaire pour un certain nombre d'oscillations du balancier mû par le spiral, et pour plus d'exactitude on opérait avec le concours d'un compteur permettant d'évaluer $\frac{1}{20}$ de seconde. Le nombre d'oscillations variait entre 200 et 1000.

Quant au diamètre du fil, je le mesurais à l'aide d'un micromètre fabriqué exprès pour ces expériences par l'habile constructeur, M. Froment, appareil qui permettait d'apprécier 1 millième de millimètre. En général, pour chaque fil, je déduisais la moyenne d'une série de 15 à 18 mesures prises dans toute son étendue.

En pesant le fil avec une balance de précision, je déterminais aussi par là sa densité qu'il est toujours utile de comparer au coefficient d'élasticité.

Quant au moment d'inertie du balancier je l'obtenais en mesurant très-exactement toutes ses dimensions et recherchant par l'expérience sa densité.

La seconde série d'expériences se faisait d'une manière analogue. Seulement, ici, les fils étaient plus fins; ils avaient environ de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{4}$ de millimètre. On en faisait de vrais spiraux de chronomètres, et on les montait dans un véritable chronomètre.

On observait la marche de celui-ci pendant plusieurs heures, et l'on en concluait très-exactement la durée d'une vibration du balancier. Quant au diamètre du fil du spiral, il s'obtenait encore à l'aide du micromètre de M. Froment.

Je passe maintenant aux résultats de la première série d'expériences.

Le balancier, qui a servi pour toute cette série d'expériences, est en laiton. Son moment d'inertie a été calculé très-exactement en prenant aussi sa densité, qui est de

8,4469 à 21 degrés et demi, par rapport à l'eau au maximum de densité. On a pour ce moment d'inertie

$$A = 0,000014097187.$$

FER (revenu à 500 degrés).

Mesures diverses du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

948	950	946
951	945	948,5
949,5	951	949,5
945	950	947,5
948,5	949,5	949

Diamètre moyen. $d = 0^m,000948534$

Longueur du fil. $L = 1^m,184$

Temps d'une oscillation. . . $T = 0'',460.$

Angle du balancier α , où commence la déformation permanente apparente,

$$\alpha = 150^\circ.$$

En appelant E le coefficient d'élasticité, i l'allongement proportionnel répondant à la déformation permanente, et D la densité, j'ai trouvé ainsi

$$E = 19,592,000,000$$

$$i = 0,001049$$

$$D = 7,6395.$$

ACIER (revenu à 500 degrés).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

975; 973,5; 974; 974; 973.

Moyenne = $0^m,000974 = d.$

$$L = 1^m,574$$

$$T = 0'',488$$

$$\alpha = 310^\circ.$$

On trouve alors, les notations étant celles indiquées ci-avant pour le fer,

$$E = 20,469,000,000$$

$$i = 0,0017032$$

$$D = 7,809.$$

CUIVRE (revenu à 350 degrés).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

944	941,5	942,5
941,5	943	942
944,5	941,5	940,5
938,5	943	944
942,5	943	945

Moyenne ou $d = 0^m,000942466$.

$$L = 1^m,541$$

$$T = 0'',674$$

$$\alpha = 40^\circ.$$

On en déduit

$$E = 12,187,000,000$$

$$i = 0,0002135$$

$$D = 8,8916$$

LAITON (revenu à 350 degrés).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

944,5	945,5	945,5
946	947	948,5
944,5	942,5	942
945,5	950	945,5
941	942	943

Moyenne ou $d = 0^m,000544866$.

$$L = 1^m,329$$

$$T = 0'',656$$

$$\alpha = 210^\circ$$

On en déduit

$$E = 10,982,000,000$$

$$i = 0,001303$$

$$D = 8,3465.$$

ARGENT (revenu à 400 degrés).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

941	943	943
943	942,5	943,5
944	944	943
942	941	944
943	942	942,5

Moyenne ou $d = 0^m,000942766$.

$$L = 1^m,4595$$

$$T = 0'',799$$

$$\alpha = 175^\circ.$$

On en déduit

$$E = 8,202,700,000$$

$$i = 0,0009864$$

$$D = 10,461.$$

Or (revenu à 350 degrés).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

1002	1006	1005
1005	1001	1001
992	998	1005
1000	999,5	1007
1002,5	1005,5	1006,5

Moyenne ou $d = 0^m,0010024$.

$$L = 1^m,351$$

$$T = 0'',709$$

$$\alpha = 70^\circ.$$

On en déduit

$$\begin{aligned} E &= 7,545,100,000 \\ i &= 0,0004532 \\ D &= 19,565. \end{aligned}$$

PLATINE (revenu à 350 degrés).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

976,5	984,5	986,5	980,5
971,5	989,5	971,5	970
976	964,5	954,5	975
988,5	989	989,5	984,5
984,5	981	981	981

Moyenne ou $d = 0^m,00097904$.

(Le métal paraissait peu homogène, car les dimensions variaient relativement beaucoup dans les divers points.)

$$\begin{aligned} L &= 1^m,540 \\ T &= 0'',515 \\ \alpha &= 30^\circ. \end{aligned}$$

On en déduit

$$\begin{aligned} E &= 17,913,000,000 \\ i &= 0,00016644 \\ D &= 21,475. \end{aligned}$$

PALLADIUM (revenu à 500 degrés).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

1116,5	1117,5	1122,5
1121,5	1122,5	1122,5
1122	1116,5	1123,5
1122	1118	1122,5
1119,5	1121,5	1121,5

Moyenne ou $d = 0^m,00112066$.

$$\begin{aligned} L &= 1^m,733 \\ T &= 0'',481 \\ \alpha &= 210^\circ. \end{aligned}$$

On en déduit

$$\begin{aligned} E &= 13,461,000,000 \\ i &= 0,0011851 \\ D &= 11,651 \end{aligned}$$

ALUMINIUM (revenu à 250 degrés).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

1088	1084,5	1091,5
1091,5	1085	1085
1087	1091	1092,5
1091	1092	1091
1084	1090	1086,5

Moyenne ou $d = 0^m,0010887$.

$$\begin{aligned} L &= 1^m,658 \\ T &= 0'',676 \\ \alpha &= 65 \end{aligned}$$

On en déduit

$$\begin{aligned} E &= 7,320,000,000 \\ i &= 0,0003725 \\ D &= 2,7462 \end{aligned}$$

BRONZE D'ALUMINIUM (revenu à 500 degrés):

9 dixièmes de cuivre et 1 dixième d'aluminium.

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

1018	1017	1015
1014	1019	1020
1020	1019	1018
1019	1016,5	1020
1014	1015,5	1017

Moyenne ou $d = 0^m,001017466$.

$$\begin{aligned} L &= 1^m,819 \\ T &= 0'',6288 \\ \alpha &= 370^\circ \end{aligned}$$

On en déduit

$$E = 12,167,000,000$$

$$i = 0,0018061$$

$$D = 7,6213$$

On voit que cet alliage a des propriétés très-remarquables. Sa limite d'allongement permanent est aussi éloignée et peut-être même plus que celle de l'acier; elle est de moitié environ supérieure à celle du laiton, et son coefficient d'élasticité paraît plus fort que celui du laiton. Sa densité est presque égale à celle de l'acier.

Je passe maintenant à la seconde série d'expériences, dans laquelle les fils avaient environ $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{5}$ de millimètre de diamètre, et étaient façonnés en forme de spiraux qui étaient ensuite montés dans un vrai chronomètre. Ici je ne me suis occupé que du coefficient d'élasticité, mais nullement de la limite d'élasticité, excepté pourtant pour le cobalt et le nickel, pour lesquels cela était nécessaire à cause de la nouveauté de la question, et que je n'avais pas pu avoir en gros fils.

Le balancier était en acier non compensé. D'après ses dimensions, mesurées avec une extrême précision, j'ai calculé son moment d'inertie A. J'ai eu

$$A = 0,0000001258877.$$

Voici le résultat des expériences :

ARGENT.

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

216	217	216
220	220	220
220	220	220
220	222	220
220	220	220
220	221	220
220	221	221
220	220	220
220	220	218
219	221	

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}}, 219731.$

$$L = 0^{\text{m}}, 322$$

$$T = 0^{\text{''}}, 68475$$

On en déduit

$$E = 7,456,600,000.$$

FER (premier fil).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

225	224	225
224	225	224,5
224	224	223,5
225	222,5	225
222	224	224
223	224,5	223,5

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}}, 223693.$

$$L = 0^{\text{m}}, 322$$

$$T = 0^{\text{''}}, 58663$$

On en déduit

$$E = 21,775.500,000.$$

FER (*deuxième fil.*)

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

225	224	224
223,5	224	223
225	223,5	225,5
224	223,5	223,5
223,5	222	224,5

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}}.22577$.

$$L = 0^{\text{m}},322$$

$$T = 0'',38399$$

On en déduit

$$E = 22,045.000,000$$

$$D = 7,8968 \text{ (D est la densité).}$$

PLATINE (*premier fil.*)

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

223,5	222	222,5
223	222,5	222,5
224	222	222
222,5	222,5	222
221	221	222
222	221,5	222

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}}.222193$.

$$L = 0^{\text{m}},322$$

$$T = 0'',41823$$

On en déduit

$$E = 19,117,000,000$$

$$D = 21,801$$

PLATINE (*deuxième fil.*)

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

221	218,5	220,5
222	222	221,5
220,5	221	221
221,5	221	221,5
223	224	222
222	221,5	222,5

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}}.2215$.

$$L = 0^{\text{m}},322$$

$$T = 0'',42097$$

On en déduit

$$E = 19,106,000,000$$

PALLADIUM (*premier fil.*)

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

214	211,5	211,5
211,5	213	212
213	211,5	214
211,5	212,5	212,5
213	211,5	211,5
212	213,5	211,5

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}}.21231$.

$$L = 0^{\text{m}},322$$

$$T = 0'',52517$$

On en déduit

$$E = 14,544,000,000$$

$$D = 12,018$$

PALLADIUM (*deuxième fil*).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

222,5	222,5	221,5
222,5	222,5	225
223,5	225	224
222,5	223,5	223
223	223	223

Moyenne ou $d = 0^{\text{m.m.}}, 222866$.

$$L = 0^{\text{m}}, 522$$

$$T = 0'', 48028$$

On en déduit

$$E = 14,322,000,000$$

$$D = 11,782$$

CUIVRE (*premier fil*).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

212	211	211
212,5	212,5	212,5
213	212,5	213
212	212,5	212,5
212,5	212	211,5
212	212	211,5

Moyenne ou $d = 0^{\text{m.m.}}, 21214$.

$$L = 0^{\text{m}}, 322$$

$$T = 0'', 55084$$

On en déduit

$$E = 13,263,000,000.$$

$$D = 9,0500$$

CUIVRE (*deuxième fil*).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

223,5	223	223
223,5	223,5	223,5
224,5	223,5	224,5
224	223,5	223
223,5	224	224,5

Moyenne ou $d = 0^{\text{m.m.}}, 223668$.

$$L = 0^{\text{m}}, 322$$

$$T = 0'', 49109$$

On en déduit

$$E = 13,503,000,000$$

$$D = 8,8920$$

OR (*premier fil*).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

223,5	223
224	223
223,5	224
222,5	223
224	224
224,5	223
223,5	224
223	224

Moyenne ou $d = 0^{\text{m.m.}}, 22353$.

$$L = 0^{\text{m}}, 322$$

$$T = 0'', 61432$$

On en déduit

$$E = 8,650,400,000$$

$$D = 19,587$$

OR (*deuxième fil*).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

225,5	225	222,5
225	225	225
222,5	222,5	222,5
225	225	225
225,5	225,5	225,5

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}},22500$

$$L = 0^{\text{m}},522$$

$$T = 0'',65600.$$

On en déduit

$$E = 8,147,700,000.$$

ALUMINIUM (*premier fil*).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

225	222,5	222
222,5	221,5	222
222	222	222,5
221,5	222	222,5
225,5	219	

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}},22217$.

$$L = 0^{\text{m}},522$$

$$T = 0'',65825$$

On en déduit

$$E = 7,720,500,000$$

$$D = 2,884$$

ALUMINIUM (*deuxième fil*).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

222,5	222	222,5
222,5	222,5	222
222	222,5	225
222,5	225	225
222,5	225	222

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}},22250$.

$$L = 0^{\text{m}},522$$

$$T = 0'',65341.$$

On en déduit

$$E = 7,788,900,000.$$

ALUMINIUM (*troisième fil, venant de M. DEVILLE*).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

221,5	221,5	222
221,5	221	222
221,5	221,5	220,5
220,5	221,5	221
220,5	221	219,5

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}},22154$.

$$L = 0^{\text{m}},522$$

$$T = 0'',65203$$

On en déduit

$$E = 8,017,000,000.$$

LAITON (*premier fil*).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

224,75	223,75	223,75
224,75	225,5	224,25
224,5	224,5	224,5
223	225	224,5
224,5	224	224

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}}, 22428$.

$$L = 0^{\text{m}}, 322$$

$$T = 0'', 55700$$

On en déduit

$$E = 11,170,000,000$$

$$D = 8,7256$$

LAITON (*deuxième fil*).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

225,5	226,5	225,5
224	224	224
224	225	224,5
224	225	224,5
225,25	225,25	225,25

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}}, 224816$.

$$L = 0^{\text{m}}, 322$$

$$T = 0'', 522415$$

On en déduit

$$E = 11,600,000,000$$

ZINC.

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

267,5	268,5	268,5
265,5	265	264,5
266,5	265,5	267,5
266,5	265,5	266,5
268	268	268

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}}, 266768$.

$$L = 0^{\text{m}}, 322$$

$$T = 0'', 407$$

On en déduit

$$E = 9,715,000,000$$

COBALT (de M. DEVILLE).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

224,5	223,5	224
223	224	224
222,5	223	224
224	224	223,5
223	224	223

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}}, 22360$.

$$L = 0^{\text{m}}, 322$$

$$T = 0'', 3881$$

$$\alpha = 270^{\circ}$$

On en déduit

$$E = 21,647,000,000$$

$$i = 0,0016362$$

$$D = 8,9231$$

NICKEL (de M. DEVILLE).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

224	224	224
222,5	224	224
224,5	225	224
222,5	224	224
224	225	225

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}}, 22590$.

$$L = 0^{\text{m}}, 522$$

$$T = 0^{\text{m}}, 5756$$

$$\alpha = 270^{\circ}$$

On en déduit

$$E = 25,255,000,000$$

$$i = 0,0016384$$

$$D = 8,8205.$$

BRONZE D'ALUMINIUM (de M. DEVILLE).

Mesures du diamètre du fil en millièmes de millimètre.

226	224	224,5
226	226	226
225,5	225,5	225
226	225,5	226
224	224,5	225

Moyenne ou $d = 0^{\text{m}}, 22550$.

$$L = 0^{\text{m}}, 522$$

$$T = 0^{\text{m}}, 485$$

On en déduit

$$E = 15,559,000,000$$

$$D = 7,712$$

COMPTÉ RENDU

DES EXPÉRIENCES SUR LE CONDENSEUR ÉJECTEUR DE M. ALEXANDER
MORTON,

PAR LE PROFESSEUR W. J. MACQUORN RANKINE.

Ce mémoire a été lu devant l'Institution des ingénieurs d'Écosse,
dans la séance du 25 novembre 1868.(Traduit par extrait des *Transactions of the institution of engineers
in Scotland*, session 1868-1869.)

Les expériences qui sont le sujet de ce mémoire ont été faites à la demande de MM. Neilson frères et j'ai à remercier leur maison de m'avoir autorisé à en communiquer les résultats à cette institution et au public. Le condenseur éjecteur inventé par M. Alexander Morton, qui a servi aux expériences, était appliqué à un couple de machines à vapeur verticales à action directe ayant ensemble une puissance mesurée à l'indicateur, d'environ 24 chevaux. La puissance nominale de ces machines calculée en appliquant les règles usitées pour les machines à basse pression, serait de 7 chevaux, et en appliquant les règles usuelles pour la haute pression, de 15 chevaux. Leurs dimensions et celles de l'appareil condenseur et les résultats des expériences sont donnés dans le tableau annexé; il suffira de dire ici que les deux cylindres ont un diamètre d'environ 10 pouces $1/4$ ($0^{\text{m}}, 260$), que la course des pistons est de 18 pouces ($0^{\text{m}}, 457$), qu'ils impriment à l'arbre porteur des manivelles une vitesse

variable entre 95 et 140 révolutions par minute, que le manomètre accusait une pression de la vapeur de 30 à 40 livres par pouce carré ($2^k,10$ à $2^k,80$ par centimètre carré), au-dessus de la pression atmosphérique, qui était, lors des expériences, de $14^{livres},75$ ($1^k,057$ par centimètre carré). On pourra remarquer que les expériences éclairent quelques questions en dehors de celles qui se rapportent à l'action du nouveau condenseur; qu'en particulier le mesurage exact qui a été fait de la quantité d'eau de condensation et de l'élévation de sa température fournit le moyen de calculer la dépense totale de vapeur et de la comparer à la quantité de vapeur effectivement utilisée pour le travail mécanique donné par les diagrammes.

Les circonstances dans lesquelles les expériences ont été faites étaient jusqu'à un certain point défavorables à l'appareil, en ce que le tuyau qui alimentait le réservoir d'où était tirée l'eau servant à la condensation de la vapeur était d'un trop petit diamètre, par suite de quoi il fallait arrêter de temps à autre les machines, en attendant que ce réservoir fût de nouveau rempli. Il est à désirer que les expériences soient refaites en alimentant le réservoir au moyen d'un tuyau fournissant plus d'eau que n'en dépense l'appareil condenseur. La dépense d'eau froide était mesurée en observant sur une échelle verticale l'abaissement du niveau de l'eau dans le réservoir, tandis que le robinet du tuyau alimentaire était fermé, et dans cette constatation importante, mes propres observations ont été contrôlées par celles de M. James Brownlee.

Le principe de l'invention peut être expliqué comme il suit : — Dans tout condenseur à injection, l'eau froide jaillit dans le vide avec une vitesse de 43 à 44 pieds ($13^m,10$ à $13^m,41$), par seconde ou à peu près. La vapeur jaillit des cylindres dans le condenseur avec une vitesse plusieurs fois aussi grande que celle de l'eau froide. Dans le condenseur ordinaire ces vitesses de l'eau et de la vapeur sont complé-

tement détruites et leur *énergie* est employée à agiter les fluides dans le condenseur et finalement convertie en chaleur; de là résulte la nécessité d'appliquer une pompe à air pour extraire du condenseur l'eau, l'air et la vapeur non condensée. Le travail mécanique dépensé pour mettre en action une pompe à air bien proportionnée et bien construite est connu par l'expérience et l'on sait qu'il équivaut à une pression résistante de $1/2$ à $3/4$ de livre par pouce carré ($0^k,055$ à $0^k,053$ par centimètre carré) de la surface du piston, soit moyennement à $0^{livres},6$ par pouce carré ($0^k,042$ par centimètre carré). Ce travail mécanique est perdu par suite de la destruction de l'*énergie* avec laquelle l'eau et la vapeur se précipitent dans le condenseur. Dans le condenseur éjecteur, le mouvement des jets de vapeur et d'eau n'est point interrompu et l'on trouve que leur énergie suffit pour faire sortir l'eau, l'air et la vapeur non condensée (s'il en reste) du condenseur et les amener dans le réservoir d'eau chaude, et que la dépense de travail qu'exigerait la mise en mouvement d'une pompe à air se trouve ainsi économisée.

Voici la description sommaire de l'appareil condenseur sur lequel ont été faites mes expériences : — L'eau froide passe du réservoir dans un tuyau conoïde convergent, terminé par un orifice dont la section est à peu près égale en surface à celle que devrait avoir l'orifice d'admission de l'eau froide dans un condenseur ordinaire pour la même machine, c'est-à-dire environ $\frac{1}{250}$ de la surface totale des pistons, le tuyau convergent de l'eau froide est enveloppé par un second et un troisième tuyau également convergent ayant leur axe commun avec le premier et de forme à peu près semblable; ces second et troisième tuyaux amènent respectivement la vapeur sortant des deux cylindres de la machine. Le tuyau convergent intermédiaire est terminé par un orifice un peu plus grand que celui du tuyau intérieur qui amène l'eau froide, et le dernier tuyau envelop-

pant tous les autres est terminé par un ajutage qui affecte la forme d'une veine liquide contractée et encore un peu plus grand que celui du tuyau intermédiaire. Ce tuyau extérieur se prolonge au delà de la section rétrécie en un tuyau conoïde divergent en forme de trompette, qui se raccorde par sa base la plus large à un conduit cylindrique de même diamètre que cette base et aboutit au réservoir d'eau chaude.

Le degré et l'efficacité de la condensation de la vapeur ont été constatés par des manomètres de vide et par des diagrammes tracés par l'indicateur. Ces deux modes de constatation s'accordent à montrer que la condensation est un peu plus avancée dans le cylindre de gauche dont la vapeur s'écoule par le tuyau intermédiaire que dans le cylindre de droite d'où la vapeur sort par le tuyau extérieur.

Le vide moyen accusé par les manomètres (en pouces de mercure . . . 24^u,5 (0^m,622)
mètres a été trouvé. (en livres par pouce carré. 12^v,0 (0^k,844)
par centimètre carré.

Le vide moyen dans les cylindres accusé par les diagrammes obtenus de l'indicateur a été trouvé de 10^h,7 (0^k,752)
par centimètre carré.

Retranchant ce nombre de la pression atmosphérique extérieure, qui était alors de 14^{lb},75 par pouce carré, (1^k,037 par centimètre carré) on voit que la pression résistante exercée sur la face postérieure du piston, en sens inverse de son mouvement, était de — 4^{lb},05 (0^k,285 par centimètre carré). Cette pression résistante, dans l'ensemble des expériences, a varié depuis 5^{lb} jusqu'à 4^{lb} 1/2 par pouce carré (0^k,211 à 0^k,516 par centimètre carré). Ces résultats sont au moins aussi bons que ceux qu'on obtient moyennement des condenseurs ordinaires, ce qui montre que la condensation de la vapeur et l'expulsion de l'eau, de l'air et de la vapeur non condensée sont aussi complètes et efficaces.

J'ai évalué l'économie de travail qui résulte de la sup-

pression de la pompe à air à une pression résistante de 0^{lb},6 par pouce carré de surface sur les pistons à vapeur, et je trouve que, dans l'ensemble des expériences, cela équivaut exactement à 1 cheval-vapeur, environ 4 p. 100 du travail des machines accusé par l'indicateur.

J'ai calculé l'énergie du jet d'eau froide et je trouve qu'elle représente 3/4 de cheval-vapeur. Cette énergie reste sans effet utile dans le condenseur ordinaire, et c'est là principalement ce qui rend l'addition de la pompe à air nécessaire.

Les expériences faites jusqu'ici conduisent aux conclusions suivantes :

1° L'action du condenseur-éjecteur est au moins aussi efficace que celle d'un condenseur ordinaire, avec pompe à air; 2° l'emploi du condenseur-éjecteur économise la dépense de travail qu'exige le jeu de la pompe à air.

J'ai déjà signalé une circonstance dont l'influence dans les expériences a été défavorable au nouvel appareil, à savoir la section trop petite du tuyau alimentaire du bassin d'eau froide. Une autre circonstance défavorable était l'absence d'enveloppe des cylindres et de chauffage par l'extérieur des parois des cylindres; on sait, en effet, qu'en l'absence de l'une ou l'autre de ces dispositions, une grande quantité de vapeur se liquéfie dans les cylindres lors de l'admission, se vaporise de nouveau durant la course rétrograde de celui-ci, d'où résultent un transport de chaleur de la chaudière au condenseur, sans aucune production de travail et, en outre, une diminution de l'efficacité du condenseur.

J'ai calculé, comme on le voit par les tableaux, la dépense totale de vapeur en partant de la température de l'eau de condensation et trouvé qu'en moyenne elle est environ égale à 2 fois 1/2 celle qui, d'après les diagrammes de l'indicateur, correspond au travail exercé sur les pistons des cylindres. Quand le nouvel appareil sera appliqué à des machines

exemptes de ce vice, il est permis d'espérer qu'il donnera, en ce qui concerne le degré de vide et la pression résistante derrière les pistons, des résultats supérieurs aux plus favorables de ceux que nous avons constatés.

Tableau des expériences faites le 27 octobre 1868 sur un couple de machines des ateliers de MM. Neilson frères.

Cylindres. — Aire de chacun, en tenant compte de la section des tiges.	Mesures françaises.
Longueur de la course des pistons.	0 ^m ,0516
Diamètre de l'orifice du tuyau convergent adducteur de l'eau froide.	0 ^m ,457
Aire dudit.	0 ^m ,0228
Bassin d'eau froide. — Aire.	0 ^m 2,000412
Abaissement moyen de la surface de l'eau au-dessus de l'orifice du tuyau conq. que.	2 ^m 2,60
Tuyau évacuateur des eaux de condensation. — Diamètre de la section rétrécie.	1 ^m ,600
Aire de la même.	0 ^m ,0238
Diamètre de la grande base.	0 ^m 2,000445
Aire de la même.	0 ^m ,0762
Alimentation d'eau froide. — Moyenne de l'alimentation en mètres cubes, par minute.	0 ^m 3,325 = 325 ^k
Vitesse de l'eau froide dans la section rétrécie en mètres par seconde.	0 ^m 3,00542 = 5 ^k ,42
	13 ^m ,17
	par cent. quar.
Hauteur due à cette vitesse.	8 ^m ,84 = 0 ^k ,884
Hauteur à laquelle l'eau s'est élevée.	1 ^m ,60 = 0 ^k ,460
Charge totale.	10 ^m ,44 = 1 ^k ,044
Température.	89,3 centigr.
Travail moyen par minute correspondant à la force vive et à l'élevation de l'eau, sans compter le frottement.	10 ^m ,44 × 325 ^k = 3.393 ^k × m
Baromètre.	0 ^m ,763 = 1 ^k ,037 par cent.

	130	93	140	107	108
Nombre de révolutions par minute.	24,390	24,25	24,400	24,400	24,81
Pression de la vapeur dans la chaudière, au-dessus de l'atmosphère.	3 ^k ,427	3 ^k ,25	3 ^k ,497	3 ^k ,497	3 ^k ,85
Pression absolue de la vapeur.	0 ^k ,844	0 ^k ,872	0 ^k ,865	0 ^k ,865	0 ^k ,929
Vide indiqué par les manomètres au-dessus de l'atmosphère dans le cylindre de gauche.	0 ^k ,811	0 ^k ,851	0 ^k ,829	0 ^k ,829	0 ^k ,172
Vide indiqué dans le cylindre de droite.	0 ^k ,193	0 ^k ,165	0 ^k ,207	0 ^k ,207	0 ^k ,207
Pression absolue. — Cylindre de gauche.	0 ^k ,226	0 ^k ,186	0 ^k ,316	0 ^k ,316	0 ^k ,308
Pression absolue. — Cylindre de droite.	0 ^k ,299	0 ^k ,219	0 ^k ,61	0 ^k ,61	0 ^k ,281
Pression absolue de la vapeur au commencement de l'échappement.	0 ^k ,756	0 ^k ,559	0 ^k ,844	0 ^k ,844	0 ^k ,765
Pression absolue initiale de la vapeur.	3 ^k ,005	3^{k},005	3^{k},005	3^{k},005	3^{k},005
Pression effective moyenne.	1 ^k ,072	1 ^k ,072	1 ^k ,179	1 ^k ,179	1 ^k ,118
Pression absolue moyenne.	1 ^k ,371	1 ^k ,262	1 ^k ,409	1 ^k ,409	1 ^k ,309
Température des eaux de condensation.	30 ^o ,3 centigr.	26 ^o ,9 centigr.	31 ^o ,1 centigr.	31 ^o ,1 centigr.	32 ^o ,8 centigr.
Elevation de température de l'eau froide.	21 ^o ,9	18 ^o ,6	22 ^o ,3	22 ^o ,3	24 ^o ,4
Quantité de chaleur emportée par l'eau, par minute.	7.131 calories.	6.048 calories.	7.402 calories.	7.402 calories.	7.943 calories.
Vitesse des pistons par minute.	118 ^m ,87	85 ^m ,04	128 ^m ,01	128 ^m ,01	98 ^m ,75
Pression totale sur un piston.	558 kilog.	538 kilog.	354 ^k ,4	354 ^k ,4	577 kilog.
Travail indiqué dans un cylindre par minute.	65.779 k × m	45.761 k × m	45.755 k × m	45.755 k × m	56.979 k × m
Travail indiqué dans les deux cylindres.	131.558 k × m	91.523 k × m	91.510 k × m	91.510 k × m	113.959 k × m
Travail total indiqué en chevaux-vapeur.	29	20	20	20	25,3
Equivalent calorifique du travail indiqué par minute.	310,7 calories.	216,2 calories.	216,2 calories.	216,2 calories.	269 calories.
Depense totale de chaleur par minute.	7.442 calories.	6.264 calories.	7.683 calories.	7.683 calories.	8.213 calories.
Coefficient de rendement des machines.	0,042	0,035	0,037	0,037	0,033
Volume de la vapeur sortie de la machine par minute, d'après les diagrammes.	2 ^m 3,261	8 ^m 3,778	13 ^m 3,224	13 ^m 3,224	10 ^m 3,194
Volume de 1 kilogramme de la vapeur d'échappement.	2 ^m 3,185	2 ^m 3,185	2 ^m 3,684	2 ^m 3,684	2 ^m 3,247
Poids de vapeur dépensé par minute d'après les diagrammes.	5 ^k ,624	4 ^k ,037	4 ^k ,944	4 ^k ,944	4 ^k ,536
Température de la vapeur à la fin de la course.	91 ^o ,6 centigr.	91 ^o ,6 centigr.	86 ^o ,1 centigr.	86 ^o ,1 centigr.	91 ^o ,1 centigr.
Chaleur totale contenue dans cette vapeur, au-dessus de l'eau de condensation.	604 calories.	607 calories.	603 calories.	603 calories.	601 calories.
Chaleur de condensation de la quantité de vapeur indiquée par les diagrammes.	3.597 calories.	2.451 calories.	3.065 calories.	3.065 calories.	2.727 calories.
Chaleur emportée par les eaux de condensation.	7.131 calories.	6.048 calories.	7.402 calories.	7.402 calories.	7.943 calories.
Depense de vapeur par minute, calculée d'après la température des eaux de condensation.	11 ^k ,791	9 ^k ,979	12 ^k ,247	12 ^k ,247	13 ^k ,200
Rapport de la quantité de vapeur condensée à la quantité de vapeur indiquée.	2,10	2,47	2,41	2,41	2,91
Travail économisé par minute par la suppression de la pompe à air.	5.176 k × m	3.703 k × m	5.574 k × m	5.574 k × m	4.300 k × m
Travail économisé en chevaux-vapeur.	1,15	0,82	1,24	1,24	0,95

RÉSUMÉ DES PRINCIPAUX RÉSULTATS.

Puissance moyenne économisée par la suppression de la pompe à air.	1 cheval-vapeur.
Puissance moyenne indiquée des machines.	24,1 chevaux.
Pression moyenne résistante (absolue) sur les pistons.	0 ^k ,285 par cent. carré.
Vide moyen dans les cylindres.	0 ^k ,752.
Vide moyen dans le condenseur accusé par les indicateurs du vide.	0 ^k ,844.
Vide moyen en millimètres de mercure.	622.
Température de l'eau froide.	8°,3 centigr.
Température moyenne des eaux de condensation.	26°,6 —
Accroissement moyen de température.	20°,3 —

Le professeur Rankine termine la lecture de sa note en exprimant le désir que M. Morton donne quelques détails sur la construction du condenseur-éjecteur et sur les résultats de quelques expériences qu'il a faites pendant l'absence de M. Rankine. Il croit devoir ajouter que le condenseur était à environ 5 pieds (1^m,50) au-dessus du réservoir à eau froide. En ajoutant à la pression due à la vitesse de l'eau dans la partie rétrécie du tuyau éjecteur, celle due à une colonne d'eau de 1^m,50 on trouve un total un peu plus grand que la pression atmosphérique qui était au moment de l'expérience égale à 1^k,037 par centimètre carré. On peut expliquer cela en admettant que l'impulsion produite par la vapeur d'échappement venait en aide à la pression atmosphérique pour accroître la vitesse du jet.

M. Morton répond que M. Rankine a donné tous les détails désirables sur le nouveau condenseur. Il pense que la seule explication que l'on puisse donner du jeu de cet appareil est que le jet d'eau froide acquiert en se précipitant dans le vide du condenseur une force vive presque suffisante pour pouvoir rentrer dans l'atmosphère et que la vapeur qui s'échappe des cylindres lui restitue l'énergie que les frottements lui ont fait perdre.

Dans la première forme qui fut donnée à cet appareil, il

fallait, pour l'amorcer, fermer la valve d'admission de la vapeur dans les cylindres, et il arrivait alors que le vide se faisant dans ceux-ci, l'eau d'injection s'y précipitait. Pour remédier à cet inconvénient, M. Morton a ajouté à l'appareil une tuyère régulatrice concentrique à l'axe du tuyau d'injection de l'eau froide et qui permettrait, au besoin, d'intercepter complètement l'arrivée de celle-ci.

Cette tuyère reçoit dans son intérieur la vapeur de la chaudière par un conduit qui est ouvert ou fermé automatiquement au moyen d'un régulateur à pistons représenté dans la figure. Le piston de droite est pressé sur sa face externe par un ressort et par la vapeur d'échappement; le piston de gauche supporte sur sa face externe la pression atmosphérique. L'espace compris entre les deux pistons communique avec l'intérieur de la tuyère régulatrice, quelle que soit leur position dans le cylindre calibré où ils se meuvent; il ne communique avec la chaudière que lorsque le piston de gauche s'est déplacé vers la gauche d'une certaine quantité. Lorsque la tension de la vapeur dans le tuyau d'échappement est suffisamment faible, la pression atmosphérique qui s'exerce sur la face externe du piston de gauche, comprime le ressort d'une quantité telle que le piston de gauche vient fermer l'orifice qui communique avec la chaudière. Lorsque, au contraire, la pression dans le tuyau d'échappement vient à augmenter par suite d'une rentrée d'air ou de toute autre cause, cette pression, ajoutée à celle du ressort, devient suffisante pour vaincre la pression atmosphérique, et le piston de gauche livre passage à la vapeur de la chaudière, qui jaillit dans la tuyère et communique au jet d'eau froide une impulsion suffisante pour rétablir les choses dans leur état primitif.

C. C.

NOTE**SUR UN NOUVEAU MODE D'EMPLOI DE L'EAU DANS LES APPAREILS
DE TRANSMISSION
DES DÉPÊCHES PAR LE SYSTÈME ATMOSPHÉRIQUE.**

Par M. P. WORMS DE ROMILLY, ingénieur des mines,

ET

M. CH. BONTEMPS, directeur de transmission des lignes télégraphiques.

L'emploi de la télégraphie pour la correspondance privée prend depuis quelques années un immense développement; lorsqu'il s'agit de correspondre à de grandes distances, l'instantanéité de la transmission donne un tel avantage que les dépêches peuvent, sans inconvénients trop considérables, n'être transmises qu'assez longtemps après qu'elles ont été déposées; elles arrivent encore plusieurs heures ou même plusieurs jours avant les lettres expédiées par les voies les plus rapides; lors même qu'une grande quantité de dépêches devraient être envoyées sur une même ligne, on pourrait encore satisfaire avec un nombre très-limité de fils aux exigences du service.

Quand, au contraire, les distances sont peu étendues, il est essentiel que les dépêches puissent être expédiées, aussitôt que reçues, sans quoi l'avantage que le public cherche dans l'emploi du télégraphe disparaît; il est donc indispensable d'avoir un très-grand nombre de fils et assez d'agents pour assurer la rapidité de la transmission; à Paris, par exemple, il est très-difficile, sans frais excessifs, de se placer dans des conditions convenables, pour les bureaux où beaucoup de dépêches sont remises simultanément.

ment. Il faut alors avoir recours à de véritables expédients. Ainsi l'on avait dû installer un service de voitures pour transporter les dépêches du bureau de la Bourse au bureau central d'où elles étaient envoyées à destination.

Les inconvénients que nous signalons ont donné naissance au système du télégraphe atmosphérique ; un tube en fer de 0^m,065 de diamètre placé soit dans le sol, soit dans les galeries d'égout, fait communiquer deux bureaux télégraphiques. Pour envoyer une dépêche, on la place dans une boîte cylindrique en cuir de diamètre un peu plus faible que le tube, on place par-dessus une seconde boîte de même forme, et disposée de manière à intercepter le passage de l'air dans le point du tube qu'elle occupe, bien qu'elle puisse s'y mouvoir facilement ; si l'on fait communiquer le tube avec un récipient d'air comprimé, la pression exercée sur l'obturateur le pousse en avant ; la boîte des dépêches est poussée elle-même par l'obturateur, et le train parcourt le tube avec une rapidité qui dépend de la pression.

L'installation adoptée par les lignes télégraphiques pour la compression de l'air, l'expédition et la réception des dépêches, se composait au mois d'octobre 1867, au bureau de la rue Boissy-d'Anglas, des appareils représentés dans la *fig. 6*, Pl. I.

La cuve à eau E a 1^m,55 de diamètre, 5^m,80 de longueur et une capacité de 7 mètres cubes.

Les deux récipients à air A et A' ont chacun 5^m,900 de capacité.

Les tubes *a*, *a'*, *a''* servent à mettre en communication, le premier, les récipients avec la conduite que doit parcourir le train ; les autres, la cuve avec le récipient A, et les deux récipients entre eux.

Le tuyau T, embranché sur les conduites d'eau d'Ourcq de la ville, amène dans la cuve l'eau nécessaire à la compression de l'air.

Le tuyau T' sert à la vidange de la cuve.

Des robinets R, R', *r*, *r'*, *r''*, permettent d'ouvrir et de fermer toutes les communications à mesure des besoins.

Supposons les trois cuves pleines d'air et communiquant librement entre elles ; on ouvre le robinet R ; l'eau, qui a une pression de 11 mètres environ, pénètre dans la cuve et refoule l'air ; quand la cuve est pleine, l'air a été ramené du volume de 18^m,800 à celui de 11^m,800, et la pression évaluée par une colonne de mercure est devenue égale à 1^m,21 = 0^m,76 + 0^m,45.

La pression de l'eau étant de 11 mètres, le travail correspondant à un volume de 7 mètres cubes aurait été, s'il avait été complètement utilisé, de $11 \times 7.000 = 77.000$ kilogrammètres.

Cherchons à évaluer le travail produit par l'eau pour comprimer 18.800 d'air de la pression 0^m,76 à celle de 1^m,21 ; il faut, d'après une formule connue, pour effectuer cette compression un travail représenté par

$$18,800 \times 10,330 \log \text{nép.} \frac{0,76 + 0,45}{0,76}$$

Mais pour avoir seulement le travail dû à l'action de l'eau, il faut retrancher l'effet dû à la pression atmosphérique, qui est de $10,330 \times 7.000$; et en remplaçant le logarithme népérien par une valeur approchée, on a la formule très-simple

$$10,330 (18,800 \frac{2,0,45}{(2,0,76 + 0,45)} - 7,000) = 16,528 \text{ kil.}$$

soit un rendement de $\frac{16,528}{77,000} = 21,40$ p. 100.

Il faut remarquer que le travail utile produit est indépendant de la pression de l'eau ; ainsi l'eau d'Ourcq présente dans les divers bureaux de 6 à 14 mètres de pression, l'eau de Seine pourra donner jusqu'à 20, 30 et 40

mètres, suivant l'attitude des cuves à eau ; dans ces différents cas, le travail utilisé varie beaucoup comme l'indique le tableau suivant :

Capacité de la cuve à eau et volume d'eau dépensée.	7 ^m ^c ,000
Capacité des récipients.	11 ^m ^c ,800
Pression initiale de l'air.	1 atm.
Pression finale de l'air.	1 atm. + 0 ^m .45 de mercure.
Travail correspondant à la compression en kilogrammètres.	16.528.

	EAU D'OURCO.			EAU DE SEINE.		
	6,00	8,50	11,00	20	30	40
Pression de l'eau.	6,00	8,50	11,00	20	30	40
Capacité de travail correspondante.	42.000	59.500	77.000	140.000	210.000	280.000
Travail produit.	16.528	16.528	16.528	16.528	16.528	16.528
Rendement p. 100.	39,20	27,27	21,40	19,80	7,85	5,90

Les meilleurs résultats correspondent aux plus basses pressions de l'eau ; mais un autre inconvénient se produit alors, la lenteur du remplissage de la cuve ; les embarras qui résultent de ce fait sont très-grands au point de vue de l'exploitation, les trains devant être expédiés à heure fixe et à faible intervalle de temps les uns des autres.

Nous avons fait en octobre 1867 des expériences au bureau de la rue Boissy-d'Anglas, pour chercher à améliorer ces conditions. La première modification qui s'est présentée a été l'utilisation de l'eau qui remplissait la cuve, en profitant de la différence de niveau qui existe entre cet appareil et le point, où l'eau est versée dans l'égout. Nous avons constaté que le vide qui peut être produit en vertu de cette différence de niveau suffit pour faire venir une train du bureau central à la rue de Boissy.

Il était alors inutile, dans les conditions d'installation du bureau, de chercher à tirer parti de cette observation ; mais

depuis, dans la construction de nouvelles lignes, on a pu en faire l'application.

Le réseau primitif forme une courbe fermée ABCDE, *fig. 7*. Pour desservir un bureau F placé en dehors du circuit, il suffit d'établir un tube DF, et les trains expédiés de D en F par l'air comprimé reviennent de F en D par l'action du vide partiel dû à la vidange de la cuve D.

Cette modification, outre une diminution des frais d'établissement, donne une grande économie d'eau dépensée, ce qui représente un résultat assez important, puisque la quantité d'eau nécessaire à chaque bureau muni des appareils de compression coûte environ 6.000 francs par an.

A la suite des essais que nous venons de rappeler, l'un de nous (*) a exécuté dans un laboratoire des expériences pour chercher si l'on ne pourrait pas utiliser d'une manière plus complète la puissance de l'eau.

Ces expériences ont été faites dans le courant des mois de mars et d'avril 1868, en vue de préciser quelle action d'entraînement l'eau animée d'une certaine vitesse peut avoir sur l'air ou sur l'eau dans diverses conditions.

L'appareil se composait (*fig. 8*) d'un petit tube percé de trois orifices ; l'un O communiquait avec une conduite d'eau de la ville, dans laquelle la pression variait de 10 à 15 mètres ; un tube en verre de peu de longueur était fixé dans l'autre tubulure O', et servait à l'écoulement de l'eau ; enfin la dernière tubulure O'' portait un tube aspirateur ; ce tube était recourbé à son extrémité libre, et plongeait dans un bassin plein d'eau ; les deux tubes étant presque en contact, il fallait pour entraîner un litre d'eau, en dépenser 9 lit. 1/2, 3 lit. 1/2 ou 1 lit. 2/3, suivant que le contact avait lieu au-dessus de l'axe AB du tube d'arrivée de l'eau, au-dessous de ce niveau, ou sur cet axe même, le diamètre de

(*) Les expériences suivantes ont été faites par M. Worms de Romilly.

l'aspirateur étant de 11 millimètres $1/2$, et celui l'autre tube de 12 millimètres.

Il serait donc possible, avec une chute de grande hauteur, d'élever un volume d'eau assez considérable, de répartir en un mot la force vive d'une masse liquide sur une masse plus grande; ce procédé présenterait peut-être des avantages dans certains cas, où l'eau ne devrait pas être employée à produire un travail, lorsque, par exemple, elle devrait servir seulement à des irrigations.

Nous nous proposons de faire de nouvelles expériences, dans le but de mesurer le rendement que ce système est capable de donner.

Pour déterminer l'entraînement de l'air, nous faisons pénétrer l'eau dans un espace fermé, et nous déterminons à la fin de chaque expérience le volume d'eau introduit, et la pression de l'air; ces données permettaient de calculer le volume d'air entraîné par l'eau.

L'appareil se composait (*fig. 9*) d'un récipient muni d'un manomètre à air libre m , et d'un récepteur formé par le cône divergent t, t' d'un injecteur Giffard avec sa soupape de retenue S : en avant du récepteur était placé le tuyau, par lequel, s'échappait le jet liquide qui, en pénétrant dans le cône et de là dans le récipient, entraînait l'air; la pression montait par conséquent à la fois à cause de l'air ajouté et de la diminution de volume due à l'entrée de l'eau.

L'eau amenée par le tuyau B sortait par le tube fixé dans la tubulure O' ; le tube bo'' ouvert à ses deux extrémités pouvait d'après l'expérience que nous avons déjà citée entraîner de l'air; en effet, lorsque l'on donnait aux deux tubes des positions convenables, on voyait le jet s'échapper de la tubulure O' avec un bruit particulier et un aspect trouble dû au mélange de l'air avec l'eau.

Le mélange de l'air et de l'eau se faisait d'une manière assez complète, car le récepteur ayant dans sa partie la

plus rétrécie en D un diamètre de $4^{mm},2$, et le tube ao' un diamètre intérieur de 6 millimètres, c'est-à-dire bien plus grand, il ne pouvait y avoir d'air entraîné que celui qui s'était mélangé dans la tubulure k avec l'eau; et le volume d'air qui pénétrait alors dans le récipient pour une variation de pression de $0^m,76$ à $0^m,96$ de mercure, était les $0,60$ à $0,65$ du volume de l'eau injectée.

Cette proportion diminuait du reste rapidement quand on cherchait à atteindre dans le récipient une pression plus élevée; ainsi, pour une pression finale de $1^m,14$, le rapport de l'air à l'eau injectée n'était plus que de $0,43$.

Il est bien évident d'ailleurs que dans les conditions que nous indiquons une grande partie de l'eau dépensée ne pouvait pénétrer dans le récepteur.

Quand on supprimait le tube à air, la veine devenait limpide et l'entraînement de l'air ne se faisait plus que sous l'influence de variations de forme accidentelles du jet, la proportion de l'air entraîné descendait de $0,60$ à $0,10$ du volume de l'eau introduite dans le récipient.

Ces résultats nous ont conduit à chercher si l'entraînement produit par une veine liquide reçue dans un récepteur de plus grand diamètre qu'elle, ne donnerait pas de meilleurs effets.

On sait que lorsqu'une veine liquide s'échappe par un orifice en mince paroi, elle sort parfaitement transparente; mais si la paroi a une certaine épaisseur, il en résulte une adhérence de l'eau contre ces parois et une obliquité des filets liquides, qui suivant les circonstances devient sensible à une distance plus ou moins grande de l'orifice, par l'épanouissement et l'opacité de la veine. Si en un certain point le diamètre de la veine a doublé, sa surface a quadruplé, un quart seulement de la section est occupé par l'eau, les trois autres quarts le sont par l'air, qui ainsi emprisonné entre les filets liquides doit pénétrer avec lui dans le récipient qu'on lui présente.

De là trois manières d'opérer :

1° On place le récepteur à peu de distance de l'orifice, en un point où la veine est encore limpide, et l'on donne à la veine O' un diamètre inférieur à celui du récepteur t ; l'air est entraîné alors tout autour de la veine (*fig. 10*).

2° On place le récepteur à une distance de l'orifice telle que la veine ait perdu de sa transparence avant son entrée dans le récepteur, et l'on dispose l'appareil de façon à ce que la veine liquide soit tangente aux parois du récepteur; l'air entraîné est alors mélangé avec l'eau, la veine n'agit plus par sa surface. Remarquons que dans ce cas le réglage de l'appareil présente plus de difficultés; le diamètre du cône liquide varie avec les moindres variations de pression de l'eau, et l'on est exposé à chaque instant à ce qu'il ne remplisse pas complètement le récepteur, ou bien à ce que l'eau rejaille en partie contre les parois du tube quand la veine augmente de diamètre ou cesse d'être bien circulaire (*fig. 11*).

3° Enfin on peut adopter un moyen terme entre les deux dispositions précédentes.

Dans le premier cas, la vitesse des filets liquides est à peine modifiée avant leur pénétration dans le récepteur; la force vive dont le liquide est animé, et qui doit contre-balancer l'action de la pression de l'air du récipient sur la soupape et les pertes de force dues aux changements brusques de direction, est plus considérable. Par conséquent, on peut, avec une pression donnée de l'eau injectée, arriver à une pression plus élevée de l'air dans le récipient.

Mais toutes les fois où l'on aura de l'eau sous une pression beaucoup plus élevée que celle qui est nécessaire, il y aura avantage à se placer dans les conditions que nous avons énoncées en dernier lieu, en se rapprochant autant que possible des conditions du deuxième cas.

Pour plus de simplicité, nous avons adopté la même

notation dans tous les tableaux qui représentent les résultats des expériences.

La première colonne A indique le diamètre en millimètres du tube, par lequel l'eau sort.

La deuxième B donne, aussi en millimètres, la distance dd' de l'orifice de ce tube à la paroi antérieure du récepteur (*fig. 9*). Cet appareil ll' avait $4^{\text{m}}/^{\text{m}},2$ de diamètre dans sa partie la plus étroite D; la longueur du cône convergent était de 9 millimètres, celle du cône divergent de 66 millimètres.

La troisième colonne C donne la pression finale dans le réservoir évaluée par une colonne de mercure, la pression initiale étant de $0^{\text{m}},76$.

Enfin la quatrième colonne D indique le rapport du volume de l'air entraîné, supposé ramené à la pression atmosphérique au volume d'eau injecté.

La tubulure o' doit être plutôt divergente que convergente; ainsi un orifice conique de $6^{\text{m}}/^{\text{m}},5$ d'épaisseur, dont les diamètres extrêmes étaient $2^{\text{m}}/^{\text{m}},4$ et $2^{\text{m}}/^{\text{m}},25$, c'est-à-dire pour lequel les génératrices du cône avaient une inclinaison sur l'axe de $\frac{1}{50}$, a donné des résultats très-différents, suivant qu'il formait par rapport au liquide un orifice convergent (colonne D') ou divergent (colonne D'').

B	D'	D''
8	0,34	0,67
28	0,55	0,77
65	0,33	0,51

Lorsque la distance dd' des deux orifices est très-grande, elle présente cette particularité, que si on fait augmenter graduellement la distance de 0 à 200 millimètres pour les dimensions de l'appareil dont nous avons parlé, on rencontre deux maxima successifs, l'un à une distance de 25 millimètres environ, l'autre entre 55 et 70 millimètres.

Ce second maximum est d'ailleurs en général bien supérieur au premier ; nous pouvons citer comme exemple les deux séries suivantes :

A Millimètres.	B Millimètres.	C Mètres.	D	OBSERVATIONS.
2,5	9	0,96	0,76	Premier maximum.
—	25	—	0,93	
—	40	—	0,82	
—	55	—	1,08	Deuxième maximum.
—	65	—	1,07	
—	75	—	0,93	
3,9	10	0,96	1,03	Premier maximum.
—	30	—	1,20	
—	40	—	1,20	
—	50	—	1,39	Deuxième maximum.
—	60	—	1,43	
—	70	—	1,20	
3,1	25	0,96	1,40	Premier maximum.
—	50	—	1,75	Deuxième maximum.

D'autres expériences semblent également montrer que les meilleurs résultats s'obtiennent quand l'orifice est pratiqué dans les parois les plus minces ; mais c'est le diamètre de la veine liquide, comme il était facile de le prévoir, qui est l'élément le plus important.

A Millimètres.	B Millimètres.	C Mètres.	D
2,5	55	0,96	1,08
2,9	65	—	1,19
3,1	25	—	1,40
3,3	45	—	1,59
3,9	50	—	1,40

Le plus grand effet produit correspond à un diamètre de l'orifice égale aux $\frac{3}{4}$ environ de celui du récepteur ; quant aux distances correspondantes aux maxima, elles diminuent quand le diamètre augmente, pourvu cependant qu'il ne se rapproche pas trop de celui du récepteur.

Les expériences qui précèdent sans déterminer complètement toutes les conditions du problème, montraient dans

quelle direction devaient être faits les essais pour obtenir un entraînement énergique de l'air par l'eau.

M. de Vougy, directeur général des lignes télégraphiques auquel ces résultats ont été présentés, a décidé que des expériences seraient faites à l'administration centrale avec des réservoirs de grandes dimensions pour déterminer les avantages, que ce système, analogue du reste dans une certaine mesure à celui qui est employé depuis si longtemps pour les souffleries des forges catalanes, était susceptible d'offrir.

Les expériences (*) ont eu lieu dans le courant du mois de décembre 1868, sous la direction de M. Bergon, inspecteur des lignes télégraphiques du département de la Seine.

Le récepteur se composait d'une cuve de 8 mètres cubes de capacité ; le récepteur était formé d'un cône divergent semblable, aux dimensions près, à celui qui avait été employé dans les expériences préliminaires, et qui est représenté dans la figure 9 ; pour ne pas avoir à construire un appareil spécial, on s'était contenté du récepteur d'un injecteur Giffard, que M. Flaud, avait eu l'obligeance de mettre à notre disposition.

Le diamètre du cône était, dans sa partie la plus étroite, de 0^m,015. Nous avons employé successivement de l'eau d'Ourcq et de l'eau de Seine ; la première présentant 6 à 11 mètres et la seconde 30 à 40 mètres de pression.

Prenons d'abord le cas de l'eau de Seine ; nous avons placé l'orifice qui lançait l'eau à des distances croissantes de la face antérieure du récepteur. L'injection d'eau était continuée jusqu'à ce que le volume occupé par le liquide fût les 0,26 du volume total de la cuve ; la pression de l'air, si l'eau n'avait agi que par son volume, aurait alors été de :

$$0,76 \frac{1,00}{0,74} = 1^m,027 = 0,76 + 0,267.$$

(*) Les expériences suivantes ont été faites par MM. Bontemps et Worms de Romilly.

Le tableau suivant, dans lequel la colonne E indique le rapport du volume d'air entraîné, supposé à la pression atmosphérique, au volume total de la cuve, montre pour deux orifices différents l'existence des deux maxima d'entraînement que nous avons déjà signalés.

A	B	C	E	D	OBSERVATIONS.
11,50	50	1,29	0,26	1,00	Premier maximum.
—	66	1,25	0,22	0,85	—
—	90	1,32	0,29	1,12	Deuxième maximum.
—	110	1,39	0,36	1,39	—
12,20	35	1,30	0,27	1,04	Premier maximum.
—	45	1,32	0,29	1,12	—
—	60	1,29	0,26	1,00	Deuxième maximum.
—	85	1,26	0,23	0,89	—
—	110	1,32	0,29	1,12	—

Quand le jet est de très-petit diamètre par rapport au récepteur, et que la distance dd' est faible, l'intervalle entre la veine liquide et les parois du récepteur est trop grand pour que l'air ne soit pas refoulé en partie; et alors le premier maximum disparaît, comme le montrent les expériences suivantes :

A	B	C	E	D	OBSERVATIONS.
10	35	1,23	0,20	0,78	Maximum.
—	124	1,36	0,33	1,27	
—	150	1,33	0,30	1,15	
—	185	1,28	0,25	0,96	

Quand on emploie de l'eau sous plus faible charge, on est obligé d'augmenter le diamètre de l'orifice; l'influence de la distance sur le rendement devient alors beaucoup plus faible; avec une pression d'eau de 11 mètres, on a obtenu les résultats suivants :

A	B	C	E	D
14	12	1,126	0,10	0,385
—	17	1,135	0,11	0,422
—	25	1,128	0,10	0,385
—	50	1,130	0,10	0,385
—	75	1,080	0,06	0,230
—	25	1,210	0,13	0,465

Dans la dernière expérience, l'eau a pénétré dans la cuve jusqu'à ce qu'elle occupât les 0,29 de la capacité.

Nous devons ajouter que les résultats qui précèdent ne sont pas les meilleurs auxquels nous soyons parvenus; le diamètre de 14 millimètres était un peu trop fort; mais c'est pour cette grandeur de l'orifice que nous possédons la série la plus complète d'expériences, ce qui nous a décidé à la choisir.

En adoptant pour l'entraînement d'air le chiffre certainement trop faible (les 0,465 du volume d'eau) donné par le dernier tableau pour une variation de pression de 0,76 à $0,76 + 0,45$, on peut facilement calculer l'utilisation correspondante de la force vive de l'eau.

Supposons, par exemple, que l'on remplisse d'eau une cuve de 7 mètres cubes, le travail dû à la compression exercée par l'eau sur l'air primitivement renfermé dans la cuve est, d'après ce que nous avons vu, de 16,528 kilogrammètres. Le volume d'air entraîné est égal à $0,465 \times 7,000$, et la compression de cet air représente un nouveau travail égal à :

$$0,465 \cdot 7,000 \cdot 10,330 \log \sup \frac{2 + 0,45}{2 \cdot 0,76 + 0,45} = 15,350^x$$

Le travail produit par 7 mètres cubes d'eau sera donc de $16,528 + 15,350 = 31,878$ kilogrammètres, et le rendement de 41,50 au lieu 21,40 p. 100.

Nous supposons implicitement dans le calcul précédent que les parois des récipients à air peuvent se dilater de

manière à ce que la pression finale de l'air ne soit que de 1,21 de mercure; car il est bien évident que sans cela il serait impossible de remplir la cuve d'eau sans dépasser la pression de 1,21, puisque les volumes des récipients sont calculés pour obtenir ce résultat sans entraînement de l'air.

Si l'on ne fait pas cette hypothèse, on n'a pas besoin de remplir la cuve d'eau pour atteindre la pression finale. On peut alors chercher à évaluer le volume x , qu'il suffirait de donner à la cuve à eau pour qu'en se remplissant elle fournit 11^m,800 d'air à 1^m,21 de pression. L'air primitivement contenu dans les récipients et la cuve a un volume de 11,800 + x ; celui qui sera introduit par entraînement est égal à 0,465 x , il faut donc que l'on ait :

$$(11,800 + x + 0,465x) 0,76 = 11,800 \times 1,21$$

d'où on tire pour x la valeur de 4^m,750; l'économie d'eau est donc de

$$7^m,000 - 4^m,750 = 2^m,250 \text{ soit de } 52 \text{ } \%$$

Le temps nécessaire pour effectuer une opération dépend du diamètre de l'orifice. Dans les dernières expériences que nous avons citées, pour introduire dans la cuve 2^m,520 il fallait 19 minutes; les exigences du service ne permettraient pas d'opérer aussi lentement, il faudrait pouvoir injecter 1 mètre cube d'eau par minute, et, par conséquent, il serait nécessaire d'avoir 8 appareils semblables à celui que nous avons décrit et fonctionnant simultanément; il n'est pas possible, d'autre part, d'augmenter indéfiniment la section de l'orifice sans perdre une grande partie de l'effet utile.

Mais la difficulté peut être facilement résolue, et nous n'avons qu'à faire quelques expériences pour déterminer, parmi les trois types auxquels nous nous sommes arrêtés,

celui qui présente les plus grands avantages. Deux de ces derniers appareils suffiront et au delà pour donner l'eau nécessaire, et, en plaçant dans chaque bureau 3 appareils, on pourra parer à toutes les éventualités et assurer la régularité du service. La forme du récepteur doit aussi être modifiée; cet appareil peut subir quelques simplifications; le type adopté pour les expériences ne l'avait été que par des raisons d'économie; le coude brusque du conduit, la hauteur de la partie du canal située au-dessous de la soupape, et que l'eau et l'air doivent parcourir, offrent des inconvénients qu'il sera facile de faire disparaître.

En résumé, en évaluant à 5 mètres la hauteur de chute de l'eau qui tombe de la cuve dans l'égout, et évaluant par conséquent à 16 mètres la hauteur totale dont on dispose, on voit que 7 mètres cubes d'eau peuvent fournir un travail de 112.000 kilogrammètres.

Dans le cas où l'on expédie un train par l'air comprimé, pour obtenir une pression finale effective de 0^m,45 le volume des réservoirs à air doit être de 11^m,800.

Le travail correspondant serait, comme on l'a vu de 16.528 kilogrammètres, le rendement est donc de $\frac{16.528}{112.000} = 14,7 \text{ p. } 100$.

Si l'on fait ensuite circuler un train au moyen vide, cela équivaut à une nouvelle opération, le rendement peut être considéré comme doublé et égal à 29,4 p. 100.

Si enfin on injecte de l'air avec l'eau, soit les 0,45 du poids de l'eau, le travail correspondant emmagasiné est de 15.350 kilogrammes, soit en tout 48.400 kilogrammètres pour 7 mètres cubes d'eau. Le rendement devient de 43,2 p. 100.

Dans ce dernier cas, on aurait d'ailleurs un excédant d'air comprimé; on pourra donc faire deux trains par pres-

sion et un par appel d'air, si la disposition du bureau le permet, ou bien diminuer la capacité des réservoirs. Les conditions du service permettront toujours de déterminer facilement la solution qu'il faut adopter.

RAPPORT

SUR L'EXPLOSION D'UNE CHAUDIÈRE A VAPEUR A MOULINS-LILLE
(NORD).

Par M. MATROT, ingénieur des mines.

Le 14 avril 1868, à trois heures un quart après midi, l'établissement de MM. Dequoy et compagnie, à Moullins-Lille, a été le théâtre d'une terrible explosion. Cinq hommes ont été tués sur le coup; un sixième, très-grièvement blessé, est mort le lendemain à l'hôpital.

L'établissement Dequoy possède deux groupes de générateurs. Le groupe dont faisait partie le générateur qui a causé l'accident est contigu à la rue de Wazenimes et entouré sur trois côtés par des ateliers de filature et de tissage. (Voir le plan ci-joint, Pl. II, *fig. 2*) Ce groupe comprenait huit générateurs placés en batterie. Chacun des générateurs se composait d'un corps cylindrique de 10 à 11 mètres de longueur sur 1^m,40 de diamètre, de deux bouilleurs de même longueur et de 0^m,65 de diamètre, et d'un tube réchauffeur de 7^m,50 de long sur 0^m,70 de diamètre. Nous désignerons ces générateurs en les numérotant à partir de la rue. Les n^{os} 1, 2 et 3 sont timbrés pour 6 atmosphères, les n^{os} 4, 5, 6, 7 et 8 pour 5 atmosphères seulement. La batterie servait à alimenter quatre machines à balancier représentant une force *nominale* de 150 chevaux. Elle devait en outre fournir de la vapeur à divers appareils de chauffage.

Tous les générateurs envoyaient leur vapeur dans une conduite unique avec laquelle chacun d'eux communiquait par un tuyau muni d'un robinet. (Voir le croquis ci-

joint, Pl. II, fig. 2.) L'alimentation se faisait pareillement par une conduite d'eau unique sur laquelle s'embranchait, en face de chaque générateur, un tuyau muni d'un robinet et débouchant dans le réchauffeur. Un tuyau ascendant, d'assez grand diamètre et toujours ouvert, conduisait l'eau déjà échauffée du réchauffeur aux bouilleurs proprement dits (Pl. II, fig. 3 et 4). L'eau d'alimentation était refoulée dans la conduite unique par trois pompes toujours en activité. Un injecteur Giffard permettait, au besoin, d'alimenter sans faire tourner les machines.

Chacun des huit générateurs ne portait qu'un seul appareil indicateur du niveau, l'indicateur magnétique de Lethuillier, fonctionnant en même temps comme sifflet d'alarme. Les tubes de verre prescrits par l'article 9 du décret du 25 janvier 1865 manquaient sur tous les générateurs. Ces générateurs n'étaient pas non plus munis des robinets étagés qui, sous l'empire de l'ordonnance de 1843, pouvaient suppléer les tubes de verre.

Les robinets d'alimentation étaient au niveau du sol de la cave des chauffeurs et se manœuvraient au moyen d'une clef unique qui restait toujours dans cette cave. Ces robinets étaient des *robinets-cloches*; leur situation, au point de vue de l'ouverture, était indiquée par une petite clavette en fer; la clavette étant tournée vers le générateur, le robinet est ouvert en grand; la clavette étant à angle droit avec l'axe du générateur, le robinet est complètement fermé, mais commence immédiatement à s'ouvrir par une rotation convenable. La clavette étant à 180° de sa première position, le robinet est fermé, et il faut 1/4 de tour avant qu'il commence à s'ouvrir.

Le personnel chargé de la conduite des trois machines et du chauffage des générateurs comprenait : 1° un conducteur de machines, le nommé Joseph Mayfroot; 2° deux chauffeurs, les nommés Tétard et Verhelst; 3° un brouetteur de charbon. Les chauffeurs n'avaient absolument qu'à char-

ger sur les grilles le charbon qui leur était apporté par le brouetteur. D'ordinaire, six seulement des huit générateurs étaient en activité, les deux autres étant en nettoyage ou en réparation.

Chaque matin, à la reprise du travail, le machiniste Mayfroot, après avoir ouvert les robinets de vapeur, donnait aux chauffeurs l'ordre d'ouvrir les robinets d'alimentation. Les chauffeurs ouvraient ces robinets de manière à placer les index dans une position déterminée correspondant à une ouverture aux 2/3 ou aux 3/4. Tous les générateurs communiquant à la fois par la vapeur et par l'eau, le même niveau tendait à s'établir dans tous. Toutefois, les inégalités inévitables du chauffage entraînaient souvent de légères dénivellations. Pour les faire disparaître, le machiniste Mayfroot allait lui-même dans la cave des chauffeurs et modifiait de sa main l'ouverture des robinets d'alimentation, ouvrant plus en grand le robinet du générateur dont le niveau tendait à baisser, et diminuant au contraire l'ouverture de tous les autres. Jamais le machiniste ne faisait faire ces modifications d'ouverture des robinets par les chauffeurs. Ceux-ci ouvraient les robinets d'alimentation le matin, à la reprise du travail, mais *dans aucun cas ils ne devaient toucher aux robinets pendant la journée.*

La pression était indiquée par deux manomètres métalliques placés dans la cave des chauffeurs, sur la façade du massif. L'un des deux avançait de 5/8 d'atmosphère, l'autre de 1/2 atmosphère, c'est-à-dire que *pour une pression effective nulle*, l'aiguille du premier marquait 1 5/8 et celle du second 1 1/2. Des déclarations de Mayfroot, il résulte qu'on marchait ordinairement à 6^{atm.} 1/2, 6^{atm.} 3/4, ce qui, correction faite de l'avance des manomètres, correspond à très-peu près à 6 atmosphères. Cinq des huit générateurs n'étant timbrés que pour 5 atmosphères, on surchargeait les soupapes; nous avons en effet trouvé, sur les générateurs non avariés par l'explosion, les poids servant de surcharge à côté des poids principaux.

Le 14 avril, jour de l'accident, 5 générateurs seulement étaient en activité : les n^{os} 1, 2, 5, 7 et 8. Le travail avait été suspendu pendant deux jours : le jour de Pâques, 12 avril, et le lundi 13. Les feux avaient été mis bas le samedi soir vers sept heures et demie. Le dimanche, Mayfroot avait rempli les générateurs au moyen du giffard, de manière à faire monter les aiguilles des appareils magnétiques notablement au-dessus de leur position moyenne. Le lundi, à trois heures de l'après midi, les feux avaient été rallumés; on avait chauffé jusqu'à cinq heures, puis couvert les feux. La pression était à ce moment d'environ 4 atmosphères.

Le mardi 14, Mayfroot est arrivé à quatre heures et demie du matin et a trouvé les chauffeurs à leur poste; le brouetteur de charbon était absent, mais remplacé par un autre homme de peine. A son arrivée, Mayfroot a observé que toutes les aiguilles indicatrices des niveaux étaient à peu près au milieu des glaces. Il déclare avoir, comme d'habitude, donné aux chauffeurs l'ordre d'ouvrir les robinets d'alimentation et avoir vérifié lui-même, vers six heures du matin, que ces robinets étaient effectivement ouverts comme à l'ordinaire. A ce moment, selon Mayfroot, tous les appareils magnétiques indiquaient dans tous les générateurs une hauteur d'eau parfaitement normale.

Vers onze heures du matin, M. Dequoy faisant une tournée d'inspection dans la salle des générateurs, remarqua que l'aiguille magnétique du générateur n^o 7 était presque complètement au bas de sa course, ce qui aurait indiqué un abaissement tout à fait anormal du niveau de l'eau dans ce générateur. M. Dequoy voyant toutes les aiguilles des autres générateurs accuser une hauteur d'eau suffisante et comptant sur la communication qui devait toujours exister entre tous les générateurs, admit que le flotteur du n^o 7 était dérangé d'une manière quelconque et demeura persuadé que le générateur n^o 7 n'était pas moins plein que les quatre autres. Le sifflet adapté à l'indicateur magnétique de ce générateur n'était pas paralysé extérieurement, car

Mayfroot le fit fonctionner en pressant le bouton avec son pied. Mais il faut bien remarquer que cela ne prouvait nullement qu'il y eût dans la chaudière une quantité d'eau suffisante, ni que le mécanisme intérieur chargé de déclencher le sifflet, en cas d'abaissement anormal du niveau, fût en état de s'acquitter de cette fonction.

D'après Mayfroot, ce serait lui-même qui aurait signalé à M. Dequoy l'abaissement extraordinaire de l'aiguille du n^o 7; mais nous n'avons pas à nous prononcer ici sur ce point de fait.

Mayfroot déclare qu'il est parfaitement sûr que les robinets d'alimentation avaient été ouverts le matin. Après onze heures il ne se rappelle pas les avoir examinés.

A une heure et demie, à la reprise du travail, après une heure d'interruption, la pression *apparente* (*) n'étant que de 5^{atm.} 3/4, les machines ne pouvaient enlever leur charge qu'avec beaucoup de peine. Mayfroot gourmanda alors vivement les chauffeurs en leur ordonnant de pousser les feux afin d'obtenir la pression *apparente* de 6^{atm.} 1/2 nécessaire à la marche normale. A trois heures un quart, Mayfroot venait consulter le manomètre et se tenait sur le petit pont jeté au-dessus de la cave des chauffeurs au droit du générateur n^o 1, quand tout à coup une détonation comparable à la décharge de plusieurs pièces d'artillerie se fit entendre. Les générateurs n^{os} 7 et 8 venaient d'éclater en produisant des dégâts épouvantables. Le chauffeur Verhelst, chargé des générateurs n^{os} 5, 7 et 8, avait été tué sur le coup. Quatre hommes travaillant au-dessus des générateurs étaient également tués; un cinquième était mortellement blessé. En même temps des éclats de vitres et des fragments de briques tombaient comme une véritable pluie dans les ateliers voisins et surtout dans le tissage. En proie à une terreur indescriptible, les ouvriers et ouvrières s'enfuyaient

(*) Je rappelle que les manomètres avançaient d'environ une demi-atmosphère.

dans un désordre inexprimable. Heureusement ce désordre et la chute des éclats de vitres et des débris projetés ne causèrent aucun accident grave. Un certain nombre d'ouvriers furent plus ou moins grièvement blessés, mais aucun d'une manière dangereuse; il n'y eut aucune nouvelle victime à ajouter aux six hommes tués dans la salle des générateurs.

Cette salle présentait le spectacle d'un désordre tout à fait extraordinaire. Le générateur n° 7 était déchiré en un grand nombre de fragments. (Voir Pl. II, *fig. 3, 7 et 8.*) Les bouilleurs se trouvaient coupés net, suivant des clouures transversales, chacun en trois tronçons. Le corps principal s'était également séparé, suivant une clouure transversale, en deux tronçons à peu près égaux. Les fragments antérieurs des bouilleurs, lancés horizontalement comme des flèches, étaient allés se loger sous une voûte régnant en face du foyer; l'un d'eux avait même percé le mur assez épais qui limitait la cave de ce côté. Les fragments intermédiaires des bouilleurs étaient restés au milieu des décombres sans s'être notablement déplacés. Les fragments postérieurs étaient restés adhérents à la moitié postérieure du corps principal, laquelle avait subi un certain recul, mais sans se retourner et sans éprouver aucune déchirure accessoire. La portion antérieure du corps principal était déchirée en un certain nombre de fragments. (Voir le croquis ci-joint, Pl. II, *fig. 8.*) L'ensemble de ces fragments pesant 2.800 kilog. environ avait été projeté en arrière et était allé retomber à 60 mètres environ de distance, au milieu de la rue de Wazenimes (au point A, Pl. II *fig. 1*), après avoir passé obliquement par-dessus le bâtiment de la machine haut de 14 à 15 mètres.

Le générateur n° 8 n'avait subi que des avaries beaucoup moins graves; le corps principal et l'un des bouilleurs étaient restés parfaitement entiers; le bouilleur de gauche seul s'était rompu transversalement suivant une ligne irrégulière figurée sur les croquis ci-joints (Pl. II, *fig. 5 et 6*).

Le tronçon antérieur, lancé horizontalement dans la cave, avait traversé un mur épais et s'était complètement engagé dans la brèche pratiquée par lui-même. Le corps principal portant avec lui les deux bouilleurs s'était complètement retourné sous l'influence de la réaction et se trouvait étendu, les bouilleurs en l'air, à côté de la moitié postérieure, non retournée, du générateur n° 7.

C'est évidemment dans le générateur n° 7 qu'il faut rechercher la cause de l'explosion. Les fragments de la partie antérieure du corps principal offraient les marques les plus manifestes d'une surchauffe extrêmement vive; une coloration d'un bleu intense ne pouvait laisser aucun doute à ce sujet. Mais, ce qui est assez extraordinaire, la surchauffe était localisée sur une étendue très-restreinte; la partie de la surface inférieure du corps principal, située immédiatement au-dessus du foyer, semblait avoir seule rougi. Longitudinalement, les traces de surchauffe ne se prolongeaient pas sur plus de 2 à 5 mètres. Transversalement, elles étaient encore plus étroitement limitées; les clouures longitudinales ne présentaient aucune dilatation et les dépôts incrustants étaient restés parfaitement adhérents le long de ces clouures. Malgré ces circonstances, il est à peu près indubitable que le corps cylindrique était entièrement vide d'eau au moment de l'explosion. Autrement il serait impossible d'expliquer l'excessive surchauffe à laquelle la partie inférieure de l'avant de la chaudière a été certainement soumise. Quelques minutes après l'explosion, un sergent de ville s'approchant des fragments tombés dans la rue, fut, à ce qu'il assure, repoussé par une sensation de chaleur très-vive, semblable à celle qu'on éprouve en présence d'une masse de fer rouge. D'après cela, les fragments devaient présenter des parties rouges au moment même où ils ont été projetés.

Peut-être peut-on s'expliquer l'étendue restreinte de la surchauffe par la nature du combustible et la disposition du foyer. Le charbon consommé est du charbon de Carvin

assez maigre et à très-courte flamme; la partie du générateur située immédiatement au-dessus du foyer et chauffée par rayonnement, a pu prendre une température beaucoup plus élevée que les parties chauffées simplement par le passage des gaz chauds. Ceci expliquerait dans une certaine mesure le peu de longueur de la surchauffe. Quant à son peu d'étendue transversale, il s'explique très-bien par des considérations analogues, les parties latérales du corps principal se trouvant abritées contre le rayonnement du foyer par les bouilleurs et se présentant d'ailleurs très-obliquement à ce rayonnement. Ces parties latérales pouvaient de plus n'être pas atteintes par la flamme qui s'enroulait tout entière dans l'espace compris entre les deux bouilleurs et à laquelle un tirage trop intense ne permettait pas, surtout dans le voisinage immédiat du foyer, de s'épanouir largement sous toute la chaudière.

Quoi qu'il en soit, l'examen des débris du générateur n° 7 conduisait immédiatement à attribuer l'explosion à un défaut d'alimentation. Dans ces conditions, la première chose à faire était évidemment d'examiner les robinets d'alimentation.

Les robinets des générateurs n°s 5, 7 et 8 étaient enfoncés sous les décombres. Nous fîmes dégager d'abord celui du n° 7 en prenant toutes les précautions nécessaires pour que le travail de déblai ne pût modifier sa position. Ce robinet fut trouvé *partiellement ouvert, moins ouvert qu'il ne devait l'être normalement*. Nous fîmes dégager ensuite, avec les mêmes précautions, les robinets n°s 5 et 8. Le premier fut trouvé très-peu ouvert, beaucoup moins qu'il ne devait l'être normalement; le second avait son index à angle droit avec le générateur et était par conséquent complètement fermé.

Le machiniste Mayfroot, mis en présence des robinets n°s 5, 7 et 8, déclara de la manière la plus formelle que la position de ces robinets avait été modifiée par un autre que lui. Les robinets des générateurs n°s 1 et 2, chauffés

par Tétard, étaient au contraire dans leur position ordinaire.

D'après cela, il semble excessivement probable que le chauffeur Verhelst chargé des générateurs n°s 5, 7 et 8, ayant beaucoup de peine à atteindre la pression réclamée par le machiniste et craignant d'être gourmandé par celui-ci, aura, à un certain moment, fermé plus ou moins complètement les robinets d'alimentation. Le corps principal du générateur n° 7 se sera par suite entièrement vidé et la tôle du coup de feu se sera mise à rougir. Verhelst, en ouvrant la porte du foyer, s'en sera aperçu et aura voulu alimenter dans le générateur n° 7. Selon toute apparence, c'est au moment même où il ouvrait le robinet que l'explosion s'est produite. La position dans laquelle on a retrouvé son cadavre, à côté des tronçons antérieurs des bouilleurs, paraît s'accorder parfaitement avec cette hypothèse.

A quel moment Verhelst a-t-il fermé les robinets d'alimentation et particulièrement celui du générateur n° 7? C'est un point qu'il semble assez difficile d'éclaircir. Si l'on compare le poids de vapeur dépensé au poids d'eau que le générateur n° 7 contenait, d'après les déclarations de Mayfroot, à quatre heures et demie du matin, on est conduit à penser que le robinet d'alimentation a été fermé de très-bonne heure, presque immédiatement après avoir été ouvert. C'est ce qui ressort des chiffres ci-après.

En calculant directement le poids de vapeur admis dans les cylindres des machines, dans l'hypothèse de la manche à 6 atmosphères et à raison de 26 tours par minute, on trouve une dépense de vapeur de 4.250 kilog. par heure. Cette dépense doit être augmentée d'environ $\frac{1}{5}$ pour tenir compte de la vapeur employée dans les appareils de chauffage. La consommation totale de vapeur est, par suite, d'environ 5.100 kilog. par heure. Chacun des 5 générateurs devait donc fournir 1.020 kilog. de vapeur par heure.

Ces chiffres sont confirmés par la considération du poids de charbon brûlé. En effet, on consommait pour le groupe

entier 11.400 kilog. (*) de charbon par jour, ou 950 kilog. par heure, soit, en supposant 5 générateurs en activité, 190 kilog. par générateur et par heure. En admettant un effet utile de 6 kilog. d'eau vaporisée par kilogramme de charbon brûlé, la production de chaque générateur serait de 1.140 kilog. par heure, chiffre peu supérieur au précédent. La production de vapeur calculée ainsi au moyen du combustible serait de 5.700 kilog. pour le groupe entier. Pour vérifier cette évaluation, nous avons recherché le débit fourni par les pompes d'alimentation. Ces pompes, en fonctionnant constamment, suffisaient à l'alimentation pendant la marche; on n'avait ordinairement recours au giffard que le dimanche, pour compenser les pertes résultant des fuites pendant l'arrêt des machines. En calculant le débit des pompes, on trouve environ 5.800 kilog. par heure. Tous ces chiffres sont donc parfaitement concordants.

En supposant le générateur n° 7 rempli jusqu'à 0^m.10 au-dessus des clouures latérales, on trouve qu'il contenait en tout 16.818 kilog. d'eau, 9554 dans le corps principal et 5.632 dans chacun des deux bouilleurs. Pour que le corps cylindrique se soit vidé complètement, il a fallu une dépense de 9.554 kilog. de vapeur. En admettant le plus élevé des deux chiffres ci-dessus, 1.140 kilog., il faut encore pour arriver à cette dépense totale près de huit heures et demie. L'accident est arrivé à trois heures un quart. Il faut défalquer une heure d'arrêt, de midi et demie à une heure et demie. D'après cela, le robinet d'alimentation devait être fermé dès six heures du matin, c'est-à-dire à l'heure même où Mayfroot déclare avoir vérifié qu'il était ouvert. Peut-

(*) D'après les renseignements fournis par M. Dequoy, la consommation moyenne de l'établissement, pendant le semestre 1^{er} octobre 1867 à 1^{er} avril 1868, a été de 47 1/2 wagons par mois, soit, en supposant 25 jours de travail par mois, 19.000 kilog. par jour. Cette consommation doit se partager entre les deux groupes de générateurs à peu près dans la proportion de 5/5 pour celui dont nous nous occupons et de 2/5 pour l'autre. Or $19.000 \times \frac{3}{5} = 11.400$.

être a-t-il été fermé immédiatement après l'inspection de Mayfroot; peut-être aussi, malgré les déclarations de Mayfroot, n'a-t-il pas été du tout ouvert.

Les inégalités de chauffage pouvant produire des dénivellations assez sensibles d'un générateur à l'autre, même quand ils sont en libre communication à la fois d'eau et de vapeur, on pourrait supposer que le générateur n° 7 s'est, à un certain moment, vidé en grande partie au profit de ses voisins, et que c'est justement à ce moment que le robinet d'alimentation a été fermé. On retarderait ainsi l'époque de la fermeture probable de ce robinet, puisque, dans cette hypothèse, le générateur n° 7 n'aurait contenu, au moment de cette fermeture, qu'une quantité d'eau très-inférieure à la provision normale. Mais cette hypothèse est bien peu vraisemblable; les dénivellations résultant d'un chauffage inégal ne sont pas assez considérables pour avoir pu jouer dans cette circonstance un rôle bien important. Il reste donc très-probable que le robinet n° 7, s'il a été ouvert le matin, a été à peu près immédiatement refermé.

Ainsi qu'on l'a vu plus haut, vers onze heures du matin, au moment où M. Dequoy faisait sa tournée d'inspection, l'aiguille magnétique du générateur n° 7 était tout au bas de la glace; mais, d'après M. Dequoy, elle *marquait encore*. Le flotteur magnétique était-il dérangé comme M. Dequoy paraît l'avoir admis, ou bien le niveau était-il déjà très-abaisse dans la chaudière? C'est ce qu'il est impossible de décider avec une certitude absolue. Si le flotteur magnétique était encore en bon état à onze heures du matin, il a dû se déranger plus tard, puisque le corps du générateur n° 7 a pu se vider complètement, sans que le sifflet ait été mis en jeu par la tige du flotteur. Les indicateurs magnétiques étaient placés à l'avant des chaudières, dans le voisinage du coup de feu, par conséquent dans une région où l'ébullition devait être très-tumultueuse. L'agitation de l'eau a pu devenir beaucoup plus violente dans le générateur n° 7 à mesure que le niveau baissait, et il se peut très-bien que le

flotteur se soit décroché et ait laissé la tige arrêtée par aboutement dans son guidage, un peu avant que le sifflet ne fonctionnât. Selon toute apparence, le défaut d'alimentation remontait au commencement de la journée. A onze heures, le générateur n° 7 devait être déjà en partie vide; il n'est pas impossible qu'à ce moment le flotteur fût encore en bon état. Il est profondément regrettable que M. Dequoy n'ait pas vérifié alors la position des robinets d'alimentation, puisque l'ouverture du robinet n° 7 était la seule garantie de sécurité; très-probablement ce robinet était déjà fermé.

Le chauffeur Verhelst a dû fermer les robinets n° 5 et 8 comme le robinet n° 7. Cependant, à onze heures, aucun abaissement anormal du niveau n'a été observé dans les générateurs n° 5 et 8. Peut-être Verhelst a-t-il ouvert et refermé les robinets à plusieurs reprises et alimenté très-irégulièrement dans les 5 générateurs. Au moment de l'explosion, les générateurs 5 et 8 contenaient-ils leur provision normale d'eau? C'est ce qu'il est impossible de dire; les indicateurs du niveau n'ont été observés par personne après onze heures, et le niveau a pu s'abaisser beaucoup dans tous les générateurs sans que personne s'en aperçût. Les générateurs 5 et 8 ne présentaient pas de traces bien notables de surchauffe. Il est donc probable qu'ils ont été mieux alimentés que le n° 7. Quoi qu'il en soit, deux choses sont parfaitement certaines: les robinets des générateurs 5, 7 et 8 n'étaient pas dans leur position normale et le corps principal du n° 7 a très-vivement rougi sur une certaine étendue. D'après cela, on ne peut guère douter que l'explosion du n° 7 ne soit due à un défaut d'alimentation par suite de la fermeture partielle ou totale de son robinet.

Quant au n° 8, il n'a pas donné lieu, à proprement parler, à une explosion; la rupture de l'un des bouilleurs et le retournement complet de l'ensemble sont des conséquences toutes naturelles de l'explosion du n° 7; en effet, comme on l'a vu précédemment, tous les générateurs étaient en communication de vapeur. Au moment où le n° 7 s'est ouvert,

la communication avec l'atmosphère se trouvant brusquement établie, une ébullition très-vive a dû se produire dans le n° 8, et un écoulement très-abondant et très-rapide a dû commencer par la prise de vapeur située à l'arrière. La réaction correspondante tendait à abaisser la partie postérieure des bouilleurs et à soulever leur partie antérieure; retenus par le devant du fourneau, les bouilleurs ne pouvaient obéir librement à cette action; l'un d'eux s'est cassé transversalement. Le tronçon antérieur a été lancé en avant comme un projectile, et le recul a fait retourner le reste du générateur. Ainsi les effets mécaniques produits sur le générateur n° 8 sont dus essentiellement à la rupture transversale du bouilleur.

Les ruptures transversales ont certainement joué un rôle non moins important dans les effets produits sur le n° 7 lui-même. La déchirure initiale s'est, selon toute apparence, produite à l'avant du corps principal, dans le voisinage de l'arête inférieure. La vapeur s'écoulant par cette ouverture initiale, la réaction a tendu à soulever toute la chaudière. Les extrémités antérieures des bouilleurs, maintenues par le devant du fourneau, n'ont pu suivre librement cette impulsion et ont dû se casser transversalement. Les cassures transversales postérieures des bouilleurs s'expliquent d'une manière analogue. Quant à la cassure transversale du corps principal, elle a dû se produire d'abord par la partie inférieure, sous l'influence de la réaction directement opposée à l'ouverture initiale. (Pl. II, fig. 9.) Ce mode de production de la cassure transversale et la force de recul correspondant aux tronçons de bouilleurs projetés en avant expliquent comment la moitié antérieure du corps de chaudière a été projetée en arrière.

De là résulte que, si les cassures transversales n'ont pas été la cause première de l'explosion, elles ont du moins contribué beaucoup à en exagérer les effets mécaniques. Sans la cassure transversale d'un bouilleur le générateur n° 8 ne se serait pas retourné. Pour le n° 7 lui-même, si

les clouures transversales avaient mieux résisté, tout aurait pu se borner, comme on l'a observé dans divers cas d'explosion de grosses chaudières, à un soulèvement plus ou moins considérable, l'eau et la vapeur s'échappant par la fente. Il aurait pu y avoir en ce cas tout autant de victimes; mais on n'aurait pas observé ce bouleversement général qui semble tout à fait extraordinaire.

Il était donc du plus grand intérêt de rechercher les causes des ruptures transversales qui, pour le n° 7, se sont faites exclusivement et très-nettement suivant des clouures. Ces ruptures ne paraissent pas attribuables à une qualité exceptionnellement mauvaise des tôles. En effet, nous avons essayé, à l'usine de Fives, divers échantillons prélevés sur le corps principal du n° 7 et sur le bouilleur cassé du n° 8. Les résultats indiquent en somme une résistance assez satisfaisante qui ne permet pas d'attribuer à la mauvaise qualité des tôles un rôle prépondérant.

La rupture des clouures transversales du n° 7, surtout pour les bouilleurs, s'explique d'ailleurs parfaitement par d'autres considérations.

Tous les générateurs de l'établissement Dequoy se détériorent très-rapidement et exigent des réparations incessantes. Les chaudronniers y sont pour ainsi dire en permanence. Ce sont toujours les clouures transversales qui périssent par déchirures suivant les lignes de clous.

A quoi tient cette rapide destruction des clouures? Comme on l'a vu, les générateurs nos 4 à 8 marchaient constamment à une pression supérieure de 1 atmosphère à celle de leur timbre. On peut se demander si ces générateurs, fatigués par une pression excessive, ne l'étaient pas plus encore par une production exagérée. A ce point de vue, les chiffres donnés plus haut permettent de répondre négativement. La surface de chauffe de chaque générateur était de 88 mètres carrés en y comprenant le réchauffeur, et de 68 mètres carrés en faisant abstraction de ce dernier appareil. Si l'on admet, comme ci-dessus, une production

de 1.140 kilog. de vapeur par générateur et par heure, on trouve, par mètre carré de surface de chauffe, 13 kilog. en prenant toute la surface, et 17 kilog. en faisant abstraction du réchauffeur. Cette production n'a évidemment rien d'exagéré. Ce n'est donc pas l'excès de production demandé aux générateurs qui peut expliquer leur rapide détérioration. La véritable cause paraît être, d'une part, dans la détestable qualité des eaux d'alimentation; d'autre part, dans le montage vicieux des générateurs.

Les eaux sont très-incrustantes; elles donnent lieu à des dépôts très-durs et excessivement adhérents. Les nettoyages n'étaient, selon toute apparence, ni très-fréquents ni très-soignés. Nous avons trouvé sur les bouilleurs et sur les débris du corps principal du n° 7, des incrustations formant plusieurs couches superposées dont l'épaisseur en certains points, surtout au voisinage des clouures, atteignait près d'un centimètre. L'enlèvement des incrustations ne pouvait se faire qu'à coups de marteau et devait être particulièrement difficile le long des clouures. Les ouvriers chargés de ce travail s'en acquittaient probablement assez mal. Les clouures transversales se trouvaient ainsi rapidement recouvertes d'incrustations épaisses; privées par suite de l'action rafraîchissante de l'eau, les clouures, surtout dans le voisinage du foyer, devaient nécessairement périr en très-peu de temps.

Le montage des générateurs devait fatiguer beaucoup les clouures transversales des bouilleurs. Comme on le voit sur les croquis ci-joints (Pl. III, fig. 2 et 5) qui représentent les générateurs 7 et 8, le poids entier du corps principal portait sur les bouilleurs qui reposaient eux-mêmes chacun sur quatre petits supports verticaux. Il est évidemment impossible d'obtenir dans un pareil montage une précision absolue; les charges devaient se répartir d'une manière assez inégale entre les supports et les diverses viroles des bouilleurs. Quand on mettait un de ces générateurs en pression, on voyait les bouilleurs s'arquer en se soulevant

de plusieurs centimètres. Ce fait suffit pour mettre en évidence la mauvaise répartition des charges et fait comprendre comment, en dehors de la pression de la vapeur, les clouures transversales pouvaient être soumises à des efforts d'arrachement auxquels elles ne pouvaient longtemps résister. La rupture des clouures transversales du n° 7 est donc un fait tout naturel, puisque, dans tout le groupe des générateurs, toutes les clouures transversales étaient très-fatiguées et périssaient très-rapidement même pendant la marche normale.

Quant à la rupture du bouilleur du n° 8, elle ne s'est pas faite exactement suivant une clouure transversale, mais la déchirure rencontre dans son trajet une portion de clouure ordinaire et une clouure de communication. On peut donc lui appliquer des considérations analogues.

Les générateurs n°s 7 et 8 avaient été réparés et remis à neuf, dit M. Dequoy, trois ou quatre mois avant l'accident. Mais il suffisait d'un temps beaucoup plus court pour détériorer gravement les clouures transversales. Au dire des chaudronniers, après une réparation très-consciencieuse, les clouures transversales se mettaient inévitablement à fuir au bout de quelques semaines. Il nous semble, par suite, indubitable que les ruptures transversales du n° 7 sont dues à la fatigue antérieure qui avait gravement détérioré les clouures, sans qu'il y ait lieu de faire intervenir la mauvaise qualité des tôles.

Les détails qui précèdent font ressortir les trois contraventions suivantes :

1° Le sieur Dequoy a fait subir à ses générateurs, notamment aux deux générateurs n°s 7 et 8, des réparations dont il caractérise lui-même l'importance en disant qu'il les a fait remettre complètement à neuf. Il aurait donc dû leur faire subir, en présence de l'ingénieur des mines, l'épreuve réglementaire. Cette formalité n'a pas été remplie.

2° Les générateurs n°s 4, 5, 6, 7 et 8, éprouvés et timbrés pour 5 atmosphères, fonctionnaient ordinairement à 6

les soupapes étaient surchargées en conséquence. Cette contravention n'a pas eu d'influence directe sur l'explosion. Elle a pu toutefois y contribuer indirectement dans une certaine mesure. En effet, si les machines avaient été plus fortes et n'avaient pas exigé, pour enlever leur charge, une pression supérieure à celle des timbres, les chauffeurs auraient pu atteindre plus facilement la pression nécessaire à la marche normale et n'auraient pas été tentés, comme ils ont pu l'être, d'intercepter l'alimentation.

5° Aucun des générateurs de l'établissement n'est pourvu du tube en verre indicateur du niveau prescrit par l'article 9 du décret du 25 janvier 1865. Plusieurs de ces générateurs et notamment les générateurs n°s 7 et 8 avaient été établis sous le régime de l'ordonnance du 22 mai 1845. L'arrêté d'autorisation admet que le tube de verre pourra être remplacé par des robinets étagés. Mais cette tolérance a été évidemment abrogée par le décret du 25 janvier 1865. En effet, l'arrêté d'autorisation porte expressément que le permissionnaire devra adapter aux chaudières tous les appareils de sûreté qui seraient prescrits ultérieurement par des règlements d'administration publique. L'obligation du tube de verre existe donc pour les générateurs établis sous le régime de l'ordonnance de 1845 tout aussi bien que pour ceux établis sous le régime du décret de 1865. D'ailleurs, dans l'espèce, les robinets étagés manquaient eux-mêmes tout comme les tubes de verre; chacun des huit générateurs ne portait qu'un seul indicateur du niveau.

Cette contravention paraît avoir exercé sur l'accident du 14 avril une influence très-directe. Si le générateur n° 7 avait été muni d'un tube de verre, ou même d'un deuxième indicateur quelconque du niveau, cet accident aurait probablement pu être évité. En effet, quand à onze heures on a constaté que l'indicateur magnétique accusait un abaissement anormal du niveau, on aurait certainement consulté le deuxième indicateur, s'il avait existé. On aurait pu ainsi reconnaître si, à ce moment, le générateur contenait une

provision d'eau suffisante, et quand, ultérieurement, le corps principal s'est complètement vidé, on s'en serait certainement aperçu. Au contraire, avec un indicateur unique, si cet indicateur se déränge, il ne reste plus aucun moyen de reconnaître le niveau de l'eau. Telle est la raison pour laquelle le décret de 1865 prescrit expressément (art. 9) deux indicateurs distincts du niveau, l'un des deux devant être obligatoirement un tube de verre.

LÉGENDE DES FIGURES.

- Fig. 1.* Plan général de l'établissement Dequoy. — B, B, salles de générateurs. — C, cheminée. — N, deux machines de 25 chevaux chacune. — P, deux machines de 50 chevaux chacune. — R, machine de 25 chevaux. — Q, deux machines de 50 chevaux chacune. — D, atelier de tissage. — E, lanterneau. — F, filature (bâtiment à plusieurs étages). — T, tissage (bâtiment à étages). — K, filature. — G, habitation. — H, H, bureaux. — M, M, magasins. — U, U, cour. — V, V, jardin et bassins de réfrigération.
- Fig. 2.* Plan du groupe auquel appartenait le générateur qui a fait explosion. — *vv*, conduite de vapeur. — *ee*, conduite d'eau.
- Fig. 3.* Élévation longitudinale du générateur n° 7. — *aa*, lignes de rupture.
- Fig. 4.* Coupe transversale du générateur n° 7.
- Fig. 5.* Élévation longitudinale du générateur n° 8. — *bb*, ligne de rupture du bouilleur.
- Fig. 6.* Développement de la première virole d'avant du bouilleur de gauche du générateur n° 8. — P, partie détachée et projetée en avant dans la cave des chauffeurs.
- Fig. 7.* Vue de la calotte d'avant du corps de chaudière du générateur n° 7. — M, fragment détaché. — N, partie restée adhérente à la portion B du corps de chaudière. (*Fig. 8.*)
- Fig. 8.* Fragments de la partie antérieure du corps de chaudière n° 7 retrouvés dans la rue de Wazemmes. (Ces fragments sont supposés développés et rassemblés. Chaque lettre correspond à un fragment complètement détaché.) — D, L, lambeaux restés adhérents à la portion M de la calotte d'avant.

MÉMOIRE

SUR LES FILONS DE PRZIBRAM ET DE MIES.

Par MM. MICHEL LEVY et J. CHOLETTE, ingénieurs des mines.

La Bohême est constituée par de hauts plateaux dont l'altitude moyenne est de 500 mètres au-dessus du niveau de la mer; de nombreuses chaînes de montagnes peu élevées découpent sa surface et en font un pays très-accidenté. Le granite et le gneiss y occupent plus de la moitié de la superficie du sol; le reste du pays est formé de sédiments siluriens et antésiluriens, au milieu desquels se trouvent çà et là quelques lambeaux de terrains plus jeunes: ainsi la formation houillère constitue, près de Pilsen, quelques îlots d'une certaine étendue; mais ce n'est qu'au nord, dans la Bohême allemande (Karlsbad, Teplitz), que l'on rencontre le quadersandstein et les couches tertiaires à lignite.

Au centre même de la Bohême, les terrains siluriens forment un vaste triangle dans lequel Prague est enclavé; ils ont fourni à M. de Barrande le sujet de travaux bien connus. Terminé au S.-E. par une frontière de granite qui mesure plus de 100 kilomètres, et dont la direction générale, remarquablement rectiligne, est N. 60° E. (*), ce triangle a pour limite au N.-O. des schistes très-métamorphisés, passant eux-mêmes au granite, et dirigés N. 34° E. Son troisième côté est constitué par une bordure

(*) Les directions seront toujours comptées dans les deux premiers quadrants N.-E., E.-S., à partir du N. vrai, et dans le sens direct.

de terrains plus récents, affectant une direction générale N. 86° E.

La direction et le plongement des couches conduisent à attribuer l'âge le plus récent à l'angle N.-E. du plateau silurien; le côté et l'angle S.-O. en seraient, au contraire, la partie la plus ancienne.

Przibram et ses filons de galène argentifère nous donneront un exemple des cassures de la frontière granitique S.-E.; Mies nous présentera des faits analogues à la frontière schisteuse N.-O. (*).

PRZIBRAM.

APERÇU HISTORIQUE.

§ 1. *Données historiques.*—Przibram (latitude, 49° 41' N.; longitude, 11° 11' E. de Paris), situé à 42 kilomètres de Prague, est depuis plusieurs siècles célèbre par ses mines de galène argentifère, et l'on trouve dans toutes les parties de la contrée les traces des anciens travaux, vieilles halles, puits effondrés. Reprise en 1848 par le gouvernement autrichien, l'exploitation n'a cessé de se développer depuis cette époque: elle a produit dans les dix dernières années (1857 à 1867) 161 tonnes d'argent et 21.525 tonnes de plomb, représentant une valeur brute de 28 millions de francs, et ayant donné un bénéfice net (mines et usines) de 10 millions. Le personnel comprend 4.000 ouvriers.

§ 2. *Aperçu topographique.*—Une coupe théorique N.-S.

(*) L'idée première de ce mémoire nous a été suggérée par la célèbre étude de M. Rivot sur les filons de Vialas, et par les travaux de M. Moissenet sur la géologie et les filons du Flintshire et du Cornwall.

de la contrée donnerait, en partant du granite au sud: 1° une zone de schistes que nous appellerons schistes I; 2° une région de grauwacke sur le bord septentrional de laquelle est situé Przibram (grauwacke I); 3° une deuxième zone de schistes (schistes II); 4° une deuxième série de lits de grauwacke (grauwacke II).

Ces différentes assises constituent un plateau dont l'élévation moyenne au-dessus de la mer est de 518 mètres; il est sillonné par quatre chaînes de montagnes répondant très-exactement aux alternances géologiques mentionnées, plus haut: les schistes forment le fond des vallées, le granite et la grauwacke, dans leurs parties les moins disloquées, constituent les hauteurs.

1° La chaîne de montagnes qui marque la frontière granitique présente une élévation moyenne de 700 mètres et une direction N. 60° E. Les formes arrondies de ses points culminants se distinguent facilement des sommets plus abrupts du plateau silurien.

2° La grauwacke I présente deux séries d'élévations répondant aux deux groupes de lits fortement relevés qu'elle comprend; la première, qui borde les schistes I, a une élévation moyenne de 650 mètres et une direction N. 35° E. Très-continue, et, comme on le voit, assez élevée, cette chaîne comprend le Heiliges-berg, au pied septentrional duquel s'élève Przibram.

3° La deuxième série de hauteurs, appartenant à la grauwacke I, borde les schistes I, et n'est, en réalité, qu'une suite discontinue d'escarpements dirigés N. 47° E., et beaucoup moins élevés que les précédents; ils comprennent la colline de Birkenberg (600 mètres), dans le sein de laquelle sont exploités les plus célèbres filons actuellement connus.

4° Enfin la grauwacke II s'élève rapidement à partir des schistes II, et constitue la plus haute chaîne de montagnes de la contrée (900 mètres), dirigée N. 60° E.

§ 3. *Aperçu géographique.* — Comme les anciennes haldes et les affleurements permettaient de le prévoir, on trouvé des filons métallifères dans chacune des quatre grandes zones citées plus haut. Nous allons énumérer les différents districts miniers dès à présent en exploitation, ainsi que les principaux travaux de recherche, et définir leur position géographique dans la contrée; ce seront autant de points de repère dans la description géologique qui suivra; nous rencontrons ainsi en allant de l'E. à l'O. (voir le plan d'ensemble, Pl. III, fig. 1) :

1° *Dans les schistes I :*

Recherche dite Léopoldi Stollen, près Brod, au S. de Przibram.

2° *Dans la grauwacke I :*

a) Le long des schistes I, districts miniers de Brod et Haté; district minier de Zezic, au S. de Birkenberg.

b) Dans la vallée médiane, recherche dite Philippine Stollen, au S. de Przibram; districts miniers dits Zdaborer, Orkolnow, au S. de Birkenberg.

c) Le long des schistes II, recherches près Kwetna; recherche dite Mathias Stollen, au N. de Przibram; districts miniers d'Anna-Prokopi et de Maria-Adalberti, à Birkenberg même; districts de Franz Joseph, de Segen Gottes; enfin à 5 kilomètres O. de Przibram, districts de Litawka et Bohutin.

3° *Dans les schistes II :*

District de Lill au N. de Przibram; districts de Ferdinand et Strachen, au N. de Birkenberg.

4° *Dans la grauwacke II :*

Recherches de Zadek au N. de Birkenberg, et de Hlubosch au N. de Bohutin.

§ 4. *État actuel de l'exploitation.* — C'est à Birkenberg que s'est concentré jusqu'à présent l'effort de l'exploitation: les deux célèbres mines de Maria-Adalberti et Anna-Prokopi n'y occupent en plan qu'un espace d'environ

1 kilomètre carré 55 hectares; mais elles comptent déjà 24 étages de galeries (dits lauf) et atteignent une profondeur totale de 800 mètres.

On a suivi et exploité les filons connus à Birkenberg jusqu'au voisinage d'Orkolnow, et les districts de Franz Joseph, Zdaborer, Orkolnow, Segen Gottes constituent une mine importante par son étendue et profonde d'environ 500 mètres; mais les travaux y sont à peu près abandonnés, à cause de la pauvreté relative des filons.

Deux nouvelles mines sont activement exploitées; ce sont celles de Bohutin et de Lill; cette dernière comprendra bientôt les districts de Ferdinand et de Strachen.

Enfin on transforme en puits définitifs et l'on approfondit les puits de recherche auxquels aboutissent les galeries travers-bancs de Kwetna et Zadek.

Les mines de Zezic et de Haté ne sont en réalité que des mines de fer, exploitant des affleurements de filons très-puissants, inconnus jusqu'à présent en profondeur; on creuse à Zezic un puits définitif.

Ces divers centres d'exploitation sont reliés entre eux par une galerie d'écoulement dite Kaiser Erbstollen, qui, si l'on y comprend ses aboutissants tenus en état, n'a pas pas moins de 22 kilomètres.

§ 5. *Divisions principales de ce mémoire.* — Nous nous occuperons successivement :

1° De la constitution géologique du champ de Przibram et de ses environs;

2° De ce champ de cassures lui-même, au point de vue des directions des filons et de leur âge relatif, du remplissage de ces filons, des rejets stériles;

3° De la comparaison des faits observés avec la théorie des systèmes de montagnes.

SECTION I.

CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DU CHAMP DE PRZIBRAM
ET DE SES ENVIRONS.

§ 1. *Coupe géologique de la contrée* (*). — La coupe N.-S. des terrains des environs de Przibram montre nettement que les formations siluriennes de la Bohême, comme la plupart des formations anciennes de l'Europe, ont été soumises à des plissements énergiques qui les ont fortement contournées, mais qui n'ont pas donné naissance à de hauts soulèvements de montagnes; il semble qu'on doive attribuer la forte pression latérale subie par ces terrains, et l'espèce de plasticité qui en est résultée, à des phénomènes lents et progressifs, plutôt qu'à des soulèvements instantanés. C'est ainsi qu'à Przibram, malgré certaines différences d'aspect, les schistes I et II semblent appartenir à la même formation; dans cette hypothèse, la grauwaque I ne serait qu'un lambeau isolé de la grande formation grauwaqueuse II, dont les couches, plongeant vers le N., sont bientôt recouvertes par les lits fossilifères désignés, par M. de Barrande, sous le nom d'étage C.

§ 2. *Grauwaque II.* — Les grauwackes de Przibram se composent de grains de quartz arrondis, pris dans une pâte quartzo-argileuse qui présente par places des taches de mica et de petites parties de feldspath non décomposé.

(*) Nous devons remercier ici M. l'oberbergrath Grimm de l'accueil bienveillant qu'il nous a fait, et des conseils précieux qu'il a bien voulu nous donner; M. Grimm a publié des notes pleines d'intérêt sur la géologie de la Bohême; il nous a plusieurs fois communiqué les résultats d'observations inédites que nous aurons occasion de mentionner.

C'est aussi pour nous un devoir de remercier l'administration des mines de Przibram de toutes les facilités qu'elle nous a accordées pour la visite des mines, et l'étude des plans et des collections.

D'une couleur très-variable, les grauwackes présentent aussi la plus grande diversité au point de vue de la grosseur des grains et de la finesse du ciment: les lits, très-nets, ont une épaisseur de 0^m,30 à 0^m,60; on les rencontre parfois séparés les uns des autres par de minces délits exclusivement micacés, d'une coloration rougeâtre ou verdâtre. Ainsi quartz roulé, feldspath décomposé et mica isolé, tous les éléments de la décomposition du granite y sont reconnaissables.

La direction de la grauwaque II, le long des schistes II, avec lesquels elle est en concordance de stratification, est N. 47° E.; plus au N., nous croyons que sa direction, comme celle de la quatrième chaîne de montagnes, devient N. 60° E.; son plongement va en diminuant à mesure que l'on s'éloigne de Przibram: à Zadek, il est encore de 20° N.

Cette zone, d'ailleurs peu explorée jusqu'à présent, contient des filons métallifères, comme le prouvent les récentes recherches et les affleurements de Zadek et de Hlubosch.

§ 3. *Schistes II.* — Les schistes II sont constitués par une masse quartzreuse et argileuse, riche en mica, tantôt feuilletée, tantôt compacte à grain fin, généralement colorée en gris sombre; ils présentent par places (à Lill) des masses noires, brillantes, à surfaces gauches très-lisses, d'un aspect tout-à-fait graphitique. Les schistes, souvent très-analogues à la grauwaque à grain fin, se distinguent de cette dernière par la faible puissance de leurs lits, comme aussi par la schistosité très-développée qu'ils présentent, et qui rend assez difficile l'étude de leurs directions. On y observe fréquemment de la pyrite, tantôt en fines imprégnations, tantôt en feuillets ou en rognons; on y trouve aussi du jaspé rouge, de l'oxyde de fer argileux en veinules ou en masses.

Au jour, au N.-O. du puits Ferdinand, les schistes se terminent par un escarpement d'environ 60 mètres de haut,

très-remarquable parce qu'il est isolé et ne fait partie d'aucune série de hauteurs; il est composé d'une roche très-tenace et caractérisée par la présence de noyaux orbiculaires feldspathiques, noyés dans une pâte schisteuse. Cet escarpement borde un ravin où commencent les couches de grauwacke II, qui s'élèvent rapidement vers le N.

Au N., le long de la grauwacke II, les schistes II présentent une direction N. 47° E. et un plongement 70° N. Le long de la grauwacke I, ils affectent, à l'O. et à l'E. de Birkenberg, vers Bohutin d'une part, vers Duschnik de l'autre, la même direction N. 47° E. et un plongement 72° N. Mais à Birkenberg, cette direction s'infléchit vers l'E.; ils présentent là une zone nettement influencée par une direction N. 60° E.; on peut constater cette influence dans les mines de Birkenberg et même dans celles de Ferdinand et Lill. Seulement, dans ces deux derniers districts, les lits observés présentent un plongement 55° S., qui semble affecter la partie médiane de la zone des schistes II.

Postérieurement aux plissements généraux du bassin, divers glissements se sont produits dans les schistes II, et ont donné naissance à deux failles d'une espèce spéciale, désignées sous les noms de Kieskluft et de Lettenkluft.

La Kieskluft est voisine de la frontière N. des schistes II; elle en affecte la direction N. 47° E. et le plongement 70° N., présente au toit et au mur des surfaces de glissement très-planes et très-lisses, et a pour remplissage environ 2 mètres de schistes complètement effrités et pyriteux, qui lui ont valu son nom.

La Lettenkluft sépare, à Birkenberg, les schistes II de la grauwacke I; elle a pour direction très-constante N. 56° E. et pour plongement 75° N.; ce n'est, à proprement parler, qu'un glissement irrégulier des schistes sur la grauwacke en concordance de stratification. Mais ce glissement est

postérieur aux filons métallifères qu'il rejette inégalement; son remplissage, d'une puissance maximum de 2 mètres, se compose aussi de schistes réduits par un frottement énergétique en argiles étirées.

Les schistes II, près de Birkenberg, sont ainsi compris entre deux glissements plongeant tous deux vers le N., ce qui semblerait indiquer un affaissement du plateau dans ce sens. Les géologues allemands ont beaucoup discuté sur la nature de ces glissements auxquels on ne peut donner le nom de failles, puisqu'ils suivent non-seulement la direction, mais aussi le plongement des couches. Il importe seulement de constater dès à présent l'âge relatif de ces mouvements, nécessairement postérieurs au remplissage des filons métallifères qu'ils disloquent nettement. On ne peut donc en rapporter l'origine aux premières révolutions qui ont plissé le plateau, et l'on doit plutôt les considérer comme des sortes de réouvertures.

§ 4. *Grauwacke I.* — Ce que nous avons dit de la grauwacke II s'applique à la grauwacke I qui lui ressemble beaucoup. On y observe plus souvent des roches à gros éléments passant au conglomérat. Les conglomérats se rencontrent le plus fréquemment à la séparation des schistes et des grauwackes; au voisinage de cette même séparation, on trouve par places des blocs de schistes quartzeux à angles aigus. Le ciment des conglomérats est généralement argileux, d'une faible consistance; l'élément quartzeux, fréquent dans les grauwackes, s'y rencontre rarement (*). Il est naturel, en effet, que, dans les points où l'on constate une moindre usure de l'élément quartzeux, le ciment de la roche soit plus riche en feldspath et moins tenace.

La grauwacke I présente le long des schistes II les mêmes directions et les mêmes plongements que ces derniers; les nombreuses observations que nous avons relevées dans les

(*) *Die Erzniederlage bei Przibram*, von J. Grimm, p. 17.

mines de Birkenberg donnent des directions qui oscillent entre N. 55° E. et N. 65° E. A mesure que l'on s'éloigne de la Lettenkluff, les couches se redressent de plus en plus; puis elles plongent vers le Sud. C'est ainsi que près du puits Maria, la moyenne des plongements que nous avons relevés nous donne à la Kaiserstollen 60° S., au 20^m étage 70° S. Le long des schistes I, la grauwacke plonge de nouveau vers le Nord et se dirige N. 35° E.

Nous voyons ici une confirmation de l'hypothèse présentée plus haut § 1, qui consisterait à attribuer à la grauwacke I une forme de selle renversée, dont les deux séries d'élévations du Heiliges Berg d'une part, et de Birkenberg de l'autre, représenteraient les parties relevées.

La schistosité est généralement très-nette dans la grauwacke; on peut dire qu'elle est presque toujours perpendiculaire à la direction des couches. Ainsi dans la zone qui comprend la chaîne du Heiliges Berg, une série d'observations des cassures de la grauwacke nous a donné pour moyenne N. 128° E., direction perpendiculaire, à 4° près, à celle que nous avons assignée aux couches de cette zone. Le même fait s'observe pour la grauwacke des environs de Birkenberg; la schistosité y oscille autour de la direction N. 152° E., qui est, à 2° près, perpendiculaire à l'orientation moyenne des couches N. 60° E.

La grauwacke renferme encore d'autres cassures; mais leur étude se rattache si intimement à celle des filons que nous la passerons ici complètement sous silence.

§ 5. *Schistes I.* — Ces derniers reposent sur le granite qui, en bien des points, les a incontestablement déchirés en les soulevant. Très-métamorphisés au voisinage de celui-ci, ils passent souvent par gradations insensibles au micaschiste, au gneiss, à la pegmatite graphique, puis enfin au granite.

La limite entre la grauwacke I et les schistes I suit très-sensiblement au voisinage de Przibram une direction N. 35° E.; mais la direction de leurs lits est singulièrement

difficile à déterminer près du granite, et cela pour deux raisons: d'une part à cause de la difficulté de distinguer les lits de la schistosité, dans une zone où la pression a été si violente; d'autre part, parce que la frontière du granite, dont la direction générale est si nette, présente, quand on ne considère qu'un petit espace, de nombreux accidents que les schistes paraissent suivre le plus souvent.

C'est ainsi qu'à l'est de Haté, la frontière granitique forme un sinus dont les côtés semblent perpendiculaires à la direction générale, qui est aussi celle du fond même de ce sinus. Les schistes I présentent en ce point un double intérêt:

1° La direction de leurs lits, près du côté ouest du sinus, est N. 175° E., avec un plongement 20° O.; ils ont en outre une schistosité et des fentes dirigées N. 90° E.

2° Ils contiennent de plus vers Bitis quelques lits d'un conglomérat à grosses parties, qui, séparé du granite, à l'Ouest et au Sud, par une mince bordure de schistes, repose directement sur lui vers l'Est (*).

On voit là une confirmation des deux faits que nous avons avancés plus haut: d'une part les schistes tendent à suivre la frontière de granite, même dans ses accidents locaux; ils reposaient donc sur lui en stratification concordante à l'époque où il s'est soulevé. D'autre part le granite les a déchirés par places en se soulevant.

Nous pouvons citer encore un exemple de ce mode de soulèvement du granite; au sud de Bohutin, on suit une sorte de dyke granitique qui, se détachant de la grande masse, s'avance dans les schistes I perpendiculairement à leur direction.

§ 6. *Granite.* — La grande masse de granite qui constitue la majeure partie du sud-est de la Bohême, commence

(*) Grimm.

à peu de distance de Prziham; son aspect, sa structure et sa composition sont assez variables. Tantôt il est à grandes parties (Eule, Skalsko), tantôt à grains fins, tantôt enfin il passe au porphyre feldspathique. Il contient souvent deux feldspaths et deux micas.

Le granite alterne fréquemment en bandes régulières avec de vrais rubans de gneiss (*). D'autres fois, il passe à celui-ci par gradations insensibles et semble devoir être rangé dans la catégorie des roches métamorphiques.

Les minéraux accidentels sont assez fréquents dans le granite; au voisinage des filons de diorite qui, comme nous le verrons plus loin, le traversent en grand nombre, il renferme de grands cristaux de hornblende, et passe à la syénite. Il n'est pas rare d'y trouver des taches de tourmaline en baguettes rayonnées, surtout au voisinage des schistes, et des points où le métamorphisme a dû spécialement agir. On y rencontre aussi du grenat et de la pyrite. Enfin l'or y est disséminé partout et a donné lieu autrefois à des exploitations importantes (lavages de sables aurifères, filons de quartz aurifères et antimonifères).

Le granite présente par places des cassures régulièrement orientées qui semblent le diviser en bancs verticaux dont la direction moyenne est N. 34° E.; c'est aussi celle qui semble affecter les lambeaux de schistes très-métamorphisés, analogues à ceux des environs de Mies, que l'on observe noyés dans le granite des environs de Prziham. C'est ainsi qu'à 8 kilomètres au sud de cette ville, au delà de Sduchowitz, le granite passe au micaschiste, puis à des schistes amphiboliques et quartzeux, isolant çà et là des rognons de quartz. Ces schistes, qui forment là les bords escarpés d'un coude de la Moldau, ont un aspect fibreux très-remarquable; les espèces de baguettes amphiboliques dont ils se composent

(*) Grimm, *l. c.*, p. 43.

(**) Grimm, *l. c.*, p. 41.

sont à peu près horizontales, parallèles en même temps à la schistosité et aux lits que d'ailleurs on peut difficilement distinguer: ces baguettes ont pour direction N. 36° E, et se terminent à des cassures très-régulières, espacées de 0^m,60 à 0^m,80, qui leur sont à peu près perpendiculaires; on y a trouvé un lit riche en pyrite un peu cuprifère aux bords mêmes de la Moldau.

Nous verrons plus loin que les schistes très-anciens des environs de Mies (étage A de M. de Barrande) présentent une grande analogie avec ceux de Sduchowitz et affectent aussi la direction N. 34° E. à l'exclusion de toute autre.

Nous avons déjà vu que les terrains plus récents, qui constituent le plateau silurien aux environs immédiats de Prziham (étage B de M. de Barrande), présentent par places le retentissement d'un soulèvement à 60°, dont on trouve la manifestation la plus remarquable dans cette longue frontière rectiligne qui termine au N.-O. le granite de la Bohême; nous pensons que cette direction, postérieure à la première, est due à un soulèvement en masse du plateau granitique, soulèvement accompagné d'un second épanchement.

Nous trouvons la confirmation de cette hypothèse dans les observations suivantes:

1° On trouve dans les schistes I, au voisinage de leur frontière sud, des morceaux de granite, ce qui s'explique tout naturellement si l'on admet que le granite a d'abord constitué le fond de la cuvette dans laquelle se sont déposés les schistes. Mais on trouve aussi dans certaines parties du granite, à sa frontière nord (à l'est de la route de Brod à Milin), des morceaux grauwackeux à angles aigus, englobés dans la pâte granitique, ce qui ne peut s'expliquer que par une formation de granite postérieure au dépôt même de ces schistes. Ce fait est d'autant plus frappant qu'en ces mêmes points, le granite passe lentement et par gradations insensibles au gneiss et enfin aux schistes. Or la présence

même de morceaux de ces derniers dans le granite indique une action violente, un bouleversement de ces schistes; et comme toute autre trace de ce bouleversement (faille séparatrice nette) a disparu, il faut conclure à une action métamorphique postérieure, c'est-à-dire non-seulement à un soulèvement des roches plus anciennes, mais encore à une nouvelle formation granitique.

2° C'est sans doute aux mêmes phénomènes qu'il faut rapporter les plissements à angle droit dont nous avons déjà donné quelques exemples, § 5, et qui semblent former un réseau de rides sur le fond de la cuvette de granite. Le plus intéressant de ces dykes de granite, noyés dans les schistes ou la grauwacke, est celui que nous offre la mine de Bohutin, qui occupe la bordure nord de la grauwacke I et doit se trouver au voisinage des schistes II et du prolongement de la Lettenkluft (Pl. III. fig. 1). Une galerie de recherche poussée vers le N.-O., au premier étage (50 mètres de profondeur) au N. du puits Litawka, a rencontré un filon de granite séparé de la grauwacke métamorphisée par une faille argileuse de 1 mètre de puissance, d'une direction N. 47 E., plongeant 75° N.; la galerie se prolonge et se termine dans le granite, qui, d'abord schisteux, devient bientôt compacte. Plus loin, au nord du puits Hammer, dans la même mine, on a suivi la faille séparant les deux roches; la grauwacke d'abord à grain fin, un peu micacée, prend à quelques mètres du granite un aspect bréchiiforme, porphyroïde, puis elle passe à un gneiss dioritique très-tenace qui forme le mur. Ce dyke de granite, dont la puissance est encore inconnue, n'est pas visible au jour; il y est recouvert de diluvium.

§ 7. *Diorites, grünsteins et kersantons.* — La diorite et le grünstein apparaissent presque à chaque pas dans les environs de Przibram, sous la forme de dykes ou de filons injectés; la grauwacke I en contient environ un par zone de cent mètres. Plus irrégulièrement espacés dans les autres

formations, ils semblent dans le granite se condenser en certains points: c'est ainsi que, dans les environs de Yablona, on en croise une multitude. Leur puissance très-variable oscille entre 1 mètre et 60 mètres. Ce sont des diorites à grain plus ou moins prononcé, composées de feldspath et de hornblende, et contenant une certaine quantité de chaux en partie transformée en carbonate (*).

Les grünsteins ont généralement une couleur uniforme gris-noirâtre ou verdâtre; dans le granite on trouve des diorites beaucoup plus franchement cristallisées que dans les couches siluriennes; alors la pâte n'est plus uniformément colorée, et le feldspath devient blanc tandis que la hornblende s'isole en gros cristaux noirs; la pyrite les accompagne très-fréquemment, et d'ordinaire ces roches font effervescence tout comme les grünsteins, à grain fin.

Diorites et grünsteins présentent par place du mica, et l'on trouve toutes les transitions entre les feldspaths amphiboliques et les feldspaths simplement micacés ou kersantons. Ces derniers constituent aussi des filons caractérisés, dont nous avons vu des exemples remarquables dans les schistes II (Lill), et dans le granite (route en déblai, entre Ober-Hbyt et Yablona (**)). Ces kersantons présentent une pâte feldspathique noirâtre avec mica bronzé largement développé, le tout constituant une roche élastique, excessivement tenace; elle fait aussi effervescence, et laisse plus de 50 p. 100 de son poids se dissoudre dans l'acide chlorhydrique concentré.

C'est donc un caractère commun aux diorites, diabases et kersantons de Przibram, que cette richesse en chaux plus ou moins transformée en carbonate, et s'isolant en veimules sous cette forme; c'est à la présence de l'anorthite dans ces

(*) Grimm, l. c., p. 25.

(**) Grimm, notes inédites.

roches qu'il faut probablement rapporter ce caractère.

Quelquefois séparés de la grauwacke encaissante par des fentes argileuses à parois nettes, les grünsteins se fondent le plus souvent d'une façon insensible avec leurs salbandes, de telle sorte qu'il est très-difficile de distinguer la grauwacke, devenue verte et amphibolique, du grünstein proprement dit. On peut jusqu'à un certain point, dans la mine, les distinguer par la différence de dureté des roches; la grauwacke quartzeuse est dure, le grünstein à élément calcaire est plus friable, et le marteau donne sur ses cassures fraîches des traces blanches.

Antérieurs aux filons métallifères qui les traversent et les rejettent, les grünsteins se décolorent au voisinage des veines concrétionnées, et perdent alors la propriété de faire effervescence. On trouve des grünsteins présentant une décomposition encore plus avancée, surtout aux points de croisement avec les affleurements de filons métallifères; le grünstein se transforme alors en argile très-douce au toucher, dans laquelle on distingue encore par place des cristaux de hornblende; de gros rognons d'hématite brune se sont isolés dans ces argiles, et y forment des chapelets réguliers qu'on exploite comme minerai manganésifère (Zezic, Haté, dans la grauwacke I). Enfin on extrait du kaolin, aux environs de Hlubosch, dans la grauwacke II, de deux affleurements dioritiques complètement décomposés, quoique leur structure cristalline soit encore reconnaissable au microscope (*).

Il arrive fréquemment de trouver des fragments de diorite ou de grünstein complètement englobés dans le granite; on remarque à la surface des blocs de cette dernière roche de petites protubérances arrondies faisant saillie. Cassées au marteau, elles laissent voir une pâte feldspathi-

(*) Grimm. *Berg- und Hüttenmannisches Jahrbuch der K. K. Bergakademien etc.*, t. XII, 1865.

que verte avec petits cristaux de hornblende. La diorite étant évidemment postérieure au granite, puisqu'elle est en filons dans cette roche, il faut admettre un ramollissement du granite pour expliquer ce fait. Cette espèce de métamorphisme expliquerait aussi pourquoi l'on trouve des cristaux de feldspath très-développés dans le grünstein et des cristaux de hornblende dans le granite: il y a passage continu d'une roche à l'autre par l'intermédiaire de ces deux minéraux. Inversement on trouve des morceaux de granite dans les filons de diorite, mais l'explication de ce fait ne présente pas de difficulté.

Quant à l'âge qu'il faut assigner à la venue de ces roches dioritiques, nous en avons déjà indiqué une limite supérieure: tous les filons métallifères les coupent, les rejettent et leur sont par conséquent postérieurs. La direction des épanchements de grünstein est très-variable, la plupart du temps très-difficile à déterminer, à cause de l'irrégularité de leur injection et de leur passage trop graduel à la roche encaissante. Cependant on observe dans le granite des faisceaux de filons de grünstein, de diorite et de kersanton, dont les affleurements font levée sur plusieurs centaines de mètres; leur direction très-nette est N. 111° E.; c'est aussi celles que présentent les salbandes de granite faciles à observer en plusieurs points.

Dans la formation silurienne, nos observations sont moins nettes; les filons de grünstein se présentent en telle quantité que leur étude a été jusqu'à présent négligée dans les mines de Przibram. Cependant, à Birkenberg, les galeries d'un même horizon sont assez multipliées pour que leurs intersections avec les grünsteins puissent fournir les alignements de ceux-ci. Nous avons tenté cette étude au dix-huitième étage des districts Anna-Prokopi et Maria-Adalberti (Pl. IV); elle nous a conduits à attribuer aux grünsteins de cette région, une direction comprise entre N. 45° E. et N. 55° E.

D'autre part si l'on consulte la carte géologique de la Bohême de M. F. Foetterle, on y trouve indiqués plusieurs grands épanchements dioritiques dirigés N. 60° E., particulièrement près de Beraun. Nous pensons que la plupart des filons de grünstein, dans les mines de Birkenberg, sont à rapporter à la même direction, légèrement déviée vers le Nord par les nombreux rejets que les filons métallifères leur font subir et aussi par les inflexions que de pareils dykes d'injection doivent éprouver en traversant des couches fortement inclinées et généralement dirigées N. 54° E.

Nous signalerons encore la direction N. 142° E., qui, bien que plus rare et s'appliquant à des dykes beaucoup plus courts, s'observe néanmoins dans les schistes II au débouché de la Kaiserstollen et près du puits Ferdinand, dans la grauwaacke I près du puits Stéfan à Bohutin.

§ 8. *Classification par ordre d'âge des directions ci-dessus mentionnées.* — Si nous cherchons à ranger par ordre d'âge les différents soulèvements que nous avons mentionnés jusqu'à présent, nous trouverons, en commençant par le plus ancien, la liste suivante :

1° *Direction N. 34° E.*

- a. Bancs du granite, et ses premières cassures.
 - b. Schistes de Sduchowitz.
 - c. Grauwaacke I et schistes I (chaîne du Heiliges-berg).
- Nous retrouverons aussi cette direction dans les schistes de Mies.

2° *Direction N. 60° E.*

- a. Soulèvement du granite le long des schistes I.
- b. Grauwaacke I et schistes II à Birkenberg.
- c. Grauwaacke II et couches supérieures à cette dernière (chaîne de montagnes des environs de Hlubosch).

C'est à cette direction que nous croyons devoir rapporter le plissement qui a fait reparaître deux fois les schistes aux environs de Przibram; la direction moyenne de la bande

des schistes II, N. 47° E., serait dans cette hypothèse une combinaison du premier soulèvement avec celui qui nous occupe.

3° *Direction N. 111° E.*

a. Filons de diorite, de grünstein et de kersanton dans le granite et dans les grauwaackes.

b. Filons d'antimoine sulfuré et de quartz aurifère dans le granite ?

Les filons dioritiques se présentent aussi suivant deux autres directions, comme nous l'avons vu § 7 : la première, N. 60° E., est à rapporter au deuxième soulèvement du granite; la seconde, N. 142° E., représente des fentes moins importantes, sur la direction desquelles nous reviendrons à propos des systèmes de montagnes, et que nous serons amenés à considérer comme antérieures aux deux autres.

4° Tous les soulèvements précédents sont nettement antérieurs aux filons métallifères; mais leurs réouvertures, dont nous avons dit quelques mots à propos de la kieskluft, N. 47° E., et de la lettenkluft, N. 56° E., sont postérieures à ces mêmes filons.

Les directions des veines métallifères, qui nous restent à étudier, seront donc à rapporter à des accidents géologiques, compris entre ces deux limites d'âge.

SECTION II.

DES FILONS MÉTALLIFÈRES, DE LEUR REMPLISSAGE
ET DES REJETS STÉRILES.

CHAPITRE I.

DIRECTIONS ET AGE RELATIF DES FILONS.

§ 1. *Directions des filons à Przibram.* — Le remplissage sulfureux métallifère est, à Przibram, arrivé le premier et se retrouve invariablement dans tous les filons découverts jusqu'à présent: il n'y a donc point ici de croiseurs proprement dits, et les remplissages postérieurs seront uniquement à attribuer à des réouvertures.

Les filons, très-nombreux, affectent des directions très-variables; il y a donc beaucoup de points de croisement à examiner, mais ils sont en général pauvres, souvent même stériles et argileux. Les rejets, rarement nets, ne sont pas considérables, ou semblent indiquer un tassement du mur et non du toit; car la règle de l'angle obtus est parfois en défaut.

Enfin le remplissage riche a, par places, suivi les chemins les plus capricieux, passant d'une fente à une autre, et laissant stérile le prolongement de la première. Les mineurs ont naturellement suivi le remplissage et donné un seul nom à une série de fentes, qui sont loin de constituer un seul filon.

Néanmoins on parvient à classer les filons métallifères de Przibram en quatre séries de directions et d'âges différents. Nous avons déterminé la direction moyenne de chaque groupe par deux procédés distincts:

a. Nous avons relevé avec soin, dans les mines, les points

entre lesquels on peut sans hésitation considérer les filons comme continus, à quelque système qu'ils appartiennent.

b. Nous avons joint par une ligne droite les points extrêmes des filons connus et exploités sur une certaine longueur; malgré la remarque que nous avons faite plus haut sur le peu d'homogénéité de certaines veines, qui sont composées d'une série de filons, on peut cependant avancer que chacune d'elles suit de préférence un faisceau de fentes ayant une direction et un plongement bien déterminés, et les moyennes ainsi obtenues doivent confirmer celles que nous fournit la première méthode (*).

Les directions se rangent d'elles-mêmes en quatre groupes différents, et d'ailleurs les intersections confirment cette classification, ainsi que nous le verrons plus loin.

1° *Filons H₉₋₁₀.*

a. *Moyenne des directions observées dans les mines, N. 137° E.* Elle porte sur une longueur totale d'environ 3000 mètres, et comprend des tronçons de filons étudiés principalement aux 5, 15, 17, 18, 19, 20° étages des districts d'Anna-Prokopi et Maria-Adalberti.

b. *Direction générale des veines suivant de préférence le système H₉₋₁₀.*

DISTRICTS MINIERS.	NOM DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
Anna-Prokopi. . .	Caroline.	N. 130° E.	76° O.
	Johanni.	140	75° E.
	Katharina.	145	70° E.
	Prokopi.	140	74° E.
	Michaëli.	144	85° E.
Maria-Adalberti. . .	Alois.	144	80° E.
	Moyenne.	140° 30'.	

Les filons de ce groupe, très-nombreux à Przibram, quoique beaucoup moins développés que ceux des autres systèmes, se présentent dans toutes les parties du champ

(*) Voir *Kurze Uebersicht des Silber-und Bleibergbaues bei Przibram*, par G. Faller, p. 6.

de cassure explorées jusqu'à présent: on en peut signaler

Zadek, dans la grauwacke II. Mais ils n'ont été suivis et exploités régulièrement qu'à Birkenberg; on peut même dire qu'en profondeur deux d'entre eux seulement semblent garder une certaine importance; ce sont Caroline et Johann dont on remarquera les plongements opposés. Nous aurons néanmoins occasion de signaler plus bas, même aux étages inférieurs (18 à 24^e étage), le nombre considérable de veines de cette direction, que l'exploitation n'a pas suivies.

2^e Filons H₁₁₋₁₂.

a. Moyenne des directions observées dans les mines N. 170° E. Elle porte sur une longueur totale d'environ 1 500 mètres et comprend des filons principalement étudiés aux 17, 18, 19, 20, 22^e étages des districts d'Anna-Prokopi et Maria-Adalberti, et aux étages supérieurs des districts de Lill et Ferdinand.

b. Direction générale des veines suivant de préférence le système H₁₁₋₁₂.

DISTRICTS MINIERS.	NOMS DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		degrés.	degrés.
Anna-Prokopi.	Eusebi.	N. 175 E.	74 O.
	Francisci.	168	78 E.
	Sigismundi.	168	82 E.
Maria-Adalberti.	Adalberti-Hangend.	168	82 E.
	Mörder.	177	85 E.
Lill.	Trum(*) d'Ob. Schwarzgrübner.	170	E.
Ferdinand.	Haasen.	176	E.
Florentini-Zezic.	Wilhelm.	168	E.
	Moyenne.	171° 15'	

Les deux représentants les plus remarquables de ce système sont Eusebi et Francisci, dont les plongements sont opposés, et qui se croisent au 17^e étage suivant une intersection à peu près horizontale.

3^e Filons H₀₋₁.

(*) Les mineurs allemands appellent *trum* toutes les veines métallifères qui se détachent d'un faisceau principal.

a. Moyenne des directions observées dans les mines N. 8° E. Elle porte sur une longueur totale de 5 000 mètres, et comprend des filons surtout étudiés aux étages profonds.

b. Direction générale des veines suivant de préférence le système H₀₋₁.

DISTRICTS MINIERS.	NOMS DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		degrés.	degrés.
Anna-Prokopi.	Kreuzkluft.	N. 3 E.	70 O.
	Wenzler.	8	75 E.
Maria-Adalberti.	Adalberti-Hauptg.	8	75 à 80 E.
	Fundgrübner.	10	76 E.
Lill.	Ob. Schwarzgrübner.	8	E.
	Unt. Schwarzgrübner.	8	E.
Orkolnow.	Josephi.	3	72 E.
	Wolfgang.	7	75 E.
Ferdinand.	Franz-Joseph.	10	E.
	Moyenne.	6° 46'	

Ces filons, qui ont été suivis d'une façon beaucoup plus continue que ceux des systèmes précédents, sont surtout représentés par deux longs faisceaux, Adalberti Hauptgang à Birkenberg, et Wolfgang à Orkolnow. Il faut leur rapporter quelques-uns des affleurements ferrugineux exploités à Zezic.

4^e Filons H₁₋₂.

a. Moyenne des directions observées dans les mines, N. 24° E. Elle porte sur une longueur totale d'environ 2 500 mètres, et comprend des filons principalement étudiés, pour les étages supérieurs, dans les mines d'Orkolnow, de Bohutin, et de Ferdinand, et pour les étages inférieurs, dans les districts de Birkenberg.

b. Direction générale des veines suivant de préférence le système H₁₋₂.

DISTRICTS MINIERS.	NOMS DES FILONS.	DIRECTION.	PLONGEMENT.
		Degrés. N. 25 E.	Degrés.
Anna-Prokopi.	Anna.	18	70 O.
	Barbara.	18	63 O.
Maria-Adalberti.	Widersinniger.	18	variable
	Maria.	18	73 E.
	Wenzler.	25	71 E.
Orkolnow.	Schefsiner.	18	75 E.
	Mariabiff.	18	69 E.
Ferdinandi.	Strachen.	29	70 E.
Bohutín.	Clementi.	18	85 E.
	Moyenne.	20.47	

Tous les filons de ce système, suivis dans les étages profonds, plongent vers l'Est; ils sont surtout remarquables dans la mine d'Orkolnow et dans celle de Ferdinand, par leur grande étendue et leur continuité. Il faut aussi rattacher à ce groupe les affleurements de Kwetna et de Haté, que l'on peut suivre sur une longueur de plusieurs kilomètres.

§ 2. De l'âge relatif des filons métallifères. — Les intersections des filons de ces différents systèmes nous ont conduits à les ranger dans l'ordre d'âge suivant : filons H_{9-10} , H_{11-12} , H_{0-1} , H_{1-2} . Nous avons toujours trouvé que lorsqu'il y avait rejet, les premiers étaient rejetés par tous les autres, les seconds par les deux derniers, et ainsi de suite. Nous allons donner des exemples de ces diverses intersections.

DISTRICT.	ÉTAGE (**)	FILON REJETANT.		FILON REJETÉ.		COORDONNÉES (*) de l'intersection.	
		Nom.	Direction.	Nom.	Direction.	x	y
FILONS H_{9-10}.							
<i>Intersection avec les filons H_{11-12}.</i>							
Anna-Prokopi.	14	Eusebi-Liegendtrum.	N. 174 E.	Francisci Liegend.	N. 135 E.	degrés.	mètres.
Id.	15-16	Eusebi.	170	Katharina.	144	+ 161	+ 45
Id.	17	Id.	173	Trum d'Eusebi.	148	+ 27	+ 45
Id.	18	Id.	173	Trum de Francisci.	132	+ 78	+ 47
Id.	18	Id.	163	Caroline.	132	+ 202	+ 84
Id.	19	Trum de Wenzler.	165	Johanni.	140	+ 240	- 135
Id.	21	Francisci.	170	Trum de Francisci.	142	"	"
Lill.	5	Unterer Schwarzg.	173	Tr. d'Unt. Schwarzg.	140	"	"
<i>Intersection avec les filons H_{0-1}.</i>							
Anna-Prokopi.	17-18	Wenzler.	8	Johanni.	140	+ 231	- 126
Id.	19	Eusebi.	8	Kreuzkluft.	142	+ 12	+ 55
Id.	20	Eusebi-Hangend.	10	Trum d'Eusebi.	142	+ 219	+ 108
Id.	20	Eus. et Fundgrübner.	6	Id.	141	+ 288	+ 84
Maria-Adalberti.	22	Trum d'Adalbert.	4	Trum d'Adalbert.	150	+ 330	+ 178
<i>Intersection avec les filons H_{1-2}.</i>							
Anna Prokopi.	5	Wenzler.	20	Johanni.	136	+ 115	- 18
Id.	14	Id.	18	Trum de Francisci.	143	- 102	+ 17
Id.	15	Id.	18	Caroline.	130	+ 90	- 88
Id.	17	Trum d'Eusebi.	21	Trum d'Eusebi.	145	+ 150	+ 75
Id.	17	Id.	28	Id.	140	+ 150	+ 75
Id.	20	Maria.	25	Id.	143	+ 88	+ 76
Id.	20	Trum d'Eusebi.	24	Id.	141	+ 312	+ 84
FILONS H_{11-12}.							
<i>Intersection avec les filons H_{0-1}.</i>							
Maria-Adalberti.	5	Maria.	9	Adalberti Hangend.	173	- 360	+ 346
Id.	8	Trum d'Adalbert.	12	Tr. d'Ad. Liegend.	173	0	+ 313
Id.	20	Id.	9	Id.	165	"	"
Id.	21	Adalbert Liegend.	6	Id.	175	+ 255	+ 273
Id.	22	Id.	10	Id.	170	- 561	+ 355
Id.	22	Maria.	7	Trum de Maria.	170	- 642	+ 334
Id.	22	Trum d'Adalbert.	12	Trum d'Adalbert.	174	- 24	+ 235
<i>Intersection avec les filons H_{1-2}.</i>							
Anna-Prokopi.	15	Trum de Francisci.	18	Kreuzkluft.	160	+ 99	+ 92
Id.	17	Trum de Kreuzkluft.	18	Id.	163	+ 6	+ 57
Id.	18	Wenzler.	23	Trum de Wenzler.	173	+ 231	- 129
Maria-Adalberti.	5	Adalbert Hauptgang.	26	Adalbert Hangend.	168	- 147	+ 386
Id.	5	Maria.	27	Trum de Maria.	172	- 408	+ 370
Id.	5	Adalbert Hauptgang.	28	Trum d'Adalbert.	170	- 60	+ 370
Id.	5	Widersinniger.	26	Fundgrübner.	172	+ 18	+ 244
Id.	8	Trum d'Adalbert.	28	Tr. d'Ad. Liegend.	163	0	+ 313
Ferdinandi.	Kais.	Strachen.	29	Haasen.	176	"	"
Bohutín.	1	Clementi.	28	Trum de Clementi.	170	"	"
FILONS H_{0-1}.							
<i>Intersection avec les filons H_{1-2}.</i>							
Anna-Prokopi.	18	Eusebi Hauptgang.	24	Trum d'Eusebi.	3	+ 180	+ 84
Id.	19	Trum d'Eusebi.	22	Id.	7	+ 306	+ 84
Id.	20	Id.	19	Eusebi.	3	+ 192	+ 108
Id.	20	Fundgrübner.	23	Eusebi Hangend.	5	+ 219	+ 108
Id.	20	Eusebi.	23	Id.	5	+ 219	+ 108
Id.	20	Trum d'Eusebi.	24	Eusebi.	6	+ 330	+ 77
Id.	20	Id.	24	Fundgrübner.	6	+ 230	+ 77
Ferdinandi.	Kais.	Strachen.	29	Franz.	10	"	"

(*) L'origine des coordonnées est au puits Prokopi; l'axe des x va S. N., l'axe des y E. O.

(**) Voir Pl. III, fig. 2, la cote en mètres des divers étages au-dessous de la recette du puits Prokopi.

§ 5. — *Directions métallifères accidentelles, dues à l'influence des roches encaissantes.* — Les filons métallifères de Przibram se rapportent tous aux quatre groupes précédemment étudiés; on rencontre cependant par place des tronçons de filons dont les directions sont intermédiaires. Ces accidents ne se présentent pas isolément, mais se reproduisent obstinément en certains points, et quoique la somme des longueurs des veines qui en sont affectées soit insignifiante, si on la compare à l'ensemble des filons explorés, il convient néanmoins de les étudier à part, et de donner les raisons pour lesquelles nous les rattachons aux systèmes précédents.

Ces accidents se rapportent à l'une des trois directions N. 34° E., N. 150° E., N. 111° E., et s'expliquent par l'influence locale des soulèvements antérieurs qui ont plissé ou amené les roches encaissantes.

1° *Direction accidentelle. N. 34° E.* — Cette direction très-rare se rattache toujours à la direction N. 24° E.; ce sont des ramifications détachées des filons H₁₋₃, et pénétrant les lits ou les fentes de la grauwacke. Nous n'avons à citer que deux exemples de cette direction :

a. *District de Bohutin.* — Le filon Clementi H₁₋₂, très-régulier et suivi sur une grande longueur rectiligne, détaché près du puits Stéfan une veine irrégulière appelée Ludmila, dirigée N. 34° E., et dont le remplissage disparaît complètement en profondeur ad 10° étage.

b. *District Maria-Adalberti.* — Le filon Adalbert-Haupt au 5° étage passe de la direction N. 24° E. à une direction N. 36° E. qu'il suit sur une longueur de plusieurs mètres; il se divise d'ailleurs, en ce point, en plusieurs branches, toutes influencées par la direction des lits de grauwacke.

Nous verrons plus loin, à propos des rejets, que la grauwacke, dans les points où elle se rapproche de la direction N. 60° E., influence les filons qui la traversent d'une façon analogue; mais les choses se compliquent alors de rejets,

ce qui n'a pas lieu pour la direction N. 54° E. qui n'a pas subi de véritable réouverture.

2° *Direction accidentelle N. 150° E.* — Cette direction a une certaine importance à Przibram et doit être rapportée à l'influence de la schistosité de la grauwacke dans les parties où elle a été soulevée par le système N. 60° E. Ce sont les filons H₉₋₁₀ qui généralement s'infléchissent pour suivre cette schistosité; nous avons cependant observé le cas de filons H₁₁₋₁₂ dont la direction a été altérée par la même cause; c'est ainsi que nous avons d'une part des exemples de filons N. 150° E. rejetés par les filons H₁₁₋₁₂ et se rapportant aux faisceaux à 140° dont ils forment le prolongement continu, et d'autre part des rejets de filons H₉₋₁₀ par les mêmes fentes N. 150° E. lesquelles doivent alors être rapprochées du système H₁₁₋₁₂.

3° *Direction accidentelle N. 111° E.* — Les filons H₉₋₁₀ s'infléchissent souvent au voisinage des dykes de grünstein dirigés N. 111° E. : avant d'y pénétrer, ils suivent pendant quelques mètres la séparation de ces roches et de la grauwacke encaissante. On ne peut cependant considérer ces inflexions comme des réouvertures; nous n'avons pas à donner un seul exemple d'intersection et de rejet des filons métallifères à 111° avec les filons à 140°; au contraire, nous avons pu constater que les premiers tout comme les filons H₉₋₁₀ sont rejetés par les autres groupes cités plus haut.

DISTRICTS.	ÉTAGE.	FILON REJETANT.		FILON REJETÉ.	
		Nom.	Direction.	Nom.	Direction.
Anna-Prokopi.	17	Wenzler.	degrés. N. 26 E.	Caroline.	degrés. N. 112 E.
Idem.	21	Francisci.	169	Trum de Francisci.	113
Maria-Adalberti.	7	Fundgrübner.	2	Alois.	116

CHAPITRE II.

DU REMPLISSAGE ET DES RÉOUVERTURES.

§ 1. — *Caractères généraux du remplissage.* — Les filons de Przibram présentent un type bien caractérisé des filons concrétionnés : le remplissage y est la plupart du temps en zones parallèles aux salbandes, et l'âge relatif des nombreux minéraux qui le composent se détermine assez nettement par ce seul caractère ; les pseudomorphoses sont en outre très-fréquentes (*), et leur étude permet de fixer avec plus de précision encore l'âge relatif des minéraux remaniés. Nous avons déjà eu occasion d'insister sur ce fait remarquable que les sulfures métallifères sont de la première venue à Przibram et se retrouvent invariablement dans tous les filons ; il n'y a donc pas de croiseurs proprement dits et l'étude minéralogique des différents filons n'établit pas entre eux de différences capitales. Cependant nous verrons plus loin que quelques-uns ont été spécialement le siège de réouvertures correspondant à des venues postérieures de baryte sulfatée et de calcite.

§ 2. — *Remplissage au point de vue géologique.* — On a trouvé jusqu'à présent dans les filons de Przibram 24 corps simples formant entre eux 64 combinaisons différentes. Nous les partagerons en trois groupes répondant tout à la fois à des phénomènes de réouverture et à des variations dans la nature chimique des émanations de la profondeur : — 1° *Venue sulfurée.* — Sulfures, arséniures, antimoniures

(*) Elles ont été l'objet d'un très-remarquable travail du docteur Em. Reuss :

Fragmente zur Entwickelungs geschichte der Mineralien. Über die Paragenese der auf den Erzgängen von Przibram einbrechenden mineralien. — Académie des sciences de Vienne. Séances du 10 juillet 1856 et du 15 janvier 1863.

de plomb, zinc, fer, cuivre, nickel, cobalt, argent. — Quartz, fer carbonaté. — Premier remaniement des sulfures métallifères. — 2° *Venue barytique.* — Baryte sulfatée. — 3° *Venue calcaire-dolomitique.* — Dépôts successifs de calcite et de dolomite, d'aspects et de cristallinité différents. — Second remaniement des sulfures. — Produits d'oxydation du fer, du plomb, du zinc, de l'antimoine. — Remaniement de la baryte, de la calcite et du quartz.

Venue sulfurée. — C'est la seule qui ait été métallifère à Przibram et les minéraux dont elle se compose présentent entre eux une association caractérisée. On les trouve généralement dans l'ordre de superposition suivant : 1° sur les salbandes, la blende ; 2° la galène ; 3° le quartz ; 4° le fer carbonaté. Mais cet ordre est aussi interverti et l'on peut même dire que le plus souvent le fer carbonaté forme plusieurs zones alternant avec la galène. Il n'est pas rare également de voir le quartz constituer un mélange très-intime, véritable quartzite, avec les sulfures métallifères.

La galène à Przibram est remarquablement antimoniale et argentifère ; la blende contient aussi de l'argent : il n'est donc pas étonnant que nous ayons à signaler comme faisant partie de cette première venue presque toutes les espèces minérales que nous présentent les combinaisons du soufre, de l'antimoine, du plomb, du fer et de l'argent. Le nickel, le cobalt, le cuivre et l'arsenic y existent aussi par places mais beaucoup plus rarement.

Le dépôt de toutes ces substances n'a été interrompu par aucun mouvement violent ; nous n'avons trouvé qu'une seule fois dans les schistes (District de Lill) une veinule de fer carbonaté traversant obliquement des rubans alternatifs de blende et de galène.

Venue barytique. — Au contraire, l'apparition de la baryte sulfatée dans les filons de Przibram a été précédée d'une dislocation violente du remplissage de la première venue. La direction suivant laquelle s'est faite cette réou-

verture est à rapporter au système H_{9-10} : en effet, bien que l'on puisse signaler dans tous les filons des traces de la venue barytique, elle ne se présente en quantité considérable que dans les filons H_{9-10} et particulièrement dans Johanni et Caroline.

Cette réouverture n'a pas produit de nouvelles fentes; du moins on m'a constaté jusqu'à présent aucun croiseur exclusivement barytique.

Venue calcaire. Tous les filons de Przibram contiennent aussi plus ou moins de calcite occupant le milieu de la veine; très-abondante en certains points, elle présente les traces non équivoques d'une réouverture: ainsi dans Eusebi, au dix-huitième étage, une masse puissante de calcaire, englobant des morceaux à angles aigus de remplissage sulfuré, occupe le toit du filon, et repose au mur sur une zone encore en place de ce même remplissage. Ces espèces de conglomérats dont le calcaire constituerait la pâte, ne sont pas rares, spécialement dans Eusebi et Adalbert.

D'autres preuves de la réouverture, qui a précédé la venue de la calcite, se trouvent dans les nombreuses fentes diagonales qui réunissent presque toujours deux filons de système différent dans l'angle aigu de leur croisement. Ces fentes, exclusivement remplies de calcite, coupent le remplissage sulfuré et viennent rejoindre le milieu calcaire des deux filons.

Nous avons eu occasion de faire remarquer la richesse en chaux des dykes de grünstein qui constituent si souvent la roche encaissante des filons métallifères. Dans ce cas, le grünstein est généralement traversé par de nombreuses fentes de peu d'étendue, qui constituent un réseau très-irrégulier dont le remplissage reproduit en petit celui des filons, et dans lesquelles le calcaire domine; plusieurs de ces fentes se prolongent à travers le remplissage sulfuré et leur chaux carbonatée va rejoindre celle du filon principal. Partout où le réseau pénètre, le grünstein est

très-altéré; il est devenu blanchâtre. On peut affirmer que la chaux enlevée aux grünsteins est la source principale, sinon exclusive, de la calcite à Przibram.

La venue calcaire s'est poursuivie pendant une assez longue période, et nous verrons plus tard que l'on distingue plusieurs dépôts successifs de calcite et de dolomite, différents par l'aspect et la forme cristalline.

Le remaniement des sulfures métallifères s'est prolongé jusqu'au commencement de cette période, et présente comme produit principal un second dépôt de galène très-discontinu, facile à distinguer de la première formation, et provenant d'une redissolution partielle de la galène primitive qui présente en effet, par places, des traces d'érosion.

L'argent se concentre de plus en plus, et se présente sous la forme d'antimonio-sulfures complexes, et à l'état natif, en même temps que les premiers produits d'oxydation des métaux les plus altérables apparaissent.

§ 5. *Remplissage au point de vue minéralogique.* — Nous donnerons d'abord la liste complète des minéraux rencontrés jusqu'ici dans les filons, en les rangeant suivant leur âge relatif (*), et distinguant les venues principales V des remaniements sulfurés S, oxydés O, et terreux C.

(*) Nous adoptons à peu près à cet égard le résultat des travaux de M. Em. Reuss.

Ordre d'âge.	ASSOCIATIONS.	MINÉRAUX.
1	V ₁	Blende I. Galène I. Jamesonite, boulangérite, bournonite, stéphanite, proustite, freieslebenite, miargyrite, antimonite, heteromorphite. Cuivre sulfuré, cuivre pyriteux, cuivre panaché, cuivre gris. Cloanite, nikéline. Mispickel.
	V _{1'}	Quartz. Fer carbonaté, manganèse carbonaté.
2	S ₁	Blende II, antimoine natif, arsenic natif, arsénure d'antimoine, et une partie des sulfo-antimoniures précédemment cités.
3	V ₂	Baryte sulfatée I.
4	V ₃	Calcite I, pyrite I, dolomite I.
5	V _{3'}	Calcite II, pyrite II.
	S ₂	Galène II, stéphanite, polybasite, proustite, pyrargyrite, feuerblende, antimonite.
6	O ₁	Markassite, pyrite magnétique.
7	V _{3''}	Géothite, lillite, cronstedtite.
	C ₁	Calcite III, dolomite II.
8	S ₃	Quartz II. Argent natif, argentite, millérite. Céruosite, pyromorphite, kampfylite, wulfénite. Azurite, malachite.
9	O ₂	Cobalt arséniate, annabergite. Kermésite.
10	C ₂	Smithsonite, calamine.
		Limonite, psilomélane, pyrolusite.
11	O ₃	Baryte sulfatée II.
12	C ₃	Valentinite, pechblende. Quartz III, Calcite IV, pyrite III.

Nous allons passer en revue les principaux minéraux de ce remplissage, en nous attachant à leurs caractères minéralogiques et chimiques.

Blende I. — Elle se présente en masses compactes d'un rouge brun, ou très-finement cristallisée dans les druses. La variété la plus sombre est ferrugineuse; la variété fibreuse contient en outre 1 à 2 p. 100 de cadmium et présente un éclat particulier (Przibramite). Cette teneur en cadmium peut s'élever jusqu'à 5 p. 100. La blende de Przibram est généralement argentifère: elle contient en moyenne 0,57 p. 100 d'argent.

Galène I. — C'est un sulfo-antimoniure de plomb et d'argent. La richesse en argent, très-variable, oscille entre 6,1 et 1 p. 100; elle présente cependant, pour un même dis-

trict une constance remarquable, comme l'indique le tableau suivant, lorsqu'on prend une moyenne relative à un laps de temps suffisant.

Teneur en argent de la galène pour 100 de plomb.

(Déduite d'essais par voie sèche.)

ANNÉES.	ADALBERT.	ANNA.	LILL.	BODUTIN.	ENSEMBLE.
1866-67	0,738	0,801	0,250	0,191	0,713
1867-68	0,744	0,770	0,202	0,195	0,719

Nous ferons deux observations au sujet de ces résultats:

1° La galène des mines de Birkenberg est environ trois fois plus riche en argent que celles des mines de Lill et de Bohutin; ces deux galènes sont cependant identiques au point de vue de l'âge et de la formation géologique.

2° L'étude des produits de la préparation mécanique donne une place à part au district d'Adalbert, c'est-à-dire au filon Adalberti-Haupt dont les minerais représentent les neuf dixièmes de la production totale du district. Ce dernier filon contient en effet une galène I d'une puissance extraordinaire (de 1 à 5 mètres), d'une grande homogénéité, et en définitive fort peu remaniée par les actions ultérieures. Elle donne à la préparation mécanique:

Des gros d'une teneur en argent de 0,75 p. 100 de plomb;
Des fins d'une teneur en argent de 0,73 p. 100 de plomb;

en un mot, des produits d'une richesse très-égale, et des combinaisons argentifères peu entraînaibles, faisant corps avec la galène. Au contraire les minerais du district d'Anna, provenant principalement du filon Eusebi, donnent, à la préparation mécanique:

Des gros d'une teneur en argent de 0,60 p. 100 de plomb;
Des fins d'une teneur en argent de 0,96 p. 100 de plomb.

Les combinaisons argentifères se sont en effet volontiers isolées dans le remplissage d'Eusebi, et forment sur la galène des zones séparées (Bournonite, Fahlerz). Ces différents minéraux s'émiettent aisément dans les diverses opérations de la préparation mécanique, et se laissent entraîner avec les produits les plus fins qu'ils enrichissent aux dépens des plus gros; il doit s'en perdre une quantité notable.

Il est intéressant de rechercher si la richesse des filons métallifères s'est sensiblement modifiée en profondeur. Nous donnons ici les résultats relatifs aux années 1856-57, 1865-66, non plus déduits des essais par voie sèche, mais bien des résultats pratiques, c'est-à-dire du rendement aux usines.

ANNÉES.	TENEUR EN PLOMB du minéral sortant de la mine pour 100.	TENEUR EN ARGENT pour 100 de plomb.
1856-57	2,27	0,755
1865-66	1,36	0,745

La teneur en argent de la galène est restée sensiblement constante, mais la teneur en galène du minéral a diminué d'un tiers environ, ce qu'il faut en grande partie rapporter aux progrès de la préparation mécanique qui permet d'utiliser des minerais plus pauvres. Dans ce laps de temps, les mines de Birkenberg dont la production constitue les dix-neuf vingtièmes de la production totale, se sont approfondies d'environ 200 mètres (600 à 800 mètres).

Dans les filons où la galène I se présente en masses puissantes, les surfaces de clivage se développent volontiers; c'est plutôt à la présence de l'antimoine qu'à celle de l'argent qu'il faut rapporter l'aspect grenu de la galène en certains points; la surface libre se termine par de gros cristaux cubiques avec modifications de l'octaèdre sur les angles. Ils présentent en bien des places des traces

d'érosion, et ont été souvent pseudomorphisés en tout ou en partie par la pyrite. Dans les filons de faible puissance qui ont subi des réouvertures énergiques, la galène présente un aspect feuilleté tout spécial; ses paillettes, orientées et comme laminées, rappellent le mica de certains gneiss.

Quartz I. — Il forme très-souvent avec la blende et la galène un mélange fort intime; mais il se présente aussi en formation isolée, recouvrant même le fer carbonaté d'une mince couverture de petits cristaux incolores à un seul pointement.

Fer carbonaté. — Le fer carbonaté constitue, avec la calcite, la gangue la plus abondante à Przibram et sa formation est un des horizons les plus réguliers du remplissage. Ses premiers dépôts se mêlent en général avec les minéraux précédemment cités; sa surface la plus récente est souvent, au contraire, à l'état de pureté et se termine en cristaux lenticulaires fréquemment altérés par les actions chimiques postérieures.

Fahlerz. — Plus ou moins disséminé dans la galène des autres filons, il s'est isolé dans Eusebi et constitue le trait caractéristique de son remplissage. On l'y trouve soit en fines mouches associées à la pyrite et à la galène, au milieu du fer carbonaté, soit en veines régulières entre la galène et la blende. Les Fahlerz d'Eusebi n'ont pas la richesse habituelle des cuivres gris; ils ne renferment en moyenne que 1,7 p. 100 d'argent. On ne rencontre guère le Fahlerz dans les autres filons qu'en tétraèdres isolés, et souvent altérés, sur le fer carbonaté.

Bournonite. — La bournonite s'est concentrée d'une façon spéciale dans le filon Francisci, où il n'est pas rare de la rencontrer en veines d'une certaine puissance et en beaux cristaux arrondis reposant, dans des druses, sur un fer carbonaté jaunâtre.

Blende II (*). — C'est une formation continue qui se présente toujours en petits cristaux isolés d'un brun noirâtre ou d'un rouge hyacinthe; ils sont fréquemment mâclés. La blende II est souvent associée à la bournonite et aux antimonio-sulfures d'argent, notamment dans les filons Adalberti, Fundgrübner et Maria.

Barytine I. — Elle se rencontre sous deux aspects différents: tantôt elle constitue le milieu du remplissage, comme dans certains filons H₉₋₁₀ (Johanni et Caroline); elle se présente alors en masses compactes, d'un gris rougeâtre, à grandes faces de clivage; tantôt elle est en cristaux isolés, atteignant quelquefois des dimensions très-considérables (Katharina). La barytine I cristallisée n'est jamais en prismes allongés; elle forme des tables à base rhombe avec modifications sur les arêtes, ou bien de minces tables rectangulaires. Elle a été très-fréquemment remaniée ou pseudomorphisée, comme le témoignent ses masses souvent cavernueuses, et les moules en quartz ou en dolomie de ses anciens cristaux. Enfin on a rencontré des pseudomorphoses de barytine en calcite et en galène.

Calcite I et pyrite I. — Ces deux minéraux, en association fréquente, ont commencé la grande venue calcaire à Przibram. La calcite I, lorsqu'elle est cristallisée dans les druses, se présente toujours en scalénoèdres; cette forme cristalline permet de la distinguer de la calcite plus jeune, qui est toujours en rhomboèdres. C'est à la pyrite I qu'il faut rapporter les pseudomorphoses de galène que nous avons signalées plus haut.

Dolomite I. — Elle forme un dépôt très-ténu de petits cristaux jaunes ou gris sur la blende, la galène, le quartz, etc., et se trouve le plus souvent en association avec la calcite I qu'elle recouvre.

(*) La plupart des détails qui suivent se trouvent dans les ouvrages déjà cités de M. Reuss.

Calcite II. — La calcite II constitue la grande venue calcaire qui a fréquemment rempli les filons d'une masse compacte, empâtant les débris des minéraux les plus anciens, et reposant généralement sur le premier remplissage sulfuré. Elle s'est isolée, dans les druses, en petits rhomboèdres formant des empilements cylindriques; souvent aussi les rhomboèdres assemblés vont en décroissant, l'empilement devient conique, et simule assez bien la forme d'un clou. Elle est constamment associée à la marcassite et à la pyrite. Celle-ci paraît s'être infiltrée dans la masse calcaire, au milieu de laquelle elle forme des amas irréguliers; quelquefois aussi elle la divise en lits; enfin on la rencontre assez fréquemment en partie décomposée et constituant avec le calcite II un mélange verdâtre (lillite), caractéristique de cette dernière, et dû, sans doute, au commencement des actions chimiques auxquelles il faut rapporter la formation de la goëthite.

Galène II. — Elle constitue, au point de vue de la quantité, une formation tout à fait insignifiante si on la compare à la galène I, et se distingue facilement de cette dernière dont elle est un produit de remaniement. Elle se présente en très-petits cristaux cubo-octaédriques, quelquefois simplement octaédriques (steinmannite), qui contrastent avec les gros cristaux de galène I. La galène II a pseudomorphisé parfois la baryte, la pyrite; on la rencontre encore affectant la forme de stalactites, de petites masses spongieuses à reflets chatoyants.

Goëthite. — Elle se présente, à Przibram, en belles masses veloutées au-dessus de la pyrite ou de la marcassite. Elle est, de toute évidence, un produit d'oxydation de ces dernières; car il n'est pas rare de trouver des rognons de pyrite attaqués superficiellement par la goëthite, dont les filaments pénètrent plus ou moins profondément dans la masse pyriteuse. Ce minéral se termine à sa surface par de très-petites houppes cristallines qui lui donnent l'as-

pect du velours et une couleur variant du jaune au noir. La gœthite recouvre souvent les minces stalactites de calcite II.

Calcite III. — Après la formation de la gœthite, la venue de calcite s'est complétée en produisant soit des masses amorphes avec druses, soit des cristaux complètement isolés. Souvent difficile à distinguer de la précédente, cette calcite III présente parfois un groupement caractéristique: l'association a lieu parallèlement aux faces du rhomboédre, et se compose de trois empilements divergents, au lieu de l'empilement unique que présente la calcite II; de là résulte une apparence feuilletée et des angles rentrants à faces infléchies. Ces cristaux, à faces courbes, sont souvent recouverts par un second dépôt de dolomite.

Quartz II. — Il ne forme jamais de revêtement continu sur les formations plus anciennes; on le trouve constamment en cristaux isolés bipyramidés, reposant par une des faces du prisme sur la calcite II, la pyrite H, ou plus rarement sur la dolomite. On rencontre souvent (district de Lill), au milieu de la calcite III, de gros cristaux de quartz II, colorés en vert par des substances glauconieuses. Le fer carbonaté, la baryte sulfatée ont été souvent pseudomorphisés par le quartz II.

Argent natif. — Il est difficile d'assigner à la formation de l'argent natif une époque précise; il est en tout cas d'origine récente. On le rencontre en filaments, en épis ou en feuilles minces sur la galène; il forme parfois des masses spongieuses d'un blanc mat sur le quartz ou sur les lentilles de fer carbonaté; la calcite II, la gœthite et la dolomite en sont aussi quelquefois recouvertes. Il paraît être parfois postérieur à la baryte II, mais cette superposition n'est qu'apparente (*); les filaments d'argent sont alors pris entre deux cristaux de barytine, et l'on suit leurs

(*) Reuss, *loc. cit.*

ramifications jusque dans la galène. L'amas le plus considérable d'argent natif a été rencontré au 15^e étage, à l'intersection des filons Wenzler et Francisci. On a pu en extraire plus de 300 kil. d'argent. Le filon Oberer-Schwarzgrübner (district de Lill) en a aussi présenté des amas importants. L'argent natif en filaments porte parfois de petits cristaux d'argentite et de millérite.

Wulfénite. — Elle est associée à la cêrusite, et forme de petits cristaux (octaèdres tronqués) très-brillants sur la galène. Sa teneur en argent s'élève quelquefois à près de 1 p. 100. La wulfénite est surtout fréquente dans les filons dont les schistes constituent les salbandes; le district de Lill en présente jusqu'au 5^e étage des échantillons très-remarquables.

Cêrusite. — Elle se rencontre en beaux cristaux sur la galène; cette dernière porte toujours alors des traces d'une altération plus ou moins profonde: elle est pulvérulente, noirâtre, recouverte d'un quartz carié, imprégné lui-même de limonite. On a trouvé dans Mariahilf des cristaux de cêrusite déposés sur la wulfénite (*).

Pyromorphite. — Son gisement est analogue à celui de l'espèce qui précède; elle repose aussi sur des masses cariées de quartz, colorées en rouge par la limonite. A l'étage de la Kaiserstollen, on a rencontré le pyromorphite en masses considérables dans le filon Wenzler; elle se trouve aussi dans le chapeau de fer du filon Maria, au même étage.

Barytine II. — Elle est toujours en petits cristaux très-allongés suivant leur grand axe, ce qui permet de la distinguer aisément de la barytine I, dont le développement a toujours lieu suivant les deux axes du rhombe; ses cristaux ont souvent une couleur d'un jaune ambré. Ils reposent sur les formations anciennes les plus variées, telles que galène I, quartz I et II, dolomite, gœthite, argent natif, argentite.

(*) Reuss, *loc. cit.*

Leur association avec les calcites II et III et la gœthite constitue les plus beaux échantillons minéralogiques de Przibram. La barytine II s'est probablement formée aux dépens de la barytine I; on l'a trouvée dans Fundgrübner au contact immédiat de celle-ci, occupant les poches d'érosion des grosses tables dont est composée la barytine I. (*).

Les dernières formations calcite III, pyrite III et quartz III sont sans importance. On les rencontre dans quelques druses recouvrant la barytine II, ce qui permet de leur assigner la dernière place dans les phases du remplissage.

§ 4. *Des affleurements.* — Certains produits oxydés se rencontrent dans les filons de Przibram jusqu'à des profondeurs considérables, la gœthite, par exemple, se montre encore au 18^e étage dans le filon Eusebi. Les produits d'oxydation O₂, au contraire, caractérisent une zone qui s'étend du jour jusqu'à 200 mètres environ.

Lorsque le filon traverse un dyke de grünstein, son chapeau prend un caractère des plus remarquables; la roche encaissante est alors profondément altérée et ne consiste plus qu'en une masse kaolinisée blanchâtre au milieu de laquelle on ne retrouve que quelques fragments inaltérés de la roche primitive.

C'est à Zézic que l'on peut voir l'exemple le plus frappant de ces modifications superficielles; on y exploite cinq filons de minerai de fer au milieu d'un dyke de grünstein, complètement réduit en argile. Dans les parties des filons traversant la grauwacke, cette roche elle-même a éprouvé une altération profonde; sa pâte feldspathique a été décomposée, et les grains de quartz sont redevenus libres. L'hématite de ces filons est amorphe, d'un brun foncé, mêlée de pyrolusite; elle forme dans la masse argileuse des nodules de dimension parfois considérable. En comparant l'aspect de ces filons à celui de Maria, par

(*) Reuss, *loc. cit.*

exemple, à l'étage de la Kaiserstollen, il n'y a pas de doute possible sur leur véritable nature; ce sont évidemment de puissants affleurements de filons métallifères, dont la direction générale est à Zézic N. 8° E.; le traitement de ces minerais aux hauts fourneaux de Rozmital confirme d'ailleurs cette hypothèse; il donne du plomb et des cadmies.

Un autre exemple de remaniement superficiel à rapporter au chapeau de fer des filons, nous est fourni par les affleurements de Zadek. On a reconnu en ce point l'existence de huit filons dont cinq ont près de 1 mètre de puissance; chacune des directions habituelles aux filons Przibram a ses représentants à Zadek. Leur remplissage est formé d'amas irréguliers de limonite, mais de plus on y trouve de la barytine sulfatée blanche compacte. On ne saurait la rapprocher de la barytine I; elle nous paraît être un produit de remaniement contemporain des actions secondaires qui ont produit les chapeaux de filons.

CHAPITRE III.

DES FAILLES STÉRILES REJETANT LES FILONS MÉTALLIFÈRES.

§ 1. *Direction des failles.* — Les failles peuvent se rapporter à Przibram, à deux groupes de directions, assez voisins l'un de l'autre, dont les moyennes sont N. 44° 30' E. et N. 57° E.; nous les appellerons failles H₃ et H₄. Leurs directions, beaucoup plus faciles à observer que celles des filons, se groupent aussi avec bien moins d'écarts autour des moyennes citées plus haut. Enfin les plus considérables des failles, la lettenkluft, la kieskluft, la faille séparatrice du granite à Bohutin, ont été suivies sur plusieurs centaines de mètres, et présentent un développement très-rectiligne. Ce sont ces diverses considérations qui ne permettent pas de considérer comme accidentelle la différence

de 12 degrés qui sépare les deux moyennes citées plus haut, et de confondre les deux groupes en un seul.

Quant à leur âge relatif, nous n'avons aucune donnée à cet égard; nous n'avons pu observer dans les mines aucune intersection de l'un des systèmes par l'autre, les mineurs n'ayant pas intérêt à suivre des directions dont la stérilité est assurée.

1° Failles H₃. Direction moyenne, N. 44° 30' E.

DISTRICT.	ÉTAGE.	FAILLES.		FILON REJETÉ.		COORDONNÉS.	
		Nom.	Direction.	Nom.	Direction.	x	y
<i>Rejets des filons H₉-10.</i>							
Anna-Prokopi.	14	Faille	degrés. N. 47 E.	Francisci lgd. tr.	degrés. N. 135 E.	+161	20
Id.	17	Faille séparatrice du granite et de la grauwacke	46	Trum de Clementi.	"	"	"
Id.	20						
<i>Rejets des filons H₁₁-12.</i>							
Anna-Prokopi.	14	Faille	47	Eusebi lgd. tr.	174	"	"
Id.	18	Id.	44	Eusebi	170	+ 39	1
Id.	20	Id.	41	Francisci	165	+261	1
Id.	19	Id.	46	Kreuzkluft	157	+12	1
<i>Rejets des filons H₀-1.</i>							
Maria-Adalbert.	22	Jeux de Grauwacke.	43	Ad.Liegendgang	5	+ 6	1
Id.	22	Id.	42	Id.	6		
Id.	23	Id.	43	Id.	10	+117	1
<i>Rejets des filons H₁-2.</i>							
Bohutin	1	Jeux de Grauwacke.	43	Clementi	23	"	"

La kieskluft, dont nous avons déjà parlé, appartient à ce groupe de fentes; elle a été suivie par la galerie d'écoulement des eaux, dite Kaiserstollen, et ne contient que des argiles et de la pyrite plus ou moins décomposée. Sa direction très-nette est N. 47° E. La faille séparatrice du granite et de la grauwacke à Bohutin et plusieurs failles dans le granite même présentent la même orientation.

2° Failles H₄. Direction moyenne, N. 56° 45' E.

DISTRICT.	ÉTAGE.	FAILLES.		FILON REJETÉ.		COORDONNÉS.	
		Nom.	Direction.	Nom.	Direction.	x	y
<i>Rejets des filons H₉-10.</i>							
Anna-Prokopi.	14	Faille	degrés. N. 53 E.	Katharina	degrés. N. 131 E.	+ 40	+ 21
Id.	17	Id.	67	Trum d'Eusebi	140	+104	+ 56
Id.	20	Lettenkluft	60	Trum de Francisci	142	+217	+ 27
<i>Rejets des filons H₁₁-12.</i>							
Anna-Prokopi.	14	Faille	54	Eusebi	160	+ 40	+ 21
Id.	14	Id.	54	Francisci	157	+ 45	+ 18
Id.	18	Lettenkluft	59	Francisci	161	+219	+ 84
Id.	20	Faille	52	Eusebi	170	+ 82	+ 72
Id.	21	Id.	60	Francisci	168	+202	+ 39
Maria-Adalbert.	5	Id.	56	Adalb. Hangend	170	-186	+374
Id.	21	Id.	58	Adalbert Liegend	176	+ 21	+277
Id.	21	Id.	60	Adalbert Liegeud	176	+ 21	+277
<i>Rejets des filons H₀-1.</i>							
Anna-Prokopi.	18	Lettenkluft	54	Eusebi	8	+346	+ 75
Id.	19	Id.	53	Eusebi	10	+360	+ 72
Id.	20	Id.	57	Fundgrübnr	8	+355	+ 71
Maria-Adalbert.	23	Faille	52	Adalbert Liegend	3	- 6	+280
Id.	23	Jeux de Grauwacke	58	Adalbert Liegend	10	+117	+265
Id.	21	Faille	58	Trum d'Ad. Lieg.	0	"	"
Lill.	2	Lettenkluft	56	Unt. Schwarzgrüb.	10	"	"
<i>Rejets des filons H₁-2.</i>							
Maria-Adalbert.	22	Lettenkluft	53	Adalbert Haupt.	18	+372	+142

La plus célèbre des failles de Przibram est la Lettenkluft, qui a longtemps limité l'exploitation des grandes mines de Bickenberg vers le N.-O.; ce n'est qu'en 1862 qu'on a retrouvé et suivi au delà de cette faille les filons les plus importants Adalbert, Eusebi.

§ 2. Caractère spécial de la plupart des rejets à Birkenberg. — La lettenkluft et la plupart des failles qui lui sont parallèles, ont été le résultat de phénomènes complexes sur lesquels il convient d'insister.

1° On trouve certains filons à remplissage continu qui s'infléchissent au passage d'un lit de grauwacke à l'autre, présentant ainsi en coupe un profil en escalier.

2° Il n'est pas rare de constater alors une infiltration du remplissage dans les délits de la roche encaissante, au droit de chacune de ces inflexions.

3° Enfin le phénomène est quelquefois accompagné d'une dislocation de la grauwacke dont les bancs ont joué l'un sur l'autre, décollant le remplissage intercalé, coupant et rejetant celui du filon principal.

C'est spécialement dans les zones où la grauwacke est compacte, à grain très-fin, en bancs très-accusés, qu'elle a subi ces différentes réouvertures; en premier lieu, les cassures qui ont donné naissance aux filons y ont éprouvé des inflexions analogues à celles dont nous avons déjà parlé; les lits de grauwacke se sont ensuite réouverts au moment du remplissage, et enfin ceux d'entre eux qui présentaient une orientation primitive N. 58° E., orientation dont nous avons rapporté l'origine au soulèvement du granite, ont subi, conjointement avec la lettenkluft, une réouverture qui trouve son explication dans la direction même N. 56° E. de ce dernier affaissement du plateau silurien.

C'est l'ensemble de ces deux réouvertures successives, entre lesquelles s'est intercalée la venue de minerai, qui a produit les combinaisons variées que l'on rencontre spécialement aux 20, 21, 22 et 25° étages du district Maria-Adalbert, dans le filon Adalberti Liegend, et qui nous présentent, dans le cas le plus complexe, l'apparence suivante: rejet et inflexion du filon et de son remplissage par les délits de grauwacke, eux-mêmes injectés de minerai, et présentant des surfaces de glissements striées, cannelées et des morceaux de remplissage brisés.

La lettenkluft doit être rapportée à des phénomènes du même ordre. On ne saurait, en effet, la considérer comme une simple faille à Birkenberg, puisqu'elle y forme jusqu'à présent la séparation des schistes et de la grauwacke; les ingénieurs allemands, se fondant sur la manière d'être très-irrégulière des filons en son voisinage, la considèrent volon-

tiers comme ne rejetant pas les filons, mais les infléchissant seulement. Nous croyons que cette irrégularité d'allures, qui se traduit par des rejets très-variables en profondeur, s'explique tout naturellement, en admettant que la lettenkluft a été le siège de révolutions tout à fait comparables à celles que nous signalions dans Adalberti Liegend. Il est certain que les cassures de filons, en se propageant de la grauwacke très-compacte dans des schistes relativement beaucoup plus friables, ont été plus ou moins déviées; la réouverture de ces fentes, à l'époque du remplissage, a été très-difficile au voisinage immédiat de la grauwacke dans une zone où les schistes sont précisément très-peu consistants. Il y avait donc dès cette époque une lacune dans la trainée de minerai à sa sortie de la grauwacke et à son entrée dans les schistes; les veines métallifères ne devaient reprendre que plus loin (district de Lill) une allure moins irrégulière et une puissance plus notable. C'est dans cet état de choses que s'est produite cette faille puissante à la séparation même des schistes et de la grauwacke, véritable réouverture dont les témoins existent encore dans les fragments de minerai concassés, les stries, cannelures qu'offre l'argile, enfin les rejets des filons et la coupure nette du remplissage en bien des points.

Quelle que soit d'ailleurs l'origine de ces failles, il est à remarquer qu'elles plongent généralement vers le N.-O., ce qui indiquerait que les dernières révolutions dont l'influence s'est exercée aux environs de Przibram ont eu pour résultat un affaissement du plateau silurien par rapport au granite.

CHAPITRE IV.

RELATIONS ENTRE LES DIVERS SYSTÈMES DE FILONS ET DE FENTES STÉRILES.

§ 1. *Allure habituelle des veines métallifères.* — Nous avons déjà insisté sur la nature complexe de certaines veines métallifères que les mineurs appellent d'un même nom. Si l'on se reporte à la planche III, fig. 1, (plan général) on y trouvera (districts de Bohutin, Orkolnow, Ferdinand) des filons H_{0-1} , H_{1-2} très-droits et très-longs; au contraire dans les mines de Birkenberg les faisceaux H_{9-10} , H_{11-12} ont produit par leur rencontre avec les précédents un réseau de fentes métallifères dont il est souvent difficile de déchiffrer à première vue les plans. On trouvera (Pl. V et VI) un exemple remarquable de ces intersections compliquées; nous avons cherché à donner une idée de la façon dont un faisceau H_{11-12} (Eusebi p. O, Fundgrübner et Kreuzkluft p. E) rencontre un faisceau H_{9-10} (Caroline p. O) et est rejeté par un faisceau H_{1-2} (Maria p. E).

La planche V représente à quatre étages (17° au 20°) les galeries de la partie ouest de la mine Anna-Prokopí, ainsi que les cheminées qui les relient en profondeur; la planche VI figure, en les rectifiant, les tronçons distincts de filons que l'exploitation a révélés dans cette même région; il va sans dire que les observations faites dans la mine (glaces des filons, orientation des parties rectilignes) nous ont servi plus encore que les directions rectifiées à les classer par systèmes. Au dix-septième étage, on remarque, en partant du sud, un double filon H'_{9-10} (Katharina) dont une des branches se reproduit jusqu'au dix-neuvième étage; au point (a) ce filon est coupé par un filon H'_{0-1} , connu en profondeur jusqu'au vingtième étage, sur lequel viennent buter en (b) et (c) deux trums H'_{11-12} ; ces deux derniers à plongements inverses (Francisci, Eusebi) rejettent en (d) et (e)

un filon H''_{9-10} ; en profondeur Francisci H'_{11-12} p. E. disparaît, Eusebi H'_{11-12} paraît encore au dix-neuvième étage. Le filon H''_{9-10} rencontre en (f) une faille N. 60° E. p. S. au delà de laquelle on a suivi un filon H''_{11-12} plongeant O. qui constitue le troisième trum du faisceau H_{11-12} à cet étage; il rencontre successivement en (g) et (h) deux filons H'_{1-2} qui le rejettent; le filon H'_{1-2} qui paraît en (h) rejette en outre une petite fente H'''_{9-10} suivie jusqu'au dix-huitième étage. En (l) le filon H''_{11-12} croise Caroline H''_{9-10} ; le rejet qui n'est pas net dans la galerie du dix-septième étage se reproduit avec plus ou moins de netteté à tous les étages inférieurs. En (m) paraît un filon croiseur H''_{0-1} p. O., il continue la veine dite Eusebi, jusqu'à la Lettenkluft; celle-ci la coupe et la rejette; il est facile de suivre en profondeur la trace de ce filon H''_{0-1} , seulement il ne tarde pas à rencontrer un faisceau H''_{1-2} qui le rejette à son tour. Il nous reste à mentionner à cet étage le filon Maria H'_{1-2} p. E. lequel coupe en (p) et en (q) quelques veines H_{11-12} qui viennent toutes en profondeur se réunir aux filons H''_{11-12} .

Si nous cherchons ce qu'est devenu au vingtième étage, c'est-à-dire à 115 mètres plus bas, l'ensemble de ces filons, nous n'y trouvons plus le filon H'_{9-10} Katharina qui n'y a pas été suivi; mais le filon H'_{0-1} y apparaît et coupe en (z) le filon H''_{9-10} tandis que le filon H''_{11-12} plonge trop verticalement pour séparer à cet étage le filon H'_{0-1} du filon H'_{9-10} ; ce dernier est coupé et rejeté en (β) par Maria H'_{1-2} dont le remplissage, exclusivement argileux en ce point, est certainement antérieur au remplissage métallifère. En (γ) H''_{9-10} rencontre H''_{11-12} formé de la réunion des trois branches H_{11-12} signalées au dix-septième étage dans la partie nord d'Eusebi; en (δ) H''_{11-12} est coupé par H''_{0-1} qui rencontre et rejette Caroline H''_{9-10} en (ε); en (λ) H''_{0-1} est rejeté par un double système H''_{1-2} (Eusebi et Fundgrübner) jusqu'en (ρ) où il reparait: en (ν) H''_{0-1} rejette deux trums H''_{9-10} .

Si l'on suit le double système H''_{1-2} vers le nord, dans la

galerie qui les contient tous deux, sur une longueur de 30 mètres environ, on arrive à un point (a) (Pl. VII, fig. 1.) où le filon Fundgrübner, plongeant E., et qui se trouvait à gauche, passe à droite et se perd dans la paroi E. de la galerie; d'ailleurs à partir du point de croisement, Eusebi présente une direction H_{0-1} , tandis que Fundgrübner avait une orientation H_{1-2} . Nous croyons que la veine métallifère suivie ici sous le nom d'Eusebi n'est plus celle qui accompagnait jusque-là Fundgrübner, mais plutôt que le faisceau H'_{1-1} rencontre en (b) un nouveau faisceau H'''_{0-1} ; à partir de ce point, la planche VII, fig. 1, rend compte nettement des faits observés; les points d'intersection *c, d, e, f, g, h, i, k* se présentent tous avec un suffisant caractère de clarté: ici encore nous avons à noter les intersections multiples produites par la rencontre des faisceaux à 24° , 8° et 140° .

§ 2. *Résumé relatif à la section II.* — En résumé, les filons métallifères de Przibram considérés au point de vue de l'âge relatif des fentes qu'ils ont remplies, se classent dans l'ordre suivant :

1° Fentes H_{9-10} . Direction moyenne. . . .	N. 137° E.
2° Fentes H_{11-12} . Direction moyenne. . . .	170°
3° Fentes H_{0-1} . Direction moyenne. . . .	8°
4° Fentes H_{1-2} . Direction moyenne. . . .	24°

Le phénomène du remplissage a présenté trois phases distinctes :

1° *Venue sulfurée.* — Les sulfures métallifères accompagnés de quartz et de fer carbonaté sont arrivés les premiers, ils ont rempli toutes les fentes dont nous avons précédemment étudié les directions; la venue sulfurée est donc postérieure à la formation des plus récentes de ces cassures, c'est-à-dire au système des filons H_{1-2} .

2° *Venue barytique.* — L'arrivée de la barytine a coïncidé avec une réouverture violente des filons H_{9-10} ; la réouverture de la direction N. 137° E. est donc postérieure au premier remplissage.

3° *Venue calcaire.* — Nous avons à répéter pour la venue calcaire ce que nous avons dit de la venue barytique : elle a coïncidé avec une réouverture violente du remplissage sulfuré; mais contrairement à ce qui a lieu pour la barytine, cette réouverture a affecté tous les filons de Przibram; il nous est donc impossible de lui assigner une direction spéciale. Au point de vue minéralogique la venue calcaire est incontestablement postérieure à la venue barytique partout où celle-ci se montre; mais nous ne pouvons citer un exemple net d'une réouverture violente de la première par la dernière.

Les rejets stériles affectent deux directions, N. $44^\circ 30'$ E. ou N. $56^\circ 45'$ E.; c'est donc entre la plus ancienne de ces directions et la réouverture N. 157° E. que s'intercalent les venues barytique et calcaire.

SECTION III.

COMPARAISON DES FAITS OBSERVÉS A PRZIBRAM AVEC LES SYSTÈMES DE MONTAGNES.

§ 1. *Tableau des systèmes de montagnes rapportés à Przibram.* — Nous donnons ici un tableau des directions des systèmes de montagnes, connus en Europe, rapportés à Przibram :

NOMS des systèmes.	GRANDS CERCLES de comparaison.		GRANDS CERCLES du réseau.					
	Direction.		Direction.		Distance.			
	deg.	min.	deg.	min.	deg.	min.		
Vendée	169	22	+ 9	20	168	24	+ 9	6
Finistère	82	5	- 1	47	76	29	- 3	27
Longmynd	34	38	- 3	13	35	2	- 4	21
Morbihan	140	4	+ 5	46	140	40	+ 6	41
Westmoreland	62	54	- 2	0	63	58	- 0	45
Ballons	111	32	- 1	21				
Forez	172	25	+ 7	12	171	26	+ 7	13
Nord de l'Angleterre	6	50	- 9	34	2	58	- 6	14
Pays-Bas	86	22	- 0	49	89	25	- 1	6
Rhin					24	36	- 1	47
Thuringerwald	131	10	+ 0	22				
Mont-Seny					42	36	- 1	49
Côte-d'Or	56	50	- 1	40	53	58	- 1	45
Mont-Viso	102	23	+ 5	50	162	47	+ 5	45
Pyrénées	116	50	+ 9	53	114	21	+ 10	2
Corse et Sardaigne					8	20	- 6	38
Tatra	89	42	+ 0	19	89	27	+ 1	53
Sancerrois					71	50	+ 4	8
Vercors					13	72	- 3	49
Alpes occidentales	32	45	- 1	40	32	52	- 1	49
Mont-Serat					146	23	+ 11	9
Alpes principales	79	36	+ 7	22	78	15	+ 7	34
Ténare (Etna-Vésuve)	170	32	+ 0	43				
Etna-Ténériffe	78	28	+ 11	55				

(1) La distance à Przibram des grands cercles, représentant les systèmes, est comptée en arc de grand cercle, et affectée du signe + ou - suivant que les systèmes passent au S. ou au N. de cette ville.

§ 2. — *Tableau des phénomènes de soulèvement observés à Przibram.* — Pour comparer les directions relevées aux environs de Przibram avec celles des systèmes de montagnes, nous croyons utile de résumer, dans le tableau qui suit, les principaux faits observés; nous avons toujours cherché à dégager nos études de toute idée théorique préconçue.

Ordre chronologique.	Directions.	Granite.	Schistes A.	Grauwacke B.	Grauwacke C.	Diorite.	Filons métallifères.	Falles aérées.	Éruptions et remplissages.
1	N. 34° E.	1 ^{re} fentes	Sduchowitz.	Heiligensberg.					Granite.
2	140	2 ^e soulèvement	Birkenberg.	Hlubosch.		Bohutin. Birkenberg. Ob. Hbyt.			Granite. Diorite.
3	60						H ₃₋₀		
4	110						H ₁₁₋₁₂		
5	137						H ₀₋₁		
6	170								
7	S								
8	24						H ₁₋₂		Venue sulfurée.
9	137						réouv.		Venues barytique et calcaire.
10	44 30							H ₃	
11	56 45							H ₂	

§ 3. — *Comparaison des tableaux § 1 et § 2.* — La direction N. 34° E. doit être rapportée à un système ante-silurien, c'est-à-dire au Longmynd; celui-ci a donc plissé les premiers schistes A de Sduchowitz et la grauwacke de la région S.-O. Les trois directions suivantes (140°, 60°, 111°) ont été réunies ensemble parce que nos observations, tout en nous donnant l'âge relatif de ce groupe, ne nous ont pas permis de les classer l'une par rapport à l'autre; l'une d'entre elles, la direction N. 60° E., représentée par la frontière du granite, par le plissement de la grauwacke et des schistes, par des filons de grunstein, se rapporte certainement au système du Westmoreland. La direction N. 140° E. qu'affectent quelques dykes de grunstein, ne semble pas caractériser l'éruption de ces dernières roches; ce sont sans doute d'anciennes fentes réouvertes, analogues aux fentes à 60° et que la diorite a postérieurement remplies; il est donc naturel de les rapporter au système du Morbihan qui présente précisément cette direction à Przibram. Les filons de grunstein, diorite et kersanton les plus importants par leur longueur et leur gisement, ceux en un mot

qui nous paraissent caractériser cette venue, sont dirigés N. 110° E. et se rapportent volontiers au soulèvement des Ballons, c'est-à-dire au système de montagnes immédiatement postérieur à ceux du Morbihan et du Westmoreland.

La direction métallifère N. 137° E. est celle qu'il est le plus difficile de rapporter à un système de montagne : nettement rejetée par tous les autres filons, elle est très-probablement postérieure à l'arrivée des grüns teins qui, bien qu'ayant injecté, comme nous l'avons vu, certaines fentes N. 140° E., sont nettement coupés à Birkenberg par les filons H₉₋₁₀. Le grand nombre des veines métallifères de cette direction, leur faible longueur relative, la pauvreté et le peu de puissance du remplissage qui ne s'est développé, dans Johanni et Caroline, que grâce à une réouverture postérieure à la venue du remplissage sulfuré, les caractères mêmes de leur croisement avec les autres filons de Przibram, enfin les écarts considérables que nous avons signalés dans les directions observées autour de la moyenne N. 137° E. et qui nous ont amenés à classer dans ce groupe des fentes à 128° et des fentes à 150°, tout cet ensemble de faits nous conduit à attribuer la formation des filons H₉₋₁₀ à une réouverture des fentes de schistosité de la grauwacke qui oscillent entre les mêmes limites 128°, 152°. Cette réouverture doit nécessairement être postérieure au système des Ballons, puisqu'elle a coupé les dykes de diorite ; elle peut être contemporaine des fentes à 170°, c'est-à-dire du système du Forez ; en tout cas, elle ne lui est pas postérieure.

Les filons N. 170° E. se rapportent nettement au système du Forez, les filons N. 8° E., postérieurs aux précédents, sont à attribuer au système du Nord de l'Angleterre ; les filons N. 24° E., les plus puissants à Przibram avec les précédents, et les plus récents, sont contemporains du système du Rhin.

Il est dès lors facile d'assigner l'âge de la venue sulfurée ;

on voit en effet que la réouverture barytique, caractérisée par la direction N. 137° E., se rapporte nettement au Thuringerwald ; la venue sulfurée est donc placée entre le soulèvement du Rhin auquel elle est postérieure et celui du Thuringerwald qu'elle précède : le premier remplissage à Przibram est contemporain du trias. La venue barytique, contemporaine de la réouverture des filons anciens N. 137° E., doit être attribuée au système du Thuringerwald ; ce sont peut-être les premiers retentissements de ce système qui ont déterminé la réouverture de quelques filons H₉₋₁₀, tandis que le milieu de cette même période aurait été marqué par la réouverture presque indistincte de tous les autres filons et l'apparition du calcaire.

Les premières failles dirigées N. 44°, 50' E., la réouverture produite à la séparation du granite et de la grauwacke à Bohutin, sont autant de phénomènes contemporains du système du Mont-Seny. Enfin les derniers bouleversements du champ de Przibram sont encore très-anciens puisqu'ils paraissent contemporains du soulèvement de la Côte-d'Or et de l'Erzgebirge ; c'est à ce système que se rapportent en effet nettement les autres failles, les réouvertures des lits de grauwacke, et enfin la Lettenkluft : aucun autre système de montagnes ne peut leur être assimilé.

En comparant d'une part la liste des directions observées à Przibram et rangées par ordre chronologique, de l'autre celle des systèmes de montagnes, on demeurera convaincu qu'il n'y a pas deux manières d'adapter l'une à l'autre et que l'âge de chacun des phénomènes importants se trouve déterminé d'une façon rationnelle et précise ; nous résumons cette comparaison dans le tableau suivant :

LISTE DES SYSTÈMES de montagnes qui ont eu des retentissements à Przibram.	AGE RELATIF des formations sédimentaires.	DIRECTIONS rapportées à Przibram. I	PHÉNOMÈNES de soulèvements locaux à Przibram.	DIRECTIONS. II.	DIFFÉRENCES I - II.
		deg. min.		deg. min.	deg. min.
Longmynd	Ante-silurien	34 39	1 ^{er} plissement du granite et des terrains ante-siluriens.	34	0 39
Morbihan	Ante-silurien	140 4	Filons de grüns-tein.	140	0 4
Westmoreland	Silurien	62 54	2 ^e plissement du granite, des terrains ante-siluriens et siluriens. Filons de grüns-tein.	60	2 54
	Dévonien				
Ballons	Calcaire carbonifère	111 32	Filons de grüns-tein.	110	1 32
	Millstone grit				
Fentes de schistosités perpendiculaires aux systèmes N. 34° E. et N. 62° E., réouvertures		de 124 39 à 152 54 moy. 138 46	Filons métallifères H ₉₋₁₀ .	moy. 137°	1 46
Forez	Millstone grit. Terrain houiller.	172 25	Filons H ₁₁₋₁₂ .	170	2 25
Nord de l'Angleterre	Terrain houiller. Permien	6 50	Filons H ₀₋₁ .	8	1 10
Rhin	Grès des Vosges. Grès bigarré	24 36	Filons H ₁₋₂ .	24	0 36
Thuringerwald	Trias	131 10	Réouverture H ₉₋₁₀ .	137	5 50
	Jura				
Mont Seny	Jura	42 36	Failles stériles. Kieskluff.	44 30	1 54
Côte-d'Or	Jura	56 50	Failles stériles. Lettenkluff.	56 45	0 5
	Craie				

§ 4. — *Importance des phénomènes de réouverture à Przibram.* — En résumé, les systèmes du Longmynd N. 34° E. et du Westmoreland N. 62° E. ont déterminé à Przibram le relief topographique du sol et les relations des terrains de sédiments avec le granite.

C'est aux réouvertures des fentes ou des plissements produits par ces systèmes que nous rapportons :

1° Les filons métallifères H₉₋₁₀ et leur réouverture par le Thuringerwald ;

2° Les failles stériles et les glissements parallèles aux soulèvements du Mont-Seny et de la Côte-d'Or.

Cinq autres systèmes ont eu aussi des retentissements

aux environs de Przibram ; ces différents soulèvements se sont succédé dans un ordre tel que le plus récent faisait toujours en partant du nord (et dans le sens direct) un angle plus grand que le précédent avec la ligne N. S.

MIES.

APERÇU GÉNÉRAL.

§ 1. *Aperçu topographique.* — La ville de Mies est située, non loin de la frontière de Bohême, à peu près sur le même parallèle que Przibram dont elle est éloignée de 65 kilomètres ; sa longitude est 10° 11' E. de Paris et sa latitude 49° 45' N. ; elle est le centre d'exploitation de filons de galène dont l'importance ira chaque jour grandissant. L'État, autrefois propriétaire de la plus grande partie des gîtes, ayant abandonné ses travaux et vendu ses mines, il en est résulté à Mies la formation de plusieurs compagnies, ce qui entrave beaucoup le progrès de l'exploitation. Les conditions d'extraction sont cependant très-faciles : la ville est bordée à l'E. par un ravin profond dans lequel coule la Miesa ; de l'autre côté s'élève un escarpement de 200 mètres de hauteur terminé par un plateau que recoupent les filons ; l'État a pratiqué autrefois au niveau de la Miesa une grande galerie d'écoulement dont le développement dépasse 2 kilomètres, et qui permet d'assécher immédiatement le champ supérieur de l'exploitation : le roulage s'y effectue dans la plupart des mines.

§ 2. *État actuel de l'exploitation.* — La compagnie

la plus importante de Mies, celle dite Frischglückzeche, occupe la partie sud, c'est-à-dire le fond de la grande galerie d'écoulement et possède un puits vertical desservant trois étages supérieurs; le faisceau de filons qu'elle exploite présente une orientation générale N.-S. (*).

A côté de cette mine, se trouve le district dit Obere Langenzugzeche; il exploite les mêmes filons que le premier, car les deux concessions sont dans le prolongement l'une de l'autre. A partir de ce district, la galerie dite Prokopi-Stollen s'infléchit vers l'O., et suit, comme nous verrons plus tard, une faille à 54°; elle rejoint ainsi un nouveau faisceau de filons parallèle au premier, et dessert, près de son débouché au niveau de la Miesa, la concession dite Johanni Baptistizeche; l'exploitation a été poussée au-dessous de ce niveau, à deux étages différents, jusqu'à 80 mètres de profondeur.

On rencontre, en descendant la vallée de la Miesa, une quatrième mine dite Unterelanzugzeche qui possède le prolongement des filons des deux premiers districts, et dont les galeries ne tarderont pas à rejoindre celles de l'Oberelanzugzeche; l'exploitation y a été poussée à trois niveaux différents jusqu'à une profondeur de 100 mètres environ.

Enfin il nous reste à signaler, à Kscheutz, village à 8 kilomètres N. de Mies, une nouvelle mine dont les travaux sont à peine commencés.

(*) Elle est dirigée par un ingénieur distingué, M. Rücker, dont le secours nous a été précieux durant notre séjour à Mies; il est le seul qui ait installé une exploitation vraiment rationnelle, avec une préparation mécanique d'après les principes de M. Rittinger. M. Rücker a fait récemment paraître une notice sur les filons de Mies (*K. K. Geolog. Reichsanstalt*, 16 avril 1867).

SECTION I.

CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DES ENVIRONS DE MIES.

§ 1. *Aperçu géologique.* — La formation dominante à Mies est le thonschiefer, étage A de M. de Barrande; d'époque antésilurienne, il est complètement azoïque et nous paraît antérieur aux schistes et à la grauwacke de Przibram. Limités à l'O. par le granite et le gneiss, dont la direction générale est N. 170° E., les thonschiefers passent, vers leurs frontières S. et N., à des schistes amphiboliques analogues à ceux de Sduchowitz; on sait déjà qu'ils constituent la frontière occidentale des terrains siluriens de la Bohême. C'est à l'E. de Mies, le long de cette frontière, que se trouve le lambeau de terrain houiller dont les assises horizontales s'étendent jusqu'à Pilsen. Plusieurs roches éruptives d'âges très-différents ont déchiré les thonschiefers aux environs de Mies: le porphyre quartzifère forme quelques dykes près de Soleslau; le basalte paraît en bien des points et les tufs volcaniques se sont montrés au-dessus du basalte au Wolfsberg, près Tschernoschin.

§ 2. *Du thonschiefer.* — Les schistes des environs de Mies sont essentiellement quartzifères; d'une structure fibreuse, ils sont formés d'une série de filaments fortement agglutinés et terminés par des cassures planes très-nettes, perpendiculaires aux baguettes; la pâte de ces schistes est feldspathique de couleur grisâtre, le quartz forme dans leur masse des veinules nombreuses qui leur donnent une grande dureté et une ténacité tellement prononcée, qu'il est possible de les débiter en longues dalles que les mineurs utilisent dans leurs travaux en guise de boisage. Les galeries ont recoupé et fait connaître au milieu des schistes l'existence de bancs sédimentaires d'aspect tout différent, désignés sous le nom de sandstrichs par les mi-

neurs ; ce sont des couches argilo-sableuses assez compactes, d'une couleur blanc grisâtre, sur lesquelles nous reviendrons plus tard à propos des rejets.

On peut affirmer que les thonschiefers de Mies sont encore plus anciens que les terrains antésiluriens de Przibram. On trouve, en effet, au voisinage de Soleslau, à 4 kilom. de Mies, près de la route de Pilsen, un lambeau de ces derniers terrains reposant sur les thonschiefers. Les couches sont formées d'assises de schistes argileux, à pâte très-fine d'un rose violacé, et renfermant beaucoup de mica ; ils alternent avec deux lits de grauwacke constituée par une pâte feldspathique blanche, avec quartz roulé et mica noir ; le tout en concordance avec les thonschiefers très-caractérisés qu'ils recouvrent.

Un examen attentif des schistes de Mies permet d'attribuer à leurs lits la direction des fibres qu'y a développées la schistosité ; toutes les fois que ces lits deviennent apparents, notamment dans la mine, la direction de leur horizontale se confond, en effet, avec celle des baguettes, dont le plongement est toujours insignifiant ; ces dernières affectent une direction remarquablement constante N. 54° E. Les cassures planes, que nous désignerons sous le nom de fausse schistosité, et que les thonschiefers présentent partout si nettement, se rapportent à la même période géologique ; elles ont dû se former pendant le plissement de la masse : leur direction est, en effet, perpendiculaire à celle des lits, car nos observations lui assignent une moyenne N. 123° E. Le lambeau de l'étage B, que nous avons indiqué comme paraissant près de Soleslau, présente aussi pour ses lits nettement accusés la direction N. 54° E.

Plus au N. de Mies, vers Kscheutz, l'orientation des schistes est différente et devient N. 57° E. ; ce fait constitue une nouvelle analogie avec ce que nous offre Przibram ; les deux zones de thonschiefers, qui présentent ainsi deux directions distinctes, sont séparées dans le pays par un

pli de terrain fort différent, quant à l'aspect, du ravin profond et très-encaissé que la Miesa s'est creusé, en suivant tantôt la schistosité, tantôt la fausse schistosité.

§ 3. *Frontière du granite.* — Le granite et le greiss forment, à l'O., de longues trainées dirigées N. 170° E. ; au voisinage de ces masses granitiques, les thonschiefers passent généralement à l'amphibolschiefer, puis au microschiste ; cette direction N. 170° E. prend, plus au S. O. celle du Böhmerwald N. 130° E., dont la chaîne va heurter au N. celle de l'Erzgebirge N. 56° E. Si l'on y ajoute la masse granitique soulevée par le Westmoreland au S.-E. de Przibram et celle du Riesengebirge, on verra que les terrains stratifiés de la Bohême sont compris dans une immense cuvette granitique qui les enveloppe de toutes parts.

§ 4. *Eruptions basaltiques et volcaniques.* — Les basaltes constituent plusieurs cônes au milieu des thonschiefers ; le plus important est le Wolfsberg, qui a été, en outre, le siège d'éruptions volcaniques postérieures. Les basaltes de Mies se rattachent directement à ceux du N. de la Bohême, car la ligne qui les relie, et dont l'orientation est N. 40° E., est jalonnée par une trainée d'éruptions depuis le Wolfsberg jusqu'aux grands massifs basaltiques de Karlsbad et Teplitz ; on sait que ces derniers sont nettement postérieurs aux couches tertiaires à lignites du N. de la Bohême (miocène).]

Nous avons dit que le Wolfsberg avait été le théâtre d'une éruption volcanique postérieure à l'épanchement du basalte ; on y trouve, en effet, ce dernier surmonté d'un cône de tufs poreux dans lesquels se sont développés de grands cristaux d'augite : la cheminée basaltique par laquelle se sont écoulés ces produits volcaniques s'est finalement écroulée, et l'on retrouve, au sommet de la montagne, de gros blocs concassés de basalte. Il est assez naturel de rattacher ces derniers phénomènes au jaillissement des sources thermales du N. de la Bohême et, en particulier,

de Karlsbad, où ces dernières s'alignent suivant une direction N. 170° E.

§ 5. *Classification par ordre d'âge des directions ci-dessus mentionnées.* — Si nous cherchons à ranger par ordre d'âge les différents soulèvements que nous avons mentionnés jusqu'à présent, nous trouvons, en commençant par le plus ancien :

1° *Direction N. 34° E. — Système du Longmynd N. 34° E.*

a) Thonschiefers, étage A ; lits et schistosité aux environs de Mies.

b) Schistes et grauwacke, étage B. — Direction des couches.

2° *Direction N. 57° E. — Système du Westmoreland N. 62° E.*

Thonschiefers, étage A. Lits et schistosité aux environs de Kscheutz.

Ces deux premiers soulèvements n'ont pas relevé les assises restées horizontales des lambeaux de terrain houiller et de rothliegendes enclavés par places dans le thonschiefer.

3° *Direction N. 170° E. — Système du Forez N. 172° E.*

Granite et gneiss aux environs de Hayd et Plan.

4° *Direction N. 130° E. — Système du Thuringerwald N. 132° E.*

Soulèvement de la chaîne granitique du Böhmerwald au S.-O. de la Bohême.

5° *Direction N. 56° E. — Système de la Côte-d'Or N. 56° E.*

Chaîne granitique de l'Erzgebirge au N.-O. de la Bohême.

6° *Direction N. 40° E. — Système des Alpes-Occidentales N. 32° E.*

Alignements du Wolfsberg et des cônes basaltiques au N. de Mies.

7° *Direction N. 170° E. — Système du Ténare N. 170° E.*

a) Phénomènes volcaniques postérieurs à l'apparition des basaltes ; tufs du Wolfsberg.

b) Sources minérales de Karlsbad (*).

(*) Carte géologique de la Bohême par F. Fætterle, *linie der mineral Quellen, nach Karlsbad.*

Le grand cercle de soulèvement du Ténare (Etna, Vésuve) passe à 22' E. du Wolfsberg et à 18' E. de Karlsbad.

SECTION II.

DES FILONS MÉTALLIFÈRES, DE LEUR REMPLISSAGE ET DES REJETS STÉRILES.

CHAPITRE I.

DIRECTION ET AGE RELATIF DES FILONS.

§ 1. *Des directions métallifères.* — Les filons de Mies, quoique assez nombreux, sont en général parallèles; ils offrent donc peu d'exemples d'intersections, surtout dans le faible rayon dans lequel ils ont été exploités; leur allure est plus régulière qu'à Przibram et les veines métallifères passent rarement d'un système de fentes à un autre. En revanche leur véritable direction est très-souvent masquée par la fausse schistosité que les filons suivent très-volontiers; il est fréquent de voir le remplissage injecter cette dernière et diviser ainsi les filons en branches plus ou moins complexes. D'ailleurs, de même qu'à Przibram, nous n'avons pas à constater à Mies de croiseur proprement dit, le remplissage sulfuré métallifère étant venu le premier et se retrouvant invariablement dans toutes les fentes.

Tous les filons de Mies se rapportent à l'une des quatre directions moyennes suivantes : 1° N. 140° E., 2° N. 169° E., 3° N. 8° E., 4° N. 87° E. La direction la plus fréquente est la première, la quatrième n'est représentée jusqu'à présent que par quelques filons dont le plus remarquable est celui dont on a attaqué les affleurements à Kscheutz; les filons plongent généralement à l'ouest, tandis que ceux de Przibram affectent volontiers un plongement E.

§ 2. *Age relatif des filons.* — Les intersections des filons

entr'eux sont difficiles à étudier, car elles sont en général très-riches, contrairement à ce qui se passe à Przibram; ce sont les premières colonnes de minerai que les mineurs ont enlevées, et dans les parties où elles subsistent, la puissance même des filons rend très-délicate l'observation du rejet. Nous croyons cependant que les fentes N. 140° E. ont été rejetées par les trois autres systèmes et que les fentes N. 87° E. ont rejeté celles à 169° et à 8°.

DISTRICT.	ÉTAGE.	FILON REJETANT.		FILON REJETÉ.	
		Nom du filon.	Direction.	Nom du filon.	Direction.
Ob. Langenzug. . . .	Prokopi	Rudolphi. . . .	N. 7° E.	Langenzug. . . .	N. 145° E.
Johanni Baptisti. . .	2	Flachertrum. . .	87°	Johanni. . . .	132°
Unt. Langenzug. . . .	1	Francisci. . . .	8°	Langenzug. . . .	168°

CHAPITRE II.

DU REMPLISSAGE.

§ 1. *Remplissage habituel des principaux filons de Mies.* — Dans les districts de Frischglück et de Langenzug, les filons présentent une puissance très-variable, jusqu'à 8 ou 10 mètres dans les parties riches; le remplissage habituel consiste en quartz et galène, la barytine n'est pas rare, enfin les produits de remaniement de la galène se rencontrent avec abondance et donnent au minerai une fusibilité spéciale; ces produits consistent presque toujours en cérusite et quelquefois en pyromorphite.

Une coupe du remplissage habituel des filons donnera une première idée du mode d'association de ces différents minéraux :

a. Mélange de quartz I, pyrite, blende et galène, terminé par de gros pointements de quartz, des cristaux de galène et de blende.

b. Barytine; association en crête de coq.

- c. Quartz II en petits cristaux brillants, bypiramidés.
- d. Cérusite, en gros cristaux jaunâtres souvent mûclés.
- e. Pyromorphite (miesite) tantôt sur la galène ou le quartz II, tantôt sur la cérusite.
- f. Dolomite, en mince dépôt dans les druses.

Quartz I. — Il forme souvent à lui seul le remplissage; on peut déduire jusqu'à un certain point de son aspect la richesse en galène des filons: si le quartz est opaque, coloré par de l'oxyde de fer, peu cristallin, s'il pénètre beaucoup les schistes et leur donne l'aspect d'un conglomérat, le filon est pauvre; lorsque le quartz est, au contraire, blanc, cristallin, lorsque les schistes encaissants ont un aspect soyeux, la galène ne tarde pas à se montrer, d'abord en mouches, puis en masses compactes.

Galène. — La galène de Mies ne renferme pas plus de 20 grammes d'argent aux 100 kilog. Les essais faits sur des échantillons provenant de vieilles halles, c'est-à-dire de parties plus voisines encore des affleurements, ont donné jusqu'à 40 grammes aux 100 kilog.; le filon exploité à Kscheutz présentait aux affleurements une galène contenant 200 grammes d'argent aux 100 kilog. Cette teneur a rapidement diminué en profondeur; elle est déjà moitié moindre, 60 mètres plus bas.

Blende. — Elle est peu abondante à Mies et se présente en veinules irrégulières, d'un brun noirâtre, dans la galène. A Kscheutz elle forme des rognons complètement noirs, amorphes; sa teneur en argent s'élève jusqu'à 200 grammes aux 100 kilog. La pyrite, très-rarement cuprifère, est irrégulièrement disséminée dans le remplissage sulfuré précédent; c'est elle qui en se décomposant a souvent coloré le quartz.

Barytine. — Le barytine se rencontre fréquemment dans les druses des filons. Nous avons constaté qu'elle formait par places le remplissage exclusif de filons à 140°; elle manque

absolument à Kscheutz dans le filon N. 88° E. qu'on exploite.

Cérusite et pyromorphite. — Ce sont des produits évidents du remaniement de la galène sur laquelle ils reposent; la variété de pyromorphite, appelée miesite, se présente en boules hérissées de petits cristaux; elle renferme jusqu'à 0,25 p. 100 de fluorure de calcium. La pyromorphite est nettement postérieure à la cérusite.

Quartz II. — On le rencontre en fins cristaux bipyramidés, contemporains des remaniements qui ont produit la cérusite et la pyromorphite: on le trouve en effet tantôt au-dessus, tantôt au-dessous de ces deux minéraux; il a souvent pseudomorphisé la baryte.

On a tout récemment découvert dans le district de Frischglück trois petites veines à 137° dont le remplissage présente quelques particularités intéressantes; il se compose de:

- a. Quartz en fins cristaux.
- b. Galène en mouches brillantes.
- c. Fluorine violette et verdâtre.
- d. Dolomite grenue, rosée.
- e. Petits dodécaèdres de blende jaunâtre transparente.
- f. Argent natif en feuillets.

Un de ces filons a été suivi sur une longueur de 1 mètre; il a donné une veine de fluorine pure de 4 à 5 centimètres de puissance. Nous ne considérons pas ce remplissage comme incompatible avec celui des filons jusqu'à présent connus; la fluorine doit faire partie de la venue dolomitique qui prend une certaine importance à Kscheutz. La blende en petits cristaux et l'argent natif sont des produits de remaniement de la blende argentifère du premier remplissage.

§ 2. *Remplissage théorique.* — Nous aurions ainsi pour Mies le remplissage théorique suivant que nous rapprochons de celui de Przibram:

1° *Venue sulfurée.* — Blende, galène, quartz et pyrite.

2° *Venue barytique.*

3° *Venue dolomitique.* — Dolomite et fluorine, accompagnées de produits de remaniement du quartz, de la galène et de la blende.

CHAPITRE III.

DES REJETS STÉRILES.

§ 1. *Caractères généraux.* — Les failles sont nombreuses et puissantes à Mies, les rejets souvent considérables; le champ de cassures a été beaucoup plus disloqué par les soulèvements relativement récents que celui de Przibram. Le remplissage des failles de Mies est généralement composé d'argiles noirâtres à surfaces lisses et dures, provenant de schistes broyés et comme étirés; sa puissance oscille entre 0^m,30 et 8 mètres. Les filons sont souvent rejetés de plus de 10 mètres suivant l'horizontale, le rejet a généralement lieu dans l'angle obtus; nous pouvons cependant citer l'exemple d'une faille puissante qui, rencontrant un même filon suivi en profondeur, l'a successivement rejeté dans l'angle aigu, puis dans l'angle obtus, en le laissant passer tout droit à un niveau intermédiaire; comme partout le remplissage est nettement coupé, il n'y a point de doute que la faille en question n'ait été produite par un mouvement de rotation du toit sur le mur (mouvements combinés dans les sens horizontal et vertical).

§ 2. *Directions.* — Les rejets stériles affectent toujours assez exactement l'une des trois directions moyennes N. 56, E., N. 35° E., N. 172° E.

Ce sont les failles à 35° qui paraissent les plus importantes; on les suit volontiers pour pousser des galeries de recherche ce qui ne laisse pas que de présenter quelques inconvénients. Elles plongent ordinairement vers l'est, comme les failles à 56°.

§ 3. *Age relatif.* — Nous n'avons pas d'exemples d'intersection des failles entre elles; nous citerons quelques rejets de filons.

1° *Failles N. 56° E.*

DISTRICT.	ÉTAGE.	FAILLE. Direction.	FILON REJETÉ. Direction.
		degrés. N. 57 E.	degrés. N. 137 E.
Ob. Langenzug	Prokopi.	52	160
Frischglück	3	57	160
Id.	3	57	137
Id.	2	52	88
Kscheutz	1	58	

On voit d'après ce tableau que les failles de ce groupe rejettent nettement trois systèmes de filons; ajoutons que le remplissage est toujours coupé, y compris la venue barytique qui se présente abondamment dans un des filons rejetés de la mine Frischglück.

2° *Failles N. 54° E.*

DISTRICT.	ÉTAGE.	FAILLE. Direction.	FILON REJETÉ. Direction.
		degrés. N. 37 E.	degrés. N. 152 E.
Ob. Langenzug	2	27	137
Frischglück	Procopi.	37	152
Id.	Id.	33	167
Id.	3	37	167
Id.	3	37	167
Id.	2	37	163

3° *Failles N. 172° E.*

Nous n'avons trouvé que deux failles de ce système, rejetant toutes les deux un filon à 140° et coupant nettement son remplissage. A Vranova, à 4 kilomètres Est de Mies, dans un lambeau de terrain houiller à assises à peu près horizontales, au milieu duquel on exploite une couche de

houille, nous avons constaté l'existence d'une puissante faille N. 170° E., plongeant de 45° à l'est. Elle est à rapprocher des deux premières et nous fournit une nouvelle preuve de la différence d'âge qui existe entre ces failles et les filons métallifères de même direction. Ceux-ci ne peuvent se rapporter qu'au Forez, et celles-là à un système d'âge postérieur au terrain houiller.

CHAPITRE IV.

DES SANDSTRICHS.

§ 1. *Allure habituelle.* — Nous avons déjà eu occasion de mentionner dans les thonschiefers l'existence de lits formés d'une matière argilo-sableuse, blanchâtre, désignés par les mineurs sous le nom de sandstrichs. Ils paraissent être de simples dépôts analogues au grès, et alternent en bancs plus ou moins épais avec les thonschiefers. Mais des phénomènes postérieurs au plissement des schistes ont exercé sur les sandstrichs une action spéciale et les ont quelquefois transformés en une véritable faille; c'est pourquoi nous avons cru devoir placer leur étude après celle des rejets stériles.

Le sandstrich se présente habituellement en lit d'épaisseur variable, depuis 0^m,50 jusqu'à près de 20 mètres, en concordance de direction et de plongement avec les schistes. Toutes les fois que le sandstrich est peu puissant et que l'on voit nettement les surfaces qui le séparent des schistes encaissants, il présente une direction oscillant entre N. 30° E. et N. 58° E., un plongement E, et des cassures schisteuses dont la moyenne est N. 127° E., c'est-à-dire parallèle à la fausse schistosité des thonschiefers. Les sandstrichs de cette direction sont coupés et rejetés par les filons qui les injectent de minerai.

DISTRICT.	ÉTAGE.	FILON CROISEUR. — Direction.	SANDSTRICH REJETÉ. — Direction.
		degrés.	degrés.
Johanni-Baptisti.	3	N. 136 E.	N. 37 E.
Id.	2	138	38
Id.	1	167	34
Ob. Langenzug.	Prokopi.	172	30
Frischglück.	Id.	152	37

Il résulte de cet ensemble de faits qu'on ne peut avoir aucun doute sur la nature des sandstrichs; ce sont des lits de grès, intercalés dans les schistes, et alternant avec eux. Mais en raison de leur faible cohésion, ils ont été le siège de réouvertures qui, pour les plus puissants d'entre eux, ne se bornent pas à des glissements N. 34° E.

§ 2. *Réouvertures affectant les sandstrichs.* — On en trouve affectant les directions N. 172° E., N. 6° E., et rejetant les fentes métallifères N. 140° E., sans toutefois couper leur remplissage; au contraire, nous avons des exemples de failles stériles rejetant les sandstrichs qui affectent ces orientations.

1° *Fentes N. 172° E. dans les Sandstrichs puissants.* — Plongement O., Unter-langenzug, étage Prokopi; sandstrich N. 172° E., rejetant un filon N. 156° E.

Johanni-Baptisti, étage I; faille N. 35° E., rejetant un sandstrich N. 172° E.

2° *Fentes N. 7° E. dans les Sandstrichs puissants.* — Plongement O., Johanni-Baptisti, étage III; sandstrich N. 7° E., rejetant un filon N. 138° E. — Étage I sandstrich N. 6° E. rejeté par une faille N. 52° E. Ober-Langenzug, étage I; faille N. 57° E., rejetant un sandstrich N. 7° E.

Ces deux systèmes de fentes affectant les sandstrichs sont antérieurs au remplissage qu'ils ne coupent pas, quoiqu'ils contiennent fort peu de minerai. Les mineurs ont eux-mêmes remarqué qu'au voisinage des sandstrichs à 6 degrés, les filons métallifères à 140 degrés, semblent

s'infléchir et suivre la séparation des sandstrichs et des schistes; en réalité la fente à 140 degrés est coupée et rejetée, le remplissage au contraire, tout en se faisant difficilement jour à travers la masse sableuse, en a cependant par place infiltré les cassures.

CHAPITRE V.

RÉSUMÉ RELATIF A LA SECTION II.

En résumé, les fentes métallifères et les failles stériles, que nous présentent les mines de Mies, se rangent par ordre d'âge comme il suit :

1° *Filons métallifères* H₉₋₁₀. — Système du Morbihan N. 140° E.

2° *Filons métallifères* H₁₁₋₁₂. — Forez N. 172° E.

Nous rapportons les sandstrichs N. 172° E. à ce système.

3° *Filons métallifères* H₀₋₁. — Nord de l'Angleterre N. 6° E.

Nous rapportons les sandstrichs N. 7° E. à ce soulèvement.

4° *Filons métallifères* H₅₋₆. — Pays-Bas N. 86° E.

5° *Failles* N. 56° E. — Côte-d'Or N. 57° E.

Le remplissage est donc ici comme à Przibram antérieur au système de la Côte-d'Or.

6° *Failles* N. 34° E. — Alpes occidentales N. 52° E.

7° *Failles* N. 172° E. — Ténare N. 170° E.

SECTION III.

RÉSUMÉ DES DIRECTIONS OBSERVÉES A MIES.

§ 1. — Tableau récapitulatif.

SYSTÈMES des montagnes.	AGE relatif.	DIRECTIONS rapportées à Przibram. I	PHÉNOMÈNES de soulèvements locaux à Mies.	DIREC- TIONS. II	DIFFÉ- RENCE I-II	ÉRUPTIONS et remplissages
Longmynd.	Antésilurien.	degrés. N. 34, 39 E.	1 ^{er} plissement des schistes A et B. Schistosité, Sand- strichs.	degrés. N. 34 E.	degr. 0,39	
Morbihan.	Antésilurien.	140,4	Filons H ₉₋₁₀	140	0,4	
Westmoreland.	Silurien. Dévonien.	62,54	2 ^e plissement des Thonschiefers Kscheutz.	57	5,54	
Forez.	Millstone-grit. Terrain houiller.	172,25	Filons H ₁₁₋₁₂ Fentes des Sand- strichs.	169	3,25	Granite et porphyre près Hayd et
Nord de l'Angle- terre.	Terrain houiller. Permien.	6,50	Filons H ₀₋₁ Fentes des Sand- strichs.	7	0,10	
Pays-Bas.	Grès rouge. Grès des Vosges.	86,22	Filons H ₅₋₆ (Kscheutz).	87	0,138	Remplissage mé- tallifère.
Côte-d'Or.	Jura. Craie.	56,56	Failles.	56	0,50	Chaîne granitique de l'Erzgebirge.
Alpes occiden- tales.	Miocène. Pliocène.	32,45	Failles.	35	2,15	Basaltes.
Ténare.	Diluvium. Alluvions.	170,32	Failles.	172	1,28	Éruptions volca- niques, sources minérales de Karlo-

§ 2. Comparaison avec les faits observés à Przibram. — En résumé, soit au point de vue minéralogique, soit au point de vue des directions de soulèvement, le champ de casure de Mies est très-comparable à celui de Przibram.

Le Longmynd et le Westmoreland ont plissé les terrains anté-siluriens des deux pays ; les filons métallifères y af-

fectent à peu près les mêmes directions : le retentissement du système du Rhin ne paraît pas s'être fait sentir à Mies, celui des Pays-Bas manque à Przibram.

La venue sulfurée a précédé toutes les autres, à Mies comme à Przibram ; elle paraît se rapporter dans les deux cas à la période triasique. La venue barytique, qui lui a succédé, semble caractériser, dans ces deux champs, une réouverture H₉₋₁₀, contemporaine du Thuringerwald. La venue calcaire et dolomitique, remarquable à Przibram par l'abondance de la calcite, dont nous avons rapporté l'origine à la présence des grünssteins, peu abondante à Mies, où manquent ces roches éruptives, présente dans cette dernière localité un minéral inconnu à Przibram, la fluorine. Mais de part et d'autre, cette dernière venue est antérieure au système de la Côte-d'Or et de l'Erzgebirge.

A partir de cette époque, les soulèvements les plus récents n'ont plus eu de retentissement dans le plateau de Przibram tandis qu'ils ont encore sillonné de puissantes failles les schistes antésiluriens de Mies, comme pouvaient le faire prévoir les éruptions de basalte, de tuffs volcaniques et d'eaux minérales qui les ont çà et là traversés.

TABLE

DU

MÉMOIRE SUR LES FILONS DE PRZIBRAM ET DE MIES.

PRZIBRAM.

APERÇU GÉNÉRAL.

	Pages.
§ 1. Données historiques.	150
§ 2. Aperçu topographique.	151
§ 3. Aperçu géographique.	152
§ 4. État actuel de l'exploitation.	152
§ 5. Divisions principales du mémoire sur Przibram.	153

SECTION I. — CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DU CHAMP DE PRZIBRAM ET DE SES ENVIRONS.

§ 1. Coupe géologique de la contrée.	154
§ 2. Grauwacke II.	154
§ 3. Schistes II.	155
§ 4. Grauwacke I.	157
§ 5. Schistes I.	158
§ 6. Granite.	159
§ 7. Diorites, grünteins, et kersantons.	142
§ 8. Classification par ordre d'âge des directions mentionnées dans la section I.	146

SECTION II. — DES FILONS MÉTALLIFÈRES, DE LEUR REMPLISSAGE ET DES REJETS STÉRILES.

Chapitre I. — Direction et âge relatif des filons.

§ 1. Direction des filons.	148
§ 2. Age relatif.	152
§ 3. Directions métallifères accidentelles dues à l'influence des roches encaissantes.	154

FILONS DE PRZIBRAM ET DE MIES.

201

Chapitre II. — Du remplissage et des réouvertures.

	Pages.
§ 1. Caractères généraux du remplissage.	156
§ 2. Remplissage au point de vue géologique.	156
§ 3. Remplissage au point de vue minéralogique.	159
§ 4. Des affleurements.	168

Chapitre III. — Des rejets stériles.

§ 1. Directions des rejets.	169
§ 2. Caractère spécial de la plupart des rejets à Przibram.	171

Chapitre IV. — Relations entre les divers systèmes de filons et de fentes stériles.

§ 1. Allure habituelle des veines métallifères.	174
§ 2. Résumé relatif à la section II.	176

SECTION III. — COMPARAISON DES FAITS OBSERVÉS A PRZIBRAM AVEC LES SYSTÈMES DE MONTAGNES.

§ 1. Tableau des systèmes de montagnes rapportés à Przi- bram.	177
§ 2. Tableau des phénomènes de soulèvement observés à Przibram.	178
§ 3. Comparaison des deux tableaux précédent.	179
§ 4. Importance des phénomènes de réouverture.	182

MIES.

APERÇU GÉNÉRAL.

§ 1. Aperçu topographique.	183
§ 2. État actuel de l'exploitation.	183

SECTION I. — CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DES ENVIRONS DE MIES.

§ 1. Aperçu géologique.	185
§ 2. Du thonschiefer.	185

	Pages.
§ 3. Du granite.	187
§ 4. Éruptions basaltiques et volcaniques.	187
§ 5. Classification par ordre d'âge des directions ci-dessus mentionnées.	188

SECTION II. — DES FILONS ET DES REJETS.

Chapitre I. — Directions et âge relatif des filons.

§ 1. Des directions métallifères.	189
§ 2. Age relatif des filons.	189

Chapitre II. — Du remplissage.

§ 1. Remplissage habituel.	190
§ 2. Remplissage théorique.	192

Chapitre III. — Des rejets stériles.

§ 1. Caractères généraux.	193
§ 2. Directions.	193
§ 3. Age relatif.	194

Chapitre IV. — Des sandstrichs.

§ 1. Allure habituelle.	195
§ 2. Réouvertures affectant les sandstrichs.	196

Chapitre V. — Résumé relatif à la section II.

SECTION III. — RÉSUMÉ DES DIRECTIONS OBSERVÉES A MIES.

§ 1. Tableau récapitulatif.	198
§ 2. Comparaison avec les faits observés à Przibram.	199

DISCOURS PRONONCÉ AUX FUNÉRAILLES DE M. RIVOT

LE 25 FÉVRIER 1869

Par M. CH. COMBES,
Inspecteur-général, directeur de l'École des mines.

Messieurs,

C'est avec la plus vive émotion et pénétré d'une profonde douleur que je prends la parole sur la tombe d'un de mes anciens élèves, devenu bientôt mon collaborateur et mon ami, et qui, selon le cours ordinaire des choses, aurait dû remplir envers moi ce pieux office.

Il y a quelques mois, rien ne faisait prévoir le fatal événement qui nous réunit aujourd'hui. La santé vigoureuse de Rivot, entretenue par la régularité de sa vie et les exercices du corps dans lesquels il trouvait un délassement nécessaire à ses travaux assidus, nous donnait au contraire l'espoir qu'il serait conservé longtemps à l'École, au corps des mines et à ses nombreux amis; mais le Dieu qui frappe est aussi le Dieu qui console et relève les affligés, en leur montrant au delà du tombeau un monde meilleur que celui où nous éprouvons de si amères déceptions.

Louis-Édouard Rivot, né le 12 octobre 1820, entra à l'École polytechnique en 1840. Malgré la dureté d'ouïe dont il était atteint dès cette époque, suppléant à cette infirmité par sa puissance d'attention et la pénétration de son intelligence, il se plaça bientôt à la tête de sa promotion, dont il sortit le premier en 1842, pour entrer à l'École des mines qu'il n'a plus quittée depuis. Dès 1845, il fut chargé d'y professer le cours préparatoire de chimie générale, fut nommé ingénieur ordinaire en 1848 et professeur de docimasie en 1852.

Des vingt-six années pendant lesquelles Rivot a appartenu au corps des mines, il n'en est pas une seule qui ne soit marquée par un ou plusieurs mémoires publiés soit dans les *Annales des mines*, soit dans les *Annales de physique et de chimie*; les uns se rapportent à la métallurgie, à la description et à l'exploitation des gîtes métalliques et à la préparation mécanique des minerais, les autres à la chimie analytique. Les premiers contiennent un grand nombre d'observations neuves et d'une grande précision, recueillies dans ses nombreux voyages en France, en Allemagne, en Hongrie et en Amérique, sur les bords du lac Supérieur que Rivot a visités deux fois. Presque tous sont restés classiques. Je me borne à citer sa description de la préparation mécanique des minerais de plomb dans le Harz supérieur et son travail approfondi sur les filons métalliques de Vialas, dans la Lozère, et du Rouvergue, dans le Gard. Dans ce dernier travail Rivot a donné une classification complète des filons de plomb et d'argent de la contrée, la description des croisements et signalé les différences de composition, de richesse en plomb et en argent qui sont en rapport avec les directions des filons. Les études faites à Vialas l'ont conduit à la découverte des filons du Rouvergue qui font partie du même système; ainsi a été confirmée *à posteriori* l'exactitude de ses premières observations et des conséquences pratiques qu'il en avait habilement déduites.

Les nouveaux procédés de dosage donnés par Rivot dans ses mémoires de chimie sont aujourd'hui d'un usage général dans tous les laboratoires où l'on s'occupe d'analyses de substances minérales.

De 1861 à 1866, Rivot a publié un traité complet de docimasie en quatre volumes; il avait antérieurement donné, en 1856 et 1860, deux volumes sur la métallurgie du cuivre, du plomb et de l'argent.

Il poursuivait depuis plusieurs années des recherches

sur un nouveau mode de traitement des minerais d'or et d'argent d'Amérique. Après de nombreuses analyses des minerais de Californie et du Mexique, il était arrivé à créer une méthode complète, dont le point de départ est l'emploi de la vapeur d'eau. Il avait combiné les dispositions des fours de grillage et des appareils d'amalgamation de l'argent amené à l'état métallique par l'action de la vapeur. Des essais en grand avaient été faits en Californie et, malgré l'inexpérience des personnes chargées d'y procéder, le succès avait été complet. Dans l'opération en grand, comme dans le laboratoire, on avait obtenu la totalité des métaux précieux accusés par l'essai en petit de minerais d'une composition très-complexe et rebelles à tous les procédés pratiqués auparavant. Dans l'été de 1868, Rivot avait écrit la plus grande partie d'un mémoire sur ce sujet; il avait même apporté à sa méthode un dernier perfectionnement, qui la rendait économiquement applicable à des minerais d'une teneur très-peu élevée. L'invasion de la maladie qui vient d'avoir une issue funeste, a interrompu la rédaction de ce mémoire. Espérons que, grâce aux collègues et aux aides de Rivot, ce travail ne sera pas perdu pour la science et pour l'industrie. La maladie a également interrompu des expériences d'un grand intérêt qu'il avait commencées sur la formation artificielle des minéraux cristallisés et pour lesquelles il avait fait établir des appareils destinés à reproduire les circonstances probables de milieu, de température et de pression qui auraient accompagné les dépôts de minéraux dans les filons.

Rivot réunissait à un degré éminent les aptitudes de l'ingénieur à l'érudition du savant circonspect et consciencieux. Sur le terrain de la science pure, comme sur celui de la pratique, il avançait lentement, mais sûrement, appuyé sur des observations exactes, des expériences multipliées. Il ne se prononçait et n'agissait qu'après avoir éclairé tous les doutes, levé toutes les objections que son

érudition en minéralogie, en chimie et en métallurgie et la pénétration de son esprit lui faisaient apercevoir. Dans son enseignement clair, méthodique et précis, il ne craignait pas d'entrer dans des détails minutieux ; il mettait ainsi ses auditeurs en garde contre le danger des observations incomplètes et des généralisations qui ne seraient pas justifiées par une discussion et une critique sévères.

Rivot, comme ses illustres devanciers Ébelmen et de Sénarmont, a été enlevé à l'École et au corps des mines dans toute la force de l'âge et du talent. S'il eût vécu, il nous aurait encore beaucoup appris ; mais sa courte vie a été bien remplie, et son nom tiendra une grande place dans l'histoire des sciences et de l'art des mines.

Lorsque nous apprîmes, il y a six mois, l'invasion de la maladie qui mettait en danger la vie de Rivot, la consternation fut générale à l'École, dans le corps des mines et parmi ses anciens élèves, qui tous ont conservé envers lui un profond sentiment de reconnaissance et de respect. Ce sentiment a été partagé par tous les savants, qui estimaient à leur juste valeur les travaux de notre éminent camarade.

Dans ses souffrances, il a été entouré des soins les plus tendres par un frère dont la profonde douleur trouva quelque adoucissement dans l'expression de nos regrets unanimes. Les professeurs, les fonctionnaires, tous les employés de l'École, ceux surtout qui sont attachés au service des laboratoires, lui ont donné les marques les plus délicates d'attachement. Je dois particulièrement remercier ici, au nom de l'École, M. Rigout, des soins empressés, dévoués, incessants qu'il a prodigués au maître auquel il était uni par les liens d'une estime et d'une affection réciproques.

Adieu ! cher Rivot, au nom de l'École et du corps des mines à l'illustration desquels tu as contribué par tes travaux ! Ton souvenir vivra dans leurs annales. Il restera

véneré parmi nous qui, ayant vécu près de toi, avons pu apprécier, en même temps que l'étendue et la sûreté de ton savoir, les nobles qualités de ton âme, ton dévouement au devoir et au bien, ta franchise, ton désintéressement, ton obligeance infinie pour tes collègues et tes amis, et qui t'avons aimé comme tu le méritais !

PAROLES PRONONCÉES PAR M. MOISSENET

Ingénieur des mines.

Messieurs,

C'est au maître, c'est à l'ami que je viens dire adieu.

L'École des mines, le corps des ingénieurs font une grande perte ; mais le coup qui nous frappe retentira dans bien des cœurs : partout où il y a un élève du maître.

M. Rivot nous a instruits par la parole et par l'exemple. Aussi de quel respect, de quelle affection n'était-il pas entouré !

Il était le lien commun d'une grande et belle famille, sur laquelle son utile influence ne cessait de s'exercer.

La force de M. Rivot était dans son amour pour la profession : il voulait et savait inspirer cet amour à ses élèves. Dès l'école, il reconnaissait les aptitudes de chacun d'eux, et sa bienveillance était toujours efficace. Puis, non content de préparer de bons ouvriers et de les mettre à l'œuvre, il ne se lassait pas de les éclairer de ses avis.

M. Rivot a été l'homme utile : il a été aussi l'homme bon, l'ami dévoué.

Ses dehors un peu sévères couvraient à peine la sensibilité la plus délicate. Il était un de ces rares courtisans du malheur : ses amis, dans le chagrin ou dans la maladie,

trouvaient en lui un ferme appui en même temps qu'une bonté et une sollicitude inépuisables.

Tendre pour les autres, il était dur pour lui seul, ne craignant ni labeur ni souffrances. Déjà gravement atteint, il y a quelques semaines à peine, il portait toutes ses inquiétudes sur le compagnon de sa vie, sur son frère.

Pour ce frère, je n'ose parler de consolation ; pour nous, ses élèves, si nous voulons rester dignes de ce titre, honorons sa mémoire, comme il nous le commanderait lui-même, en nous efforçant d'imiter son exemple.

Adieu mon maître, mon ami.

PAROLES PRONONCIÉES PAR M. PARAVEY

Président du conseil d'administration de la compagnie des mines de Vialas.

Messieurs,

En venant associer ma douleur à la vôtre et dire avec vous, devant cette tombe encore ouverte, un dernier adieu au savant, à l'honnête homme, à l'ami dont elle vient de recevoir la dépouille, je n'ai pas la prétention d'ajouter quelque chose aux justes et éloquents appréciations que vous venez d'entendre. Je serais sans autorité pour parler de son savoir, et je n'ai rien à apprendre à aucun de vous de son caractère et de son cœur. Je veux seulement acquitter envers lui une dette de reconnaissance et de justice au nom d'une œuvre qui restera liée au souvenir de quelques-uns de ses derniers et de ses plus remarquables travaux, et qui doit aux études qu'il lui a consacrées d'avoir pris place elle-même dans les annales de la science. La

Société des mines de Vialas ne peut être ni absente ni muette aux funérailles de M. Rivot : à défaut d'un jugement qui excède sa compétence, elle peut au moins lui apporter son témoignage.

J'entendais tout à l'heure, avec une émotion qui répondait à la vôtre, raconter cette vie si laborieuse, ces études si persévérantes et si fécondes. Je repassais dans mon esprit ces qualités si diverses, et qui semblent parfois inconciliables : tant d'amour de la science et tant de goût pour les applications utiles, tant de méthode et tant d'ardeur ; tant de promptitude dans les aperçus et tant de patience dans les recherches ; cette faculté de généraliser qui ne se perdait pas dans le vague, et cette observation attentive des détails qui ne s'étouffait pas dans les minuties ; cette habitude, ce besoin de son esprit d'éclairer la pratique par la théorie et de contrôler la théorie par la pratique ; cette passion pour la vérité, ce respect consciencieux et presque farouche du devoir, cette activité infatigable pour la recherche de l'une et l'accomplissement de l'autre : toutes ces qualités si rares en elles-mêmes, et plus rares encore dans leur réunion, nous les avons vues à l'œuvre pendant près de douze ans ; nous leur avons dû de grands résultats dans le passé, d'inappréciables enseignements pour l'avenir, et nous avons la satisfaction de penser que ces travaux si utiles pour nos intérêts n'ont pas été sans fruit pour sa gloire.

Adieu donc, cher Rivot, au nom de cette compagnie que vous avez servie avec tant de dévouement et d'éclat ; adieu au nom de ces ingénieurs, de ces ouvriers, que vous avez instruits et dirigés, qui conserveront avec votre souvenir le bénéfice de vos leçons et qui seront réunis demain avec nous dans un même sentiment de douleur et de gratitude. Adieu, mais non pas pour toujours. Cette puissante intelligence, cette volonté rigoureuse, cette honnête et droite conscience avaient un principe qui ne se dissoudra pas avec les restes que nous déposons ici. Votre âme était trop

sincère et trop élevée pour n'avoir pas conscience d'elle-même et ne pas tendre incessamment à remonter plus haut, jusqu'à sa source. Vous l'avez senti et vous avez montré à vos amis où désormais leur souvenir doit aller vous chercher, où leur effort doit être de vous rejoindre.

APPLICATION DE LA MÉCANIQUE

A L'HORLOGERIE.

Par M. H. RÉSAL, ingénieur des mines.

DES ENGRENAGES.

§ I. — GÉNÉRALITÉS.

1. *Préliminaires.* — Dans ce qui suit, nous supposons connue la théorie géométrique des engrenages cylindriques, telle qu'elle est enseignée au point de vue de la construction des machines industrielles; nous nous bornerons ici à faire ressortir les modifications qu'elle doit subir lorsqu'il s'agit de chronomètres, en la complétant en conséquence lorsqu'il y aura lieu de le faire.

Nous appellerons, avec M. Willis, *arcs d'approche* et de *retraite* les arcs respectifs que doivent décrire l'une ou l'autre des circonférences primitives d'un engrenage pour que le contact d'un couple de dents ayant lieu avant la ligne des centres arrive sur cette ligne et pour que, à partir de la même ligne, le contact vienne à cesser.

2. *Arc-boutements.* — On sait que tous les corps présentent à leur surface des aspérités plus ou moins saillantes selon leur degré de poli.

Supposons que sur une face plane d'un solide, on fasse mouvoir, sous un certain angle, le tranchant d'un ciseau; on n'éprouve que la résistance due au frottement de glissement lorsque le déplacement a lieu du côté de l'angle aigu d'inclinaison; dans le cas contraire le ciseau bute ou tend à buter contre les aspérités de la surface, en produisant des arrêts ou *arc-boutements*, suivis de pénétration dans la



matière, si l'action que l'on exerce sur le ciseau est suffisante.

Une pareille tendance aux arc-boutements aura lieu entre les dents de la roue menante et celles de la roue menée, (l'arête qui termine les premières jouant le rôle de ciseau), si le contact commence avant la ligne des centres, ce qui n'arrivera pas au delà de cette même ligne; il conviendra donc de réduire autant que possible l'arc d'approche.

Aussi, lorsque l'arc d'approche est considérable et que les dents ne sont pas, (comme dans les montres) ou ne peuvent pas être souvent lubrifiées, les arc-boutements développent une résistance qui surpasse celle qui résulte du frottement de glissement, d'une quantité dépendante de la nature des matières en contact, de l'action mutuelle qu'elles exercent entre elles, de la masse des particules enlevées, de la profondeur du cisaillement, etc. Cette résistance est ce que les horlogers appellent le *frottement rentrant*, en opposition de l'expression de *frottement sortant* qu'ils appliquent au contact au delà de la ligne des centres. Ces deux dénominations doivent être rejetées, et il conviendrait d'introduire dans le langage technique, pour désigner la résistance qui vient s'ajouter au frottement lorsque le contact a lieu avant la ligne des centres, l'expression de *cisaillement*.

3. *De l'influence de l'étendue des arcs d'approche et de retraite relativement au frottement.* — Considérons un engrenage extérieur dans lequel la roue O soit menée par la roue O' fig. (1), page 288, et supposons que les deux rotations ω , ω' correspondantes aient lieu respectivement de la droite vers la gauche et de la gauche vers la droite.

Soient :

A, le point de contact des circonférences primitives O, O';

R, R', les rayons de ces deux circonférences;

m, le point de contact des deux profils m a, m a';

θ , l'angle aigu que forment la normale m A, en m, avec la ligne des centres O, O';

p, la longueur de cette normale.

P, Q, les forces tangentes aux circonférences primitives O et O' respectivement équivalentes à la puissance et à la résistance.

N, la réaction normale des dents m a, m a' en m;

f, le coefficient de frottement correspondant.

Examinons d'abord le cas où le contact a lieu au delà ou à droite de la ligne des centres, c'est-à-dire pendant la retraite.

On sait que l'on peut considérer la circonférence O comme roulant sur la circonférence O', supposée fixe, avec la vitesse angulaire $\omega + \omega'$ autour du centre instantané A.

Le frottement N f, agissant sur la roue O, ayant un sens opposé au glissement de m a sur m a', c'est-à-dire à la direction de la vitesse de m autour de A due à la rotation $\omega + \omega'$, on a, en prenant les moments par rapport au point O

$$-QR + NR \sin \theta + Nf(R \cos \theta - p) = 0,$$

et comme le frottement relatif à la roue O' est directement opposé au précédent, on a de la même manière

$$PR' - NR' \sin \theta - Nf(R' \cos \theta + p) = 0.$$

On déduit de là,

$$(1) \quad N = \frac{Q}{\sin \theta + f \left(\cos \theta - \frac{p}{R} \right)},$$

$$\frac{P}{Q} = \frac{\sin \theta + f \left(\cos \theta + \frac{p}{R'} \right)}{\sin \theta + f \left(\cos \theta - \frac{p}{R} \right)}.$$

Si le frottement n'existait pas, ou si l'on avait $f = 0$, P serait égal à Q; par conséquent P - Q est la force tangente à la circonférence O' équivalente au frottement, et en la désignant par F, on a

$$(2) \quad F = fQ \frac{p \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right)}{\sin \theta + f \left(\cos \theta - \frac{p}{R} \right)}$$

Si le contact a lieu avant, c'est-à-dire à gauche de la ligne des centres, ou encore pendant l'approche, on a

$$-QR + NR \sin \theta - Nf(R \cos \theta + p) = 0,$$

$$PR' - NR' \sin \theta + Nf(R' \cos \theta - p) = 0;$$

d'où

$$(1') \quad N = \frac{Q}{\sin \theta - f \left(\cos \theta + \frac{p}{R} \right)},$$

d'où en désignant par F_1 , la force $P-Q$. L'équivalente au frottement et tangente à la circonférence O' ,

$$(2') \quad F_1 = \frac{fQp \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right)}{\sin \theta - f \left(\cos \theta + \frac{p}{R} \right)}$$

Si l'on suppose que, dans les deux cas, p et θ ont les mêmes valeurs, on a

$$(5) \quad \frac{F_1 - F}{F} = \frac{2f \cos \theta}{\sin \theta - f \left(\cos \theta + \frac{p}{R} \right)},$$

ou, en négligeant par approximation le carré de f ,

$$(4) \quad \frac{F_1 - F}{F} = 2f \cot \theta.$$

On voit ainsi que, toutes choses égales d'ailleurs, la portion de la force motrice équivalente au frottement, est plus considérable lorsque le contact a lieu avant qu'après la ligne

des centres et que l'excès relatif est sensiblement égal au coefficient de frottement multiplié par la cotangente de l'inclinaison de la normale sur la ligne des centres, inconvénient de l'approche qui vient s'ajouter à celui des arc-boutements, ce qui est un motif de plus pour proscrire l'approche ou pour en réduire l'étendue autant que possible.

Les formules (2) et (2') peuvent se réunir dans la suivante

$$(5) \quad F = \frac{fQp \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right)}{\sin \theta \pm f \left(\cos \theta \mp \frac{p}{R} \right)},$$

dans laquelle les signes supérieurs se rapportent à la retraite et les signes inférieurs à l'approche.

4. *Limites du rapport du rayon du pignon à celui de la roue.* — La force F croît avec p , et est d'autant plus grande que l'angle θ et le rayon du pignon sont plus petits. Pour que le frottement ne prenne pas une importance trop considérable, il faut donc que l'étendue du contact de part et d'autre de la ligne des centres soit faible, que la normale au point de contact sur cette ligne diffère peu de la tangente aux circonférences primitives; enfin, il résulte également de la formule (5) que l'on ne doit pas faire engrener une roue avec un pignon d'un trop petit diamètre; c'est pourquoi, dans la construction des machines industrielles et des chronomètres qui leur sont comparables au point de vue des dimensions, en posant en principe que trois couples de dents soient toujours en contact, on n'emploie pas de pignons dont le diamètre soit au-dessous de $\frac{1}{5}$ de celui de la roue; dans les montres, la limite inférieure de ce rapport est $\frac{1}{10}$.

15. *Travail absorbé par le frottement.* — Si l'on désigne

par s' un arc de la circonférence O' compté à partir du point A , le travail T_r absorbé par le frottement s'obtiendra en multipliant l'équation (5) par ds' , puis effectuant l'intégration, ce qui donnera

$$(6) \quad T_r = \int F ds' = fQ \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right) \int \frac{p ds'}{\sin \theta \pm f \left(\cos \theta \mp \frac{p}{R'} \right)}$$

On peut mettre cette expression sous une autre forme, en remarquant que dp n'est autre chose que la projection de ds' sur la normale, ou que

$$dp = ds' \sin \theta,$$

et il vient alors

$$(7) \quad T_r = fQ \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right) \int \frac{p dp}{\sin \theta \left[\sin \theta \pm f \left(\cos \theta \mp \frac{p}{R'} \right) \right]}$$

intégrale dont on pourra déterminer la valeur au moins par approximation, lorsque l'on connaîtra la relation

$$p = F(\theta),$$

qui sert à définir la nature du profil ma' .

En se plaçant dans le cas de la retraite ou en prenant les signes inférieurs, on a pour l'engrenage à flancs

$$p = R \sin \theta$$

par suite, en intégrant entre les limites $\theta = \frac{\pi}{2}$ et θ (*),

$$(8) \quad T_r = fQ \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right) R^2 \log \frac{1}{\sin \theta},$$

(*) Voir mon mémoire sur le frottement dans les engrenages coniques, inséré au 25^e cahier du *Journal de l'École polytechnique*, dans lequel je donne les expressions intégrales du travail du frot-

formule applicable aux engrenages des montres dans lesquelles, comme nous le verrons plus loin, les angles d'approche et de retraite ont des valeurs notables.

Si le contact est peu étendu de part et d'autre de la ligne des centres, comme cela a lieu pour les machines-outils, et comme cela peut avoir lieu pour les chronomètres de certaines dimensions, et si l'inclinaison de la normale sur cette ligne, pour toute l'étendue du contact, est assez voisine de 90° pour que l'on puisse, sans erreur sensible, supposer $\sin \theta = 1$, la formule (7) donne, en négligeant le carré de f , pour la retraite comme pour l'approche,

$$T_r = fQ \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right) \frac{p^2}{2};$$

ou, avec la même approximation,

$$T_r = fQ \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right) \frac{s'^2}{2};$$

ou encore, en remarquant que Qs' est le travail résistant utile T_r , que l'on doit vaincre

$$T_r = f T_r \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right) \frac{s'}{2}.$$

Mais en désignant par n, n' le nombre des dents des roues O, O' , l'arc s' est égal au pas a de l'engrenage et l'on a pour l'étendue du contact d'un couple de dents

$$s' = a = \frac{2\pi R}{n} = \frac{2\pi R'}{n'};$$

par suite

$$T_r = \pi f \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{n'} \right) T_r.$$

tement dans les engrenages à flancs coniques et cylindriques, à développantes de cônes, à développantes de cercle, à lanterne, et dans celui de la vis sans fin.

Cette formule s'applique encore à l'ensemble d'un nombre quelconque ν de couples de dents qui se sont succédées, ce qui devient évident en multipliant les deux termes par ν .

Le cas des engrenages intérieurs se déduit de ce qui précède en changeant le signe du plus grand rayon ou du plus grand nombre de dents.

Remarque relative au cas où plusieurs couples de dents sont en contact. — Si nous employons le signe Σ pour désigner la somme des termes qui se rapportent aux k couples des dents en contact, on a

$$F = fQ \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right) \frac{\Sigma Np}{\Sigma N \left[\sin \theta \pm f \left(\cos \theta - \frac{p}{R} \right) \right]}$$

Le problème est alors indéterminé au point de vue algébrique, et il faudrait pour faire disparaître l'indétermination, ou calculer les pressions normales N , faire intervenir la compressibilité de la matière; ce qui rentre dans un ordre de questions que nous n'essayerons pas d'aborder.

Si par approximation, on remplace N par sa valeur moyenne, pour tous ces couples de dents en prise, l'indétermination disparaît, et l'on a

$$F = fQ \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right) \frac{\Sigma p}{\Sigma \left[\sin \theta \mp f \left(\cos \theta \mp \frac{p}{R} \right) \right]}$$

Enfin si la limite du contact de part et d'autre de la ligne des centres est très-petite, que l'angle θ diffère peu de 90° , et que l'on néglige le carré du frottement on obtient, en appelant p_1 la moyenne des normales

$$F = fQ \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right) p_1,$$

formule qui affecte la même forme que celle qui se rapporte au cas où le contact n'a lieu qu'entre un couple de dents.

6. *Des conditions relatives à la résistance des roues d'engrenages.* — La forme la plus générale du profil d'une dent est la réunion de deux lignes symétriques par rapport à une droite Ox (fig. 2), composées chacune d'une partie rectiligne ab partant de la perpendiculaire en O à Ox , exactement ou sensiblement parallèle à cette droite, et d'une courbe bc qui va en se rapprochant de Ox pour se terminer en c .

Nous nous placerons dans les conditions les plus favorables de résistance, ce qui nous conduira à des dimensions plus que suffisantes pour les dents, en supposant que l'effort N qui agit sur la dent considérée (que le numéro précédent nous permet de calculer) est estimé à son maximum, et qu'il agit perpendiculairement à Ox suivant cc .

Soient :

O' , l'intersection de bb avec Ox ;

z , l'ordonnée mn par rapport à $O'x$ d'un point m de la courbe bc correspondante à l'abscisse x comptée à partir de O' ;

l , l'abscisse du point c ;

l , la longueur totale de la dent;

ϵ , sa largeur parallèlement à l'axe de rotation;

ρ, ρ_0 les rayons de courbure de la fibre moyenne correspondant au point m , après et avant la déformation;

$I = \frac{2}{3} \epsilon z^3$, le moment d'inertie, par rapport à son centre

de gravité, de la section normale à la fibre moyenne passant par m ;

$e = aa, e_1 = cc$, les épaisseurs de la dent à sa naissance et à son extrémité;

E , le coefficient d'élasticité de la matière;

Γ , l'effort maximum qu'on peut lui faire supporter par unité de surface, et qui est une fraction déterminée de la

résistance à la rupture; nous attribuerons à Γ la même valeur pour l'extension, la compression et le glissement.

On a, d'après la théorie de la résistance des matériaux,

$$EI \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} \right) = N(l_1 - x),$$

et pour la plus grande tension élastique dans la section normale correspondant au point m ,

$$(a) \quad Ez \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} \right) = \frac{N(l_1 - x)}{I} \quad z = \frac{3}{2} \frac{N(l_1 - x)}{\epsilon z^2},$$

et l'on devra avoir

$$(1) \quad \Gamma \geq \text{maximum} \frac{3}{2} \frac{N(l_1 - x)}{\epsilon z^2}.$$

Pour déterminer ce maximum, on résoudra l'équation

$$(2) \quad z + 2(l_1 - x) \frac{dz}{dx} = 0;$$

d'où l'on déduira, pour x , une valeur de la forme

$$(3) \quad x_1 = f(e, l_1),$$

qui, étant portée dans la formule (1) considérée comme équation, donnera une relation entre e , ϵ , l_1 , que nous représenterons par

$$(4) \quad F(e, l_1, \epsilon) = 0.$$

Dans chaque système d'engrenages, par suite de la délimitation de la longueur des dents, e_1, l_1 sont exprimables en fonction du rapport des rayons des circonférences primitives, du jeu, de l'arc de retraite et du pas.

Par l'élimination des deux derniers de ces éléments, on arrivera à une relation

$$(5) \quad \varphi(e, e_1, l_1) = 0$$

entre e , e_1 , l_1 .

Les valeurs, croissantes avec N du rapport $\frac{\epsilon}{e}$ adoptées par les constructeurs sont très-exactement représentées par la formule empirique suivante :

$$(6) \quad \frac{\epsilon}{e} = 27 + \frac{32N}{10^4} - \frac{7N^2}{10^6},$$

dans laquelle N est estimé en kilogrammes, et les équations (4), (5), (6) feront connaître les valeurs des inconnues qui ne seront admissibles qu'autant qu'elles correspondront à une valeur de x_1 comprise entre 0 et l_1 . Si l'on trouvait $x_1 < 0$, c'est que la fonction du second membre de la formule (1) serait décroissante à mesure que l'on ferait croître x à partir de x_1 , et la plus grande valeur que l'on devrait attribuer à cette fonction correspondrait à $x = 0$.

Si, au contraire, on a $x_1 > l_1$, on doit, pour obtenir cette valeur maximum, supposer $x = l_1$.

Dans tous les cas, on devra prendre pour l'épaisseur e , la plus grande de celles qui résultent des considérations précédentes, ou de la formule

$$(7) \quad \Gamma \geq \frac{6Nl}{\epsilon e^2},$$

qui exprime la condition de résistance de la dent relative à sa naissance.

Enfin, pour les valeurs supposées connues de e et l et d'après la formule des courbes bc , on trouvera pour e_1 une valeur qui ne sera admissible, de même que les précédentes, que si elle satisfait à la condition

$$(8) \quad \Gamma e_1 \geq N,$$

nécessaire pour que la dent résiste à l'effort tranchant.

Supposons que l'on remplace les arcs bc par leurs cordes,

les segments supprimés étant considérés comme devant donner un surcroît à la résistance calculée de la dent. On a, dans ce cas,

$$z = \frac{e}{2} - \frac{e - e_1}{2l_1} x.$$

L'équation (2) donne par suite

$$(9) \quad x_1 = l_1 \left(1 - \frac{e_1}{e - e_1} \right),$$

$$z = e_1.$$

La première de ces valeurs sera toujours plus petite que l_1 , mais pour qu'elle soit positive, il faut que

$$e_1 < \frac{e}{2},$$

ce qui n'aura généralement pas lieu pour les engrenages employés dans les mécanismes ordinaires, en raison de la faible saillie que l'on donne à leurs dents pour des motifs que nous avons déjà exposés; toutefois si ce cas se présente, les conditions de résistance seront exprimées par les formules (7) et (8). Mais comme pour la plupart des pignons employés en horlogerie le contraire a lieu, il faudra faire le calcul, dont nous avons indiqué la marche plus haut. En substituant la première des valeurs (9) dans la formule (1), on trouve

$$(10) \quad \Gamma = \frac{5}{2} \frac{Nl_1}{\varepsilon(e - e_1)e_1}.$$

Supposons que les dents soient assez pointues pour que l'on puisse considérer la condition (8), comme étant strictement satisfaisante. On aura

$$\frac{N}{\varepsilon e_1} = \Gamma; \quad \text{d'où} \quad e = e_1 + \frac{3}{2} l_1,$$

ou à peu près,

$$(11) \quad e = \frac{3}{2} l_1.$$

Pour que cette valeur soit admissible, il faut qu'elle vérifie l'inégalité (7) ou que l'on ait

$$(12) \quad \frac{3}{8} l_1^2 \geq \frac{Nl}{\varepsilon \Gamma}, \quad \text{ou} \quad \frac{3}{8} l_1^2 \geq e_1 l,$$

ce qui aura lieu généralement.

Nous remarquerons que pour $e_1 = \frac{e}{2}$, la formule (10) donne

$$\Gamma = \frac{6Nl_1}{e^2 \varepsilon}.$$

expression qui ne diffère de la formule (7) que l'on devra seule employer, que par le changement de l en l_1 .

Pour que les formules (7) et (10) donnent pour e les mêmes valeurs, il faut que l'on ait, en éliminant N entre elles,

$$\left(1 - \frac{e}{e_1} \right) \frac{e_1}{e} = \frac{1}{4} \frac{l_1}{l};$$

d'où

$$(15) \quad \frac{e_1}{e} = \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{l_1}{l}}}{\varepsilon},$$

pour la valeur minimum du rapport $\frac{e_1}{e}$, compatible avec l'emploi de la formule (7).

Les différentes formules que nous venons d'établir ne peuvent recevoir leur application que dans les cas spéciaux que nous examinerons ultérieurement; quant à présent nous en resterons à ces généralités.

Pour le cuivre et le laiton, on prendra

$$\Gamma = 1200000^*$$

7. *Minimum du nombre des dents d'un engrenage extérieur à flancs rectilignes.* — Pour qu'il y ait compatibilité entre ces conditions, savoir que les dents aient une forme symétrique et que le contact ait encore lieu entre un couple de dents, lorsque celui du couple précédent commence, il faut que le nombre des dents de chaque roue ne descende pas au-dessous d'une certaine limite au delà de laquelle les vides qui les séparent ne seraient plus suffisants pour recevoir les dents de l'autre roue. C'est cette limite que nous nous proposons d'établir.

Nous restreindrons d'abord la question au cas où, lorsque la prise ayant lieu sur la ligne des centres, le contact cesse entre le couple de dents suivant.

Soient :

n, n' , le nombre des dents du pignon O et de la roue O' ;

$$\mu = \frac{R}{R'} = \frac{n}{n'} < 1;$$

i, i' , les rapports respectifs de l'intervalle des dents, pour les roues O, O', au pas $\frac{2\pi R}{n} = \frac{2\pi R'}{n'} = a$;

$\varphi = \frac{2\pi}{n}$, l'angle au centre de la circonférence O correspondant au pas.

1° *La roue conduit le pignon.* — Les dents du pignon sont formées de flancs rectilignes et celles de la roue de faces épicycloïdales.

Soient :

m (fig. 5), le dernier point de contact entre deux dents ;

A'_1 , la naissance du profil ;

A, le point de contact des circonférences primitives ;

B'_1 , l'extrémité du rayon mené du centre O' au point m ;
on a

$$\widehat{AOm} = \varphi.$$

Il faut en premier lieu pour qu'une dent de chaque roue puisse être contenue dans le vide correspondant de l'autre que

$$a(1-i) \geq ai', \quad a(1-i') \geq ai;$$

d'où

$$(1) \quad i + i' \geq 1,$$

condition que nous supposerons remplie.

L'angle $mO'A$ doit être au moins égal à l'angle formé avec OO' par le rayon mené au milieu de la dent de la roue O', en contact au point m , ou à

$$\frac{ai' + \frac{a}{2}(1-i)}{R} = \frac{\varphi}{2} \mu (1+i'),$$

et l'on devra avoir

$$\widehat{\text{tang } mO'A} \geq \text{tang } \frac{\varphi}{2} \mu (1+i').$$

Si mN est la perpendiculaire abaissée du point m sur OO' , on a

$$mN = Om \cos \varphi = \frac{R}{2} \sin 2\varphi,$$

$$O'N = R' + AN = R' + R \sin^2 \varphi,$$

$$\text{tang } mO'A = \frac{mN}{O'N} = \frac{\mu}{2} \frac{\sin 2\varphi}{1 + \mu \sin^2 \varphi}.$$

L'inégalité précédente devient donc

$$(2) \quad \frac{\frac{\mu}{2} \sin 2\varphi}{1 + \frac{\mu}{2} \frac{\mu}{2} \cos 2\varphi} \leq \text{tang } \left[\frac{\mu(i+i')}{4} \cdot 2\varphi \right].$$

En général, i^n est égal à $\frac{1}{2}$ augmenté du jeu que nous supposerons d'abord nul pour y revenir ensuite. Il ne nous reste donc qu'à satisfaire à l'inégalité

$$(3) \quad \frac{\mu \sin 2\varphi}{2 + \mu - 2\mu \cos 2\varphi} \leq \operatorname{tang} \left(\frac{3}{8} \mu \cdot 2\varphi \right)$$

qui devient, dans le cas de $\mu = 0$,

$$\frac{\sin 2\varphi}{2\varphi} \leq \frac{3}{4}$$

Si l'on remarque que le minimum de n est

$$n = \frac{180^\circ}{\varphi}$$

φ étant la valeur en degrés donnée par la formule (3) transformée en équation, on trouve, en résolvant cette équation,

pour $\mu = 0$	$\varphi = 37.0$	$n = 10$
1/5	35.5	11
2/5	30.5	12
3/5	28.5	13
4/5	26.4	14
1	23.6	15

On a donc très-exactement

$$(4) \quad n = 10 + 5\mu (*)$$

(*) Au lieu de cette formule, Savary est arrivé à la suivante:

$$\mu = 10(1 + \mu),$$

qui donne des résultats plus forts lorsque μ atteint une valeur appréciable.

Je ne connaissais pas, à l'époque où j'ai rédigé le présent mémoire, le travail de Savary, dont on ne retrouve des traces que dans des feuilles lithographiées déposées à la bibliothèque de l'École polytechnique; ce n'est que plus tard qu'un élève, M. Travelet, a bien voulu m'envoyer un extrait des leçons de Savary qui

Supposons maintenant que l'on veuille tenir compte du jeu que nous représenterons par $\delta i'$, cette quantité ainsi que la variation correspondante $\delta\varphi$ de φ étant supposée assez petite pour que l'on puisse en négliger les puissances supérieures à la première.

En différenciant la formule (2) comme équation par rapport à la caractéristique δ , et supposant ensuite $i = \frac{1}{2}$, on trouve

$$\frac{\delta\varphi}{\varphi} = \frac{\delta i'}{\cos^2 \frac{3}{4} \mu \varphi \left[\frac{2 \cos 2\varphi}{1 + \frac{\mu}{2} - \frac{\mu}{2} \cos 2\varphi} - \frac{\mu \sin 2\varphi}{\left(1 + \frac{\mu}{2} - \frac{\mu}{2} \cos 2\varphi\right)^2} \right]}{\frac{5}{2}}$$

quantité qui est évidemment égale à $-\frac{\delta n}{n}$. En ayant égard aux valeurs de φ données plus haut, on trouve

pour $\mu = 0$	$\frac{\delta n}{n} = 1,05\delta i'$,
1/5	1,088 $\delta i'$,
2/5	1,112 $\delta i'$,
3/5	1,112 $\delta i'$,
4/5	1,112 $\delta i'$,
1	1,088 $\delta i'$,

de sorte qu'en prenant pour n le nombre entier immédiatement supérieur à la valeur de

$$(5) \quad n = (10 + 5\mu) (1 + 1,112\delta i'),$$

arrive à sa formule par une méthode différente de la mienne.

Cette formule, qu'il ne considère d'ailleurs que comme approchée, donne pour le minimum de n une valeur trop grande ainsi que l'a reconnu, dans plusieurs circonstances, le savant directeur de l'École d'horlogerie de Besançon, M. Sire.

Les observations précédentes sont applicables aux engrenages à développante et à lanterne dont nous nous occuperons plus loin.

on sera certain que l'engrenage sera possible, au moins en dehors des conditions de résistance qu'il doit remplir et qui ne le seraient pas, notamment, dans le cas de dents trop pointues et d'efforts moteur et résistant trop considérables.

2° *Le pignon conduit la roue.* — Au lieu de la formule (2), on obtiendra la suivante :

$$(5) \quad \frac{\sin 2\varphi'}{2\mu + 1 - 2\cos 2\varphi'} \leq \operatorname{tang} \left[\frac{(1+i')}{4\mu} 2\varphi' \right],$$

qui s'en déduit par analogie, φ' représentant l'angle $\frac{2\pi}{n}$. De la limite de φ' tirée de cette inégalité, on déduira celle qui résulte de la condition relative à un engrenage réciproque, qui est dès lors la seule à laquelle on aura à satisfaire. Il suffit, pour s'en convaincre, de remarquer que les faces des dents de la roue sont des épicycloïdes aplaties, et que celles du pignon sont des épicycloïdes allongées; de sorte que, pour un contact d'une même étendue, l'arc de la circonférence primitive correspondant à la naissance et à l'extrémité d'un arc de face sera moindre pour le pignon que pour la roue.

Si l'on n'exige pas que le contact cesse, pour un couple de dents, lorsque la nouvelle prise commence à la ligne des centres, ou que l'on admette qu'elle puisse se produire avant cette ligne, la limite inférieure du nombre de dents du pignon peut être plus grande que celle que donne la formule (5). Il faut alors faire intervenir les arcs d'approche ax et de retraite ar , α et r étant des fractions du pas dont la somme est égale à une ou deux unités, selon que, lorsque le contact est sur le point de cesser entre un couple de dents, il commence entre le couple précédent de l'autre côté de la ligne des centres, ou qu'il y a déjà une prise sur la ligne des centres et une autre qui commence immédiatement en deçà de cette ligne. Soit m_1 le point

de contact avant la ligne des centres. En continuant à désigner l'angle $\frac{2\pi}{n}$ par φ , nous devons avoir

$$m_1 \widehat{O'm} \geq \frac{\varphi\mu(1+i')}{2}.$$

Mais on a

$$m_1 \widehat{O'm} = m_1 \widehat{O'A} + \Delta \widehat{O'm},$$

$$m_1 \widehat{O'A} = \frac{\alpha\alpha}{R} = \mu\varphi\alpha;$$

d'où

$$\Delta \widehat{O'm} \geq \mu\varphi \left(\frac{1+i'}{2} - \alpha \right).$$

D'autre part, on trouverait comme tout à l'heure, en remarquant que l'angle ΔOm est égal à $r\varphi$,

$$\operatorname{tang} \Delta \widehat{O'm} = \frac{\mu}{2} \frac{\sin 2r\varphi}{1 + \frac{\mu}{2} - \frac{\mu}{2} \cos 2r\varphi}.$$

Il faudra donc satisfaire à l'inégalité

$$(6) \quad \frac{\mu \sin 2r\varphi}{2 + \mu - \mu \cos 2r\varphi} \geq \operatorname{tang} \mu\varphi \left(\frac{1+i'}{2} - \alpha \right);$$

qui permettra ainsi de déterminer le maximum de φ et le minimum de n pour des valeurs attribuées à μ , α et r .

On déduira facilement de la formule (6) celle qui serait relative au cas où la roue serait conduite par le pignon.

Limite du nombre des dents dans l'engrenage à flancs intérieurs. — Il est facile de s'assurer que les formules relatives à cette question se déduiront de celles (2), (5), (6) du numéro précédent, en y changeant le signe du cosinus qui entre dans le dénominateur du premier membre; mais comme l'engrenage intérieur est relativement peu employé, nous n'avons pas cru devoir faire l'application de ces formules.

8. *Relations entre le pas, la saillie et l'épaisseur des dents*

dans l'engrenage extérieur à flancs. — Considérons un engrenage extérieur, et soient :

a, α, ar , le pas, les arcs d'approche et de retraite;

e, e' et e_1, e'_1 , les épaisseurs des dents du pignon et de la roue à la circonférence primitive et à l'extrémité;

l_1, l'_1 , les saillies de ces dents.

Occupons-nous d'abord de la roue O' (fig. 3). On a

$$\frac{2\pi R}{n} = \frac{2\pi R'}{n} = a; \quad \text{d'où} \quad R = \frac{na}{\pi}, \quad R' = \frac{n'a}{\pi},$$

$$\widehat{\Delta Om} = \frac{2\pi r}{n}, \quad \widehat{\Delta O\Delta'} = \frac{2\pi r'}{n'},$$

$$l_1 = Om - R' = Om - \frac{n'a}{2\pi},$$

$$e' - e'_1 = 2B'_1\Delta'_1 = \frac{n'a}{\pi} \cdot B'O'\Delta'_1.$$

Mais on voit facilement que

$$\begin{aligned} Om &= \sqrt{R'^2 + \Delta m^2 + 2R'\Delta m \sin \widehat{\Delta Om}} \\ &= \frac{a}{2\pi} \sqrt{n'^2 + n(n+2n') \sin^2 \frac{2\pi r}{n}}, \end{aligned}$$

et, comme au numéro précédent, on a

$$\text{tang } \widehat{\Delta O'm} = \frac{\mu \sin 2\widehat{\Delta Om}}{2 + \mu - \mu \cos 2\widehat{\Delta Om}} = \frac{n \sin \frac{4\pi r}{n}}{2n' + n - n \cos \frac{4\pi r}{n}},$$

Mais l'angle $\widehat{B'_1O'\Delta'_1}$ est généralement assez petit pour que l'on puisse le considérer comme égal à sa tangente; il vient donc,

$$\begin{aligned} \widehat{B'O'\Delta'_1} &= \text{tang } \widehat{B'_1O'\Delta'_1} = \text{tang}(\widehat{\Delta O\Delta'_1} - \widehat{OO'm}) = \\ &= \frac{\left(2n' + n - n \cos \frac{4\pi r}{n}\right) \text{tang } \frac{2\pi r}{n} - n \sin \frac{4\pi r}{n}}{2n' + n - n \cos \frac{4\pi r}{n} + n \sin \frac{4\pi r}{n} \text{tang } \frac{2\pi r}{n}}, \end{aligned}$$

par suite

$$(1) \left\{ \begin{aligned} l'_1 &= \frac{a}{2\pi} \left[\sqrt{n'^2 + n(n+2n') \sin^2 \frac{2\pi r}{n}} - n' \right] \\ \frac{\pi(e' - e'_1)}{n'a} &= \frac{\left(2n' + n - n \cos \frac{4\pi r}{n}\right) \text{tang } \frac{2\pi r}{n'} - \sin \frac{4\pi r}{n'}}{2n' + n - n \cos \frac{4\pi r}{n} + n \sin \frac{4\pi r}{n} \text{tang } \frac{2\pi r}{n'}}. \end{aligned} \right.$$

On obtiendra des formules semblables pour le pignon en changeant dans ces dernières r en α , et n en n' et inversement.

Ces formules sont trop compliquées pour que l'on puisse les discuter facilement; mais dans les cas ordinaires de la pratique, que nous allons maintenant examiner, on peut leur faire subir, sans erreur appréciable, des simplifications importantes.

1° Cas de petits arcs d'approche et de retraite. — Supposons que n, n' soient assez grands pour que l'on puisse négliger les carrés des angles $\frac{2\pi}{n}, \frac{2\pi}{n'}$. La première des formules (1) donne, en conservant seulement les termes du second ordre,

$$(2) \quad l'_1 = a\pi \frac{(n+2n')r^2}{nn'}.$$

On trouverait de même

$$(2) \quad l_1 = a\pi \frac{(n'+2n)\alpha^2}{nn'}.$$

En admettant un jeu de $\frac{1}{10}$ du pas pour les creux, ou

égal à très-peu près à $\frac{\pi}{30}$, on a pour la longueur totale des dents des deux roues

$$(3) \quad l = l_1 + l_2 = \pi a \left[\frac{(n + 2n')r^2 + (n' + 2n)\alpha^2}{nn'} + \frac{1}{30} \right].$$

La seconde des formules (1) donne, en continuant l'approximation adoptée,

$$(4) \quad \begin{cases} \frac{e' - e'_1}{a} = \frac{2\pi r^2}{n'}, \\ e' - e'_2 = 2l'_1 \frac{\mu}{2 + \mu} \end{cases}$$

On trouverait de même

$$(5) \quad \begin{cases} \frac{e - e_1}{a} = \frac{2\pi \alpha^2}{n}, \\ e - e_2 = \frac{2l_1}{2 + 2\mu} \end{cases}$$

Nous remarquerons que dans les cas ordinaires où $\alpha = r = 1$, on a

$$(6) \quad l = \pi a \left[\frac{3(n + n')}{nn'} + \frac{1}{30} \right].$$

2° Cas d'un pignon d'un petit diamètre. — Lorsque le rapport $\mu = \frac{n}{n'}$ est petit et descend au-dessous de $\frac{1}{7}$, par exemple, on peut, sans grande erreur, négliger le cube de μ devant l'unité et la première des formules (1) donne

$$(8) \quad \begin{cases} l'_1 = \frac{a}{2\pi} n' \cdot \mu \left(1 + \frac{\mu}{2} \right) \sin^2 \frac{2\pi r}{n}, \\ \text{ou} \\ l'_1 = \frac{an}{2\pi} \left(1 + \frac{\mu}{2} \right) \sin^2 \frac{2\pi r}{n}. \end{cases}$$

On peut aussi écrire

$$\text{tang } OO'm = \frac{\mu \sin \frac{4\pi r}{n}}{2 + \mu - \mu \cos \frac{4\pi r}{n}} = \mu \sin \frac{4\pi r}{n} \left(2 - \mu + \mu \cos \frac{4\pi r}{n} \right),$$

$$OO'm = \text{tang } OO'm - \text{tang}^2 \frac{OO'm}{2} = \frac{\mu}{4} \sin \frac{4\pi r}{n} \left\{ 2 - \mu \left(2 - \frac{\cos 4\pi r}{n} + \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi r}{n} \right) \right\}$$

et enfin

$$(9) \quad \frac{e' - e'_1}{a} = 2r - \frac{\sin \frac{4\pi r}{n}}{4\pi r} \left[2 - \mu \left(1 - \cos \frac{4\pi r}{n} - \sin \frac{2\pi r}{n} \right) \right].$$

Comme généralement, dans le cas qui nous occupe, on s'arrange de manière que l'arc d'approche soit toujours très-petit, il suffira d'appliquer les formules (5) pour les dimensions des dents du pignon.

9. Condition de résistance d'un engrenage à flancs. — Considérons le cas le plus usuel où les angles d'approche et de retraite sont petits en même temps que l'on a

$$r = \alpha = 1 \quad e' = e = \frac{a}{2}$$

en négligeant le jeu latéral. Les formules du numéro précédent donnent

$$l'_1 = 2\pi \frac{(n + 2n')e}{nn'}, \quad l_1 = 2\pi \frac{(n' + 2n)e}{nn'},$$

$$\frac{e'_1}{e} = 1 - \frac{4\pi}{n'}, \quad \frac{e_1}{e} = 1 - \frac{4\pi}{n}.$$

Si n est plus grand que n' , et si $n > 4\pi$, on aura $\frac{e'_1}{e} < \frac{1}{2}$, et l'on devra employer la formule (7) du n° 6, qui donne

$$e'_1 \geq \frac{6Nl}{p}.$$

Mais on a

$$l = 2\pi e \left[3 \left(\frac{n+n'}{nn'} \right) + \frac{1}{30} \right];$$

d'où

$$(1) \quad ce = \frac{12\pi N}{\Gamma} \left[3 \frac{(n+n')}{nn'} + \frac{1}{30} \right],$$

et enfin, en admettant la formule (6) du n° précité,

$$(2) \quad e = \sqrt{\frac{\frac{12\pi N}{\Gamma} \left[3 \frac{(1+\mu)}{n} \mu + \frac{1}{30} \right]}{2,7 + \frac{32N}{10^4} - \frac{7}{10^5} N^2}}.$$

Si l'on se donne la distance d des axes, on a

$$R = \frac{\mu d}{1+\mu}, \quad n = \frac{2\pi R}{e} = \frac{2\pi \mu d}{(1+\mu)e};$$

dans ce cas on aura une équation du second degré en e dont le choix de la racine ne peut présenter aucune ambiguïté. Si de plus on néglige le jeu, on trouve

$$(3) \quad e = \frac{18N}{\Gamma} \frac{(1+\mu)^2}{d} \frac{1}{2,7 + \frac{32N}{10^4} - \frac{7}{10^5} N^2}.$$

L'accroissement δe de e dû au jeu s'obtiendra au moyen de la formule

$$\delta e = \frac{2\pi N}{5e \left(2,7 + \frac{32N}{10^4} - \frac{7}{10^5} N^2 \right)}.$$

Nous n'insisterons pas sur les autres cas qui peuvent se présenter, nous réservant de revenir plus loin sur cette question, en nous occupant des engrenages spécialement employés en horlogerie.

10. *Minimum du nombre des dents dans l'engrenage extérieur à développante de cercle.* — Comme au n° 7, dont nous conserverons les notations, nous nous imposerons d'abord la condition que le contact commence à partir de la ligne des centres.

Soient (fig. 4) :

E'_0, E' , la naissance de la développante relative à la roue O' , lorsque le contact a lieu en A et en m ;

γ , l'angle constant formé par la normale CC' en A avec la tangente au même point menée aux circonférences primitives. On a

$$\Lambda m = E'E'_0 = OC' \cdot \widehat{AOA'}_1 = \mu \varphi R' \cos \gamma = \varphi R \cos \gamma,$$

$$mN = \Lambda m \cos \gamma = \varphi R \cos^2 \gamma = \frac{\varphi R}{2} (1 + \cos 2\gamma),$$

$$\text{tang } mO'A = \mu \varphi \frac{(1 + \cos 2\gamma)}{2 + \mu \varphi \sin 2\gamma},$$

et comme on doit avoir

$$mO'A \geq \mu \varphi \frac{(1 + i')}{2},$$

il faut satisfaire à l'inégalité

$$(1) \quad \frac{\mu \varphi (1 + \cos 2\gamma)}{2 + \mu \varphi \sin 2\gamma} \geq \text{tang } \frac{\mu \varphi (1 + i')}{2}.$$

Pour que l'accroissement des dents soit le moins rapide possible, on s'arrange de manière que $\varphi = \gamma$, ce qui revient à supposer que les points m et C coïncident; ce qui donne

$$(2) \quad \frac{\mu \varphi (1 + \cos 2\varphi)}{2 + \mu \varphi \sin 2\varphi} \geq \text{tang } \frac{\mu \varphi (1 + i')}{2}.$$

Si l'on néglige d'abord le jeu, sur lequel nous reviendrons plus loin, on a $i' = \frac{1}{2}$, et

$$(3) \quad \frac{\mu \varphi (1 + \cos 2\varphi)}{2 + \mu \varphi \sin 2\varphi} \geq \text{tang } \frac{3}{4} \varphi,$$

ou en estimant φ en degrés

$$(4) \quad \frac{0,01745\mu\varphi(1 + \cos 2\varphi)}{2 + 0,01745\mu\varphi \sin 2\varphi} \geq \tan \frac{3}{4}\varphi,$$

formule qui, considérée comme équation, donne les résultats suivants :

$\mu = 0$	$\varphi = 30,0$	$n = 12$
1/5	28,0	12
2/5	26,5	14
3/5	25,0	15
4/5	23,5	16
1	22,5	16

On pourra donc employer la formule

$$(5) \quad n = 12 + 5\mu (*),$$

pour représenter le minimum du nombre des dents du pignon.

Pour voir maintenant quelle peut être l'influence du μ , il suffit de différencier en φ et i la formule (2) par rapport à la caractéristique δ , à supposer ensuite $i' = \frac{1}{2}$; ce qui donne, en posant $2\varphi = x$ et multipliant les termes linéaires en x par le coefficient numérique voulu pour pouvoir évaluer cet arc en degrés, on trouve

$$\frac{\delta x}{x} = -\frac{\delta n}{n} = \frac{\delta i'}{i'} \left\{ \begin{array}{l} \frac{1 + \cos x - 0,01735x \sin x}{2 + 0,00875\mu x \sin x} - \\ \frac{0,00875\mu x(1 + \cos x)\sin x}{(2 + 0,00875\mu x \sin x)^2} + \\ \frac{0,01745 \cos x}{(2 + 0,0875\mu \sin x)^2} - \frac{5}{2} \end{array} \right.$$

(*) Savary a trouvé $n = 16 + 2\mu$.

formule que l'on appliquera facilement aux cas examinés plus haut, surtout en conservant les détails de calculs déjà effectués; on trouve ainsi

$\mu = 0$	$\frac{\delta n}{n} = 1,11\delta i'$,
1/5	1,14 $\delta i'$,
2/5	1,15 $\delta i'$,
3/5	1,18 $\delta i'$,
4/5	1,19 $\delta i'$,
1	1,11 $\delta i'$.

On pourra donc poser

$$(6) \quad n = (12 + 5\mu)(1 + 1,2\delta i').$$

L'engrenage intérieur n'étant presque jamais employé, il serait sans intérêt de rechercher la limite du nombre des dents qu'il doit comporter.

11. *Relations entre le pas, la saillie et l'épaisseur des dents de l'engrenage extérieur à développante de cercle.* — Pour des motifs que l'on donne dans la théorie géométrique des engrenages, on emploie peu l'engrenage à développante de cercle, et les rares applications que l'on en fait se rapportent à l'engrenage extérieur réciproque dans lequel les arcs d'approche et de retraite sont par suite égaux au pas qui lui-même est pris assez petit pour que l'on puisse négliger les puissances supérieures à la seconde, des angles au centre correspondants dans les deux circonférences primitives. Nous ne considérerons donc que le cas particulier que nous venons de définir; nous conserverons d'ailleurs les notations du numéro précédent, en supposant l'angle γ du même ordre de grandeur que les angles d'approche et d'avance, et celles du n° 7. La fig. 4 donne

$$\begin{aligned} O'm &= \sqrt{\Delta m^2 + R^2 + 2\Delta m \cdot R \sin \gamma} \\ &= \sqrt{R^2 + 4R^2 \cdot \frac{4\pi^2}{n^2} + 2RR' \frac{2\pi}{n} \gamma} \\ &= R' \left(1 + 8\mu^2 \frac{\pi^2}{n^2} + 2\mu \frac{\pi}{n} \gamma \right); \end{aligned}$$

d'où pour la saillie $B'_1 m$ de la dent $A_1 m$

$$(a) \quad l'_1 = a \left(\frac{4\pi}{n'} + \gamma \right).$$

Mais nous avons vu qu'il était avantageux de prendre $\gamma = \frac{2\pi}{n}$; nous aurons donc

$$(1) \quad l'_1 = 2\pi a \left(\frac{2}{n'} + \frac{1}{n} \right).$$

On trouverait de même

$$(1) \quad l_1 = a \left(\frac{4\pi}{n} + \gamma' \right) = \frac{6\pi a}{n}.$$

Mais $\widehat{AO'A'_1} = \mu\varphi$; et comme l'angle $mO'A$ peut être considéré comme égal à sa tangente ou à $\frac{\mu\varphi \cos 2\gamma}{1 + \mu\varphi \sin 2\gamma}$; on a en ne conservant que les termes du troisième ordre,

$$mO'A'_1 = \mu\varphi - \frac{\mu\varphi \cos 2\gamma}{1 + \mu\varphi \gamma} = \mu\varphi(\gamma^2 + \mu\varphi\gamma);$$

d'où

$$(b) \quad e' - e'_1 = 2R'\mu\varphi(\gamma^2 + \mu\varphi\gamma) = 2a(\gamma^2 + \mu\varphi\gamma),$$

ou en supposant $\varphi = \gamma = \frac{2\pi}{n}$,

$$(2) \quad e' - e'_1 = \frac{8\pi^2 a}{n^2} (1 + \mu).$$

On trouverait de même

$$e - e_1 = 2a \left(\gamma^2 + \frac{\varphi\gamma}{\mu} \right) = 2a(\gamma^2 + \varphi\gamma),$$

ou

$$(2) \quad e - e_1 = \frac{16\pi^2 a}{n^2}.$$

Si maintenant on suppose $a = 2e = 2e'$, en négligeant le jeu latéral, et admettant, pour les creux, un jeu de $\frac{1}{10} = \frac{\pi}{30}$, il vient

$$(3) \quad \begin{cases} l'_1 = 4\pi e \left(\frac{2}{n'} + \frac{1}{n} \right), \\ l_1 = \frac{12\pi e}{n}, \\ l = 8\pi e \left(\frac{2}{n} + \frac{1}{n'} + \frac{1}{120} \right). \end{cases}$$

$$(4) \quad \begin{cases} \frac{e'_1}{e} = \frac{16\pi^2}{n^2} \left(1 + \frac{n}{n'} \right) \\ \frac{e_1}{e} = \frac{32\pi^2}{n^2}, \\ \frac{e'_1}{e} = \frac{e_1}{e} \left(\frac{n' + n}{2n} \right). \end{cases}$$

Il sera facile d'après cela d'établir les conditions de résistance des dents de l'engrenage qui nous occupe, question qui se traitera, comme celle qui se rapporte à l'engrenage à flancs dans le cas simple où la formule (7) du n° 6 est applicable, et c'est pourquoi nous ne nous y arrêterons pas.

12. *Minimum du nombre des fuseaux dans l'engrenage à lanterne.* — Supposons, comme cela a lieu habituellement, que la lanterne soit le pignon, et proposons-nous de déterminer le minimum du nombre des fuseaux qu'elle peut porter pour que l'engrenage soit possible.

Conservons les notations du n° 7, $\varphi = \frac{2\pi}{n}$ étant l'angle

au centre de la lanterne correspondant au pas a , et $ai, i'a$, les vides respectifs de la lanterne du rouet. Soient C, C' (fig. 5) les centres d'un fuseau dans les positions respectives où la menée a lieu à la ligne des centres et où elle finit au point m .

La condition de continuité du mouvement exige que l'angle $C'OC$ soit au plus égal à φ , et en admettant l'égalité, on a

$$\widehat{AOC'} = \varphi + \frac{(1-i')\varphi}{2} = \frac{\varphi}{2}(3-i').$$

Pour qu'une dent du rouet puisse pénétrer dans l'intervalle des fuseaux C et C' , il faut que

$$\text{tang } mO'A \geq \text{tang } \frac{\mu\varphi}{2}(1-i')$$

Or le rayon des fuseaux a évidemment pour expression

$$mC = 2R \sin \varphi \frac{(1-i)}{2},$$

et si mN est la perpendiculaire abaissée de m sur OO' , on a

$$\begin{aligned} mN &= R \sin \widehat{AOC'} - mC' \cos \frac{\widehat{AOC'}}{2} \\ &= R \sin \frac{\varphi}{2}(3-i) - 2R \sin \frac{(1-i)\varphi}{2} \cos \frac{\varphi}{4}(3-i) \\ &= 4R \cos \frac{\varphi}{4}(3-i) \cos \frac{\varphi}{4}(5-3i) \sin \varphi \frac{(1+i)}{4}, \end{aligned}$$

et comme

$$\begin{aligned} AN &= mN \text{ tang } \frac{\widehat{AOC'}}{2} \\ \text{tang } mO'A &= \frac{mN}{R' + AN}, \end{aligned}$$

l'inégalité ci-dessus devient

$$(1) \left\{ \frac{4\mu \cos \frac{\varphi}{4}(3-i) \cos \frac{\varphi}{4}(5-3i) \sin \frac{\varphi}{4}(1+i)}{1+4\mu; \frac{\varphi}{4}(3-i) \cos \frac{\varphi}{4}(5-3i) \sin \frac{\varphi}{4}(1+i)} \right\} \geq \text{tang } \frac{\mu\varphi(1+i)}{2}.$$

Pour donner aux fuseaux une résistance suffisante, on fait en sorte qu'ils correspondent au moins à la moitié du pas; nous supposons en conséquence $i = \frac{1}{2} = i'$, et en négligeant d'abord le jeu, nous aurons $i' = \frac{1}{2}$. Si donc on pose

$$\frac{\varphi}{8} = x,$$

on aura

$$(2) \frac{4\mu \cos 5x \cos 7x \sin 5x}{1+4\mu \sin 5x \cos 7x \sin 5x} \geq \text{tang } 6\mu x.$$

Pour $\mu = 0$ il vient

$$\cos 5x \cos 7x \sin 3x \geq \frac{3}{2} x,$$

ou en évaluant x en degrés

$$\cos 5x \cos 7x \sin 5x \geq 0,02617x,$$

et de la même manière

$$(3) \quad n = \frac{45^\circ}{n}.$$

On trouve ainsi, après quelques tâtonnements, que l'on a

pour $\mu = 0$	$x = 7,21$	$n = 7$
1/5	6,45	7
2/5	5,70	8
1	4,86	10

ce qui conduit à poser

$$(4) \quad n = 7 + 3\mu (*).$$

Si maintenant on veut tenir compte du jeu latéral δi , en supposant qu'il soit supporté seulement par les alluchons, on trouve que $\frac{\delta n}{n}$ va en croissant de $0,4 \delta i$ à $0,72 \delta i$ pour les valeurs respectives de $\mu = 0$, $\mu = 1$, de sorte que la formule (4) corrigée peut être représentée par

$$(5) \quad n = (7 + 3\mu)(1 + 0,8\delta i).$$

13. *Relations entre le pas et les dimensions des alluchons.* — En conservant les notations du numéro précédent et celles du n° 6,

$$O'm = \sqrt{\Delta m^2 + R^2 + 2\Delta m \cdot R' \cos \Delta OC'},$$

$$\Delta C' = 2R \sin \frac{\Delta OC'}{2} = 2R \sin \frac{\varphi}{4} (3 - i)$$

$$mC' = 2R \sin \frac{\varphi(1 - i)}{2},$$

$$(a) \quad \Delta m = \Delta C' - mC' = 4R \sin \frac{\varphi}{4} (1 + i) \cos \frac{\varphi}{4} (5 - 3i).$$

$$(b) \quad \cos \Delta OC' = \sin \frac{\varphi}{4} (3 - i);$$

par suite, en supposant $i = \frac{1}{2}$, $\varphi = \frac{2\pi}{n}$,

$$O'm = R' \sqrt{1 + 16\mu^2 \sin^2 \frac{5\pi}{4n} \cos^2 \frac{7\pi}{4n} + 8\mu \sin \frac{3\pi}{4n} \cos \frac{7\pi}{4n} \sin \frac{5\pi}{4n}}$$

Si nous supposons maintenant que par suite des valeurs attribuées à n et à μ , les derniers termes sous le radical soient assez petits pour que l'on puisse en négliger les puissances supérieures à la première, et si nous remar-

(*) M. Savary a trouvé :

$$n = 7 + 4\mu.$$

quons que $l'_1 = O'm - R'$, $R' = \frac{n'a}{2\pi}$, nous aurons

$$(1) \quad l'_1 = \frac{2na}{\pi} \left(2\mu \sin^2 \frac{5\pi}{4n} \cos^2 \frac{7\pi}{4n} + \sin \frac{3\pi}{4n} \cos \frac{7\pi}{4n} \sin \frac{5\pi}{4n} \right).$$

Remarquons également que l'on a

$$e' - e'_1 = 2R' (\widehat{\Delta O A'}_1 - \widehat{m O' A}) = 2a - \frac{n'a}{\pi} \widehat{m O' A},$$

ou d'après la formule (1) du numéro précédent, et supposant que l'angle $mO'A$ soit assez petit pour qu'on puisse le remplacer par sa tangente

$$(2) \quad e' - e'_1 = 2a \left[1 - \frac{\frac{2n}{\pi} \cos \frac{5\pi}{4n} \cos \frac{7\pi}{4n} \sin \frac{3\pi}{4n}}{1 + 4\mu \sin \frac{5\pi}{4n} \cos \frac{7\pi}{4n} \sin \frac{3\pi}{4n}} \right],$$

formule dans laquelle on devra supposer $ze = a$. La section des fuseaux se calculera comme celle d'une pièce cylindrique encastree à ses deux extrémités, et sollicitée en son milieu par une force N normale à son axe.

L'épaisseur des alluchons se déterminera en suivant une marche analogue à celle que nous avons indiquée en traitant la même question pour les engrenages à flancs.

14. *Des trains ou équipages d'engrenages.* — Nous avons vu que le rapport du diamètre d'un pignon à celui de la roue avec laquelle il engrène ne doit pas se trouver au-dessus d'une certaine limite qui est $\frac{1}{5}$ pour les machines industrielles, et $\frac{1}{10}$ pour les chronomètres, limites que nous représenterons par ν .

Supposons que l'on veuille transformer une rotation ω_1 autour de l'axe O_1 , en une autre plus grande ω_2 autour d'un axe parallèle O_2 telle que le rapport

$$(1) \quad \frac{\omega_1}{\omega_2} = \varepsilon,$$

Pour y arriver, on monte sur l'axe O_1 une roue que l'on fait engrener avec un pignon tournant autour d'un axe intermédiaire O_2 , et faisant corps avec une roue engrenant avec un pignon monté sur un second axe intermédiaire O_3 et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'on arrive au dernier pignon tournant autour de O_s . Le nombre $s-2$ des axes intermédiaires, les rayons des pignons et des roues ou leur nombre de dents devront être choisis de manière à satisfaire à la condition (1), et à celle qui résulte de la limite inférieure ν pour le rapport du diamètre d'un pignon à celui de la roue correspondante.

Soient à cet effet

R_1, \dots, R_{s-1} , les rayons des roues successives montées sur les axes O_1, \dots, O_{s-1} .

N_1, \dots, N_{s-1} , les nombres des dents correspondantes.

r_1, r_2, \dots, r_{s-1} , et n_1, n_2, \dots, n_{s-1} les rayons et les nombres des dents des pignons tournant autour des axes O_2, O_3, \dots, O_s .

$\omega_1, \dots, \omega_s$, les vitesses angulaires autour de O_1, \dots, O_s .
On a

$$\omega_s r_{s-1} = \omega_{s-1} R_{s-1},$$

$$\omega_{s-1} r_{s-2} = \omega_{s-2} R_{s-2},$$

$$\omega_2 r_1 = \omega_1 R_1;$$

d'où

$$(2) \quad \varepsilon = \frac{\omega_1}{\omega_s} = \frac{r_1 r_2 \dots r_{s-1}}{R_1 R_2 \dots R_{s-1}} = \frac{n_1 n_2 \dots n_{s-1}}{N_1 N_2 \dots N_{s-1}}.$$

On voit ainsi que le rapport des vitesses angulaires extrêmes, ou la *raison* de l'engrenage, est égal au rapport du produit des rayons ou du nombre des dents des pignons à celui des rayons ou des nombres de dents des roues. Dans de semblables mécanismes, il arrive quelquefois, comme dans la minuterie des chronomètres, que deux arbres soient concentriques, l'un creux appelé *canon*, tournant à frottement doux sur l'autre.

Les vitesses angulaires extrêmes (en employant uniquement des engrenages extérieurs, comme nous le supposons toujours dans ce qui suit), seront de même sens ou de sens contraire, selon que le nombre des axes intermédiaires sera pair ou impair; pour établir une distinction entre ces deux cas, nous affecterons ε du signe $+$ dans le premier et du signe $-$ dans le second; ce qui revient à poser

$$(3) \quad \varepsilon = (-1)^{s-2} \frac{n_1 \dots n_{s-1}}{N_1 \dots N_{s-1}}.$$

On représente généralement un équipage d'engrenages de la manière suivante, en plaçant sur la même ligne horizontale les nombres des dents des organes qui engrènent ensemble et sur la même verticale ceux qui correspondent à un axe commun

$$(4) \quad \left\{ \begin{array}{l} N_1 - n_1 \\ N_2 - n_2 \\ N_3 - n_3 \\ \dots \\ N_{s-1} - n_{s-1} \end{array} \right.$$

Exemple. — Une horloge à secondes peut être représentée par ce diagramme :

Roue d'échappement.	30—6
Roue moyenne. . . .	45—6
Roue motrice. . . .	48—25—6
	25 (aig. des minutes.)
	72 (id. des heures.),

le mouvement étant communiqué de la roue motrice à la roue d'échappement par deux pignons de six dents et deux roues, dont l'une a quarante-cinq et l'autre quarante-huit dents. L'aiguille des secondes est adaptée à la roue d'échap-

vement, qui est réglée en raison d'un tour par minute, et l'on voit, d'après le tableau précédent, que la roue motrice fait un tour par heure; car on a pour la raison

$$\varepsilon = \frac{6 \times 6}{45 \times 48} = \frac{1}{60}.$$

Si l'on voulait employer des pignons de huit dents ou ailes au lieu de pignons de six ailes, qui sont assez défectueux, on remplacerait la partie du diagramme ci-dessus, relative à ces organes, par

$$\begin{array}{cc} 30-8 & \text{ou } 30-12 \\ 60-8 & 96-14 \\ 64 & 105 \end{array}$$

Il résulte de ce qui précède que l'on obtiendra facilement la raison d'un train donné; mais le problème inverse consistant à déterminer un équipage correspondant à une raison donnée exige quelques développements dans lesquels nous allons entrer après avoir traité le cas particulier suivant.

15. *Problème de Young.* — Cette question, qui a plutôt un caractère de curiosité que d'utilité, a pour objet de déterminer les éléments de l'équipage, qui pour une raison donnée ε , correspond à un minimum du total des dents lorsque les pignons sont tous identiques entre eux ainsi que les roues.

Si l'on pose

$$s - 1 = k, \quad \frac{n}{N} = x,$$

on a

$$\varepsilon = x^s;$$

d'où, en prenant les logarithmes hyperboliques,

$$k = \frac{\log \varepsilon}{\log x}.$$

Ce qu'il faut rendre minimum c'est l'expression

$$k(n + N) = N \log \varepsilon \cdot \frac{1 + x}{\log x},$$

dont la dérivée, égalée à zéro, donne l'équation

$$\log x = 1 + \frac{1}{x};$$

d'où, par approximation,

$$x = 3.59.$$

Si l'on prend $x = 3,60$, cette valeur s'exprimera par le rapport de 18 à 5 ou de 36 à 10, nombres qui sont très-convenables comme modules d'une roue et d'un pignon.

On trouve, en faisant varier k ,

pour $k = 1$	2.	3.	4.	5.
$\varepsilon = 3,60$	12,96	36,66	167,98	604,75

Si donc le rapport proposé a l'une de ces valeurs, on pourra employer l'équipage de Young, composé d'un nombre de roues de trente-six dents et de pignons de 10 dents, déterminé par la valeur correspondante de k .

16. *Méthode générale pour fixer les éléments d'un train dont la raison est donnée.* — Pour établir un système de rouages, on voit qu'il est indispensable de mettre ε sous la forme du quotient de deux produits du même nombre de facteurs, que l'on puisse grouper deux à deux du numérateur au dénominateur, de manière que le rapport de ce couple ne descende jamais au-dessous de ν .

Pour faire cette décomposition d'une manière simple et suffisamment approximative, lorsque les deux termes de la raison sont très-grands, on réduit ε en fraction continue, et l'on cherche parmi les réduites successives celle qui convient le mieux au but que l'on se propose.

On sait que deux réduites consécutives sont l'une plus grande, l'autre plus petite que la fraction génératrice, que leur différence est égale à l'unité divisée par le produit de leurs dénominateurs, et enfin qu'une réduite jouit de la propriété d'exprimer une approximation par le quotient des plus petits nombres entiers. Mais il est moins important d'avoir de petits nombres pour les deux termes de la fraction qui représente approximativement ε que d'obtenir des nombres décomposables en facteurs. Aussi lorsque l'on ne trouve pas, parmi les réduites une fraction satisfaisante, il faut avoir recours à des fractions moins simples parmi lesquelles on en trouvera souvent de plus avantageuses pour l'objet que l'on se propose.

Soit, à cet effet, $\frac{x}{y}$ une fraction donnée dont les termes sont indéterminés supposée très-peu différente d'une autre fraction $\frac{a}{b}$ dont $\frac{p}{q}$ est l'avant-dernière réduite. On a

$$aq - bp = 1$$

et en posant

$$ay - bx = k;$$

k devra être très-petit par rapport à by par l'hypothèse que la différence $\frac{a}{b} - \frac{x}{y} = \frac{k}{by}$ est très-petite. Cette dernière équation, en vertu de la formule précédente, aura pour solution en nombres entiers $y = kq$, $x = kp$; par conséquent sa solution la plus générale en nombres entiers sera

$$(5) \quad y = kq + Ma, \quad x = kp + Ma,$$

M étant un entier quelconque positif ou négatif.

On donnera à m et à k des valeurs croissantes positives ou négatives, et l'on s'arrêtera à celles qui conduiront pour x et y à des nombres dont la décomposition en facteurs permettra de satisfaire à la question proposée, après s'être assuré que l'erreur commise est admissible.

17. *Applications.* 1^o *Horloge à secondes.* — On suppose que la roue d'échappement fait un tour par minute, que le nombre des axes est réduit à trois, ce qui est un minimum, et enfin que chaque pignon ne possède que 6 ailes, ce qui est encore un minimum. On a

$$\varepsilon = \frac{1}{60} = \frac{r_1 r_2}{RR_1} = \frac{6 \cdot 6}{2160} = \frac{6.6}{45.48},$$

et l'on retombe sur la combinaison indiquée plus haut, et qui est la plus avantageuse parmi toutes celles que l'on peut déduire de la décomposition en facteurs de la raison, à cause de la presque égalité des nombres des dents des deux roues.

On trouverait de la même manière la combinaison relative à l'emploi de pignons de huit ailes.

2^o *Horloge lunaire.* — L'une des aiguilles marque les heures sur un cadran, et l'autre fait une révolution complète dans la durée $29^d 12^h 44^m$ d'une lunaison. On a

$$\varepsilon = \frac{2}{27^d 12^h 44^m} = \frac{720}{42524} = \frac{180}{10651};$$

Mais 10651 étant un nombre premier, nous prendrons la valeur approximative

$$\varepsilon = \frac{720}{45525} = \frac{8.8}{54.70}$$

correspondant à un train facilement réalisable et qui ne donne lieu qu'à une erreur d'une minute par lunaison.

3^o *Horloge de huit jours.* — Pour que la longueur de la corde du poids moteur ne devienne pas un inconvénient, il ne faut pas qu'elle fasse plus de seize tours, et il est par suite nécessaire que chaque tour corresponde à douze heures; toute paire de roues ayant pour raison $\frac{1}{12}$ suffit

pour remplir ce but, et l'on prend généralement 8 et 96, ce qui donne pour diagramme :

$$\begin{array}{r} 96. \dots\dots\dots 12 \text{ heures,} \\ 8 - 105. \dots\dots\dots 1 \text{ heure,} \\ \quad 14 - 96 \\ \quad \quad 12 - 30. \dots\dots 1 \text{ minute.} \end{array}$$

4. *Horloge sidérale.* — Pour obtenir une horloge qui donne à la fois le temps sidéral et le temps moyen, on peut placer derrière l'aiguille des heures un cadran mobile plus petit que le cadran ordinaire et concentrique avec lui; l'aiguille faisant une révolution en 24 heures, marquera le temps moyen et indiquera en même temps l'heure sidérale sur le cadran mobile. Si on lui donne un mouvement rétrograde de $3^m 55^s,555 = 236^s,555$ par jour moyen, le rapport de la vitesse de l'aiguille à celle de ce cadran est

$$\frac{86400000}{236555} = 60. \frac{288000}{47311}$$

La fraction $\frac{288000}{47311}$, réduite en fraction continue, donne pour réduites successives

$$\frac{6}{1}, \quad \frac{67}{11}, \quad \frac{140}{25}, \quad \frac{487}{80}, \quad \frac{627}{103}$$

et l'on peut prendre avec une grande approximation la réduite

$$\frac{627}{103} = \frac{66.76}{105.8}$$

On peut employer une autre disposition dans laquelle une seconde aiguille accomplira une révolution dans un jour sidéral, en remarquant que vingt-quatre heures de temps sidéral équivalent à $24^h 56^m 4^s \times 0,906 = 86164^s$ de temps

moyen. La raison relative à l'aiguille du temps sidéral et à celle du temps moyen est par suite

$$\frac{86164}{86400} = \frac{21540}{21600}$$

et en opérant sur la seconde de ces fractions, qui est irréductible, on arrive à l'expression

$$\frac{3651k + 21541M}{3661k + 21600}$$

ce qui donne, dans l'hypothèse de $k = 4$, $M = 7$,

$$\frac{1096}{1099} = \frac{8.157}{7.157}$$

rapport qui ne conduit qu'à une erreur annuelle de $21^s,5$.

18. *Méthode de M. Brocot.* — Si deux fractions quelconques $\frac{a}{b}$, $\frac{c}{d}$ satisfont à la relation

$$\frac{a}{b} - \frac{c}{d} = \pm \frac{1}{bd}$$

à laquelle les réduites doivent leur propriété fondamentale, toute fraction comprise entre elles aura nécessairement

des termes plus considérables. Mais comme $\frac{a+c}{b+d}$ jouit par

rapport à $\frac{a}{b}$, $\frac{c}{d}$ de la propriété exprimée par l'équation précédente, elle est la plus simple des fractions comprises entre ces dernières. En partant de là, M. Brocot, horloger, dans une brochure publiée en 1862, a dressé une table où figurent toutes les fractions dont les deux termes sont inférieurs à 100, avec leurs valeurs en décimales et classées par ordre de grandeur. Un rapport quelconque tombe nécessairement entre deux fractions contenues dans la table et qui sont les plus simples parmi celles entre lesquelles le

rapport est compris. En ajoutant ces fractions terme à terme, on en aura une moins simple mais plus approchée du même rapport, et l'on continuera ainsi de proche en proche jusqu'à ce que l'on ait obtenu une fraction satisfaisante.

Lorsque l'on veut arriver à une exactitude rigoureuse, il faut renoncer aux équipages de roues tournant autour d'un axe fixe et avoir recours aux trains épicycloïdaux dont nous n'avons pas à nous occuper dans ce travail.

19. *De l'influence du frottement dans les trains d'engrenages.* — Nous supposons que dans le train il n'y a jamais à la fois qu'un couple de dents en prise entre un pignon et une roue. Conservons les notations du n° 14, et soient de plus :

p_u , la normale commune aux dents de la u^e roue avec le u^e pignon ;

θ_u , l'angle formé par cette normale avec la ligne des centres ;

Q_u, R_u , le moment des forces qui agissent sur le u^e rouage ;

f , le coefficient de frottement des dents en contact supposé le même pour tous les organes ;

$$p_u = \frac{r_u}{R_u} ;$$

Si l'on applique la méthode exposée au n° 3, on trouve les signes supérieurs et inférieurs étant respectivement relatifs au cas où le contact a lieu après ou avant la ligne des centres :

$$\begin{aligned} Q_1 - N_1 \left[\sin \theta_1 \pm f \left(\cos \theta_1 \pm \frac{p_1}{R_1} \right) \right] &= 0, \\ Q_2 + N_1 \frac{r_1}{R_1} \left[\sin \theta_1 \pm f \left(\cos \theta_1 \mp \frac{p_1}{r_1} \right) \right] - \\ &- N_2 \left[\sin \theta_2 \pm f \left(\cos \theta_2 \pm \frac{p_2}{R_2} \right) \right] = 0, \\ (1) \quad Q_3 + N_2 \frac{r_2}{R_2} \left[\sin \theta_2 \pm f \left(\cos \theta_2 \mp \frac{p_2}{r_2} \right) \right] - \\ &- N_3 \left[\sin \theta_3 \pm f \left(\cos \theta_3 \pm \frac{p_3}{R_3} \right) \right] = 0. \\ &\dots \dots \dots \\ Q_{s-1} + N_{s-2} \frac{r_{s-2}}{R_{s-1}} \left[\sin \theta_{s-2} \pm f \left(\cos \theta_{s-2} \mp \frac{p_{s-2}}{r_{s-2}} \right) \right] - \\ &- N_{s-1} \left[\sin \theta_{s-1} \pm f \left(\cos \theta_{s-1} \pm \frac{p_{s-1}}{R_{s-1}} \right) \right] = 0, \\ Q_s + N_{s-1} \frac{r_{s-1}}{R_s} \left[\sin \theta_{s-1} \pm f \left(\cos \theta_{s-1} \mp \frac{p_{s-1}}{r_{s-1}} \right) \right] &= 0. \end{aligned}$$

Si l'on pose

$$\begin{aligned} (a) \quad &\begin{cases} \alpha'_u = \pm f \left(1 \pm \frac{p_u}{R_u \cos \theta_u} \right), \\ \beta'_u = \pm f \left(1 \mp \frac{p_u}{r_u \cos \theta_u} \right). \end{cases} \\ (b) \quad &\begin{cases} \alpha_u = \sin \theta_u + \cos \theta_u \alpha'_u, \\ \beta_u = \frac{r_{u-1}}{R_u} (\sin \theta_u + \cos \theta_u \beta'_u), \end{cases} \end{aligned}$$

les formules précédentes deviennent

$$\begin{aligned} (1') \quad &Q_1 - \alpha_1 N_1 = 0, \\ &Q_2 + \beta_1 N_1 - \alpha_2 N_2 = 0, \\ &Q_3 + \beta_2 N_2 - \alpha_3 N_3 = 0 \\ &\dots \dots \dots \\ &Q_{s-1} + \beta_{s-2} N_{s-2} - \alpha_{s-1} N_{s-1} = 0, \\ &Q_s + \beta_{s-1} N_{s-1} = 0; \end{aligned}$$

d'où l'on tire

$$\begin{aligned}
 N_1 &= \frac{Q_1}{\alpha_1}, \\
 (c) \quad N_2 &= \frac{Q_2 \alpha_1 + Q_1 \beta_1}{\alpha_1 \alpha_2}, \\
 N_3 &= \frac{Q_3 \alpha_1 \alpha_2 + Q_2 \alpha_1 \beta_2 + Q_1 \beta_1 \beta_2}{\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3}, \\
 N_4 &= \frac{Q_4 \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 + Q_3 \alpha_1 \alpha_2 \beta_3 + Q_2 \alpha_1 \beta_2 \beta_3 + Q_1 \beta_1 \beta_2 \beta_3}{\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4}, \\
 &\dots
 \end{aligned}$$

valeurs dont la loi de succession est facile à saisir. Les $s-1$ premières équations (1) suffisent pour déterminer $N_1 \dots N_s$; et en substituant ces valeurs dans la dernière des équations précitées on trouve la relation

$$\begin{aligned}
 (2) \quad & Q_s \alpha_1 \dots \alpha_{s-1} + Q_{s-1} \alpha_1 \dots \alpha_{s-2} \beta_{s-1} + \\
 & + Q_{s-2} \alpha_1 \dots \alpha_{s-3} \beta_{s-2} \beta_{s-1} + \dots \\
 & \dots + Q_1 \beta_1 \beta_2 \dots \beta_{s-1} = 0,
 \end{aligned}$$

dont le terme général du premier membre peut être représenté par

$$(5) \quad Q_u \alpha_1 \dots \alpha_{u-1} \beta_u \dots \beta_{s-1}.$$

Si maintenant on néglige le carré du frottement ou de f , on a

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_{u-1} &= \sin \theta_1 \sin \theta_2 \dots \sin \theta_{u-1} \left(1 + \sum_{s-1}^{u-1} \alpha'_i \cot \theta_i \right), \\
 \beta_u \beta_{u+1} \dots \beta_{s-1} &= \sin \theta_u \sin \theta_{u+1} \dots \\
 \dots \sin \theta_s \left(1 + \sum_u^{s-1} \beta'_i \cot \theta_i \right) &\mu_u \mu_{u+1} \dots \mu_{s-1} \times \frac{R_u}{R_s}.
 \end{aligned}$$

L'équation (2) pourra donc s'écrire ainsi

$$(4) \quad \Sigma Q_u \mu_u \dots \mu_{s-1} R_u (1 + \alpha'_1 \cot \theta_1 \dots + \alpha'_{u-1} \cot \theta_{u-1} + \beta'_u \cot \theta_u \dots + \beta'_{s-1} \cot \theta_{s-1}) = 0.$$

Nous n'insisterons pas davantage sur ces généralités, et

nous allons immédiatement étudier le seul cas particulier dont nous ayons à nous occuper dans ce qui suit.

Supposons que le mouvement soit varié, et soient Λ_u et φ_u le moment d'inertie du u^e rouage et l'angle dont il a tourné à partir d'un instant quelconque pris pour origine. On a

$$\frac{d\varphi_1}{dt} = \mu_1 \frac{d\varphi_2}{dt}, \dots, \frac{d\varphi_{s-1}}{dt} = \mu_{s-1} \frac{d\varphi_s}{dt};$$

d'où

$$(5) \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{d\varphi_u}{dt} &= \mu_u \dots \mu_{s-1} \cdot \frac{d\varphi_s}{dt}, \\ \varphi_u + \eta_u &= \mu_u \dots \mu_{s-1} (\varphi_s + \eta_s), \end{aligned} \right.$$

η_u, η_s étant deux constantes arbitraires. D'autre part on peut écrire

$$(6) \quad Q_u R_u = Q'_u R'_u + q_u R - \Lambda_u \frac{d^2 \varphi_u}{dt^2}.$$

$Q'_u R'_u$ étant le moment des forces extérieures agissant sur le rouage, et $q_u R_u$ celui du frottement développé sur l'axe O_u .

L'équation (4) devient par suite

$$(7) \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{d^2 \varphi_s}{dt^2} \Sigma \Lambda_u (\mu_u \dots \mu_{s-1})^2 \left(1 + \alpha'_1 \cot \theta_1 \dots + \alpha'_{u-1} \cot \theta_{u-1} \right) &= \\ + \beta'_u \cot \theta_u \dots + \beta'_{s-1} \cot \theta_{s-1} &= \\ = \Sigma (Q'_u + q_u) R_u \mu_u \dots \mu_{s-1} \left(1 + \alpha'_1 \cot \theta_1 + \dots + \alpha'_{u-1} \cot \theta_{u-1} \right) &= \\ \beta'_u \cot \theta_u \dots + \beta'_{s-1} \cot \theta_{s-1} &= \end{aligned} \right.$$

Si les pivots ou tourillons sont d'un diamètre suffisamment petit, on pourra, comme première approximation, négliger d'abord q_u devant Q'_u , ce qui donnera

$$(8) \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{d^2 \varphi_s}{dt^2} &= \frac{\Sigma Q'_u R_u (\mu_u \dots \mu_{s-1}) \left(1 + \alpha'_1 \cot \theta_1 \dots + \alpha'_{u-1} \cot \theta_{u-1} \right)}{\Sigma \Lambda_u (\mu_u \dots \mu_{s-1})^2 \left(1 + \alpha'_1 \cot \theta_1 \dots + \alpha'_{u-1} \cot \theta_{u-1} \right)} \\ &+ \frac{\beta'_u \cot \theta_u \dots + \beta'_{s-1} \cot \theta_{s-1}}{\Sigma \Lambda_u (\mu_u \dots \mu_{s-1})^2 \left(1 + \alpha'_1 \cot \theta_1 \dots + \alpha'_{u-1} \cot \theta_{u-1} \right)} \end{aligned} \right.$$

Les actions mutuelles normales seront données par les formules (c) dans lesquelles on remplacera

$$Q_u \text{ par } Q'_u - \frac{A_u}{R_u} \mu_u \dots \mu_{s-1} \frac{d^2 \varphi_s}{dt^2},$$

puis

$$\frac{d^2 \varphi_s}{dt^2}$$

par sa valeur (8), de sorte que finalement elles seront exprimées en fonction des forces équivalentes aux forces extérieures agissant sur ce système et des éléments géométriques de ce système.

On peut supposer Q'_u parallèle à la résultante des forces extérieures agissant sur le u° rouage, à laquelle elle est équivalente et que l'on pourra représenter par $\lambda'_u Q'_u$, λ'_u désignant une constante.

Si, pour être plus clair, on désigne par $+N_u$, $+fN_u$ l'action normale et le frottement résultant du u° système sur le $(\mu + 1)^{\circ}$ système, par $-N_u$, $-fN_u$ les réactions correspondantes du second système sur le premier, on voit de suite, en employant la notation connue des sommes géométriques, que la pression exercée sur le u° axe sera

$$(9) \quad \overline{Q'_u} + \overline{N_{u-1}} + \overline{N_{u-1}f} - \overline{N_u} - \overline{fN_u},$$

expression dans laquelle on éliminera $\frac{d^2 \varphi_s}{dt^2}$ au moyen de la formule (8).

En négligeant le cube du coefficient de frottement, le produit de la pression précédente, par ce coefficient, représentera le frottement sur le pivot, et l'on obtiendra q_u en multipliant par le rapport du rayon du pivot à R_u . En portant cette valeur de q_u dans l'équation (7), il en résultera une équation différentielle du second ordreen φ_s , ne dépendant que des forces extérieures Q_u , et des éléments géométriques de l'équipage du frottement.

20. *Des chocs dans un équipage de roues dentées.* — Supposons que le système tournant O_s reçoive un choc de la part d'un autre système tournant et étranger à l'équipage considéré. Pendant la durée du choc, θ_u ne variera pas d'une manière appréciable; les forces continues seront négligeables; on ne devra tenir compte que de la force Q'_s équivalente à l'action normale au contact et des frottements q_u sur les axes résultant de la percussion. Or si l'on ne considère que le cas de chocs peu violents, on pourra calculer q_u sans tenir compte de l'inertie, et d'après ce que l'on a vu précédemment, $\frac{q_u}{Q'_s}$ sera une constante pendant toute la durée du choc. Si donc on désigne par ω_s , ω'_s les vitesses angulaires $\frac{d\varphi_s}{dt}$, avant et après le choc, l'équation (7) donne, en intégrant pour toute la durée de la percussion,

$$\begin{aligned} \omega'_s - \omega_s \Sigma (\mu_u \dots \mu_{s-1})^2 A_u \left(\begin{array}{l} 1 + \alpha'_1 \cot \theta_1 + \dots + \alpha'_{u-1} \cot \theta_{u-1} \\ + \beta'_u \cot \theta_u \dots + \beta'_{s-1} \cot \theta_{s-1} \end{array} \right) = \\ = \left(\begin{array}{l} 1 + \beta'_1 \cot \theta_1 + \dots + \beta'_{s-1} \cot \theta_{s-1} \\ + \Sigma \frac{q_u}{Q'_s} \mu_u \dots \mu_{s-1} \left(\begin{array}{l} 1 + \alpha'_1 \cot \theta_1 + \dots + \alpha'_{u-1} \cot \theta_{u-1} \\ + \beta'_u \cot \theta_u \dots + \beta'_{s-1} \cot \theta_{s-1} \end{array} \right) \end{array} \right) \int Q'_s dt. \end{aligned}$$

On voit ainsi que l'effet du choc sur l'équipage est le même que si le s° engrenage, étant supposé complètement libre, avait pour moment d'inertie

$$10) \quad \left\{ \begin{array}{l} \Sigma (\mu_u \dots \mu_{s-1})^2 A_u (1 + \alpha'_1 \cot \theta_1 \dots + \beta'_u \cot \theta_u \dots) \\ 1 + \beta'_1 \cot \theta_1 \dots + \beta'_{s-1} \cot \theta_{s-1} + \\ + \Sigma \frac{q_u}{Q'_s} \mu_u \dots \mu_{s-1} \dots \left(\begin{array}{l} 1 + \alpha'_1 \cot \theta_1 \dots + \alpha'_{u-1} \cot \theta_{u-1} \\ + \beta'_u \cot \theta_u \dots + \beta'_{s-1} \cot \theta_{s-1} \end{array} \right) \end{array} \right\},$$

expression que l'on pourra simplifier dans un grand nombre de cas lorsque les pivots auront un diamètre assez petit pour que l'on puisse négliger les rapports $\frac{q_u}{Q'_s}$.

21. *Application aux engrenages à flancs.* — Soient :

ψ_u, χ_u , les angles respectifs que forme le flanc d'un pignon avec la ligne qui joint son centre à celui de la u^e roue, selon que le contact se trouve au delà ou en deçà de cette ligne.

ψ'_u, χ'_u , les limites maximum de ces angles qui correspondent aussi aux arcs de retraite et d'approche; le dernier de ces angles sera seul supposé suffisamment petit pour qu'on puisse, sans erreur sensible, le considérer comme égal à son sinus ou à sa tangente.

On a, selon l'un ou l'autre cas,

$$\theta_u = 90^\circ - \psi_u, \quad \theta_u = 90^\circ - \mu_u \chi_u.$$

On reconnaît facilement que, au delà de la ligne des centres, on a

$$\alpha'_u = f(1 + \mu_u), \quad \beta'_u = 0,$$

et que, en deçà de la même ligne,

$$\alpha'_u = 0, \quad \beta'_u = -f \frac{(1 + \mu_u)}{\mu_u}.$$

On pourra donc écrire

$$\alpha'_u \cot \theta_u = (1 + \mu_u) \tan \psi_u,$$

$$\beta'_u \cot \theta_u = - \left(\frac{1 + \mu_u}{\mu_u} \right) \chi_u \tan \mu_u \chi_u = - (1 + \mu_u) \chi_u =$$

$\tan \chi_u,$

l'équation (8) devient par suite

$$(11) \left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2 \varphi_s}{dt^2} \Sigma \Delta_u (\mu_u \dots \mu_{s-1})^2 \times \\ \left[1 + f(1 + \mu_1) \tan \psi_1 \dots + f(1 + \mu_{u-1}) \tan \psi_{u-1} \right] \\ \left[-f(1 + \mu_u) \tan \chi_u \dots - f(1 + \mu_{s-1}) \tan \chi_{s-1} \right] \\ = \Sigma (Q'_u + q_u) R_u \mu_u \dots \mu_{s-1} \\ \left[1 + f(1 + \mu_1) \tan \psi_1 \dots + f(1 + \mu_{u-1}) \tan \psi_{u-1} \right] \\ \left[-f(1 + \mu_u) \tan \chi_u \dots - f(1 + \mu_{s-1}) \tan \chi_{s-1} \right]. \end{array} \right.$$

Nous supposerons dorénavant que q_u a été calculé comme

on l'a indiqué plus haut, mais en négligeant le frottement f et en supposant que le contact a constamment lieu sur la ligne des centres, hypothèse plausible en raison de la petitesse de q_u que l'on rend ainsi indépendant des arcs d'approche et de retraite.

Si l'on remarque que ψ'_u ne dépasse généralement pas 47 ou 48°, on peut sans grande erreur remplacer $\tan \psi_u$ par $\frac{\tan \psi'_u}{\psi'_u} \cdot \psi_u$ et en posant

$$\xi = \frac{1}{2} \frac{\tan \psi'_u}{\psi'_u} (*)$$

et remarquant que par hypothèse on peut écrire $\chi_u = \tan \chi_u$ il vient

$$(12) \left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2 \varphi_s}{dt^2} \Sigma \Delta_u (\mu_u \dots \mu_{s-1})^2 \times \\ \left[1 + f(1 + \mu_1) \tan \psi_1 \dots + f(1 + \mu_{u-1}) \tan \psi_{u-1} \right] \\ \left[-f(1 + \mu_u) \tan \chi_u \dots - f(1 + \mu_{s-1}) \tan \chi_{s-1} \right] \\ = \Sigma (Q'_u + q'_u) R_u \mu_u \dots \mu_{s-1} \times \\ \left[1 + f(1 + \mu_1) \xi_1 \psi_1 \dots \right] \\ \left[+ f(1 + \mu_u) \chi_u \dots \right]. \end{array} \right.$$

Si l'on remplace q_u par sa valeur calculée ainsi qu'on l'a dit plus haut, que l'on continue à négliger le carré du frottement, cette équation se met sous la forme

(*) Si $\psi'_u = 45^\circ$ ce qui a lieu à peu près pour un pignon de six ailes on prend $2\xi_u = 1,15$. $\frac{\tan \psi'_u}{\psi'_u} = 1,274$ et en remarquant que f ne dépasse pas ordinairement $1/5$ on voit que l'erreur commise par rapport à l'unité sera au plus de 0,015.

Pour $\psi_u = 30^\circ$, ce qui correspond à un pignon de douze ailes, autre cas extrême; on a

$$\tan \frac{\psi'_u}{\psi_u} = 1,05.$$

la moyenne de ξ_u sera alors 1,1.

$$(1) \quad \frac{d^2\varphi_u}{dt^2} = \Sigma(M_u\psi_u + N_u\chi_u),$$

M_u, N_u étant des fonctions des forces extérieures.

22. *Discontinuité dans la loi du mouvement.* — Supposons que l'angle φ_u soit compté à partir de l'instant où la prise a lieu sur la ligne des centres entre le u^e pignon et la u^e roue, et soit m_u le nombre des dents qui se sont succédées depuis cet instant sur la ligne des centres, jusqu'à celles que nous considérons actuellement. On a

$$(a) \quad \psi_u = \varphi_{u+1} - m_u(\psi'_u + \chi'_u)$$

pour

$$\varphi_{u+1} - m_u(\psi'_u + \chi'_u) \leq \psi'_u;$$

ou

$$\varphi_{u+1} \leq (1 + m_u)\psi'_u + m_u\psi'_u,$$

Au delà de cette limite ψ_u s'annule, et χ_u qui était nul prend brusquement la valeur χ'_u et suit la loi exprimée par

$$(b) \quad \chi_u = (1 + m_u)(\psi'_u + \chi'_u) - \varphi_{u+1};$$

cet angle devient nul ou disparaît pour

$$\varphi_{u+1} = (1 + m_u)(\psi'_u + \chi'_u),$$

et alors on a

$$\psi_{u+1} = \varphi_{u+1} - (1 + m_u)(\psi'_u + \chi'_u).$$

pour

$$\varphi_{u+1} \leq (2 + m_u)\psi'_u + (1 + m_u)\chi'_u,$$

et ainsi de suite.

Le second membre de l'équation (8) est donc essentiellement discontinu, et si les forces Q'_u sont continues, les accélérations angulaires $\frac{d^2}{dt^2}$ et $\frac{d^2\varphi_u}{dt^2}$ passeront brusquement d'une valeur à une autre lorsque le contact cessera entre un couple

de dents pour être remplacé par la prise entre les dents du couple suivant.

La différence entre ces deux valeurs successives d'une même accélération angulaire pourra, dans certains moments, devenir comparable à chacune d'elles, dans un train composé d'un nombre suffisant de rouages, lorsque les arcs de retraite et d'approche auront des valeurs notables. On conçoit, en effet, qu'il puisse arriver, à des époques périodiques, que les arcs de retraite atteignent simultanément leur maximum; les termes en ψ'_u , qui seuls existaient, s'annulent subitement et sont remplacés par des termes en ψ'_u qui sont de signes contraires aux précédents, avec leur valeur maximum lorsque l'approche commence. On atténuera cette discontinuité en réduisant les arcs de retraite et d'approche, et même en supprimant ces derniers lorsque l'on pourra se contenter de faire commencer la prise à partir de la ligne des centres.

La vitesse angulaire $\frac{d\varphi_u}{dt}$, par suite $\frac{d\varphi_u}{dt}$, restera continue, mais suivra une loi différente lorsqu'un couple de dents passera de la retraite à l'approche et inversement.

Si les Q_u , par suite M_u, N_u sont invariables en grandeur et en direction, on pourra, après avoir remplacé ψ_u et χ_u par leurs valeurs (a) et (b), intégrer l'équation (8) en la multipliant par $d\varphi_u$, ce qui donnera la vitesse angulaire $\frac{d\varphi_u}{dt}$, et

l'on en déduira la valeur du temps par une quadrature. Mais il ne faudra appliquer la valeur finale obtenue qu'à des déplacements angulaires suffisamment petits pour que, dans leur intervalle, le contact d'un couple de dents, à l'approche ou à la retraite, ne vienne pas à cesser. On pourra ainsi obtenir les valeurs successives de t de proche en proche, et par suite celles de φ_u en fonction de t au moyen d'une table résultant du calcul précédent.

On peut cependant représenter toutes les circonstances

du mouvement par une seule formule, en remarquant que l'on a

$$F(x) = 2 \sum_{k=1}^{\infty} \sin \frac{k\pi x}{a} \int_0^a x \sin \frac{k\pi x}{a} dx = -\frac{2a}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k}{k} \sin \frac{k\pi x}{a},$$

pour exprimer une fonction égale à x entre les limites 0 et a , et nulle pour toutes les valeurs de x prises en dehors de ces limites, k représentant un nombre entier quelconque.

En faisant

$$F(x) = \psi_u, \quad x = \varphi_{u+1} - m_u (\psi' + \gamma'_u), \quad a \psi'_u$$

on aura, pour représenter l'angle ψ_u correspondant aux dents actuellement en contact,

$$(c) \psi_u = -\frac{2\psi'_u}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k}{k} \sin \frac{k\pi}{\psi'_u} \left(\frac{\varphi_{u+1}}{\psi'_u + \gamma'_u} - m_u \right).$$

Enfin, faisant la somme de toutes les expressions semblables, obtenues en faisant varier m_u depuis l'unité jusqu'à l'infini, on aura

$$(d) \psi_u = -\frac{2\psi'_u}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m_u=1}^{\infty} \frac{(-1)^k}{k} \sin \frac{k\pi}{\psi'_u} \left(\frac{\varphi_{u+1}}{\psi'_u + \gamma'_u} - m_u \right).$$

pour représenter l'angle ψ_u quel que soit le couple de dents en contact.

On trouverait de la même manière

$$(e) \gamma'_u = \frac{2\gamma'_u}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m_u=1}^{\infty} \frac{(-1)^k}{k} \sin \frac{k\pi}{\gamma'_u} \left(\frac{\varphi_{u+1}}{\psi'_u + \gamma'_u} - m_u - 1 \right),$$

et ces deux valeurs pourront s'exprimer en fonction de φ , en vertu de la seconde des relations (5). L'équation (8) multipliée par $a\varphi$, donnera, par suite de la substitution des valeurs précédentes, une intégrale qui fera connaître la vitesse angulaire $\frac{d\varphi}{dt}$ correspondant à un déplacement quelconque des

organes du train et d'où l'on déduira t en fonction de φ .

Nous n'insisterons pas davantage sur les considérations qui conduisent à une trop grande complication pour que l'on puisse les appliquer dans les cas usuels et pour lesquels nous opérerons autrement lorsqu'ils se présenteront.

§ II. — DES ROUAGES DES CHRONOMÈTRES.

23. On sait que les inconvénients que présente l'emploi des engrenages à flancs sont les suivants : 1° le tracé des dents de l'une des roues dépendant de la circonférence primitive de l'autre, on ne peut lui faire conduire à la fois plusieurs roues de diamètres différents ; 2° si les axes des roues éprouvent le moindre déplacement tout en restant parallèles, l'engrenage n'est plus exact ; 3° l'intensité de la pression exercée entre deux dents augmente à mesure que l'on s'éloigne du point de contact des circonférences primitives, ce qui tend à les faire user inégalement en raison de l'inclinaison variable que prend la normale au point de contact, mais cet effet est à peu près annulé lorsque le pas est très-petit.

Dans la construction des chronomètres, les deux premiers de ces inconvénients sont sans importance, car en général une roue ne conduit qu'un pignon, et d'après le système de pivots adopté, comme nous le verrons plus loin, ce n'est qu'au bout d'une période très-considérable que le jeu des axes peut devenir appréciable. Le troisième inconvénient est notable, car dans les montres où l'espace est très-limité, on est obligé d'employer des pignons d'un petit nombre d'ailes, ce qui conduit à des arcs de retraite très-étendus. Néanmoins l'engrenage à flancs est à peu près le seul employé par les horlogers.

L'engrenage à développante de cercle conduirait d'ail-

leurs à une convergence trop rapide des profils, ce qui affaiblirait beaucoup les dents pour des pignons d'un aussi petit diamètre relatif que ceux que l'on emploie. Si l'engrenage à lanterne est proscrit maintenant dans la construction des plus modestes moulins, à plus forte raison doit-il l'être dans celle des chronomètres; aussi c'est avec un certain étonnement que l'on remarque dans le mécanisme de l'horloge de la cathédrale de Besançon (dite astronomique quoiqu'elle n'ait aucun rapport avec le chef-d'œuvre de Schwilgué), deux engrenages à lanternes, malgré qu'ils ne servent qu'à un objet secondaire.

24. *De la composition d'un rouage d'une montre.* — Les deux points de repère qui servent à l'établissement du mécanisme d'une montre sont l'axe des minutes, qui fait une révolution en une heure, et le nombre des oscillations que l'on veut faire exécuter au balancier dans le même temps.

Au lieu de compter les périodes du mouvement du balancier en oscillations, les horlogers prennent pour unité la demi-oscillation qu'ils appellent à tort *vibration*, cette dénomination étant réservée aux mouvements périodiques d'une amplitude très-petite, et qui échappent presque à l'œil de l'observateur; c'est pourquoi nous ne l'adopterons pas.

Comme nous le verrons plus tard, à chaque oscillation correspond le passage d'une dent de la roue d'échappement. Cela posé soient :

N le nombre des oscillations effectuées en une heure par le balancier ;

n le nombre des dents de la roue d'échappement; $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$, les rapports respectifs des rayons des pignons de l'axe des minutes, de la première et de la seconde moyenne, et de la roue d'échappement, aux rayons des roues avec lesquelles ils engrènent.

On aura évidemment la relation

$$N\mu_1\mu_2\mu_3\mu_4 = 1;$$

d'où

$$\mu_2\mu_3\mu_4 = \frac{1}{Nn}.$$

Si l'on se donne *à priori* les nombres N, n , qui toutefois au point de vue de l'application doivent être compris entre certaines limites, on déterminera les systèmes des valeurs qui conviennent à la question comme on l'a indiqué au n° 14, en s'imposant les conditions que les rapports μ soient compris entre un septième et un dixième.

A l'inverse si l'on se donne μ_2, μ_3, μ_4 , on déterminera le nombre des oscillations que doit exécuter en une heure le balancier qui devrait être établi en conséquence.

Les diagrammes suivants, à l'exception de l'un d'eux, sont empruntés au *Traité d'échappement* de M. Saunier.

$$1^\circ n = 15.$$

(a)	Barillet.	80	10		
	Roue du centre.	80	10		
	1 ^{re} moyenne.		75	10	
	2 ^e moyenne.			70	7

$$N = 9000.$$

(b)	Roue du centre.	80	10		
	1 ^{re} moyenne.	60	8		
	2 ^e moyenne.		54	6	

$$N = 8100.$$

(c)	Roue du centre.	76	10		
	1 ^{re} moyenne.	64	8		
	2 ^e moyenne.		54	6	

$$N = 8208.$$

(d)	Roue du centre.	78	10		
	1 ^{re} moyenne.	64	8		
	2 ^e moyenne.		60	6	

$$N = 9652.$$

(e)	Roue du centre.	68	8	
	1 ^{re} moyenne. . .		60	8
	2 ^e moyenne. . .			58 6

$$N = 9243.$$

(f)	Roue du centre.	64	8	
	1 ^{re} moyenne. . .		60	8
	2 ^e moyenne. . .			60 6

$$N = 9000.$$

(g)	Roue du centre.	64	8	
	1 ^{re} moyenne. . .		60	8
	2 ^e moyenne. . .			56

$$N = 8925.$$

$$2^{\circ} n = 14$$

(a)	Roue du centre.	56	6	
	1 ^{re} moyenne. . .		50	6
	2 ^e moyenne. . .			50 6

$$N = 9074.$$

(b)	Roue du centre.	56	6	
	1 ^{re} moyenne. . .		52	6
	2 ^e moyenne. . .			52 6

$$N = 9814.$$

(c)	Roue du centre.	58	6	
	1 ^{re} moyenne. . .		52	6
	2 ^e moyenne. . .			52 6

$$N = 10165.$$

On voit ainsi que, dans la construction ordinaire des montres, on fait exécuter par heure au balancier un nombre d'oscillations compris entre 8 100 et 10 165, soit de 4,5 à 5,6

demi-oscillations par seconde. Dans les chronomètres de la marine, ce nombre atteint même 11 000.

On reconnaît sans peine que si une montre ne se règle pas parce que le balancier n'exécute pas un nombre suffisant d'oscillations, il faut, ou remplacer une des roues par une autre d'un plus grand diamètre, ou un pignon par un plus petit.

La denture du barillet doit être calculée en raison du nombre de tours qu'on doit lui faire faire, lors du remontage, pour que la montre fonctionne pendant un temps déterminé.

Supposons, comme cela a lieu le plus communément, que le pignon avec lequel engrène le barillet ait dix ailes, que la durée du remontage soit de trente-deux heures, et qu'il se compose de quatre tours. Le nombre de tours que devra faire le barillet en une heure étant $\frac{4}{30}$, il devra être muni de

$$\frac{32}{4} \times 10 = 80 \text{ dents.}$$

Généralement le diamètre de la denture du barillet est égal à une fois et demie celui de la roue du centre, et comme dans le type (a), le nombre des dents de ces deux organes est le même. Le même type, pris comme exemple, donne pour les diamètres des mobiles du rouage, estimés en douzième, de lignes suivant un vieil usage,

(a)	Barillet.	99
	Roue du centre. .	66
	1 ^{re} moyenne. . . .	57
	2 ^e moyenne. . . .	54

25. *De la nature des engrenages employés.* — Comme nous l'avons vu plus haut, on n'emploie généralement en horlogerie que des engrenages à flancs rectilignes, qu'il est évidemment inutile de rendre réciproques. Si la prise n'a

lieu qu'à partir de la ligne des centres, il suffit que les dents des pignons se réduisent à de simples flancs raccordés à leurs extrémités, pour supprimer les arêtes vives, par des demi-circonférences. Quand il n'en est pas ainsi, ces demi-circonférences devraient, contrairement à ce que l'on fait dans la pratique, être remplacées par des arcs d'épicycloïdes ou par des arcs de cercle coïncidant très-sensiblement avec les précédents.

Il convient de réduire au plus petit nombre les éléments de la transmission, en raison de l'espace généralement restreint qu'elle doit occuper dans les chronomètres portatifs; c'est pourquoi on n'emploie que des pignons d'un petit diamètre par rapport à celui des roues correspondantes. Ce rapport, qui ne varie guère qu'entre un septième et un dixième, est le plus souvent peu différent de un huitième.

Les dents des pignons portent le nom d'*aile*; le nombre en est très-restreint comme on peut en juger par les diagrammes du numéro précédent, et a généralement pour limites 6 et 12. La faible valeur de ce nombre ne peut se justifier que par des difficultés d'exécution ou par l'épaisseur que l'on est obligé de donner aux ailes pour résister aux efforts qu'elles supportent, en raison de ce que le plus souvent, comme dans les montres, la largeur des rouages parallèlement à leurs axes est forcément très-restreinte.

Les horlogers adoptent d'un commun accord, un tiers du pas pour l'épaisseur des ailes; la largeur des dents des roues peut atteindre ainsi, à part le jeu, les deux tiers du pas. En vue de la continuité du mouvement, et pour réduire les tendances aux arc-boutements lorsque l'on emploie des pignons d'un petit nombre des ailes diminués du jeu, on est obligé de faire commencer le contact avant la ligne des centres. Les dents des roues sont alors terminées par des pointes à peine émoussées, et la prise ne commence entre un couple de dents que lorsqu'elle cesse pour le couple suivant. Il est

clair que cette disposition est défectueuse, que les dents pointues doivent être rejetées au point de vue de la solidité et de la conservation des surfaces frottantes; que par l'usage ou l'usure, ou par des imperfections de main-d'œuvre auxquelles il est impossible de parer complètement, il peut arriver que la prise cesse entre un couple de dents avant qu'elle ne commence entre le couple précédent, d'où des chocs qui tendent à altérer la solidité du mécanisme.

Un grand nombre d'horlogers prétendent que ces chocs auxquels ils donnent le nom de *chute* sont indispensables pour éviter les arrêts pouvant résulter de l'interposition de matières étrangères dans les engrenages, et que sous ce rapport, moins les pignons ont d'ailes et plus il y a de stabilité dans le mouvement. Nous ne saurions partager cette manière de voir; car en prenant des pignons d'un nombre suffisant d'ailes pour que le contact commence seulement à partir de la ligne des centres, il n'est pas impossible de réaliser un jeu suffisant pour éviter les causes d'arrêt sans être obligé d'avoir recours au choc qui est toujours une cause de destruction.

26. *Des angles d'approche et de retraite dans les pignons.* — Si nous nous reportons aux notations du n° 7 et à la fig. 5, nous aurons

$$\tan \widehat{OO'm} = \frac{\mu}{2} \cdot \frac{\sin 2\varphi}{1 + \mu \sin^2 \varphi},$$

ou en négligeant les puissances de μ supérieur à la troisième

$$\widehat{OO'm} = \frac{\mu}{2} \sin 2\varphi \cdot (1 - \mu \sin^2 \varphi).$$

En désignant par γ l'angle au centre du pignon O correspondant au pas, l'épaisseur de ses ailes sera $\frac{2}{5} R\gamma$, et

en représentant le jeu par $iR\gamma$, l'épaisseur des dents de la roue sera

$$R \left(\frac{2}{3} - i \right) \gamma.$$

Si donc le point m est la limite du contact, on a

$$\widehat{mO'A'} = \frac{1}{2} \frac{R}{R'} \left(\frac{2}{3} - i \right) \gamma = \frac{\mu}{2} \left(\frac{2}{3} - i \right) \gamma.$$

Mais l'angle $OO'm$ est égal à $OO'A' = \mu\varphi$, diminué du précédent; il vient donc

$$\mu\varphi - \frac{\mu}{2} \left(\frac{2}{3} - i \right) \gamma = \frac{\mu}{2} \sin 2\varphi (1 - \mu \sin^2 \varphi),$$

et en posant

$$(1) \quad 2\varphi = x,$$

on trouve

$$(2) \quad x = \sin x \left(1 - \frac{\mu}{2} + \frac{\mu}{2} \cos x \right) + \left(\frac{2}{3} - i \right) \gamma.$$

Désignons par x_0 la valeur de x obtenue en négligeant les termes en μ et i , ou vérifiant l'équation

$$(3) \quad x_0 = \sin x_0 + \frac{2}{3} \gamma.$$

Si l'on représente par δx la correction qu'il faut faire subir à cette valeur pour tenir compte des termes négligés, on a, en ne conservant que les termes du premier ordre en δx , μ , i ,

$$(4) \quad \delta x = -\frac{\mu}{2} \sin x - \frac{i\gamma}{1 - \cos x} = -\frac{\mu}{2} \left(x_0 - \frac{2}{3} \gamma \right) - \frac{\gamma i}{1 - \cos x_0}.$$

Il sera plus commode d'exprimer x et δx en degrés au lieu de les exprimer en fraction de la circonférence, ce qui revient à multiplier par $\frac{180^\circ}{\pi} = 57,2957$, les termes des

formules précédentes qui ne renferment pas x explicitement, ce qui donne

$$(5) \quad x_0 = 57,2957 \sin x_0 + \frac{2}{3} \gamma,$$

$$(6) \quad \begin{cases} \delta x = -\frac{\mu}{2} \times 57,2957 \sin x_0 - \frac{\gamma i}{1 - \cos x_0} = \\ = -\frac{\mu}{2} \times \left(x_0 - \frac{2}{3} \gamma \right) - \frac{\gamma i}{1 - \cos x_0}. \end{cases}$$

La première de ces équations se résoudra facilement au moyen d'une table de sinus naturels et en appliquant la méthode d'approximation de Newton. On calculera ensuite δx , et enfin

$$(7) \quad \varphi = \frac{x_0 + \delta x}{2}.$$

C'est de cette manière que nous avons obtenu les résultats suivants :

Pignon de six ailes. — $\gamma = 60^\circ$.

$$(8) \quad \varphi = 48^\circ,5 - 14^\circ,5\mu - 24^\circ,6i.$$

Pignon de sept ailes. — $\gamma = 51^\circ,43$.

$$(9) \quad \varphi = 45^\circ,7 - 14^\circ,5\mu - 24^\circ,9i.$$

Pignon de huit ailes. — $\gamma = 45^\circ$.

$$(10) \quad \varphi = 43^\circ,55 - 14^\circ,5\mu - 23^\circ,9i.$$

Pignon de neuf ailes. — $\gamma = 40^\circ$.

$$(11) \quad \varphi = 41^\circ,80 - 14^\circ,5\mu - 22^\circ,5i.$$

Pignon de dix ailes. — $\gamma = 36^\circ$.

$$(12) \quad \varphi = 40^\circ,3 - 14^\circ,25\mu - 21^\circ,1i.$$

Pignon de douze ailes. — $\gamma = 30^\circ$.

$$(13) \quad \varphi = 38^\circ,57 - 14^\circ,25\mu - 19^\circ,61i.$$

Ces différentes formules sont représentées d'une manière très-satisfaisante par la formule unique suivante :

$$(14) \quad \varphi = (57^{\circ},55 - 1,7n) - 14^{\circ},3\mu - 22i,$$

dans laquelle n désigne le nombre des ailes du pignon.

D'après ce qui précède, on voit que l'angle $\gamma - \varphi$ sera positif pour $n < 9$, que par suite la prise devra commencer avant la ligne des centres, en munissant les ailes des pignons de têtes épicycloïdales, et qu'il y aura tendance aux arc-boutements; il en sera encore ainsi pour $n = 9$, même en admettant $\mu = 1/10$, $i = 1/20$, comme valeurs minimum.

Au delà, ou pour $n \geq 10$, il suffira de faire commencer la prise à la ligne des centres, et de limiter le contact à une distance de cette ligne égale au pas pour donner une plus grande épaisseur à l'extrémité des dents de la roue; les dangers d'arc-boutement auront disparu; les ailes du pignon se réduiront à des flancs dont on raccordera, pour éviter les arêtes vives, les extrémités par des courbes quelconques, assujetties seulement à pouvoir se placer dans les creux des dents de la roue limités à cet effet par des flancs rectilignes. Enfin, il est clair que les imperfections de main-d'œuvre et l'usure rendront les chutes moins probables que lorsque $n < 10$, et que les dents de la roue sont forcément terminées en pointes.

Nous calculerons les saillies des dents et les effets du frottement pour les pignons de moins de dix ailes, en prenant pour arcs d'approche et de retraite ceux qui correspondent à $\mu = 1/8$, $i = 1/10$ que nous considérerons comme valeurs moyennes et qui nous conduiront à des résultats peu différents de ceux auxquels on arriverait dans les cas extrêmes. On trouve ainsi :

pour $\mu = 6$, $\varphi = \frac{2\pi}{n} r = 44^{\circ},5$, $\gamma - \varphi = \frac{2\pi\alpha}{n} = 15^{\circ},7$, $\alpha = 0,260$	
7.	$41^{\circ},4$ $10^{\circ},0$ $0,198$
8.	$39^{\circ},4$ $5^{\circ},6$ $0,125$
9.	$37^{\circ},8$ $1^{\circ},2$ $0,030$

27. Saillie des dents. — En nous reportant au n° 8, dont nous conserverons la notation, et supposant $\mu = 1/8$, on a

$$(16) \quad \begin{cases} l'_1 = 0,084n \left(1 - \cos \frac{4\pi r}{n}\right) a, \\ l_1 = 3,84 \frac{\alpha^2 a}{n}. \end{cases}$$

Et de plus, en admettant un jeu de un dixième,

$$(17) \quad \begin{cases} e'_1 = \alpha \left(\frac{2}{3} - \frac{1}{10}\right) = 0,567a, \\ e_1 = 0,333a, \end{cases}$$

et ces formules permettront d'obtenir les valeurs suivantes, en ayant égard à ce qui précède :

$n = 6$	$\begin{cases} l'_1 = 0,504a, & e'_1 = 1,12l'_1, \\ l_1 = 0,042a, & e_1 = 7,9l_1; \end{cases}$
$n = 7$	$\begin{cases} l'_1 = 0,516a, & e'_1 = 1,10l'_1, \\ l_1 = 0,021a, & e_1 = 15,8l_1; \end{cases}$
$n = 8$	$\begin{cases} l'_1 = 0,545a, & e'_1 = 1,04l'_1, \\ l_1 = 0,007a, & e_1 = 55,3l_1; \end{cases}$
$n = 9$	$\begin{cases} l'_1 = 0,575a, & e'_1 = 0,99l'_1, \\ l_1 = 0,0008a, & e_1 = 416l_1. \end{cases}$

Pour un nombre d'ailes supérieur à 9 on a

$$\alpha = 0 \quad \text{et} \quad r = 1,$$

et l'on trouve

pour $n = 10$. . .	$l_1 = 0,580a,$	$e'_1 = 0,98l_1;$
$n = 12$. . .	$0,504a,$	$1,12l_1;$
$n = 14$. . .	$0,456a,$	$1,50l_1.$

On voit ainsi que la portion utile des saillies des pignons de six et de sept ailes est une fraction assez sensible du pas pour que, logiquement, on soit obligé de donner à leur profil, sinon la forme épicycloïdale, du moins par approximation, celle d'arcs de cercles tangents. La demi-circonférence, comme forme de tête, est donc défectueuse dans les deux cas, et si l'on n'en aperçoit pas les inconvénients dans la pratique, cela tient à ce qu'ils sont couverts par les inconvénients plus importants des chutes sur lesquelles nous n'avons pas à revenir, et que les horlogers créent sans scrupules. La tête dans les pignons de huit et neuf ailes ne jouant qu'un rôle très-secondaire rien ne s'oppose à ce qu'on la représente par une demi-circonférence. Si l'on veut calculer le rayon $R - l_1$ du noyau en pignon, il suffira de remarquer que $a = \frac{2\pi R}{n}$; ce qui donne

$n = 6$. . .	$R - l_1 = 0,47R,$
7 . . .	$0,54R,$
8 . . .	$0,57R,$
9 . . .	$0,60R.$
10 . . .	$0,65R,$
12 . . .	$0,68R,$
14 . . .	$0,77R.$

28. *Épaisseur des dents.* — Pour calculer l'épaisseur à l'extrémité des dents de la roue, nous emploierons la formule (9) du n° 8, qui, dans le cas actuel, prend la forme

$$(18) \quad \frac{e' - e'_1}{a} = 2 - \frac{n \sin \frac{4\pi}{n}}{12,5664} \left[2 - \frac{1}{9} \left(2 - \cos \frac{4\pi}{n} + \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{n} \right) \right].$$

Il est inutile de l'appliquer pour $n = 6, 7, 8, 9$, puisque

les angles de retraite ont été calculés dans ces hypothèses, en supposant $e'_1 = 0$. Pour $n = 6$, elle ne donne pour $e' - e'_1$ qu'une valeur qui ne diffère de $e' = 0,567a$ que d'une quantité de l'ordre de l'approximation que suppose cette même formule; ce qui revient encore à considérer e'_1 comme nul ou négligeable. Mais

1° pour $n = 12,$

on trouve

$$(19) \quad e' - e'_1 = 0,415a;$$

d'où

$$e'_1 = 0,052a = 0,09e'.$$

2° pour $n = 14,$

$$(20) \quad \begin{cases} e' - e'_1 = 0,367a, \\ e'_1 = 0,200a = 0,545e'. \end{cases}$$

29. *Des pivots.* — Les extrémités de l'arbre d'un mobile d'un chronomètre qui pénètrent dans les guides du mouvement ne sont pas, à proprement parler, des *pivots*, comme les appellent les horlogers, car chacune d'elles est formée d'une partie cylindrique frottant, par sa surface latérale, sur le guide correspondant, sous l'action de la force motrice, et ce n'est que dans les montres et lorsqu'elles sont posées à plat qu'un frottement dépendant uniquement du poids de l'organe se développe sur une surface perpendiculaire à l'axe de rotation. Ainsi donc le rôle principal des extrémités d'un arbre est celui d'un tourillon, néanmoins nous maintiendrons l'expression de pivot.

Pour les rouages, le pivot se compose généralement d'un tourillon ordinaire (*tige* des horlogers) dont l'épaulement (*la portée*) est formé, ou de l'excès sur sa section de celle de l'arbre, ou par une autre zone annulaire d'un moindre rayon extérieur (en vue de réduire l'influence des frotte-

ments), obtenue à l'aide d'un tronc de cône ayant pour grande base celle de l'arbre et pour petite base un cercle d'un rayon un peu supérieur à celui de l'œil du coussinet ou du *trou*, suivant l'expression des horlogers. Sur la face du coussinet opposée à l'épaulement, l'œil est évasé, sur une certaine profondeur, de manière à former un petit godet destiné à recevoir l'huile.

Comme le graissage des organes ou *le renouvellement des huiles* ne doit se faire qu'à de longs intervalles, il importe de réduire autant que possible la masse des particules matérielles, que le frottement détache du pivot et du coussinet, et qui ont pour effet d'épaissir et d'altérer les huiles et par suite d'augmenter l'importance de cette résistance passive. C'est pourquoi on n'emploie que des trous en acier trempé très-dur, et le plus souvent des trous en rubis. Les coussinets en cuivre ne sont employés que dans les montres communes.

Pour obtenir une bonne marche, il importe que les frottements de la denture, qui sont de beaucoup les plus considérables, soient uniformes; c'est pourquoi on ne lubrifie pas les engrenages. D'ailleurs si on faisait le contraire, on ne remplirait pas les conditions de propreté que l'on exige de ces organes.

Il est donc indispensable de prendre les mesures nécessaires pour que l'huile d'un pivot, en suivant l'arbre, ne puisse pas pénétrer dans l'intervalle des dents du pignon; pour atteindre ce but, on se contente, dans les montres, de creuser une petite rigole ou *piqûre* dans le pignon, suivant sa circonférence de jonction avec l'arbre, et qui forme un réservoir destiné à emmagasiner les huiles qui peuvent sortir du pivot.

La piquûre circulaire est souvent remplacée par une rainure déterminée par un tronc de cône renversé de même base que l'épaulement ménagé à l'extrémité de l'arbre.

Lorsque le pignon est très-voisin d'un pivot, pour plus

de sécurité, on emploie simultanément la piquûre et le tronc de cône renversé.

Les frottements ont une plus grande influence sur le mouvement du balancier des montres dont l'isochronisme est produit par le ressort spiral qui est d'une faible énergie, que sur le jeu de la transmission mise en mouvement par une force motrice plus que suffisante; c'est pourquoi on cherche à donner au tourillon du balancier le plus petit diamètre possible compatible avec la condition qu'il puisse résister aux efforts qui le sollicitent; comme pour le moindre choc il pourrait, à sa naissance, se séparer de l'arbre, on a le soin de le renforcer en le raccordant par un profil continu avec le cône renversé qui termine l'arbre. Mais, comme alors on supprime l'épaulement, on est obligé de le remplacer par un épaulement extérieur appelé *contre-pivot* contre lequel l'extrémité du tourillon peut s'appuyer; l'huile se loge entre le contre-pivot et le trou qui ne se touchent pas, et l'évasement que l'on observe dans le dernier, n'a pour objet que d'empêcher tout frottement de la part de la naissance courbe du tourillon et de faciliter la mise en place du pivot.

La plaque circulaire en laiton à laquelle est fixée le cadran et qui reçoit la moitié des trous est ce que l'on appelle la *platine*. Les deux pièces qui reçoivent les autres trous et qui consistent en des espèces de consoles fixées par une de leurs extrémités sur la platine prennent le nom de *ponts*.

La platine et les ponts sont les équivalents des *paliers* des machines industrielles, dont ils remplissent les fonctions.

Pour que l'on se fasse une idée nette de la grandeur des diamètres des pivots, nous donnerons l'exemple suivant qui correspond au diagramme (a) du n° 25, en continuant à prendre pour unité le douzième de ligne :

Pivot de la roue d'échappement. . .	1/2
Pivot de la deuxième moyenne. . . .	1
Pivot de la première moyenne. . . .	1
Roue du centre (arbre des minutes). .	5
Barillet (arbre du remontoir). . . .	8

Le diamètre de chacun des trois premiers arbres est à très-peu près le triple du pivot correspondant; de sorte que l'on a :

Diamètre de l'arbre de la roue d'échappement. . .	5/2
la deuxième moyenne.	3
la première moyenne.	3

30. *De l'influence du frottement sur le mécanisme d'une montre.* — Proposons-nous de déterminer l'accélération que prend la roue d'échappement, par suite de la détente du ressort-moteur, lorsque après être partie du repos ou du léger recul qu'on lui fait subir, elle vient à rencontrer une lèvre de l'échappement. Nous nous reporterons, pour cet objet, aux formules du n° 21 dont nous conserverons les notations en supposant $s = 5$.

Comme les engrenages des montres ne sont jamais lubrifiés, nous supposerons que le coefficient du frottement f qu'ils exercent entre eux est égal à 0,20, chiffre qui s'applique au bronze frottant à sec sur la même matière.

Le coefficient du frottement f_1 des pivots en acier sur des crapaudines en rubis n'ayant pas été déterminé par expérience, nous le supposerons égal à 0,16, chiffre un peu supérieur à celui qui s'applique au cas d'un graissage peu entretenu, mais c'est une raison de plus pour l'employer afin d'établir une sorte de compensation avec une résistance, dont nous n'avons pas tenu compte, qui est due à la viscosité des huiles, et qui augmente à mesure qu'elles vieillissent; cette nouvelle résistance paraît devoir être proportionnelle à l'étendue de la surface immergée dans l'huile, mais on n'a, sur la valeur du coefficient qui la définit, aucune donnée de l'expérience.

Pour arriver à établir une formule suffisamment simple en vue d'une application facile, nous remarquerons que dans nos calculs : 1° Nous pourrions faire abstraction de l'inertie du barillet et du ressort moteur malgré sa masse relativement considérable par rapport à celle de tout le système; il suffit pour cela d'observer que, en admettant 1/9 pour le rapport moyen rayon d'un pignon à celui de la roue correspondante, la vitesse angulaire du barillet n'est que

$\frac{1}{9} = \frac{1}{729}$ de celle de la roue d'échappement. 2° Nous pourrions négliger de la même manière l'inertie des systèmes correspondant aux aiguilles des heures et des minutes. 3° Nous devons tenir compte de l'inertie des systèmes de la première et de la seconde moyenne qui, malgré une vitesse de rotation bien moins rapide, donne des termes du même ordre de grandeur que l'inertie de la roue d'échappement quoique la masse soit très-faible. 4° Le frottement du canon de l'aiguille des heures étant réduit autant que possible, doit être considéré comme négligeable; et comme nous avons fait la même hypothèse relativement à l'inertie du système des aiguilles, il s'ensuit que la quote-part de la force motrice qui met en mouvement leur système peut, sans inconvénient, être supposée nulle. 5° Pour nous affranchir des irrégularités brusques signalées au n° 22, et qui sont, d'ailleurs atténuées notablement, par rapport à l'unité, par le facteur f dont elles sont affectées, nous remplacerons chaque groupe de termes, fonction des arcs d'approche et de retraite, par sa moyenne valeur ou par la demi-somme de ses valeurs extrêmes. Pour simplifier nous supposerons dans les mêmes termes les coefficients $(1 + \mu_u)$ égaux à 10/9 ce qui revient à faire abstraction de ce coefficient, en augmentant du 1/9 de sa valeur f qui sera, ainsi, porté à 0,22; en opérant ainsi on n'altérera pas, d'une manière appréciable, le résultat final.

Cela posé, la formule 12 du n° 21 donne

$$\begin{aligned}
 (1) \frac{d^2 \varphi_5}{dt^2} & \left\{ \begin{aligned} & \Lambda_5 \left[1 + \frac{0,22}{1} (\text{tang} \psi'_1 + \text{tang} \psi'_2 + \text{tang} \psi'_3 + \text{tang} \psi'_4) \right] \\ & + \Lambda_4 \mu_4^2 \left[1 + \frac{0,22}{2} (\text{tang} \psi'_1 + \text{tang} \psi'_2 + \text{tang} \psi'_3 - \text{tang} \chi'_4) \right] \\ & + \Lambda_3 \mu_4^2 \left[1 + \frac{0,22}{2} (\text{tang} \psi'_1 + \text{tang} \psi'_2 - \text{tang} \chi'_3 + \text{tang} \chi'_4) \right] \\ & = q'_5 R_5 \left[1 + \frac{0,22}{2} (\text{tang} \psi'_1 + \text{tang} \psi'_2 + \text{tang} \psi'_3 + \text{tang} \psi'_4) \right] \\ & + \mu_4 q'_4 R_4 \left[1 + \frac{0,22}{2} (\text{tang} \psi'_1 + \text{tang} \psi'_2 + \text{tang} \psi'_3) \right. \\ & \quad \left. - \text{tang} \chi'_4 \right] \\ & + \mu_3 \mu_4 q'_3 R_3 \left[1 + \frac{0,22}{2} (\text{tang} \psi'_1 + \text{tang} \psi'_2 - \text{tang} \chi'_3) \right. \\ & \quad \left. - \text{tang} \chi'_4 \right] \\ & + \mu_2 \mu_3 \mu_4 q'_2 R_2 \left[1 + \frac{0,22}{2} (\text{tang} \psi'_1 - \text{tang} \chi'_2 - \text{tang} \chi'_3) \right. \\ & \quad \left. - \text{tang} \chi'_4 \right] \\ & + \mu_1 \mu_2 \mu_3 \mu_4 q'_1 (Q_1 + q'_1) R_1 \times \\ & \times \left[1 - \frac{0,22}{2} (\text{tang} \chi'_1 + \text{tang} \chi'_2 + \text{tang} \chi'_3 + \text{tang} \chi'_4) \right] \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

La valeur de chacun des facteurs en ψ' et χ' sera comprise entre celles qui correspondraient aux cas exceptionnels dans lesquels les pignons auraient six et douze ailes, ce qui suppose

$$\psi = 45^\circ, \quad \chi' = 15^\circ \quad \text{ou} \quad \psi = 30^\circ, \quad \chi' = 0.$$

En désignant par B_u celui de ces coefficients qui correspond à q'_u , quantité dont nous supprimerons l'accentuation pour plus de simplicité, on trouve pour les valeurs extrêmes de ces coefficients,

B_5	$\left\{ \begin{array}{l} 4,00 \\ 2,51 \end{array} \right.$	moyenne 3,16
B_4	$\left\{ \begin{array}{l} 2,75 \\ 1,75 \end{array} \right.$	2,25
B_3	$\left\{ \begin{array}{l} 1,46 \\ 1,16 \end{array} \right.$	1,31
B_2	$\left\{ \begin{array}{l} 0,20 \\ 0,58 \end{array} \right.$	0,59
B_1	$\left\{ \begin{array}{l} -0,80 \\ 0 \end{array} \right.$	- 0,40

On voit, que si l'on substitue aux valeurs exactes de ces coefficients, les moyennes ci-dessus, on ne commettra, après la multiplication par $\frac{0,22}{2} = 0,11$, que des erreurs n'affectant que les décimales du second ordre, et nous ne nous proposons pas d'obtenir une plus grande approximation. La formule (1) devient par suite

$$(2) \left\{ \begin{aligned} & \frac{d^2 \varphi_5}{dt^2} (1,4 \Lambda_5 + 1,2 \mu_4^2 \Lambda_4 + 1,1 \mu_4^2 \mu_3^2 \Lambda_3) \\ & = 1,4 q'_5 R_5 + 1,2 \mu_4 q'_4 R_4 \\ & + 1,1 \mu_4 \mu_3 q'_3 R_3 \\ & + 1,05 \mu_4 \mu_3 \mu_2 q'_2 R_2 \\ & + 0,95 \mu_4 \mu_3 \mu_2 R_1 (Q'_1 + q_1). \end{aligned} \right.$$

Les q_u étant de très-petites quantités, pour calculer les pressions sur les axes qui sont des fonctions de ces forces, nous négligerons les frottements correspondants; nous supposons que le contact des dents a lieu constamment sur la ligne des centres, ce qui n'altérera, dans les résultats, que les décimales que l'on néglige; enfin, nous ferons abstraction de l'inertie des pièces, ce qui nous donnera pour q_u une valeur un peu forte, mais il n'y a en cela aucun inconvénient, si l'on considère que l'on peut établir ainsi une compensa-

tion, plus ou moins exacte des causes accessoires dont on ne peut tenir compte dans le calcul. On obtient ainsi :

$$\begin{aligned} N_1 &= Q'_1, \\ N_2 &= \frac{r_1}{R_2} N_1 = Q'_1 \frac{r_1}{R_2}, \\ N_3 &= \frac{r_2}{R_3} N_2 = Q'_1 \frac{r_1 r_2}{R_2 R_3}, \\ N_4 &= \frac{r_3}{R_4} N_3 = Q'_1 \frac{r_1 r_2 r_3}{R_2 R_3 R_4}. \end{aligned}$$

Les pressions sur les axes $O_1 \dots O_5$ seront par suite, en négligeant devant l'unité le rapport du rayon d'un pignon à celui d'une roue,

$$\begin{aligned} P_1 &= -\bar{N}_1 + \bar{Q}_1, \\ P_2 &= \bar{N}_1 - \bar{N}_2 = N_1 = Q_0, \\ P_3 &= \bar{N}_2 - \bar{N}_3 = N_2 = \frac{r_1}{R_2} Q_1, \\ P_4 &= \bar{N}_3 - \bar{N}_4 = N_3 = \frac{r_1 r_2}{R_2 R_3} Q_1, \\ P_5 &= \bar{N}_4 - \bar{N}_5 = \frac{r_1 r_2 r_3}{R_2 R_3 R_4} Q_1. \end{aligned}$$

Soit ρ_u le rayon des tourillons de l'axe O_u , on aura, en négligeant le cube du coefficient de frottement f_1 , et en ne considérant que les cas où, par suite de la position verticale du chronomètre, il n'y a pas de frottement contre les épaulements

$$q_u R_u = -f_1 \rho_u P_u = -0.16 \rho_u P_u.$$

Pour donner plus de symétrie à notre formule finale, de manière à en rendre l'application plus facile, nous remarquerons que le rapport du diamètre d'un pignon à celui d'une roue quelconque de l'équipage varie entre des limites

très-restreintes, et comme il s'agit ici de quantités très-petites, nous pourrions remplacer dans les trois dernières des expressions précédentes, les coefficients de Q_i par μ_2, μ_3, μ_4 ; l'équation (2) deviendra par suite

$$\frac{d^2 \varphi_3}{dt^2} (1,4 A_5 + 1, 2 \mu_2^2 A_4 + 1, 1 \mu_3^2 A_3) = Q_1 \mu_1 \mu_2 \mu_3 \mu_4 R_1 \times \left[0,95 - \frac{0,16}{\mu_1 R_1} \left(0,95 \frac{\mu_1 P_1}{Q_1} \rho_1 + 1,5 \rho_2 + 1,1 \rho_3 + 1,2 \rho_4 + 1,5 \rho_5 \right) \right].$$

Mais le rapport $\frac{P_i}{Q_i}$ étant compris entre 0 et 2, il nous sera permis, par approximation, de le remplacer par sa valeur moyenne. D'autre part, nous pourrions supposer sans erreur appréciable, dans les termes dépendant du frottement des pivots, $\mu_i = \frac{1}{9}$. Enfin, dans le premier membre de l'équation ci-dessus, nous admettrons de la même manière que les coefficients de A_5, A_4, A_3 sont égaux à 1, 4; ce qui n'aura pour effet que d'augmenter un peu l'influence du frottement de la denture.

On arrive ainsi à la formule

$$(3) \left\{ \begin{aligned} \frac{d^2 \varphi_3}{dt^2} &= \frac{\mu_1 \mu_2 \mu_3 \mu_4 Q_1 R_1}{A_5 + \mu_2^2 A_4 + \mu_3^2 \mu_4^2 A_3} \cdot 0.68 \\ &\left[1 - 1,5 \left(\frac{\rho_1}{8 R_1} + 1,0352 \frac{\rho_2}{R_1} + 1,1 \frac{\rho_3}{R_1} + 1,2 \frac{\rho_4}{R_1} + 1,5 \frac{\rho_5}{R_1} \right) \right]. \end{aligned} \right.$$

Si nous appliquons cette formule au cas où la montre, dont les éléments sont fournis par le diagramme (a) du n° 24 et des éléments numériques fournis par le n° 29 on a

$$\frac{\rho_1}{R_1} = 0,08,$$

$$\frac{\rho_2}{R_1} = 0,05,$$

$$\frac{\rho_3}{R_1} = 0,01,$$

$$\frac{\rho_4}{R_1} = 0,01,$$

$$\frac{\rho_5}{R_1} = 0,005,$$

et l'on trouve

$$(4) \quad \frac{d^2\varphi_5}{dt^2} = \frac{\mu_1\mu_2\mu_3\mu_4 Q_1 R_1}{A_5 + \mu_1^2 A_4 + \mu_1^2 \mu_2^2 A_3} \times 0,58.$$

Dans les montres marines, R_1 doit représenter le bras de levier variable de la traction exercée par la chaîne sur la fusée; mais il faut tenir compte du frottement du pivot du barillet, dont nous désignerons par ρ'_1 , le rayon, et que nous calculerons en supposant que la pression moyenne soit la même sur son axe et sur celui de la fusée; le rapport moyen de R_1 au rayon du barillet étant pris égal à $\frac{1}{2}$, le terme relatif au frottement dont il est question se déduira du terme semblable pour la fusée, en y changeant μ_1 en $\frac{1}{2}\mu\rho'_1$. D'autre part, les pignons ont tous ici douze ailes et par conséquent au lieu des moyennes valeurs de B_n , il faut prendre les valeurs inférieures données par le tableau ci-dessus; on obtient ainsi

$$\begin{aligned} 1,2 \frac{d^2\varphi_5}{dt^2} (A_5 + \mu_4^2 A_4 + \mu_1^2 \mu_2^2 A_3) &= \\ &= \mu_1\mu_2\mu_3\mu_4 Q_1 R_1 \times \\ \left[1 - 1,5 \left(\frac{1}{16} \frac{\rho'_1}{R_1} + \frac{1}{8} \frac{\rho_1}{R_1} + 1,06 \frac{\rho_2}{R_2} + 1,1 \frac{\rho_3}{R_3} + 1,2 \frac{\rho_4}{R_4} + 1,2 \frac{\rho_5}{R_5} \right) \right] \end{aligned}$$

Si, faute d'autres données, nous supposons $\rho'_1 = \rho_1$, nous

obtiendrons, en remplaçant R_1 par la moitié du rayon du barillet, et en adoptant les données ci-dessus (ce qui doublera les rapports de $\frac{\rho_n}{R_1}$ donnés plus haut),

$$\frac{d^2\varphi_5}{dt^2} = 0,59\mu_1\mu_2\mu_3\mu_4 Q_1 R_1,$$

chiffre qui ne diffère pas notablement du précédent.

Par conséquent les frottements, dans une montre, ont pour effet de réduire l'accélération que la détente du ressort imprimerait à la roue d'échappement, s'ils n'existaient pas, dans les proportions de 0,41 à 1, en d'autres termes ils absorbent 41 p. 100 du travail moteur; car le rapport du travail produit au travail moteur qui se déduit de la formule précédente est

$$(5) \quad \frac{\frac{1}{2} (A_5 + \mu_4^2 A_4 + \mu_1^2 \mu_2^2 A_3) \left(\frac{d\varphi_5}{dt} \right)^2}{\mu_1\mu_2\mu_3\mu_4 \int Q_1 R_1 ds}$$

Dans les chronomètres de marine où l'on n'emploie que des pignons de douze ailes et des pivots à contre platine, ce rapport serait un peu plus grand, mais il ne nous paraît pas bien utile d'en déterminer la valeur.

51. *Du choc de la roue d'échappement et de l'échappement.* — Si nous représentons par Q'_5 la force tangentielle à la circonférence de rayon R_5 équivalente à la percussion à un instant quelconque du choc, la formule (5) sera remplacée par la suivante :

$$\begin{aligned} \frac{d^2\varphi_5}{dt^2} (1,4A_5 + 1,2\mu_1^2 A_4 + 1,1\mu_1^2 \mu_2^2 A_3) &= \\ = 1,4 (-Q'_5 + q_5) R_5 + 1,2\mu_1 q_4 R_4 + 1,1\mu_1 \mu_2 q_3 R_3 &+ \\ + 1,05\mu_1 \mu_2 \mu_3 q_2 R_2 + 0,96\mu_1 \mu_2 \mu_3 q_1 R_1. \end{aligned}$$

On trouverait, comme plus haut et dans la même hypothèse de simplification,

$$N_5 = \frac{Q_5 R_5}{r_4},$$

$$N_5 = Q_5 \frac{R_4 R_5}{r_3 r_4},$$

$$N_5 = Q_5 \frac{R_3 R_4 R_5}{r_2 r_3 r_4},$$

$$N_5 = Q_5 \frac{R_2 R_3 R_4 R_5}{r_1 r_2 r_3 r_4}.$$

Nous remplacerons la pression sur l'axe O_5 par sa moyenne entre ses deux limites extrêmes 0 et $2Q_5$, et en opérant comme au numéro précédent, nous serons conduit à écrire

$$q_5 R_5 = - 0,115 Q_5,$$

$$q_4 R_4 = - 0,115 \frac{Q_5}{\mu_4},$$

$$q_3 R_3 = - 0,115 \frac{Q_5}{\mu_3 \mu_4},$$

$$q_2 R_2 = - 0,115 \frac{Q_5}{\mu_3 \mu_4 \mu_5},$$

$$q_1 R_1 = - 0,115 \frac{Q_5}{\mu_2 \mu_3 \mu_4 \mu_5}.$$

Enfin si l'on donne le même coefficient 1,4 à A_3, A_4, A_5 , on aura

$$1,4 \frac{d^2 \varphi_5}{dt^2} (A_5 + \mu_4^2 A_4 + \mu_4^2 \mu_3^2 A_3) = \\ = - Q_5 R_5 \left(1,4 + 1,4 \frac{r_5}{R_5} + 1,2 \frac{r_4}{R_4} + 1,1 \frac{r_3}{R_3} + 1,03 \frac{r_2}{R_2} + 0,96 \frac{r_1}{R_1} \right).$$

En supposant $R_5 = \frac{45}{12}$ de ligne, et en plaçant dans le cas des tableaux (a), (a') du n° 24, on trouve

$$0,80 (A_5 + \mu_4^2 A_4 + \mu_4^2 \mu_3^2 A_3) \frac{d\varphi_5}{dt} = - Q_5 R_5,$$

et en désignant par ω, ω' les vitesses angulaires avant et après le choc

$$0,80 (A_5 + \mu_4^2 A_4 + \mu_4^2 \mu_3^2 A_3) (\omega^2 - \omega'^2) = - 2f Q_5 R_5 dt.$$

On voit donc que l'effet du choc sur le corps du rouage est le même que si la roue d'échappement, considérée comme libre autour de son axe, avait pour moment d'inertie

$$(7) \quad I = 0,80 (A_5 + \mu_4^2 A_4 + \mu_4^2 \mu_3^2 A_3),$$

et que le frottement a pour effet de réduire, dans le rapport de 0,80 à 1, le moment d'inertie de ce qu'il serait si cette résistance n'existait pas, ou, si l'on veut, d'augmenter dans le rapport de $\frac{1}{0,80} = 1,25$ la vitesse angulaire perdue.

Fig. 1.

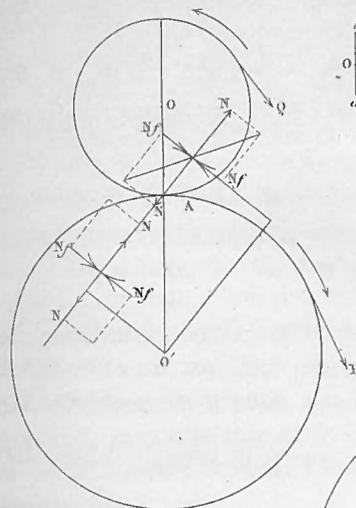


Fig. 2.

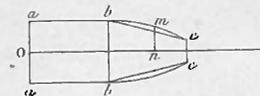


Fig. 3.

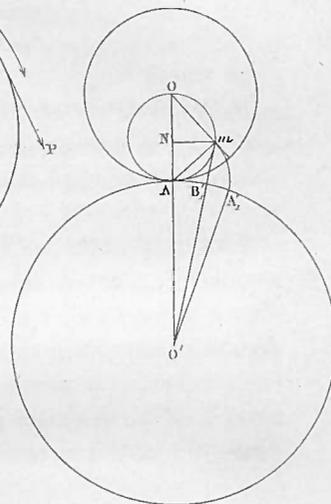


Fig. 4.

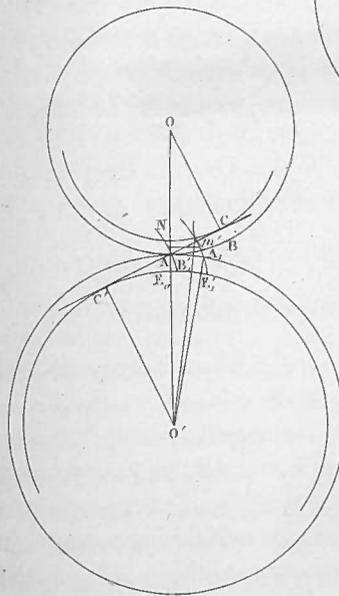
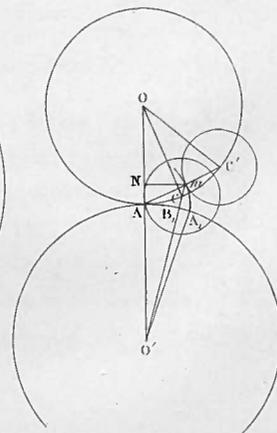


Fig. 5.



NOTE

SUR QUELQUES POINTS PARTICULIERS DE LA PRODUCTION ET DU TRAVAIL
DE L'ACIER BESSEMER EN STYRIE ET EN CARINTHIE.

Par M. F. CLÉRAULT, ingénieur des mines.

Cette note a pour but d'indiquer quelques points spéciaux de la métallurgie de l'acier Bessemer dans les provinces de l'Autriche du sud. Des publications antérieures, faites en Allemagne et en France, me dispenseront de décrire la position, la consistance et les procédés généraux des usines dont il sera question. Pour cela, je renverrai spécialement au mémoire de M. Castel, ingénieur de mines (*Annales des Mines*, 6^e série, t. VIII), aux notices imprimées à l'occasion de l'exposition universelle par l'usine de Neuberg et celle de Heft, à de nombreux articles des journaux scientifiques de Vienne, et au mémoire de M. Grüner inspecteur général des mines (*Annales des Mines*, 6^e série, t. XII).

PREMIÈRE PARTIE.

PRODUCTION DE L'ACIER BESSEMER.

I. — Usine de Neuberg.

On avait inauguré à Neuberg, vers la fin de l'année 1865, le système consistant à couler directement la fonte du haut fourneau dans l'appareil Bessemer; depuis cette époque on est un peu revenu sur ce mode d'opérer, et l'on traite au moins aussi souvent de la fonte refondue au cubilot; assurément cette seconde solution est moins économique, mais elle doit donner des produits supérieurs.

Une des particularités du traitement actuel de Neuberg consiste dans le procédé spécial permettant d'utiliser pour le Bessemer des fontes relativement peu foncées. Pour faire comprendre ce qui suit, j'indiquerai d'abord le classement des fontes de Neuberg. On en distingue 10 numéros comme suit :

- 1, 2, 3. fontes blanches.
4. fonte blanche tirant sur le Spiegeleisen.
5. Spiegeleisen.
6. $\frac{1}{4}$ gris $\frac{3}{4}$ blanc.
7. $\frac{1}{2}$ gris $\frac{1}{2}$ blanc.
8. $\frac{3}{4}$ gris $\frac{1}{4}$ blanc.
9. gris moyen.
10. gris foncé.

En travail courant, et pour éviter les accidents, on n'employait autrefois à Neuberg, pour le Bessemer, que les fontes n° 10 et n° 9; actuellement on parvient à traiter par un artifice particulier le n° 8 et même le n° 7.

Or si les fontes n° 10 contiennent une suffisante quantité de silicium, il n'en est déjà plus de même des fontes n° 9 et encore moins de celles des numéros suivants; alors, si l'on veut employer ces dernières, leur pauvreté en silicium amène forcément la réaction immédiate des oxydes sur le carbone, la formation prématurée et trop rapide de l'oxyde de carbone, par suite le refroidissement, la viscosité de la masse et des explosions violentes. C'est pour obvier à cet inconvénient qu'on cherche, à Neuberg, à introduire mécaniquement un élément recarburant ou du moins combustible. Sur l'axe de la cornue, et en communication avec la conduite du vent, est montée une douille à robinet qui se continue verticalement par un tuyau de plusieurs mètres de hauteur; ce tuyau peut être hermétiquement fermé à sa partie supérieure par une plaque à vis (fig. 2 Pl. VII). Cette sorte de réservoir reçoit une poussière charbonneuse très-fine. Ouvrant le robinet inférieur, au

moment convenable, on laisse accès au charbon dans la conduite du vent; puis on donne des coups de pression. Partons de l'état initial où la pression de l'air est la même dans le réservoir et dans la conduite, et faisons-la baisser dans cette dernière pendant un temps très-court, une partie de la poussière charbonneuse sera lancée dans la conduite; mais en ramenant alors dans celle-ci la pression initiale, nous injecterons le charbon dans le bain métallique. En répétant plusieurs fois cette manœuvre, on peut faire passer en quelques secondes 20^k, 30^k, 40^k, 50^k et plus de poussière charbonneuse dans le métal en fusion. Chacun de ces passages est accompagné d'un bruit étrange avec leur et élévation de température. Le croquis (fig. 5, Pl. VII) représente la courbe des pressions au début d'une opération semblable.

Les résultats de ce procédé sont discutés en Autriche; ce qu'il y a de certain c'est qu'il est admis en ce moment d'une manière courante à Neuberg et qu'il y permet le traitement des fontes n° 8 et n° 7.

Quant au poids de matière charbonneuse qu'il convient d'employer, il est fonction immédiate du refroidissement initial et par conséquent dépend de mille circonstances: numéro de la fonte, température de cette fonte, température de la cornue, etc., etc. Quoi qu'il en soit, on peut admettre pour des charges de 3 tonnes les chiffres suivants :

FONTE N°	POIDS de poussière charbonneuse.	
	kilog.	kilog.
10	00 à	25
9	30 à	40
8	40 à	50
7	50 à	60 et plus.

Je ferai remarquer enfin que ces nombres seraient sans aucune signification avec des fontes dont la teneur en sili-

cium et en manganèse différerait de celle des fontes de Neuberg.

Je ne crois pas qu'on ait tenté de traiter pour Bessemer des fontes n° 6; du moins n'en est-il pas fait mention dans les relevés que j'ai parcourus.

J'arrive enfin à un point capital du traitement de Neuberg, je veux parler des essais :

- 1° Essais *a priori* pour fixer la fin de l'opération.
- 2° Essais *a posteriori* pour marquer les lingots.

1° *Essais à priori*. — D'après les analyses publiées par l'usine de Neuberg à propos de l'exposition universelle (*Voyez* Mémoire de M. Grüner, *Annales des Mines*, 6^e série, t. XII), on sait comment varient les divers éléments de la scorie depuis le début jusqu'à la fin de l'opération. Or l'aspect lui-même de cette scorie change très-sensiblement à ces différentes périodes, surtout vers la fin, et l'on peut au moyen de la couleur de sa surface suivre les transformations du métal lui-même; dans cette sorte de classement on partira d'une nuance *café au lait* qui correspond à l'acier n° 1 et n° 2 et, après avoir passé par tous les intermédiaires, on arrivera au marron foncé pour le n° 6, et presque au noir pour le n° 7. Tandis que la surface de la scorie froide présente nettement ces indications, la cassure en présente d'autres qui viennent contrôler les premières et sa couleur passe dans le même sens du blanc jaunâtre au vert olive.

Pour appliquer ces données, dès qu'on suppose, par l'aspect de la flamme, que l'opération touche à sa fin, on renverse la cornue et on arrête le vent; un homme exercé monte sur la grue hydraulique centrale, et enlève, au moyen d'une longue tige courbe en fer, une plaquette de scorie; la scorie figée est portée au grand jour hors de l'atelier, et là on l'examine d'abord à la surface, puis dans sa cassure. La scorie est-elle bonne, c'est-à-dire

correspond-elle exactement au numéro d'acier que l'on veut produire, l'opération est terminée; la scorie est elle trop jeune, c'est-à-dire correspond-elle à un acier trop dur, on donne le vent, on relève la cornue pendant quelques secondes, puis on l'abaisse de nouveau pour prendre un second essai; un chef d'atelier exercé a rarement besoin de plus de deux essais sur la même charge.

J'ai supposé le cas où l'on ne doit pas ajouter de spiegelisen après coup; à l'usine de Neuberg on emploie souvent un autre mode d'opérer et l'on rajoute après coup 5 pour 100 de fonte; dans les conditions du travail normal cette addition relève l'acier d'un numéro. Veut-on alors obtenir du n° 5, on poussera jusqu'à la scorie n° 6 et l'on ramènera l'acier au n° 5 par addition de fonte. Un coup de vent rapide de quelques secondes produit dans la masse un brassage énergique.

On ne coule qu'après avoir laissé le métal en repos pendant 4 ou 5 minutes dans la cornue placée horizontalement.

La coulée se fait par l'intermédiaire d'un chaudron dans des moules légèrement pyramidaux à section quadrangulaire tronquée; on avait d'abord essayé de les réunir deux par deux par le bas pour que, sur deux blocs, il y en eût un qui fût coulé de source; on avait même projeté de faire des moules triples, mais on est revenu aux moules simples.

Les lingots pour la vente sont immédiatement recouverts de sable fin pressé énergiquement par une plaque à clavelle forcée.

Toujours au milieu de la coulée on prend deux petits lingots destinés aux essais. Ces lingots sont marqués du numéro de la charge et essayés le jour même dans un atelier spécial.

2° *Essais à posteriori*. — Les lingots d'essai pris pour chaque charge servent à déterminer le numéro, la qualité,

la (soudabilité) du métal. L'un des lingots est cassé sous le pilon, on en examine le grain et on le conserve. L'autre sert aux déterminations suivantes :

Détermination du numéro.

Le lingot est chauffé à la forge puis étiré sous le martinet en barre de 0.015 de côté; quand il est froid, le maître ouvrier le place sur l'enclume et son aide frappe la barre d'un coup de marteau un peu sec.

Voici les caractères observés :

- N° 4. Se brise au premier coup sans apparence de flexion (*fig. 7*, Pl. VII).
 N° 5. Se brise aussi, mais on aperçoit une légère courbure de l'extrémité de la barre (*fig. 8*, Pl. VII).
 N° 6. Se brise, mais après s'être infléchi sous un angle qui peut aller jusqu'à 90 degrés (*fig. 9*, Pl. VII).
 N° 7. Peut se replier sur lui-même sans se briser (*fig. 10*, Pl. VII).

Lorsque ces opérations sont faites toujours par les mêmes ouvriers, ceux-ci acquièrent une sûreté de main et un coup d'œil qui leur permettent de distinguer non-seulement les numéros mais les sous-divisions : 5 dur; — 5 ordinaire; — 5 mou; — 6 dur; — 6 ordinaire; — 6 mou; — 7 dur; — 7 ordinaire.

L'échantillon d'épreuve (marqué du numéro de la charge) est timbré du numéro d'acier observé, et sert plus tard à inscrire sur les lingots de vente le numéro du métal.

Détermination de la qualité.

On étire encore sous le martinet une partie du lingot d'essai, et on en forme une barre plate de 0,02 sur 0,004; dans cette pièce, on pratique avec un marteau tranchant soumis à un coup de masse, une entaille *ab* (Voir *fig. 11*, Pl. VII), puis on rabat chacune des parties dans la posi-

tion *bc* (toujours à chaud), et finalement suivant la forme A (*fig. 12*, Pl. VII). Enfin avec un marteau à panne conique, on perce un trou O, et la pièce présente alors l'aspect de la figure (*fig. 12*, Pl. VII).

Les caractères observés sont les suivants :

- Première qualité de Neuberg. — Les bords extérieurs des ailes et ceux du trou sont parfaitement lisses.
 Deuxième qualité de Neuberg. — Les bords sont un peu gercés.
 Troisième qualité de Neuberg. — Les bords sont très-gercés, ou même on ne peut achever le travail sans briser la pièce.

On fait aussi souvent un essai pour constater que le métal se soude bien; on opère la soudure à chaud sous le martinet, et on brise la pièce refroidie; rien ne doit trahir la ligne de soudure dans la section.

Observation. — Chaque charge de Neuberg est soumise à ces essais, notamment à ceux qui déterminent le numéro et la qualité, et tous les lingots pour la vente sont marqués de chiffres et de signes indiquant les résultats obtenus. On peut affirmer que toute la confiance de l'industrie autrichienne dans les aciers de Neuberg tient à ce classement soigné des produits.

Tableau des sous-divisions de Neuberg.

NUMÉRO.	TENEUR en carbone.	CHARGE DE RUPTURE par millimètre carré de section,
		kilog.
7	mou.	0,05 38,5
	ordinaire.	0,12 41,6
	dur.	0,16 43,8
6	mou.	0,22 46,2
	ordinaire.	0,28 49,2
	dur.	0,36 52,3
5	mou.	0,42 55,4
	ordinaire.	0,50 61,5
	dur.	0,58 67,0
4	mou.	0,67 70,8
	ordinaire.	0,75 76,2
	dur.	0,83 81,5
3	mou.	0,92 87,7
	ordinaire.	1,00 92,3
	dur.	1,09 98,4
2	mou.	1,17 "
	ordinaire.	1,25 "
	dur.	1,33 "
	mou.	1,42 "
	ordinaire.	1,50 "
	dur.	1,58 "

Formules du professeur Schmidt. — Je mentionnerai enfin ici deux formules qu'on utilise dans quelques usines. Elles sont relatives aux numéros de dureté de l'usine de Neuberg, c'est ce qui me les fait placer ici :

1 En appelant k la force de rupture en centners viennois (56^k) par pouce carré de section, unité viennoise ($2^{\circ},7$), et n le numéro de l'acier, on a

$$K = 1600 - 150n,$$

ou, en la transformant en mesures décimales, et appelant k' la force de rupture en kilogrammes par millimètre carré

$$K' = 125 - 11,54n, \text{ approximativement } (*).$$

2° En appelant ϵ l'allongement pour cent à la rupture, on a la seconde formule

$$\epsilon = 67n - 14.$$

(formule indépendante des unités, et applicable seulement entre le n° 3 et le n° 7).

Je reviendrai enfin au travail de Neuberg, et donnerai les résultats obtenus pendant les quatre mois qui ont précédé mon arrivée dans cette usine.

MOIS.	NOMBRE de charges.	FORTE traitée.	LINGOTS ébarbés.	MATIÈRES métalliques rejetées.	CARCASSES et coulures.
		kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
Mars.	77	275.962	238.694	2.125	1.879
Avril.	92	324.781	283.315	1.988	2.834
Mai.	76	255.500	219.433	1.680	6.045
Juin.	70	235.704	208.765	252	1.699
	315	1.091.947	950.207	6.345	12.457

Ce qui donne :

Pour 100 kilog. de fonte traitée.

Lingots ébarbés.	87,02
Matières métalliques rejetées.	0,58
Carcasses et coulures.	1,14
Perte.	11,26

Or à la fin de 1865, on estimait à Neuberg comme un résultat très-remarquable d'avoir pu atteindre pour les lingots, le chiffre de 80 p. 100 ; on voit combien cette proportion est dépassée actuellement.

III — Usine de Graz.

Les conditions dans lesquelles on opère à l'usine de

(*) Appliquant cette formule, on trouve par exemple :

Pour le n° 5.	65,3
Pour le n° 4.	76,8
Pour le n° 3.	89,4

Graz ont subi depuis quelques années un changement complet; autrefois cette usine fabriquait diverses sortes d'acier: bandages, couvertes de rails, etc. Aujourd'hui elle fabrique exclusivement des rails homogènes. Depuis longtemps la compagnie de la Sudbahn recevait des plaintes au sujet de ses rails de fer à tête d'acier: le défaut provenait, non pas de la qualité du métal, mais d'un laminage imparfait qui refoulait le fer autour de la tête; on avait ainsi une pièce dont le centre de la tête était bien en Bessemer, mais avec une petite couverture latérale de fer qui se détériorait rapidement. D'ailleurs le prix auquel Graz pouvait livrer ces rails mixtes, était à peu près le même que celui des rails d'acier Bessemer. C'est par ces considérations que la direction de la Sudbahn a entièrement abandonné le rail mixte. Donc, il y a quelques mois, la question du Bessemer à Graz se posait comme suit: avec des fontes étrangères de natures diverses arriver à produire régulièrement des lingots d'acier d'un numéro constant; c'est à ce résultat qu'est parvenu, au moyen de l'appareil spectral, M. Sciler, ingénieur de l'usine de Graz.

Je dirai d'abord qu'ici toutes les fontes sont refondues au réverbère (il existe bien dans l'usine un petit cubilot, mais il ne sert que pour des essais). La refonte se fait avec des charbons anglais ou avec des charbons de Moravie.

De plus, à la fin de l'opération, on rajoute toujours un poids de spiegeleisen égal à 7,37 p. 100 du poids de la fonte traitée, ce qui relève l'acier d'une quantité constante (du n° 7 au n° 6 dur).

J'arrive immédiatement à la fin de l'opération. La question est de produire, après l'addition du spiegeleisen, le 6 dur de Neuberg, donc d'arrêter l'opération dans la cornue au n° 7; c'est ce point que l'appareil spectral donne avec une très-grande précision. Voici comment on opère: l'appareil spectral est placé à 8 mètres environ de la cornue, on y laisse entrer un fin faisceau de lumière provenant de

la flamme, et on observe le spectre avec une petite lunette. Dans la première période, on ne voit que le spectre sans raie, dans la seconde les raies apparaissent; on voit immédiatement la raie inévitable du sodium dans le jaune, dans la partie bleue deux raies violettes voisines, l'une qui appartient au potassium et l'autre, je crois, à l'oxyde de carbone, enfin dans le vert une série de raies sur lesquelles je reviendrai plus tard. On avait d'abord voulu se servir des deux raies violettes qui disparaissent, en effet, à la fin de l'opération; mais le peu de netteté de ces raies, ou la difficulté même de les apercevoir dans certains cas rendait le procédé inapplicable. On a recours depuis quelques mois, et avec le plus grand succès, aux raies de la partie verte. Voici comment se passe le phénomène. Vers le milieu de la seconde période, on aperçoit nettement dans la partie verte quatre groupes de raies; de ces groupes les trois les plus rapprochés du jaune sont très-nets et composés de raies fines, allant dans chacun d'eux en décroissant d'intensité vers le jaune, enfin le quatrième groupe est beaucoup plus faible (V. fig. 6, Pl. VII).

Bientôt, si l'on observe attentivement, on voit le groupe n° 4 pâlir, puis disparaître; au bout d'un instant le n° 3 perd sa netteté primitive, s'efface et disparaît complètement, puis le n° 2 s'obscurcit et, au moment où il a disparu, on arrête l'opération; on est alors certain d'avoir dans la cornue de l'acier n° 7 moyen (de l'échelle de Neuberg).

L'opération est cependant plus délicate qu'elle ne paraît au premier abord, car il faut tenir compte du temps de renversement de la cornue, et donner le signal quelques secondes d'avance, ce que permet d'ailleurs la continuité du phénomène. De plus, ce qui précède ne peut s'appliquer qu'à des fontes restant entre certaines limites de composition; par exemple, toute observation semblable devient impossible avec des fontes trop manganésifères, car on obtient dans ce cas un spectre lavé de blanc, c'est

en particulier ce qui rend ce procédé inapplicable à Neuberger.

Arrivé au point où je me suis arrêté ci-dessus, on rajoute le spiegeleisen; on voit alors réapparaître les quatre groupes de raies, et on continue à donner le vent, jusqu'à ce que, le n° 4 ayant disparu, le n° 3 commence à s'obscurcir.

Remarque. — Quelles sont ces raies caractéristiques? Quel est le véritable sens de leur disparition? Telle serait la question intéressante à résoudre.

J'ai cherché dans ce but à reproduire le spectre de Graz; j'ai observé successivement les spectres donnés par l'oxyde de carbone, le fer, le manganèse, les minerais spathiques manganésifères (*), mais on comprendra facilement qu'il m'ait été impossible de reproduire les résultats de Graz dans des circonstances de température aussi différentes; tout ce qu'on pouvait espérer, c'était d'en tirer quelques indications sur le sens métallurgique de la disparition des groupes. D'après cela je hasarderai les hypothèses suivantes: le spectre de Graz me semble être une superposition des spectres de l'oxyde de carbone, du fer, du manganèse, et probablement du silicium; je serais tenté d'attribuer au fer le groupe n° 1 ou tout au moins certaines raies de ce groupe; le fer donne en effet dans son spectre simple des raies nettes vers la même partie du spectre, et ces raies sont, dans l'opération, celles qui persistent jusqu'à la fin. Dans les groupes n° 2 et n° 3 il est difficile de distinguer l'influence de l'oxyde de carbone de celle du manganèse; ces deux corps pris isolément donnent des raies dans le vert et il est certain que ces raies sont de celles qui doivent s'effacer; je serais même tenté de croire que le silicium influe sur ces groupes. Quant au groupe n° 4, peut-

(*) Je dois ces observations à la complaisance de M. Cornu, ingénieur des mines qui a mis les instruments à ma disposition dans son laboratoire, à l'École Polytechnique.

être pourrait-on vraisemblablement l'attribuer au silicium, ce qui expliquerait, par la plus faible proportion de cet élément, la disparition prématurée de ce groupe. Dans cet ordre d'idées, si l'on se rapporte à ce que j'ai dit des raies à la fin de l'opération, après addition de Spiegeleisen, on verra que leur apparence à ce moment signifie qu'on est revenu à la même teneur en silicium, mais à une teneur plus forte en manganèse et en carbone, ce qui est d'accord avec les analyses *d* et *e* (Voir le mémoire de M. Gruner *Annales des mines*, 6^e série, t. XII).

Ce qui précède ne s'applique, évidemment, qu'au cas de Graz et avec des fontes spéciales; il faut une teneur en manganèse convenable pour permettre une pareille observation.

L'étude exacte pourrait se faire simplement au moyen d'un spectroscopie à vision directe muni d'un petit miroir mobile de manière à pouvoir donner à l'observateur deux spectres superposés; l'un, celui de la flamme complexe; l'autre, celui d'une flamme simple de comparaison; on parviendrait ainsi à classer les raies, surtout si l'on pouvait se rapprocher pour les flammes simples des conditions de température de la flamme du Bessemer. Les résultats seraient à coup sûr pleins d'intérêt et ce serait peut-être là un moyen encore plus fécond que l'analyse chimique pour déterminer les vitesses relatives d'élimination des divers éléments des fontes dans l'opération Bessemer. Le grand avantage de cette méthode consiste dans sa continuité.

L'essai par la scorie est aussi pratiqué à Graz, mais accessoirement; comme on doit avoir obtenu le n° 7 (avant addition de Spiegeleisen) on cherche dans la plaquette de scorie enlevée les globules métalliques et on vérifie au marteau leur malléabilité.

Observation. — Je mentionnerai enfin ici un perfectionnement introduit à Graz dans la construction du fond de l'appareil Bessemer et qui permet de réaliser une économie notable.

Les tuyères ne font pas, comme à Neuberg, corps avec le fond de la cornue, mais y entrent à frottement ; de cette manière on peut à chaque opération changer celles qui sont en mauvais état ; j'ai même vu, pendant mon séjour à Graz, changer des tuyères pendant l'opération ; on place la cornue horizontale, on arrête le vent, on enlève le double fond à clavettes, on arrache les débris de la vieille tuyère et on en replace une neuve de longueur égale à l'épaisseur actuelle du fond réfractaire plus ou moins rongé ; cette opération dure moins de 5 minutes ; on redonne le vent, on redresse la cornue, et le traitement reprend son cours. Par cette légère modification on obtient le résultat suivant :

Pour 60 charges.

A Graz, on use.	120 tuyères et	3 fonds.
A Neuberg, on use. . . .	70 »	10 id.

Ainsi pour le même nombre d'opérations on consomme à Graz 50 tuyères de plus et 7 fonds de moins qu'à Neuberg. Or on sait combien la confection des fonds est coûteuse et doit être soignée tandis que la fabrication des tuyères est relativement simple. De là les avantages considérables du système à tuyères libres usité à l'usine de Graz.

III. — *Usine de Heft.*

Je ne pourrai pas parler du traitement de Heft à cause d'un singulier accident survenu à l'usine quelques jours avant mon arrivée ; cet accident lui-même vaut la peine d'être signalé. On procédait à une opération pour Bessemer dans le four Suédois ; au milieu de l'opération un bruit terrible se fait entendre. Par un mauvais calage d'une pièce de la machine soufflante, le fond d'un des cylindres atteint par le piston avait volé en éclats ; par suite, rétablissement de la pression dans toute la conduite et rentrée immédiate

du métal en fusion par toutes les tuyères. Tel est l'état dans lequel j'ai vu l'atelier Bessemer de l'usine de Heft.

A défaut des particularités du traitement de Heft, j'en donnerai les résultats pour l'année 1867 :

Année 1867.

Nombre de charges.	483
Fonte traitée.	1.444.261 ^h
Nombre de lingots obtenus.	3202
Poids total de l'acier obtenu.	1.236.526 ^h
Déchets de communication des moules.	343 ^h
Résidus métalliques dans le chaudron.	30.561 ^h
Acier rejeté de la cornue.	12.300 ^h

Ce qui fait :

Par 100 kilog. de fonte traitée.

Lingots.	85,61
Communications.	0,02
Résidus au chaudron.	2,11
Rejet.	0,85
Déchet.	11,41

J'indiquerai maintenant pour l'usine de Heft un cas assez singulier qui a été observé et décrit avec soin par M. Ehrenwerth, ingénieur de cet établissement.

Pour pouvoir, sans interrompre la description du phénomène, le faire comprendre nettement, je dirai que la soufflerie de l'atelier Bessemer est mise en mouvement par la chute de l'eau accumulée dans un vaste réservoir. Ce réservoir a une section qui diminue rapidement vers la partie inférieure, son niveau baisse donc d'autant plus vite qu'il est déjà plus bas.

Considérons trois charges ; il s'agissait d'obtenir de gros lingots de 1 tonne à 1 1/2 tonne pour plaques de blindage (1^{er} cas) et tiges de piston (2^e et 3^e cas). On opéra avec une forte charge de fonte d'un gris foncé. On cherchait à produire de l'acier n° 7 dans le premier cas et un métal intermédiaire entre le n° 5 et le n° 6 dans les deux autres.

Les deux dernières opérations se résument dans les chiffres suivants :

	SECOND cas.	TROISIÈME cas.
Poids de fonte.	2.072 ^k	2.352 ^k
Espèce de fonte.	Gris foncé.	Gris foncé.
Durée de la période de scorification.	15	20
Durée totale.	31	40
Niveau de l'eau au début.	2 ^m ,54	2 ^m ,46
Niveau de l'eau à la fin.	0 ^m ,92	0 ^m ,76
Pression maxima (première période).	1 ^k ,34	1 ^k ,33
Pression au moment de la coulée.	0,46	0,46

Si l'on considère surtout la deuxième et la troisième charge, on voit que la fonte employée, qui est d'un gris très-foncé, a exigé une longue période de scorification; cette période a été encore exagérée, pour la troisième charge, par une obstruction de tuyère qui a forcé à une réparation.

Pendant toute la période de scorification le manomètre se tint à son niveau habituel, mais la longueur de cette période fit descendre très-bas l'eau du réservoir; de là, pendant la première partie de la seconde période, pression très-basse du vent; malgré cela, l'allure n'avait rien d'irrégulier; elle ne se singularisa qu'à la fin de la période d'ébullition; à ce moment, la flamme devint instable et vacillante, et, au lieu d'arriver au bleu transparent de l'oxyde de carbone, elle resta jaune, rougeâtre et presque opaque; puis tout à coup elle devint brune, diminua subitement de longueur et se remplit de cette vapeur si caractéristique du fer brûlé.

On se hâta naturellement de percer aussi vite que possible, et grand fut l'étonnement, lorsqu'on vit couler un produit d'une remarquable fluidité. On observa le métal, et on fut bien convaincu d'avoir obtenu :

Chargé n° . . . 1	Acier n° . . . III
— . . . 2	— . . . VI
— . . . 3	— . . . IV

Ainsi l'aspect de la flamme semblait avoir trompé.

Voici l'explication très-rationnelle d'ailleurs, que donnent les témoins oculaires de ce fait anormal.

D'après eux tout réside dans l'abaissement considérable de la pression qui empêcha l'air des tuyères de pénétrer jusqu'au centre du bain (car il s'agit d'un four suédois); il y eut alors dans l'appareil deux régions distinctes: un noyau central non décarburé, et une zone périphérique seule modifiée par le vent et qui fut poussée jusqu'au fer brûlé; l'état de cette dernière partie était le seul qui pût se traduire par la flamme. Puis, au moment du percement, le mouvement ainsi déterminé dans la masse produisit le mélange d'où résulta l'acier obtenu.

On peut remarquer en effet que dans la seconde opération où le niveau final de l'eau était plus élevé que dans la troisième, et où par conséquent la zone périphérique devait être plus grande, l'acier a été plus décarburé (n° VI) que dans la troisième opération (n° IV). L'explication semble donc pouvoir être admise, et je ferai remarquer ici qu'un pareil accident ne semble pas pouvoir arriver, à moins d'obstruction, avec une cornue anglaise, à cause de la position des tuyères.

Observation. — De ce qui précède, il ne faudrait pas conclure que l'usine de Héft ne se distingue que par les accidents de son Bessemer; elle fournit au contraire à l'industrie autrichienne des aciers Bessemer très-estimés.

DEUXIÈME PARTIE.

TRAITEMENT DE L'ACIER BESSEMER.

Je n'entrerai pas ici dans le détail du traitement de l'acier Bessemer. Je ne mentionnerai que les points suivants.

I. Comparaison du fer, de l'acier puddlé et de l'acier Bessemer à Neuberg.

Les comparaisons reproduites ci-dessous portent d'une part sur les déchets, d'autre part sur le combustible, tant au point de vue de la quantité que de la nature ; il faut les combiner pour avoir une idée exacte des avantages relatifs des matières employées.

1° Tôles.

En comparant les déchets de la fabrication des tôles de fer et des tôles d'acier Bessemer, on trouve à Neuberg :

Pour 100 k. de tôle (finie) de fer. fer consommé.	148 ^k .71
— — — — — acier.	acier Bessemer consommé. 111 ^k .48

Comparant les tôles au point de vue du combustible, on trouve :

Pour les tôles de fer :

0 ^m .481 de bois valant 1 ^f .58	} Total. . . 1 ^f .655
2 ^k .5 de lignite — 0,075	

équivalent à :

Pour les tôles d'acier Bessemer.

0 ^m .111 de bois valant 0 ^f .37	} Total. . . 1 ^f .57;
40 kil. de lignite — 1 ^f .20	

Ce qui accuse en faveur du Bessemer, en dehors de toute question de déchet, une différence de 0,085 soit environ 5 pour 100 du prix du combustible employé. Il faut ajouter à cela l'avantage de restreindre la consommation du bois dont le prix s'élève en Styrie depuis quelques années et d'augmenter celle des lignites, dont le pays renferme des gites considérables.

2° Bandages.

Les comparaisons semblables aux précédentes portent ici sur les bandages en acier puddlé et les bandages en acier Bessemer.

Quant aux déchets on a trouvé :

Pour 100 kil. de bandage.	acier puddlé employé.	154 ^k .0
— — — — —	acier Bessemer.	109 ^k .5

et au point de vue du combustible :

Pour les bandages d'acier puddlé.

0 ^m .423 de bois valant 1 ^f .39	} Total. . . 1 ^f .54,
5 kil. de lignite — 0 ^f .15	

équivalent à :

Pour les bandages d'acier Bessemer.

0 ^m .091 de bois valant 0 ^f .50	} Total. . . 1 ^f .56 (*)
42 kil. de lignite — 1 ^f .26	

J'indiquerai plus loin (V. page 309) des chiffres analogues pour les rails.

II. Travail des rails en acier Bessemer à l'usine de Graz.

Les lingots d'acier n° 6 dur, provenant de l'atelier Bessemer, sont placés au nombre de cinq ou six dans des fours à réchauffer; ces fours sont ceux qui servent à chauffer les paquets dans la fabrication des rails en fer; construits spécialement pour ce dernier usage, et appliqués au premier, ils sont beaucoup trop petits et dépensent un excès de combustible.

(*) Les chiffres ci-dessus m'ont été communiqués par M. Kupelwieser, professeur de métallurgie à l'École des mines de Lébén.

Portés à la température voulue, ces lingots, qui ont une section de $0,27 \times 0,25$, passent plusieurs fois de suite au premier calibre du laminoir où, au moyen d'une vis de pression, on les amène au premier calibre normal. Après un second réchauffage le lingot passe une fois dans chacun des onze calibres suivants.

A la sortie du laminoir le rail passe entre deux scies circulaires qui le coupent à la longueur de 7 mètres.

Puis le rail est dressé, cintré et placé pour le refroidissement sur une aire formée de vieux rails. De là il passe à l'ébarbage : cette opération est faite au ciseau ; on dresse aussi les extrémités bien normales à l'axe, et l'on martelle les parties gercées du patin. Puis vient le redressage ; chacune des trois machines occupe trois hommes et redresse 90 ou 100 rails par jour. Enfin, on perce les trous d'éclissage et les crans d'arrêts.

Voici les salaires par tonne de rails finis ;

	fr.
Premiers ouvriers du réchauffage	1,40
A partager entre les autres ouvriers du réchauffage, laminage, etc., etc., jusqu'à l'ébarbage	5,60
Ébarbage	2,60
Id. dans le cas du martelage du patin	6,00
Redressage	2,80
Trous d'éclissage	1,50
Crans d'arrêt	0,60
Transport hors de l'atelier	1,20

Résultats.—On n'a en moyenne qu'un rail manqué pour 100 rails finis, il faut ajouter à cela que 5 à 6 pour 100 des rails doivent, à cause des défauts, être coupés à 6 mètres au lieu de 7 mètres ; cela force l'usine à en fournir un nombre égal d'une longueur de 8 mètres par compensation.

Comparaison de l'acier Bessemer et du fer dans la fabrication des rails à Graz.

Pour 100 kil. de rails finis en fer	fer consommé	125*,00
— — — Bessemer	Bessemer	114*,58

Comparant au point de vue du combustible, on trouve

Pour les rails en fer.

25*,35 lignite de Köflach.

46*,66 lignite de Léoben.

équivalent à

Pour les rails en acier Bessemer.

35 kil. lignite de Köflach.

35 kil. lignite de Léoben.

Or les lignites de Léoben sont d'une grande supériorité aux lignites de Köflach, tant comme qualité que comme prix ; le second traitement est alors beaucoup plus économique que le premier. (V. les résultats obtenus à Neuberg, page 306.)

Contrôle de la fabrication et épreuves.—Voici les principales conditions imposées à l'usine de Graz pour la fabrication des rails.

La compagnie du chemin de fer se réserve le droit d'avoir un employé qui pourra à un moment quelconque pénétrer dans les ateliers où se fabrique et où se travaille l'acier destiné aux rails. Pour assurer la constance du profil, l'employé préposé au contrôle pourra visiter les laminoirs et exiger les réparations nécessaires.

Pour assurer la constance de la dureté et de la qualité de l'acier, on pourra distraire jusqu'à 5 pour 100 des rails fabriqués, et outre cela les bouts de rails enlevés par les scies. Le tout pourra être soumis aux épreuves suivantes.

Première épreuve.—Le rail aura son patin supporté en deux points distants de 1 mètre, et dans cette position sera

chargé d'un poids de 17.250 kilogrammes. Au bout de cinq minutes on enlèvera la charge, et le rail ne devra conserver aucune courbure.

Deuxième épreuve. — Dans la même position que pour la première épreuve, le rail devra supporter sans se briser le choc d'un poids d'une tonne tombant d'une hauteur de 5 mètres sur le milieu de la partie appuyée.

Troisième épreuve. — Une partie des pièces destinées aux épreuves sera soumise à la rupture, et la section devra se présenter d'un gris clair à grain fin et bien régulier. Les rails doivent se laisser percer et marteler à froid sans se déchirer ou se gercer.

Si plus de 10 pour 100 des rails composant un lot sont reconnus ne pas satisfaire aux épreuves, le lot entier sera rejeté,

Les épreuves sont faites aux frais de l'usine qui met ses moyens d'action à la disposition des employés du contrôle de la compagnie (*).

III. Travail des lingots d'acier Bessemer à l'usine de Storé.

L'usine de Storé travaille les lingots d'acier Bessemer provenant de l'usine de Heft, elle fabrique des pièces d'acier de toutes les sortes. Je mentionnerai ici les fours employés à Storé pour le chauffage des lingots.

Le four est représenté Pl. VII, *fig.* 8 et 9. Il se compose d'une grille sous laquelle est le combustible, et qui supporte les lingots. Le vent est donné par une ou deux tuyères *c*; dans le cas d'une seule tuyère on lui donne 4°,05 de diamètre. Une petite porte *e* située à l'extrémité du four sert à introduire le combustible. Quant à la flamme, elle n'a pas de sortie réservée, et elle doit contourner les lingots et se frayer un passage à travers les interstices des

(*) Les rails en acier Bessemer ont été livrés depuis quelque temps à un prix variant de 308 francs à 352 francs la tonne.

muraillements provisoires en briques qui ferment les deux grandes portes *gg*. Quand les lingots ont, comme les plus gros de Heft, 0,45 à 0,55 de côté, on n'en place qu'un dans le four; quand ils ont 0,50, on en met deux; au-dessous de 0,25 on peut en placer trois.

Ce four permet un échauffement très-lent, régulier et économique; il donne, paraît-il, d'excellents résultats.

NOTE

SUR QUELQUES DISPOSITIONS DES HAUTS FOURNEAUX DANS LE PAYS DE SIEGEN.

Par M. DOUVILLÉ, ingénieur des mines.

L'industrie de la fonte sur les bords de la Sieg vient de subir dans ces dernières années une transformation importante, provoquée par la substitution du coke au charbon de bois. Les anciens petits hauts fourneaux dispersés sur toute la surface du pays ont été remplacés par quelques grandes usines établies à proximité des chemins de fer. Toutes celles-ci sont alimentées par les mêmes minerais, le même combustible, toutes fabriquent les mêmes qualités de fonte; aussi malgré leurs différences apparentes, ces installations présentent en réalité un ensemble de dispositions *communes*, qui doivent par cela même être considérées comme *essentielles* dans le traitement considéré; c'est seulement de ces dernières que nous parlerons ici.

Les minerais du pays de Siegen, célèbres depuis l'antiquité, sont presque exclusivement des fers carbonatés spathiques, riches en oxyde de manganèse. Ils sont, par cela même, éminemment propres à la production d'une catégorie particulière de *fontes spéciales* caractérisée par une forte teneur en manganèse; la valeur de ces fontes augmente avec cette teneur, et pour l'obtenir la plus élevée possible, on sait maintenant qu'il faut introduire dans le lit de fusion une forte proportion de castine et marcher avec une allure très-chaude (*).

Même dans ces conditions les laitiers contiennent encore

(*) Je ne puis mieux faire à ce sujet que de renvoyer à l'ex-

une proportion notable d'oxyde de manganèse, ce qui, joint à la haute température qu'ils possèdent, les rend extrêmement fluides et corrosifs.

Les obstructions dans le creuset n'étant plus à redouter, il y avait tout avantage à employer des hauts fourneaux à poitrine complètement fermée; déjà depuis près de vingt années, dans un district analogue, la Carinthie, un éminent métallurgiste de Léoben, M. Tunner, avait préconisé cette forme; mais par suite de la grande difficulté que l'on éprouvait à maintenir en bon état le trou de coulée des laitiers, elle n'avait pas été adoptée sur les bords du Rhin. Ce n'est que depuis une année environ qu'un perfectionnement récent, dû à M. Lurmann, directeur des hauts fourneaux de l'usine Georg-Marien-Hütte à Osnabrück, a provoqué l'adoption générale des fours à poitrine fermée dans les usines du pays de Siegen.

La partie inférieure du fourneau, comprenant les étalages, l'ouvrage et le creuset, est complètement indépendante de la partie supérieure qui repose tout entière sur des piliers extérieurs en fonte ou en maçonnerie. Le profil intérieur est exactement de révolution autour de l'axe général du fourneau. La pente des étalages dépasse presque toujours 70 degrés. L'ouvrage, quand il est distinct des étalages, est très-légèrement conique; le creuset est cylindrique et sa hauteur a été portée dans les nouveaux fourneaux jusqu'à 1^m,10 et 1^m,25.

Les parois sont construites en briques réfractaires et leur épaisseur ne dépasse pas en général 0^m,50.

Pour maintenir en état cette partie du fourneau, il faut appliquer à la surface extérieure une action réfrigérante suffisamment énergique pour que la maçonnerie tout entière soit maintenue à une température inférieure à celle

cellent mémoire de M. Jordan : *État actuel de la métallurgie du fer dans le pays de Siegen*. 1864.

à laquelle commence l'action dissolvante des laitiers. Cette action est toujours empruntée à un courant d'eau froide, qui circule ordinairement dans une série de caisses métalliques appliquées sur la maçonnerie.

Ces caisses sont de trois sortes :

1° Les unes sont des plaques rectangulaires en fonte, posées horizontalement, et traversées par un tube en fer replié plusieurs fois sur lui-même; elles ont ordinairement 0^m,11 d'épaisseur.

2° D'autres, également en fonte, sont des anneaux à section carrée et présentant intérieurement un canal de section circulaire.

3° Enfin celles que l'on emploie de préférence maintenant sont construites en tôle de 1 centimètre d'épaisseur; elles sont à section rectangulaire et forment des anneaux ou segments d'anneaux. On peut faire varier à volonté la quantité d'eau froide qui les traverse dans un temps donné, et comme leur section intérieure est relativement considérable, leur action réfrigérante n'a pour ainsi dire pas de limite.

Les caisses du premier système sont celles dont l'action est la moins énergique; aussi peuvent-elles être placées très-près de l'intérieur du haut fourneau. Ainsi, à l'usine Friedrich-Wilhelms-Hütte, on a disposé dans les parois de l'ouvrage et du creuset quatre rangées superposées de ces plaques qui s'avancent jusqu'à 0^m,13 du profil intérieur.

À l'usine Heinrichs-Hütte on avait disposé autour de l'ouvrage trois anneaux du second système, mais ils se sont montrés insuffisants, et le projet de reconstruction (Pl. VIII, fig. 1) comporte trois étages superposés de caisses en tôle au-dessus de tuyères, et deux au-dessous. Le haut fourneau de Mühlofen présente cinq rangées de caisses en tôle autour de l'ouvrage (fig. 2). Mais le système le plus complet est celui qui est employé à la Rolands-Hütte près Niederschelden (fig. 3); le creuset présente au-dessus des tuyères sept an-

neaux de caisses en tôle de 0^m,32 de hauteur et 0^m,08 de largeur; elles sont à une distance de 0^m,40 du profil intérieur. Au-dessous des tuyères se trouve un anneau analogue de 0^m.60 de hauteur, et un peu plus bas un second de 0^m.30; à peu près au même niveau, mais plus à l'extérieur, court un anneau collecteur en fonte; en cas de besoin on peut inonder l'espace laissé libre entre cet anneau et le précédent. L'eau après avoir traversé toute cette série de caisses est à peine tiède.

Quelques ingénieurs se fondant sur ce qu'il est très-difficile d'établir un contact intime entre les caisses métalliques et la maçonnerie, considèrent le mode de refroidissement précédent comme souvent inefficace; ils lui préfèrent l'injection directe de l'eau sur la paroi extérieure du fourneau, malgré son inconvénient bien évident de désagréger les briques réfractaires. Tel est le cas notamment à l'usine de Kreuzthal, et dans un projet de reconstruction de la partie inférieure du fourneau on se propose d'employer simultanément les deux systèmes: caisses à eau au-dessus et entre les tuyères, arrosage direct au-dessous.

Il n'a été question jusqu'ici que de la conservation du profil général, mais il existe en outre trois séries d'orifices qui demandent des moyens de préservation spéciaux; ce sont:

- 1° Les ouvertures d'arrivée de l'air (tuyères);
- 2° L'orifice d'écoulement des scories;
- 3° Le trou de coulée de la fonte.

Ce dernier n'est pas, comme les précédents, en contact immédiat avec les laitiers: aussi se contente-t-on presque toujours de ménager pour lui une interruption dans la rangée inférieure des caisses à eau. Cependant dans quelques usines, à Muhlofen notamment, on a garni ce trou de

par un tube en fer.

Tout le monde connaît le mode de refroidissement qui est employé aux ouvertures d'arrivée de l'air. Dans le pays de Siegen on donne exclusivement la préférence aux tuyères en bronze; elles présentent sur les tuyères en fer l'avantage de ne pas s'altérer au feu et de ne pas se souder aux parois siliceuses du creuset: on peut les enlever facilement pendant la marche du fourneau et sans les endommager; leur longueur est de 0^m,56. Elles reposent, en général, sur une plaque rectangulaire en fonte ayant 0^m,11 d'épaisseur, 0^m,40 de largeur et 0^m,31 de longueur, et traversée par un tube en fer: cette plaque présente sur sa face supérieure une empreinte conique dans laquelle vient se loger la tuyère. La durée moyenne d'une tuyère en bronze alimentée avec de la bonne eau est de trois années.

L'orifice d'écoulement des laitiers est celui qui est le plus exposé à une détérioration rapide: le mode de préservation analogue à celui qui est employé pour les orifices d'arrivée du vent, a été imaginé par M. Lürmann et porte en allemand le nom de Lürmann's form (tuyère de Lürmann).

À un niveau un peu inférieur à celui des tuyères (fig. 7, 8, 9 et 10) on établit dans la maçonnerie du creuset un cadre en fonte *abcd* traversé par un tube en fer; ce cadre porte à sa partie supérieure deux crochets *ee*. Une pièce conique en fonte, représentée en coupe dans la fig. 7 et en élévation dans la fig. 9, a une forme générale cylindrique avec empatement à la partie supérieure; elle est fixée à une barre transversale de section carrée qui vient reposer sur les deux crochets *ee*. Elle présente en son milieu un trou de 0^m,04 de diamètre, légèrement conique à ses deux extrémités et autour duquel se trouve enroulé en spirale un tube de fer noyé dans la fonte. Le laitier s'écoule d'une manière continue par cet orifice et est reçu dans une rigole en fonte également traversée par un tube

en fer. Ces divers tubes réunis, comme le montrent les *fig. 7* et *9*, sont traversés par un même courant d'eau froide qui arrive d'abord dans la pièce du milieu, tourne autour de l'orifice d'écoulement, parcourt ensuite la joue *ac* du cadre, puis la partie supérieure *ab* et la deuxième joue *bd* : de là il redescend pour traverser la rigole *f*.

L'axe du trou de coulée est placé au-dessous des tuyères à une distance qui varie de 0^m,31 (Heinrichshütte et Kreuzthalhütte) à 0^m,39 (Mühlofen). Quant à sa projection horizontale, elle est tout à fait arbitraire; dans les hauts fourneaux qui ont un massif extérieur en maçonnerie (Heinrichshütte, Mühlofen) on a rétabli quatre tuyères symétriques (*fig. 2*), mais elles ont été rejetées sur un côté des embrasures; symétriquement du côté opposé, dans l'embrasure de face, on a installé le trou de coulée de la fonte, et dans une embrasure latérale l'orifice d'écoulement des laitiers.

Les autres parties du fourneau ne présentent plus un caractère aussi accentué que le creuset : toutefois la disposition des buses présente encore quelque chose de particulier. On sait que dans les hauts fourneaux la production de fonte par vingt-quatre heures détermine la quantité d'air à injecter et par suite le nombre de coups de piston de la machine soufflante par minute. D'un autre côté la vitesse du vent à son arrivée dans l'ouvrage a une influence notable sur l'allure du fourneau, et il est utile de pouvoir la faire varier à volonté : pour cela il suffit de faire varier les dimensions de l'orifice d'écoulement. Tel est le principe de la disposition dont il s'agit (*fig. 4*) : elle présente un second avantage, celui d'éviter à peu près complètement les pertes de vent à la tuyère.

A l'intérieur de la tuyère vient s'ajuster un manchon en fonte *ab* (*futter*) dont l'extrémité postérieure a reçu, au tour, la forme d'une surface sphérique; la buse *p*, présentant à son extrémité une surface de même forme, est

manœuvrée par une crémaillère et vient s'appuyer contre ce manchon, de manière à réaliser un joint à très-peu près hermétique; en employant des manchons de diamètre intérieur différent, on pourrait faire varier la pression du vent, mais on a trouvé plus commode de placer à l'intérieur de la buse un second manchon analogue au premier, et qu'il est alors très-facile de changer à volonté; l'usine de Kreuzthal possède une série de ces manchons dont le diamètre intérieur varie de 0^m,04 à 0^m,07.

Appareils de chargement et de prise de gaz. — Jusqu'à ces dernières années le système Langen avait été presque généralement adopté; mais les dimensions, toujours croissantes, données aux hauts fourneaux sont venues en montrer les inconvénients; malgré la forme légèrement évasée que l'on donne au chapeau, il y a toujours frottement contre le minerai, ce qui rend la manœuvre peu commode; en second lieu, la cuvette est trop petite pour contenir toute la charge et l'on est obligé, soit de réduire celle-ci en la répétant un plus grand nombre de fois, soit de ne renverser les wagons qu'à moitié dans la cuvette et d'achever ensuite de les vider quand le couvercle est soulevé; dans les deux cas il y a augmentation du temps pendant lequel le fourneau reste ouvert. Enfin un dernier inconvénient, c'est que le joint a le diamètre même du gueulard et que les pièces en fonte tournées qui le constituent présentent de très-notables difficultés d'exécution dès qu'on atteint un diamètre un peu considérable.

Aussi les deux plus grands hauts fourneaux du pays de Siegen ont-ils adopté un système différent, usité déjà depuis quelques années en Westphalie.

Il se compose (*fig. 5*) d'une trémie en tôle dont la partie supérieure a le diamètre du gueulard; elle présente à sa partie inférieure un rebord en fonte tourné, sur lequel vient s'appuyer un couvercle conique s'ouvrant de haut en bas et relié à un tuyau central de prise de gaz au moyen d'un

joint hydraulique. Comme on le voit, les gaz sont aspirés au centre du gueulard, la répartition de la charge se fait bien, et en donnant à l'appareil des proportions convenables, on peut éviter que les minerais, en tombant, ne viennent heurter et dégrader la partie supérieure de la chemise réfractaire, inconvénient qui l'avait fait rejeter par quelques usines. Cet appareil est plus simple que l'appareil Langen, et il n'a pas ses inconvénients : la manœuvre du chapeau qui se fait de haut en bas est très-rapide et très-facile ; la cuvette a une capacité assez grande pour qu'on puisse y vider toute la charge ; enfin le joint a un diamètre notablement moindre que celui du gueulard ; à l'usine Charlottenhütte le diamètre du gueulard est de 3^m,45, et celui du joint de 2^m,50.

Appareils à chauffer l'air. — M. Langen avait fait installer à l'usine Friedrich-Wilhelms-Hütte six appareils du système Cowper et Siemens, mais cet essai n'a pas réussi ; on se dispose maintenant à les remplacer par d'autres du système Wasseraffingen, généralement adopté dans le pays de Siegen. Ils ont présenté les inconvénients suivants :

1° On n'a pu réussir à les chauffer avec les gaz des hauts fourneaux ; ils se remplissaient de poussière, s'obstruaient et ne s'échauffaient que très-irrégulièrement.

2° A la haute température à laquelle ils sont portés, toutes les enveloppes, même celles de tôle, se fissurent, et occasionnent une perte de vent considérable.

3° Le prix d'établissement est fort élevé. Chaque appareil coûte 9.400 francs et il en faut quatre par haut fourneau de 40 tonnes.

4° Mais l'inconvénient le plus grave est de fournir de l'air à une température extrêmement élevée qui exagère outre mesure l'allure chaude normale du fourneau ; la fonte se charge beaucoup en silicium, et dès qu'on ne veut pas marcher en fonte grise, on est obligé d'introduire dans le lit de fusion un très-grand excès de castine.

Le système Wasseraffingen est, comme je l'ai déjà dit, généralement adopté ; on sait que ces appareils se composent de plusieurs rangées superposées de tubes horizontaux à section elliptique et posés de champ ; les tubes sont reliés entre eux par des coudes en fonte. Je donnerai les éléments de quelques-uns de ces appareils.

Les deux fourneaux de l'usine de Heinrichs-Hütte ayant une production totale de 65 tonnes sont accompagnés de quatre appareils à air chaud présentant 114 tuyaux et une surface de chauffe de 350 mètres carrés.

Le haut fourneau de Charlottenhütte, d'une production de 65 tonnes, possède deux appareils à air chaud ayant les dimensions suivantes :

Nombre de tuyaux	{ 6 rangées de 6 1 rangée de 3 }	59
Longueur utile des tuyaux	.....	2 ^m ,50
Longueur totale	id.	5 ^m ,06
Tuyaux inférieurs	{ Hauteur extérieure. . .	0 ^m ,47
	{ Largeur id.	0 ^m ,24
Tuyaux ordinaires	{ Hauteur extérieure. . .	0 ^m ,47
	{ Largeur id.	0 ^m ,16
Surface de chauffe de chaque appareil	.....	110 mètr. q.
Température du vent	.....	350 degrés

L'usine Rolandhütte possède un haut fourneau de 45 tonnes et deux appareils à air chaud présentant en tout 120 tuyaux ayant :

Hauteur extérieure	.....	0 ^m ,42
Largeur id.	.....	0 ^m ,16
Longueur utile	.....	2 ^m ,50

La surface de chauffe totale est de 300 mètres carrés, et la température du vent 400 degrés.

Ces appareils à air chaud sont généralement construits par l'usine Friedrich-Wilhelmshütte : aussi indiquerai-je encore le type le plus récent projeté par cette usine.

Chaque appareil comprend deux compartiments de mêmes dimensions et communiquant par la partie supérieure : le premier contient 10 rangées de 6 tuyaux et à la partie inférieure une rangée de 3 tuyaux seulement, mais ayant des dimensions un peu plus fortes et préservés du contact immédiat de la flamme par un revêtement en terre réfractaire; le second compartiment renferme 11 rangées de 6 tuyaux. Les gaz du haut fourneau sont brûlés à la partie inférieure du premier compartiment, les produits de la combustion s'élèvent jusqu'à la partie supérieure, passent alors dans le second, y redescendent et s'échappent à la partie inférieure. Le courant d'air se distribue dans cet appareil de la manière suivante : des coudes en fonte établissent la communication entre les tuyaux immédiatement superposés, de telle sorte que chaque compartiment se trouve traversé en réalité par 6 tubes sinueux distincts (dans le premier compartiment ces 6 tubes se réunissent deux à deux en arrivant aux 3 gros tuyaux inférieurs). Un tuyau cylindrique arrivant au niveau des 6 tuyaux de la rangée inférieure du second compartiment, et perpendiculairement à leur direction, amène l'air froid qui se subdivise en 6 courants partiels. Arrivés à la partie supérieure, ils se réunissent dans un tuyau cylindrique analogue au premier qui se prolonge en face du premier compartiment et y distribue l'air aux tuyaux de la rangée supérieure : de là nouvelle subdivision en 6 courants partiels descendants, qui se réunissent d'abord deux à deux dans les trois tuyaux de la rangée inférieure, puis en un seul dans le tuyau de sortie parallèle au tuyau d'arrivée. On remarquera que la marche de l'air froid est inverse de celle de la flamme. Les tuyaux sont de petites dimensions :

Hauteur extérieure.	0 ^m . 35
Largeur id.	0 ^m . 12
Longeur utile.	1 ^m . 45
Longeur totale.	1 ^m . 73

La surface de chauffe de chaque appareil est de 125 mètres carrés : il faut deux de ces appareils pour un haut fourneau de 40 tonnes.

La consommation de coke étant en moyenne dans le bassin de la Sieg de 1,050 kil. par tonne de fonte produite, on peut calculer que la quantité d'air correspondant à une production journalière de 40 tonnes est par minute de 125 mètres cubes. L'appareil à air chaud considéré présenterait donc une surface de chauffe de 2 mètres carrés, par mètre cube d'air injecté par minute.

Le nombre correspondant serait assez notablement inférieur pour la Charlottenhütte; la Heinrichshütte atteindrait 1^m. 75 par mètre d'air, et la Rolandshütte dépasserait légèrement 2 mètres carrés.

	HAUTEUR DE LA SOLE AU				DIAMÈTRE AU				Pente des étages:	Capacité totale:	Nombre de tuyères.	Production en 24 heures.	Nature de la fonte.
	Gaillard.	Haut du ventre.	Bas du ventre.	Haut de l'ouvrage.	Tuyères.	Gaillard.	Ventre.	Haut de l'ouvrage.						Creuset.	m. c.	degrés.	m. c.	tonnes.
Friedrich Wilhelmshütte, N° I	15,70	5,87	—	3,61	0,94	2,83	4,70	2,05	1,37	137	63	30	Truitée.
— N° II	15,70	6,29	—	2,61	0,68	2,83	4,70	1,41	0,94	128	68	25	Truitée.
Hemrichshütte, N° I	13,82	6,12	—	2,45	0,86	2,20	4,08	1,88	1,41	90	75	30	Fibreuse.
— N° II	13,82	5,12	—	2,67	1,10	2,51	4,08	2,36	1,67	105	70	35	Fibreuse.
Rolandshütte	13,82	6,91	5,65	3,14	0,78	3,14	5,03	2,83	2,20	200	67	45,5	Fibreuse.
Charlottenhütte	15,70	7,54	6,28	2,51	0,83	3,45	5,54	2,51	2,20	211	70	65	Fibreuse.
Kreuzthalhütte	15,07	6,28	—	1,36	1,12	2,51	4,10	—	1,88	130	75	30	Fibreuse.
Mühlöfen	13,80	6,25	—	1,25	1,25	2,82	4,30	1,56	1,56	139	72	30 à 35	Fibreuse.

LÉGENDE EXPLICATIVE.

PLANCHE VIII.

Hauts fourneaux du pays de Siegen.

Refroidissement des parois du creuset.

Fig. 1. Usine Heinrichshütte. On a figuré seulement la coupe d'un des côtés du creuset pour montrer la disposition des caisses à eau, ainsi que la pièce en fonte sur laquelle repose la tuyère.

Fig. 2. Usine de Mühlöfen. La coupe verticale est faite suivant la ligne brisée *xyz* : elle montre la disposition des caisses à eau, de la tuyère et de la Lürmann's form. La coupe horizontale passe par l'axe de cette dernière pièce : on y a projeté les tuyères et l'axe du trou de coulée de la fonte *ay*.

Fig. 3. Usine Rolanshütte. Croquis représentant la coupe d'un des côtés du creuset : les principales dimensions sont indiquées.

Lürmann's form.

Fig. 7, 8, 9 et 10.

abcd. Cadre extérieur.

e. Crochet servant à soutenir la pièce centrale.

f. Rigole recevant les laitiers.

Fig. 7. Elle représente une coupe médiane de l'ensemble passant par l'axe du fourneau.

Fig. 8. Coupe verticale parallèle à la précédente faite suivant *xy* et dans le cadre seulement. On peut y voir la joue *bddd*, traversée intérieurement par un tube en fer recourbé en S.

Fig. 9. Elle représente une vue de face de l'ensemble ; les tuyaux en fer sont réunis entre eux, et l'on peut y suivre facilement la marche du courant d'eau indiqué par des flèches.

Fig. 10. Coupe parallèle à l'élévation précédente : les joues seules du cadre sont coupées, ainsi que la rigole *f* : le tube en fer destiné à rafraîchir le cadre est indiqué en pointillé.

Tuyère.

Fig. 4. Usine de *Kreuzthall*. Coupe montrant la buse munie de son manchon intérieur et s'appuyant sur le futter *ab*, logé à l'intérieur de la tuyère en bronze.

Appareils de chargement et de prise de gaz.

Fig. 5. Usine de *Charlottenhütte*. La figure montre la disposition des pièces tournées en fonte, qui forment le joint à la partie inférieure de la trémie.

Appareil à chauffer l'air.

Fig. 6. *Projet de l'usine Frederick Wilhelmshütte*. A la partie inférieure, la disposition pour brûler les gaz : au-dessus, les trois gros tuyaux du bas communiquant par des coudes en fonte bifurqués (ils sont représentés en pointillé) avec les six tuyaux de la seconde rangée. Les coudes de communication avec la rangée supérieure sont également amorcés en pointillé. A droite, le mur de séparation des deux compartiments et les premiers tuyaux des deux dernières rangées.

DESCRIPTION

DE LA CONSTITUTION GÉOLOGIQUE ET DES RESSOURCES MINÉRALES
DU CANTON DE VICDESSOS

ET SPÉCIALEMENT DE LA MINE DE RANCIÉ.

Par M. MUSSY, ingénieur des mines.

Cette troisième partie de mon mémoire sur les mines de Rancié renferme la description des diverses usines du département de l'Ariège où l'on utilise ce minerai ou ses dérivés; elle comprend les objets suivants :

Traitement direct par la méthode catalane,
Traitement par la méthode Chenot,
Hauts fourneaux au charbon de bois,
Hauts fourneaux au combustible mixte charbon de bois et coke,
Hauts fourneaux au coke,
Méthode anglaise d'affinage et réchauffage,
Affinage de la fonte au feu Comtois,
Métal Bessemer et métal Martin,
Acier de cémentation,
Aciers fondus,
Fers parés, petits fers, aciers étirés et corroyés,
Fabriques de faux,
Clouteries.

TROISIÈME PARTIE.

Industrie métallurgique du département de l'Ariège.

Le minerai de fer de Rancié a, de tout temps, été consommé dans les usines du département de l'Ariège; pendant d'assez longues années quelques forges catalanes des dé-

partements voisins de l'Aude, de la Haute-Garonne et même des Hautes-Pyrénées, s'alimentaient à Rancié; le travail de ces forges a été depuis quelque temps arrêté, et en ce moment l'emploi des minerais de Rancié est exclusivement limité au département de l'Ariège. Cet emploi se fait par diverses méthodes, soit anciennes, soit récentes et presque toutes les variétés de traitement métallurgique de minerai ont un représentant dans le pays où l'on peut étudier les divers systèmes suivants :

- 1° Forges catalanes, traitement direct du minerai;
- 2° Four Chenot (méthode des éponges);
- 3° Haut fourneau au charbon de bois;
- 4° Haut fourneau au combustible mixte, charbon de bois et coke;
- 5° Haut fourneau au coke.

La fonte produite par les hauts fourneaux est traitée presque complètement par la méthode anglaise du puddlage avec réchauffage à la houille; tout récemment ont été tentés quelques essais de travail de la fonte au charbon de bois, au feu d'affinerie comtois.

Les produits de la méthode anglaise, sont tantôt des fers, tantôt des aciers vendus ou directement ou après des élaborations successives, plus ou moins complexes.

Le fer des forges catalanes est vendu, ou directement pour les usages agricoles, ou élaboré pour être transformé en feuillards et pièces d'outillages, telles que pelles, marteaux, massettes, etc. Assez souvent il est cémenté et converti en acier étiré et corroyé ou travaillé pour faux et faucilles.

En outre, le département importe des fers étrangers qu'il transforme en clous dans de nombreux ateliers à bras dispersés dans les montagnes des environs de Foix.

J'examinerai successivement la situation de chacune de ces industries.

1° Forges catalanes.

Le traitement direct du minerai de Rancié, par la méthode catalane, a été maintes fois décrit dans tous ses détails, par de nombreux auteurs et, en dernier lieu, par M. François; je ne reviendrai donc pas sur la description de cette méthode, et me contenterai de quelques faits précisant la situation économique de ce genre d'industrie.

D'après M. François, en 1840, les conditions du travail à la forge catalane étaient les suivantes à Vicdessos :

Pour 100 kilogrammes :		francs.
310 kilog. de minerai à 2 francs le 100 kilog.		6,20
302 kilog. de charbon de bois à 8,20.		24,76
Main-d'œuvre.		5,95
Garde-forge et commis, 1.500 francs par an		0,93
Entretien de l'usine, 1.200 francs.		0,80
Intérêt à 5 p. 100 de la valeur de l'usine, 25.000 francs.		1,03
Intérêt à 6 p. 100 du fonds du roulement, 29.000 francs.		0,98
Savoir		
pour achat de minerai, 3.000 francs.		
pour achat de charbon, 25.000 francs.		
Salaires des ouvriers. 1.000 francs.		
Prix de revient de 100 kilog. de fer.		40,65
Prix de vente à l'usine en 1840.		43,00
Bénéfice net.		2,35

Dans ces conditions, une forge faisait mille feux par an, à raison de 153 kilogrammes de fer par feu; la production annuelle était de 153.000 kilogrammes, correspondant à un bénéfice net de 3.592¹/₂. Depuis cette époque la situation des forges catalanes s'est notablement modifiée; la nécessité a amené quelques réductions dans le prix du minerai, du charbon de bois et de la main-d'œuvre, la suppression du commis, une moindre consommation de matières premières; les forges ont diminué de valeur et les

intérêts de premier établissement et de roulement ont été amoindris. La production de chaque feu a été augmentée et portée à 170 kilogrammes.

Dans le courant de l'année 1868, les conditions du travail des forges catalanes à Vicdessos ont été les suivantes :

Pour 100 kilogrammes :	
	francs.
300 kilog. à 1',50.	4,50
290 kilog. de charbon de bois à 6',40.	18,56
Main-d'œuvre.	4,72
Direction, impôt, entretien, 1.200 francs. . .	0,71
Intérêt à 5 p. 100 de la valeur de l'usine, (5.000 francs).	0,15
Intérêt à 6 p. 100 du fonds du roulement 23.000 francs.	0,81
Savoir { pour achat de mineral, 2.000 francs. { pour achat de charbon 20.000 francs.	
Salaires des ouvriers.	1.000 francs.
Prix de revient de 100 kilog. de fer.	29,45
Prix de vente à l'usine.	30,00
Bénéfice net.	0,55

Pour une marche de mille feux par an, à raison de 170 kilogrammes nets par feu, le bénéfice annuel est réduit à 1.155 francs; heureux encore le maître de forges pour lequel ce petit bénéfice n'est pas enlevé par les imprévus de toutes natures auxquels il est sujet!

Depuis plusieurs années, la situation des forges catalanes s'aggrave rapidement, et le nombre de feux en activité décroît dans de fortes proportions; en 1840 il était de cinquante-sept dans le département de l'Ariège, sans comprendre celles du voisinage qui s'alimentaient à la même source, en ce moment il est réduit à dix.

Le tableau suivant, emprunté en partie à M. François, indique les nombreuses fluctuations de l'industrie des forges catalanes dans le département de l'Ariège :

Forges catalanes.

ANNÉES.	NOMBRE de feux en activité.	PRODUCTION en quintaux de 100 kilog.	VALEUR	VALEUR	OBSERVATIONS.
			du quintal de 100 kilog.	totale des produits des forges catalanes.	
			francs.	francs.	
1807	41	39.500	60,00	2.370.000	
1818	41	46.000	46,00	3.452.000	
1819	43	54.000	56,00	3.024.000	
1820	43	43.000	46,00	1.978.000	Les fers de la Loire viennent sur le marché de Toulouse à 44 fr.
1821	43	50.500	43,00	2.171.000	La loi des douanes de 1822 est rendue.
1822	45	51.000	46,50	2.371.000	Les fers de l'Ariège se relèvent lentement sans atteindre le prix de 56 fr. Ils persistent à 49 fr. par suite de la mise en activité de Bruniquel.
1823	46	54.000	49,00	2.646.000	Le feuillard est recherché. Il y a des commandes pour la Loire.
1824	46	51.000	49,00	2.548.000	
1825	51	50.000	49,00	2.450.000	
1826	51	49.000	49,00	2.401.000	
1827	52	55.000	51,00	2.805.000	
1828	53	69.000	47,00	3.243.000	
1829	53	48.000	46,00	2.208.000	Decazeville mis en activité.
1830	53	47.000	45,00	2.115.000	
1831	54	51.000	40,00	2.065.000	Marasme général dans l'industrie à la suite des mouvements politiques de 1830.
1832	53	50.000	39,00	1.975.000	
1833	53	50.175	41,00	2.057.175	Les fers sont demandés pour acier de cémentation.
1834	52	48.774	44,00	2.147.774	Le prix tombe à la suite de l'augmentation générale dans les affaires.
1835	52	55.662	45,00	2.508.129	Les fers sont demandés pour acier de cémentation.
1836	52	53.119	45,07	2.394.251	Le prix tombe à la suite de l'augmentation générale dans les affaires.
1837	52	45.466	41,80	1.808.476	Les fers sont demandés pour aciers; la Loire et le commerce de Toulouse les recherchent.
1838	51	51.285	42,00	2.153.640	Il y a de grandes commandes d'aciers; ressorts pour chemins de fer; les fers sont très-recherchés.
1839	51	58.328	43,20	2.510.054	Les charbons sont d'une extrême rareté.
1840	57	58.806	43,80	2.575.700	
1841	47	57.177	50,72	2.899.425	
1842	49	54.566	58,50	2.864.715	
1843	52	59.753	47,25	2.822.752	
1844	42	47.042	38,08	1.789.325	
1845	46	50.451	39,17	1.975.428	
1846	48	55.865	41,00	2.290.460	
1847	46	53.044	42,52	2.255.654	Baisse lente et graduelle des fers.
1848	43	48.724	36,76	1.791.210	
1849	46	51.600	35,50	1.651.800	
1850	48	55.000	35,50	1.952.500	
1851	51	63.991	36,00	2.303.676	
1852	53	69.013	36,00	2.412.468	
1853	55	72.125	38,00	2.740.750	
1854	51	61.759	36,00	2.223.315	
1855	52	64.872	38,00	2.465.128	
1856	49	56.678	36,50	2.182.205	
1857	45	51.450	36,25	1.665.073	
1858	39	45.684	35,00	1.597.170	
1859	27	39.604	34,00	1.346.536	
1860	30	43.000	34,00	1.462.000	Installation de l'usine anglaise de Paniers; concurrence des fers et aciers puddlés.
1861	35	50.000	36,00	1.800.000	
1862	32	48.000	35,00	1.680.000	
1863	19	29.600	33,00	976.800	Traité de commerce; concurrence active des fers étrangers, fers et aciers puddlés.
1864	18	21.200	32,00	678.400	
1865	18	20.900	31,30	654.171	
1866	17	17.300	31,00	536.300	
1867	15	16.700	30,00	501.000	

Sur le nombre des forges indiquées en activité dans ces derniers temps, plusieurs ne travaillent que quelques mois, et l'ensemble de la production correspond à peu près à neuf forges en activité constante à raison de mille feux par an et 170 kilogrammes par feux; cette production peut être de 15 à 16.000 quintaux métriques, vendus au prix de 30 francs le quintal en forge.

Comme l'indique le tableau, l'industrie des forges catalanes plus ou moins prospère et oscillante depuis son origine, jusques vers 1860, décroît rapidement depuis cette époque; la concurrence des fers étrangers, la création des forges anglaises dans le pays, produisant à meilleur compte des produits similaires, lui ont porté le dernier coup, et il est possible de prévenir, dans un avenir peu éloigné, l'extinction à peu près complète des feux catalans. Résisteront seuls encore quelques années, ceux qui sont propriétaires de bois de montagnes dont l'utilisation est impossible autrement que par leur emploi dans les forges; peut-être même ces derniers songeront-ils à utiliser leurs bois autrement que dans la méthode catalane, soit dans l'application de la méthode Chenot, décrite plus loin, soit dans la conversion des fontes en fer au feu d'affinerie comtois.

Le fer catalan est en général dur, plus ou moins mélangé de grains aciéreux, très-malléable, et surtout très-tenace; il manque d'homogénéité; sa pâte est plus ou moins chargée de taches et grains d'acier qui en rendent pénible le travail à la lime et au marteau; en outre, l'imperfection des moyens de cinglage et d'étirage laisse dans la pâte métallique des scories dont la présence diminue la malléabilité; le fer est souvent pailleux.

Il est excellent pour les usages agricoles.

Corroyé, il donne des fers très-nerveux pour les cercles et bandages.

Le fer de l'Ariège est souvent accompagné d'acier naturel ou fer fort qui parfois est d'excellente qualité et porte

le nom d'acier cédat; le plus souvent, l'acier naturel est mélangé de fer, il s'étire assez facilement et donne d'excellents outils pour l'agriculture.

Le fer catalan est surtout éminemment propre à donner par cémentation d'excellents aciers susceptibles de recevoir plusieurs corroyages; ces aciers, d'une très-grande douceur, ne perdent jamais leur qualité aciéreuse quel que soit le nombre de chaudes auxquels ils soient soumis, et peuvent être comparés à ceux des meilleures marques étrangères; malheureusement leur prix élevé ne permet pas de les utiliser fréquemment, et la concurrence des aciers étrangers a fait presque disparaître ce genre d'industrie.

La production des fers et aciers aux feux catalans n'a jamais pu être régularisée et toujours est restée indépendante de la volonté du forgeron; cependant une vieille tradition paraîtrait indiquer que la tendance aciéreuse est en relation plus ou moins directe avec la teneur du minerai en manganèse; le fer fort, facile à obtenir dans les forges quand l'ensemble des minerais est riche en manganèse avec les mines douces noires provenant de la décomposition directe des fers spathiques, a toujours été considéré comme difficile à obtenir avec les mines fortes ou ferrues où ce minéral entre en moindres proportions.

La nature chimique du minerai est loin d'être la seule à influencer sur la qualité des produits; entre les diverses qualités des mines de Rancié, mines fortes ou ferrues, mines noires et douces, mines schisteuses et autres, l'analyse chimique ne paraît pas révéler des différences bien essentielles, aussi bien dans la teneur en fer que dans la nature des minéraux associés; cependant les produits sont bien différents; les mines schisteuses donnent des fers se divisant en lits juxtaposés, mal soudés; les mines fortes donnent des fers durs, un peu pailleux, des aciers très-cassants, résistant mal à plusieurs chaudes; les mines noires produisent des fers très-doux, malléables, des aciers

à grains fins, d'un travail facile conservant leur nature aciéreuse après de nombreuses chaudes.

Chaque minerai à peu près uniforme, au point de vue chimique, se trouve dans un état de groupement moléculaire spécial qui conserve son empreinte ou son cachet particulier dans tous ses produits, fers ou aciers, quelles que soient les opérations métallurgiques auxquelles il soit soumis; on peut dire que chaque minerai est d'un cru spécial dont l'empreinte est gravée dans tous ses dérivés métallurgiques.

Ces opérations industrielles, de quelque nature qu'elles soient, ne sont pas seulement le résultat de réactions chimiques; il faut tenir compte dans chacune d'elles des phénomènes simplement physiques dont le résultat est une séparation par différence de densité des divers produits du minerai, particules métalliques et gangues; cette séparation, toute parfaite qu'on puisse l'imaginer, n'est jamais complète; le produit métallique, fonte, fer, ou acier aussi bien que la gangue qui surnage, contiennent des traces de toutes les matières contenues dans le minerai d'où il dérive, et sa structure participe plus ou moins de l'état de groupement moléculaire du minerai d'où il tire son origine.

TRAITEMENT DIRECT DU MINÉRAI DE FER DE RANGIÉ,
PAR LA MÉTHODE CHENOT.

Méthode des éponges.

Le traitement métallurgique des minerais de fer par la méthode Chenot repose sur deux principes, le premier consistant dans la réduction des minerais à l'état d'éponge avec les produits de la combustion du charbon, à la température du rouge sombre; le second dans le soudage mécanique des particules métalliques obtenues dans la ré-

duction avec scorification et liquation des gangues mélangées au minerai.

L'application de ces deux principes s'est manifestée depuis l'origine de cette méthode sous bien des formes différentes et a passé par diverses transformations successives, en marchant du complexe au simple, avant d'avoir atteint une solution pratique.

Ancienne méthode de Chenot. — Tout d'abord, la réduction à l'état d'éponge du minerai avait lieu en vase clos dans une cuve de forme plus ou moins variée, où le minerai était mélangé avec la brasque de charbon de bois destinée à produire les gaz réducteurs: suivant même les premières théories, le charbon à l'état de poussière fine concourait à la réduction et sa présence était jugée indispensable; le tout était porté au rouge sombre par un combustible quelconque, charbon de bois ou coke, brûlant dans une cuve annulaire qui enveloppait dans tout son pourtour le four cylindrique où était mis le mélange de minerai et brasque.

L'éponge produite était tantôt enlevée à bras, tantôt descendue automatiquement dans un grand refroidisseur métallique pour éviter l'oxydation à l'air de l'éponge chaude, toujours un peu pyrophorique; de là elle était portée dans des étouffoirs pour subir un complet refroidissement et être déposée plus tard dans des magasins pour subir, suivant les besoins, la seconde opération du soudage. Pour cette seconde partie du traitement de nombreux essais avaient été tentés; l'éponge, à l'état métallique tout d'abord, était séparée de sa gangue après trituration mécanique par des machines électro-magnétiques qui en enlevaient la partie bien réduite à l'état de fer pur; ce dernier, après compression sous presses hydrauliques, était chauffé dans des fours de soudage et réduit à l'état de fer marchand par les procédés ordinaires de la métallurgie, marteaux ou laminoirs.

Cette série d'opérations très-complexe n'a pas tardé à

se simplifier et à donner en même temps des résultats économiques plus satisfaisants.

Pendant de longues années les essais de Chenot ou de ses imitateurs ont été continués avec ce principe de la séparation du traitement en deux opérations, pratiquées chacune dans des fourneaux spéciaux, la première transformant le minerai en éponge métallique mélangée à la gangue, la seconde produisant le soudage de l'éponge avec scorification et liquation de la gangue; chacune de ces opérations se simplifia lentement et s'établit dans ces conditions économiques qui se rapprochaient peu à peu des méthodes ordinaires de la métallurgie.

Méthode Chenot intermédiaire. — On ne tarda pas à s'apercevoir qu'il n'était point nécessaire pour la réduction de séparer dans des compartiments isolés le charbon réducteur ou producteur des gaz réducteurs, du charbon caléfacteur destiné à porter le minerai à la température rouge sombre nécessaire à la réaction chimique de la réduction; mais de ce fait, pour conserver à l'éponge métallique sa qualité, on excluait de l'appareil le coke toujours un peu sulfureux qui aurait donné à l'éponge, très-sensible aux réactions chimiques par suite de son état naissant, le défaut d'être cassant et de se mal souder sous le marteau et l'on se bornait à l'emploi exclusif du charbon de bois pour l'opération de la réduction.

Le four de réduction devint une cuve prismatique formée de matériaux réfractaires légèrement évasée à son tiers supérieur de 5 mètres de haut, ayant à sa base une section rectangulaire de 1^m,80 sur 0^m,60; la cuve était remplie de minerai sans combustible; sur chacune de ses longues parois étaient placés deux générateurs à gaz ayant une section carrée de 0^m,60 sur 0^m,60; à la base de la cuve, quatre carneaux ayant une section de 1^m,20 sur 0^m,10, conduisaient les gaz des générateurs dans l'intérieur de la cuve; ces gaz servaient à la fois de réducteurs et de calé-

facteurs. Les générateurs avaient toute la hauteur de la cuve et étaient complètement chargés de charbon de bois; chacun d'eux recevait à sa base le vent d'une tuyère à faible pression, transformant le charbon en oxyde de carbone et acide carbonique; le premier faisait fonction de réducteur en se transformant en acide carbonique aux dépens de l'oxygène du minerai; le second servait de caléfacteur et portait le minerai à la température nécessaire à la réduction. L'éponge réduite, descendait mécaniquement dans un grand refroidisseur faisant suite au fourneau, et de là était jetée dans des étouffoirs où elle achevait de se refroidir.

En même temps la seconde opération du traitement consistant dans le soudage de l'éponge, et la liquation des gangues était notablement simplifiée; l'éponge, refroidie et plus ou moins réduite, était soudée au charbon de bois dans un petit foyer comtois, sous le vent de deux tuyères, avec une pression de 11 à 12 lignes de mercure et transformée en massiaux de 45 à 50 kilogrammes. Ces derniers étaient réchauffés à la houille par les procédés ordinaires de la métallurgie, avec l'aide de marteaux et laminoirs. Ce double perfectionnement de la méthode Chenot, mis récemment en pratique dans l'Ariège, à l'usine de Laramade près Vicdessos, vers 1862, donnait des résultats commerciaux plus avantageux et plus réguliers que la méthode primitive, mais la marche des opérations laissait encore à désirer sous le rapport de la régularité dans la quantité et la qualité des produits.

Le tableau suivant indique les conditions de ce travail dans le courant de novembre 1862.

TABLEAU DE LA MARCHÉ

DU 3 AU 20

DATES.	FOUR DE RÉDUCTION.											
	Poids du minéral.		Poids du charbon.		Mala-d'œuvre et frais généraux.		Poids de l'éponge obtenue.		Prix de revient de l'éponge.		Mala-d'œuvre.	
Novembre.	kilog.	francs.	kilog.	p. 100.	francs.	francs.	kilog.	francs.	francs.	francs.	francs.	Nombre de masses par 24 heures.
3	5.000	100,00	1.365	44	116,00	41,50	3.105	257,50	8,30	19,00	20	
4	5.000	100,00	1.680	54	142,80	41,50	3.105	264,30	8,52	19,00	28	
5	2.500	50,00	1.533	50	130,30	41,50	3.105	221,80	7,15	19,00	28	
6	5.000	100,00	1.344	43	114,25	41,50	3.105	255,75	8,25	19,00	22	
7	5.000	100,00	1.428	46	121,40	41,50	3.105	262,90	8,48	19,00	18	
8	2.500	50,00	1.512	48	128,50	41,50	3.105	220,00	7,10	19,00	22	
9	5.000	100,00	1.365	40	116,00	33,00	3.460	239,00	6,90	"	"	
10	5.000	100,00	1.638	47	139,20	43,00	3.460	282,20	8,15	19,00	29	
11	5.000	100,00	1.365	40	116,00	43,00	3.460	259,00	7,48	19,00	23	
12	4.000	80,00	1.239	47	105,30	43,00	2.600	228,30	8,80	19,00	25	
13	4.000	80,00	1.512	58	128,50	43,00	2.600	251,50	9,67	19,00	28	
14	4.000	80,00	1.386	53	117,80	43,00	2.600	240,80	9,26	19,00	28	
15	4.000	80,00	1.617	62	137,45	43,00	2.600	260,45	10,00	19,00	18	
16	5.000	100,00	1.470	45	124,95	43,00	3.300	267,95	8,10	"	"	
17	5.000	100,00	1.427	43	121,30	43,00	3.300	264,30	8,00	19,00	30	
18	4.000	80,00	1.326	44	112,70	43,00	3.000	235,70	7,85	19,00	25	
19	4.000	80,00	1.377	46	117,05	43,00	3.000	240,05	8,00	19,00	27	
20	4.500	90,00	1.310	44	111,35	43,00	3.000	244,35	8,10	19,00	25	
Total. . .	78.500	157,00	25.894	47	2.200,85	755,00	55.010	4.495,75	8,20	304,00	194	

DE L'USINE DE LAMARADE

NOVEMBRE 1862

FOYER D'AFFINERIE.							RÉSUMÉ.			OBSERVATIONS.
Poids total des masses.	Poids moyen d'un massé.	Poids de l'éponge employée.	Valeur de l'éponge employée.	Poids du charbon employé.	Valeur dudit charbon.	Poids du charbon pour 100 kilog. de fer.	Emploi total du charbon pour 100 kilog. de fer.	Dépense totale en 24 heures.	Prix de revient de 100 kilog. de fer.	
kilog.	kilog.	kilog.	francs.	kilog.	francs.	p. 100.	p. 100.	francs.	francs.	
757	37,8	2.000	166,00	720	61,20	95	212	337,70	32,50	Lundi.
1.081	38,6	2.800	238,55	1.008	85,65	93	233	388,95	31,75	Mardi.
1.162	41,5	2.800	200,20	1.008	85,65	86	206	326,45	26,75	Mercredi.
927	42,1	2.200	181,50	792	67,30	85	187	342,05	28,80	Jeudi.
733	40,7	1.800	152,65	648	55,10	88	201	337,00	30,93	Vendredi.
908	41,5	2.200	156,20	792	67,30	87	203	306,30	26,70	Samedi.
"	"	"	"	"	"	"	"	219,00	"	Dimanche.
1.295	44,7	2.900	236,35	1.044	88,75	80	185	390,95	28,25	Lundi.
1.069	46,5	2.300	172,05	828	70,40	77	163	349,40	24,43	Mardi.
1.220	49,00	2.500	220,00	900	76,50	74	170	344,80	25,80	Mercredi.
1.386	49,50	2.520	243,65	1.008	85,65	73	178	357,15	25,13	Jeudi.
1.347	48,1	2.520	233,35	1.008	85,65	75	174	346,45	25,00	Vendredi.
806	44,8	1.620	162,00	648	55,10	80	205	335,55	29,25	Samedi.
"	"	"	"	"	"	"	"	257,95	"	Dimanche.
1.320	44,00	2.700	216,00	1.260	107,10	95	183	391,40	26,00	Lundi.
1.115	44,6	2.250	176,60	1.050	89,25	94	183	344,95	25,50	Mardi.
1.254	46,4	2.430	194,40	924	78,55	74	163	338,60	23,28	Mercredi.
1.204	48,2	2.250	182,25	966	82,10	80	162	346,45	23,53	Jeudi.
17.584	46,9	37.790	3.131,75	14.604	1.241,25	83	183	6.090,70	26,03	

Le fer était à l'état de massiaux bruts, qui pour être livrés au commerce, avaient besoin d'un ressuage au charbon de bois ou à la houille, estimé de 5 à 7 francs les 100 kilogrammes.

L'éponge était souvent incomplètement réduite, d'autres fois surchauffée et scorifiée, dans les deux cas elle donnait beaucoup de déchet à l'affinage, les fers étaient souvent durs et aciéreux, comme à la méthode catalane, et après des essais assez persistants, ce perfectionnement incomplet a été abandonné.

Méthode Chenot actuelle. — L'idée Chenot fit alors un nouveau progrès et prit une nouvelle forme dans la dernière application établie en 1867, à Lamarade et en marche à peu près régulière depuis cette époque. Le principe de la séparation du traitement en deux opérations, réduction et soudage faites chacune dans un four spécial, fut abandonné. Pour la réduction, au lieu de séparer complètement le minerai du combustible, brûlé uniquement dans des générateurs, on pensa qu'il était possible de mélanger dans le fourneau en forme de cuve allongée, le minerai et le charbon de bois par couches successives alternantes, comme dans un haut fourneau ordinaire. Les générateurs à gaz, tout d'abord conservés au nombre de deux, un de chaque côté de la large paroi de la cuve à section rectangulaire, et recevant le vent de deux tuyères spéciales, ne tardèrent pas à être abandonnés comme inutiles, et l'appareil de réduction prit exactement la forme d'un petit haut fourneau circulaire avec une seule tuyère à sa base.

Immédiatement au-dessous de ce petit haut fourneau fut disposé un petit creuset catalan, mobile à parois de fonte avec courant d'eau dans sa partie supérieure fixe; ce creuset établi dans des conditions identiques à celles des foyers ordinaires des forges catalanes, avec de moindres proportions, est porté sur un chariot mobile, glissant sur des rails. Il est muni d'une tuyère plongeante, à inclinaison variable,

suivant les diverses périodes de l'opération; la même tuyère donne le vent au four de réduction et se trouve placée à la base de ce dernier et à la partie supérieure du foyer.

Théorie de la méthode Chenot et marche générale de l'appareil. — Après cette série de transformations successives, marchant toujours du complexe au simple, et supprimant peu à peu les appareils de superfétation, la méthode Chenot s'est réduite comme appareil à un petit haut fourneau ordinaire, réducteur de 4^m,40 de haut, à section circulaire de 1^m,05 au ventre, 0^m,80 au gueulard et 0^m,60 à sa base, suivi immédiatement d'un petit foyer catalan pontatif, ayant la même section que celle de la base du petit haut fourneau, et une profondeur de 0^m,35; la même tuyère plongeante comme dans les forges catalanes, produit l'affinage au foyer d'en bas et donne en brûlant le charbon, le gaz réducteur nécessaire à la réduction faite dans la cuve supérieure.

Pour se rendre compte du traitement à cette méthode du minerai de Rancié, il est nécessaire de rappeler la composition de ce minerai. Il est quelquefois mélangé irrégulièrement d'argile provenant des salbandes, et de calcaire arraché aux roches du toit et du mur; en dehors de ces circonstances fortuites, la gangue est formée presque uniquement de silice et manganèse; de plus, le minerai généralement à l'état d'hématite brune cristalline a une forte proportion d'eau de combinaison.

La composition approximative est:

Eau.	10 à 11
Silice, chaux et magnésie.	9 à 10
Fer.	50 à 51
Manganèse.	3 à 4
Oxygène.	23 à 24
Total.	95 à 100

Le minerai chargé au gueulard, alternant avec le com-

bustible qui est du charbon de bois, descend lentement; il commence par se sécher, se griller, et perdre son eau de combinaison; à 1^m,20 du gueulard il prend le rouge sombre, se réduit lentement, en se transformant en éponge métallique restée mélangée à la gangue, la réduction continue jusqu'au-dessus de la tuyère; la température reste toujours relativement basse, et l'éponge arrive régulièrement à la tuyère bien réduite et non scorifiée; vers la tuyère, la température s'élève rapidement, quelques particules métalliques brûlent, et contribuent à cette rapide augmentation de température; un peu au-dessus de la tuyère, la gangue siliceuse se scorifie en se combinant au protoxyde de manganèse, provenant de la réduction des parties manganésées du minerai et à l'oxyde de fer qui reste toujours en petite quantité dans une éponge imparfaitement réduite ou qui peut se produire par la combustion de quelques particules métalliques devant la tuyère. La scorie ou caral, coule devant la tuyère, descend dans le creuset d'affinerie qu'elle ne tarde pas à remplir; l'éponge métallique descend également lentement, passe devant la tuyère où elle prend une forte température et tombe dans le bain liquide de caral, au milieu du creuset. Les particules métalliques de l'éponge toujours baignées par la scorie très-fluide, ont leur surface toujours bien décapée; elles se soudent naturellement entre elles par suite de leur attraction chimique au milieu d'un véhicule très-mobile. Il ne tarde pas à se former un principe de massé sous le vent de la tuyère qui tout d'abord est très-plongeante, pénètre jusqu'au fond du creuset; la pression du vent contribue aussi à rapprocher les particules et à les souder entre elles.

Peu à peu le principe de massé augmente toujours sous le vent de la tuyère, et en forme de sphéroïde ayant l'extrémité de la tuyère à son centre; il attire à lui en grossissant, le fer de l'éponge à mesure qu'elle descend et reste toujours baigné de scorie bien liquide, formé par la silice,

le manganèse et un peu de fer, restés mélangés à l'éponge dans le four de réduction, jusque vers la tuyère.

A mesure que le massé grandit, on retire un peu la tuyère et on diminue son plongement; de temps à autre, on évacue le caral par une percée à un trou de chio.

Le massé finit par remplir le creuset; tout derrière lui, à ce moment, est un creuset également mobile, porté sur une même voie ferrée; on accouple les deux creusets par un appareil très-simple de leviers, on remplit le creuset vide de charbon de bois pour éviter ultérieurement des chutes brusques de l'éponge par devant la tuyère, on tire l'ensemble des deux creusets sur la voie ferrée par un treuil en fer avec encliquetage des plus simples et des plus ingénieux; le creuset plein se détache du fourneau, et à mesure qu'une de ses parties le quitte, elle est remplacée immédiatement par une portion égale du creuset vide; lorsque ce dernier a exactement pris la place du creuset plein, un petit appareil très-simple de combinaison de leviers le détache; il reste en place pour la suite de l'opération, qui continue ainsi sans la moindre interruption et sans chute de matière; le creuset plein est conduit plus loin, on en extrait le massé qui est cinglé sous le marteau d'une forge catalane; le fer est ensuite réchauffé à la houille et étiré en barres marchandes suivant les usages ordinaires.

Comme on le voit, l'appareil Chenot conçu dans des idées théoriques assez complexes s'est notablement simplifié dans ses applications successives, et s'est trouvé à peu près réduit aux modestes proportions du Stuckofen, usité il y a plusieurs siècles en Hongrie; il n'a guère sur ce dernier que le perfectionnement de l'enlèvement facile et mécanique du massé sans interruption de l'opération métallurgique qui est continue.

On peut également considérer l'appareil Chenot comme un foyer catalan ordinaire dont les flammes perdues sont

utilisées dans une cuve placée au-dessus du foyer pour le grillage et la réduction du minerai à l'état d'éponge.

Cette méthode a toutefois sur le foyer catalan l'avantage de supprimer à peu près complètement le travail plus ou moins fantaisiste de l'ancien Escolas ou fondeur; la production est par suite plus régulière, aussi bien pour la qualité que pour la quantité du produit obtenu.

Application de la méthode à Laramade. — Le procédé Chenot est appliqué dans le département de l'Ariège depuis le 15 juillet 1867. Depuis cette époque avant d'atteindre l'allure régulière qu'il a en ce moment, il a fait quatre campagnes d'essai d'une durée plus ou moins longue, le foyer d'affinerie est resté tout ce temps, à peu près identique à lui-même avec son appareil mécanique pour le changement de creuset, à la fin de chaque opération. Le fourneau de réduction a subi plusieurs modifications; dans une première campagne qui a duré du 15 juillet au 15 août, un seul mois, il avait une section rectangulaire de 1^m,20 sur 0^m,75; sur chacune des parois était un générateur toujours chargé de charbon de bois; en dehors de la tuyère ordinaire du feu d'affinerie, chacun de ces générateurs recevait le vent à une faible pression d'une tuyère spéciale. En même temps le minerai menu ou greillade était exclu du fourneau, et le reste du minerai était grillé au préalable avec la brasque de charbon.

Dès la seconde campagne qui dura du 15 septembre au 1^{er} octobre de la même année, et fut interrompue par une inondation de l'usine, les générateurs furent bouchés et ne fonctionnèrent plus; le minerai fut chargé tout venant, mélangé de greillade et sans avoir au préalable été grillé. Les résultats économiques furent aussi satisfaisants qu'à la première.

Pendant la troisième campagne qui dura du 18 octobre au 7 décembre 1867, et la quatrième qui s'étendit du 20 janvier au 3 avril 1868, l'appareil Chenot marcha dans les

mêmes conditions; avant d'entrer dans la cinquième campagne régulière qui commença au 27 avril de cette année et continue encore, la section du fourneau fut rectifiée en se rapprochant de la section carrée; l'un des côtés fut réduit à 1^m,12 et l'autre porté à 1^m,03, au ventre.

Un second fourneau fut créé à neuf.

Appareil actuel de réduction. — Il se compose de deux troncs de cône à sections circulaires, dont l'inférieur renversé, juxtaposés et reliés par une petite portion cylindrique au ventre. Le tronc de cône supérieur a 2 mètres de haut, 1^m,05 de diamètre à sa base, et 0^m,80 en haut; il est surmonté d'un petit cylindre destiné au chargement du minerai et du charbon qui a 0^m,80 de diamètre et une hauteur de 0^m,50.

Le ventre cylindrique a 0^m,50 de haut.

Le tronc de cône inférieur a une hauteur de 1^m,40, un diamètre à sa partie supérieure de 1^m,05 et 0^m,60 à sa base. La hauteur totale du fourneau de réduction au-dessus du porte-tuyère qui le sépare d'avec le feu d'affinerie est de 4^m,40.

Le foyer d'affinerie construit dans la forme des foyers catalans ordinaires a une section rectangulaire et s'amincit légèrement en profondeur; il peut avoir 0^m,50 de long sur 0^m,40 de large et 0^m,35 de profondeur; ses parois sont en fonte à courant d'eau dans sa partie supérieure ou fixe. Sur une des faces latérales qui se trouve à droite, lorsqu'on fait face à la tuyère, on a ménagé trois trous de chio pour couler le caral à divers niveaux, suivant le degré d'avancement de l'opération.

La tuyère est en cuivre à circulation d'eau, elle a une section semi-circulaire de 0^m,070 de large et 0^m,025 de haut; elle est mobile par mécanisme simple, peut à volonté raser la surface du creuset ou s'enfoncer presque à son fonds; son angle de plongement est également variable; le vent est donné par une trompe à un seul corps; sa pres-

sion varie entre 17 et 20 millimètres de mercure pour le charbon mélangé moitié lourd, moitié léger; pour le charbon de hêtre pur, la pression est portée parfois à 25 millimètres; pour le charbon de sapin employé seul, elle est réduite à 8 millimètres.

Marche d'une opération. — La marche de l'opération est la suivante :

Le creuset plein d'un massé terminé vient de sortir, on a introduit en même temps un wagon à creuset libre, dans lequel on a placé au préalable 5 kilogrammes de charbon de bois pour éviter les chutes de matières dans le fourneau. On lute avec de la terre toutes les fissures produites aux joints naturels de la partie inférieure du creuset mobile et de sa partie supérieure fixe ou porte-tuyère; on enfonce la tuyère au maximum de son introduction, presque jusqu'au fonds du creuset, et on lui donne de suite tout le vent à sa pression de 17 à 20 millimètres de mercure; au gueulard, le chargeur introduit sa charge de charbon qui se compose de 10 kilogrammes de charbon de hêtre, souvent mélangé par moitié de charbon léger; par dessus, il ajoute 55 à 57 kilogrammes de minerai tout venant, dont les gros morceaux ont été au préalable cassés à la dimension d'un petit œuf, il sonne sa charge sur une plaque en fer pour avertir qu'elle est terminée; au pied du fourneau, 20 minutes après la charge, l'Escolas ou fondeur fait couler le caral au premier trou de chio inférieur situé à la base du creuset; il le vide complètement et met à sec le principe du massé qui a commencé à se former, et descend au fond du creuset. On reconnaît sa formation à une palpitation du caral du trou de chio; on ferme alors ce trou de coulée inférieur et le caral monte.

De 20 à 25 minutes après la première charge, le chargeur fait la seconde charge comme la première et la sonne; l'Escolas retire un peu la tuyère, plus ou moins suivant la hauteur du massé formé, ce qu'il reconnaît facilement avec un

silladou ou baguette à sonder le massé; on tente une coulée un instant après, au second trou de chio qui, à partir de ce moment coule d'une façon à peu près continue, en forme de suppuration; de 20 à 25 minutes après la seconde charge, on fait une troisième charge identique aux premières, et après le même intervalle de temps, on en fait une quatrième et une cinquième; à chacune on tire un peu la tuyère à mesure que le massé monte; à la quatrième charge on ferme le second trou de chio et on ouvre le troisième supérieur situé en haut de la partie mobile du creuset; après la dernière charge dont la descente dure de 20 à 25 minutes, on retire complètement la tuyère, on arrête le vent, on extrait le creuset plein, on le remplace en même temps par le creuset vide, l'extraction du creuset dure environ 5 minutes, buttage compris.

La durée totale d'une opération à cinq charges est de 130 à 140 minutes.

Souvent, le minerai étant plus riche, le creuset a été rempli par le massé à la quatrième charge, il est alors extrait et la durée de l'opération est réduite au chiffre de 90 à 100 minutes.

Résultat du travail à la Ramade. — Les résultats économiques des diverses campagnes ont été un peu variables; je joins un tableau indiquant ceux obtenus en marche régulière pendant un certain nombre de jours de chacune d'elles.

Première campagne. — Dans la première campagne, les générateurs ont fonctionné un certain nombre de jours; le minerai était parfois grillé et le minerai menu ou greillade était exclu du fourneau. Le charbon employé était du charbon de sapin des Landes très-léger; les résultats obtenus pendant neuf jours de cette campagne ont été les suivants :

Ordre de jours de marche après l'allumage.	Nombre de charges.	Charbon total y compris les générateurs.	Minerai total.	Nombre de loupes ou massiaux.	Poids des massiaux.	Charbon p. 100.	Minerai p. 100.	Consommation des générateurs.	QUALITÉ des produits, nombre de massiaux.			OBSERVATIONS.
									N° 1.	N° 2.	N° 3.	
Jours.												
8	48	10.20	20.98	12	638	160	330	»	4	3	5	Minerai grillé, les générateurs à gaz n'ont pas fonctionné.
9	52	11.20	22.96	11	687	163	334	»	3	6	2	
10	50	10.40	18.74	10	672	153	278	»	4	4	2	
15	60	12.50	29.20	13	916	137	320	»	0	9	4	
16	61	13.50	29.70	13	977	136	320	80	2	9	2	Minerai non grillé, les générateurs ont fonctionné.
17	60	12.40	23.80	12	859	144	335	»	1	9	2	
18	60	15.00	28.80	12	903	166	318	260	2	10	»	
19	57	14.40	50.58	12	896	161	340	260	8	4	»	
20	53	14.40	29.80	13	925	156	333	320	11	2	»	
Total	501	114.00	239.56	108	7.473	152	320	920	35	56	17	

Les produits sont classés en trois catégories suivant leur qualité; le n° 1 représente des fers très-doux, exempts de parties aciéreuse; le n° 2 des fers tenaces, mélangés d'un peu d'acier; le n° 3 des fers très-aciéreux analogues aux fers catalans.

Dans cette campagne le prix de revient du fer à l'état de massiaux brut peut être estimé ainsi qu'il suit :

Pour 100 kilog. de fer :	
152 kilog. de charbon à 7 ^f ,50 les 100 kilog. . .	11,40
320 kilog. de minerai à 1 ^f ,70 les 100 kilog. . .	5,44
Main-d'œuvre.	1,20
Total	18,04

Ajoutant 8^f,50 pour frais de ressuage à la houille, on trouve que le prix du fer marchand s'élève à 26^f,54.

Ce fer a été vendu en gare de Foix au prix de 31 à 32 fr. les 100 kilogrammes.

Deuxième campagne. — Dans la seconde campagne, les générateurs ont été supprimés comme inutiles, le minerai a été chargé tout venant, gros et menu, mélangé sans être

grillé; le four de réduction avait toujours une section rectangulaire; le charbon employé était moitié de sapin moitié de charbon mélangé, il était par suite charbon léger pour les trois quarts de la charge; les résultats obtenus pendant six jours de cette campagne ont été les suivants :

Ordre de jour de marche après l'allumage.	Nombre de charges.	Charbon total.	Minerai total.	Nombre de loupes ou massiaux.	Poids des massiaux.	Charbon p. 100.	Minerai p. 100.	Consommation des générateurs.	QUALITÉ des produits, nombre de massiaux.			OBSERVATIONS.
									N° 1.	N° 2.	N° 3.	
Jours.												
12	66	14.00	36.30	16	1.160	120	312	»	11	6	»	Charbon, 1/4 de hêtre, 3/4 de charbon léger.
13	72	15.30	39.60	18	1.241	123	319	»	8	10	»	
14	72	15.30	39.60	18	1.294	118	306	»	9	9	»	
15	68	14.45	27.40	17	1.242	116	301	»	10	7	»	
16	68	14.45	37.40	17	1.272	113	294	»	7	10	»	
17	72	15.30	39.60	18	1.121	116	353	»	9	9	»	
Total	418	88.80	229.80	104	7.330	121	313	»	54	55	»	

Le prix de revient a été :

Pour 100 kilogrammes.		francs.
121 kilog. de charbon à 7 ^f ,50		9,07
313 kilog. de minerai à 1 ^f ,70		5,52
Main-d'œuvre.		1,20
Total		15,69

Ajoutant 8^f,50 pour ressuage des massiaux, on porte le prix du fer à 24^f,19.

Ce fer a été vendu au prix de 22 francs à l'état de massiaux brut et de 31 à 32 francs à l'état de fer marchand.

Troisième campagne. — La troisième campagne a été faite dans les mêmes conditions que la seconde; pendant quelques jours on employait le charbon de hêtre pur; les résultats ont été :

Ordre du jour de marche après l'allumage.	Nombre de charges.	Charbon.		Nombre de loupes en massiaux.	Poids des massiaux.	Charbon.		QUALITÉ DES PRODUITS.			
		Total.	Mineral.			Pour 100.	Mineral.	Pour 100.	Nombre de massiaux.		
									N° 1.	N° 2.	N° 3.
11	70	1.470	3.850	14	1.205	122	319	8	6	»	
12	75	1.575	4.125	15	1.406	112	293	7	8	»	
13	71	1.500	4.260	16	1.276	117	333	5	11	»	
14	64	1.360	3.520	16	1.345	101	261	6	10	»	
15	72	1.530	3.960	18	1.329	115	283	8	10	»	
16	76	1.615	4.180	19	1.386	116	301	9	10	»	
Total.	428	9.050	23.895	98	7.947	113	800	43	55	»	

Le prix de revient de cette troisième campagne est :

Pour 100 kilog. de fer en massue :	
113 kilog. à 7 ^f 50 les 100 kilog.	francs. 3,37
300 kilog. de mineral à 1 ^f ,70.	5,10
Main-d'œuvre.	1,20
Total.	14,67

Ou ajoutant 8^f,50 pour ressuage, on a 23^f,17 pour prix des 100 kilogrammes de fer marchand.

Ce fer est vendu au prix moyen de 30 francs.

La quatrième campagne a été fort longue ; le tableau suivant en indique les résultats moyens :

Ordre du jour de marche après l'allumage.	Nombre de charges.	Charbon.		Nombre de loupes en massiaux.	Poids des massiaux.	Charbon.	
		Total.	Mineral.			Pour 100.	Mineral.	Pour 100.
14	60	1.275	3.420	15	978	130	349
15	68	1.445	3.876	17	1.105	130	350
16	64	1.360	3.810	16	1.079	126	358
17	68	1.445	4.080	17	1.088	132	375
18	64	1.360	3.840	16	1.040	130	369
19	58	1.302	3.348	15	955	136	350
56	55	1.210	3.025	11	963	125	314
57	55	1.210	3.025	11	919	131	329
58	50	1.095	1.750	10	839	130	327
59	50	1.095	1.750	10	821	133	334
60	55	1.210	3.025	11	954	126	317
61	50	1.095	1.750	10	843	130	327
Total. . .	695	15.102	36.729	159	11.584	130	317

Le prix de revient a été :

Pour 100 kilog. de fer :	
130 kilog. de charbon à 7 ^f ,50.	francs. 9,75
317 kilog. de charbon à 1 ^f ,70.	5,39
Main-d'œuvre.	1,20
Total.	16,34

Ou ajoutant 8^f,50 pour corroyage, on a 24^f,84 pour 100 kilogrammes de fer marchand ; dans cette période le charbon a été formé par un quart de hêtre et trois quarts de charbons légers.

Cinquième campagne. — Avant le commencement de la cinquième campagne, la section du four rectangulaire a été modifiée et rendue presque carrée, le charbon a continué à être composé de un quart d'essence dur et trois quarts d'essence tendre ; les résultats de huit jours de cette campagne qui continue encore, ont été les suivants :

Ordre du jour de marche après l'allumage.	Nombre de charges.	Charbon.		Nombre de loupes en massiaux.	Poids des massiaux.	Charbon.	
		Total.	Mineral.			Pour 100.	Mineral.	Pour 100.
6	45	990	2.655	9	716	138	371
7	49	1.079	2.891	10	835	129	346
8	55	1.210	3.245	11	955	126	339
9	50	1.110	2.950	10	878	125	336
10	54	1.189	2.891	11	868	137	333
11	55	1.210	3.845	11	903	134	359
12	49	1.079	2.891	10	973	110	397
13	55	1.210	3.245	11	937	129	346
Total. . .	412	9.077	24.613	83	7.065	128	348

Le prix de revient a été :

Pour 100 kilog. de fer massiaux brut :	
128 kilog. de charbon à 7 ^f ,50.	francs. 9,60
348 kilog. de mineral à 1 ^f ,70.	5,92
Main-d'œuvre.	1,20
Total.	16,72

Ce qui ajouté à 8^f,50 pour frais de corroyage donne pour le fer marchand un prix de 25^f,22 par 100 kilogrammes.

Dans la même campagne a été créé un nouveau four à section circulaire dont j'ai donné plus haut l'installation détaillée; le tableau ci-dessous en donne les résultats pour la première période de travail; le four avait été desséché trop rapidement, il était encore humide, le minerai était relativement pauvre, les résultats sont assez médiocres.

Ordre du jour de marche après l'allumage.	Nombre de charges.	Charbon.		Mineral.		Nombre de loupes ou massiaux.	Poids des massiaux.	Pour 100.	
		Total.	Mineral.	Total.	Mineral.			Charbon.	Mineral.
7	50	1.100	2.850	10	765	143	372		
8	50	1.100	2.850	10	789	139	361		
9	50	1.100	2.850	10	710	155	401		
10	45	990	2.610	9	839	118	311		
11	55	1.210	3.245	11	980	124	331		
12	50	1.100	3.850	10	857	128	332		
13	50	1.100	3.850	10	856	129	333		
14	50	1.100	3.850	10	775	142	368		
15	50	1.100	3.850	10	848	139	336		
16	50	1.100	3.850	10	812	135	351		
Total.	500	1.100	28.655	100	8.231	133	348		

Le prix de revient a été :

Pour 100 kilog. de fer massiaux :		francs.
155 kilog. de charbon à 7 ^f ,50	9,98	
548 kilog. de minerai à 1 ^f ,70	5,92	
Main-d'œuvre	1,20	
Total	17,10	

Ce qui ajouté à 8^f,50 pour frais de corroyage, donne 25^f,60 pour 100 kilogrammes de fer marchand.

Dans ces trois dernières campagnes, le prix de vente du fer a été d'environ 30 francs, rendu en gare de Foix; le charbon a toujours été acheté dans des conditions très-onéreuses; actuellement par suite de l'extinction d'un

grand nombre de forges catalanes, on pourrait facilement se procurer les mêmes qualités de charbon au prix de 6^f,50 les 100 kilogrammes; ce qui apporterait une notable réduction dans le prix de revient de la méthode Chenot.

Le four Chenot fonctionne régulièrement depuis plus d'un an, et en ce moment le prix de revient du fer peut être évalué ainsi qu'il suit :

Pour 100 kilog. de fer massiaux :

	francs.
110 kilog. charbon de bois à 6 ^f ,50	7,15
540 kilog. de minerai à 1 ^f ,70	5,78
Main-d'œuvre	1,20
Total	14,13

Ce qui ajouté à 8^f,50 pour déchet et frais de ressuage, dans la transformation des massiaux en fer marchand, donne un prix de revient par 100 kilogrammes pour les frais spéciaux de 22^f,63.

Les frais généraux sont :

	francs.
Direction, impôt, entretien (1.800)	0,60
Intérêt à 5 p. 100 de la valeur de l'usine, (10.000 francs)	0,17
Intérêt à 6 p. 100 du fonds de roulement, (25.000 francs)	0,50
Savoir { pour achat de minerai 4.000 francs.	
{ pour achat de charbon 20.000 francs.	
Salaires des ouvriers 1.000 francs	
Total	1,27

Résumé.

Pour 100 kilogrammes :

Frais spéciaux	22,63
Frais généraux	1,27
Total	23,90

Un four Chenot peut donner par jour 1.000 kilogrammes

de fer en massiaux, sa production annuelle est d'environ 3.000 tonnes.

Plusieurs fours identiques peuvent être placés dans un forge catalane; à l'usine de Laramade, deux fours Chenot sont en activité depuis près d'un an, on se propose d'en construire encore deux nouveaux dans la même usine qui, autrefois, était une forge catalane à deux feux.

Minerais auxquels peut s'appliquer la méthode Chenot.
— Le minerai de fer de Rancié renferme ordinairement 8 p. 100 de gangue siliceuse et 51 p. 100 de fer; cependant dans cette méthode, il faut environ 320 kilogrammes de minerai pour obtenir 100 kilogrammes de fer brut, le rendement du minerai n'est donc guère que 31 p. 100, ce qui donne une perte de 20 p. 100 nécessaire à la scorification de 8 p. 100 de silice; en résumé, pour chaque unité de teneur en gangue siliceuse, il y a un déchet de deux et demi unités en fer du minerai, de sorte que si le minerai avait 18 p. 100 de silice, et par suite 44 p. 100 de fer, tout le fer serait complètement employé à la scorification de la silice, et on n'obtiendrait pas de massé. Il résulte de là que la méthode Chenot ne peut s'appliquer même théoriquement qu'aux minerais rendant au moins 44 p. 100 à l'analyse chimique, ou ce qui revient au même 41 à 42 p. 100 au haut fourneau, et pour peu que le minerai rende moins que celui de Rancié, dont la teneur chimique moyenne est de 51 p. 100, et le rendement au haut fourneau de 48 à 49 p. 100, la méthode Chenot n'est guère pratiquement applicable; elle ne pourrait être non plus employée pour les minerais assez purs manganésifères, dont la gangue serait peu fusible et formée d'alumine ou de chaux; elle a surtout sa raison d'être pour les minerais très-riches ayant peu de gangue purement siliceuse; elle doit encore mieux réussir quand cette gangue est manganésifère; tel est le cas de tous les minerais de fer formés de fer carbonaté,

soit à l'état blond naturel, soit plus ou moins décomposé et transformé en hématite brune ou rouge.

Qualité des produits.—La qualité des produits, quoique plus régulière que dans la forge catalane, est encore sujette à certaines variations: tantôt le fer est très-doux, on le reconnaît au caral qui est gras et coule facilement; tantôt il est dur plus ou moins mélangé de parties aciéreuses, quand le caral est maigre, sec et coule difficilement; on peut remédier en partie, mais non complètement, à ce défaut en projetant par la tuyère de la greillade menue et manganésifère; de même quand le caral est trop gras, le fer est très-doux, mais le déchet en minerai est considérable, et l'on projette du sable par la tuyère.

Généralement le fer se rapproche beaucoup, par sa texture, du fer catalan; il est toujours à grains un peu inégaux et mélangé de parties aciéreuses; il ne donne du fer nerveux que par un long corroyage, mais alors il le donne excellent; seulement ce corroyage en augmente le prix dans des proportions exagérées pour les usages ordinaires du commerce.

Ce fer est surtout excellent pour donner par cémentation de très-beaux aciers sans rebuts, susceptibles de conserver leur qualité aciéreuse après un très-grand nombre de chaudes successives. Ces aciers sont très-doux et taillent très-facilement le fer, la fonte et même l'acier Bessemer. Jusqu'à présent l'outillage de l'usine Chenot est très-imparfait, le cinglage est fait sous l'ancien marteau de forge catalane, il est incomplet; le martelage se fait avec d'anciens martinets du pays; le ressuage ou corroyage pour étirage en fer marchand, avec de vieux feux de chaufferie; il est très-onéreux et exécuté dans de mauvaises conditions.

On se propose de construire prochainement un laminoir accompagné d'un four de soudage perfectionné pour le réchauffage et étirage des massiaux.

On réalisera ainsi de sérieuses économies et l'on obtiendra des fers mieux travaillés, plus faciles à placer dans le commerce.

Pour donner une idée de la nature de ces fers, je ne crois pas mieux faire que de donner copie d'un rapport fait par un ingénieur d'Audincourt en février 1868, sur des essais faits à cette usine avec les massiaux de Laramade.

Les massiaux sont très-mal cinglés, très-crevassés avec des bouts écrus de 8 à 10 millimètres de longueur; la cassure est blanc d'argent, très-brillante, mais très-inégale, variant du grain d'acier au gros grain de fer comté de bonne qualité.

Premier essai. — On a mis au four quatre moitiés de massiaux et l'on a donné à chacune deux chaudes, l'une au pilon et l'autre au laminoir, et fait ainsi deux quarrés de 0^m,50 de côté et deux plats de 100 millimètres sur 15; les quarrés étaient profondément criqués d'un bout à l'autre, la cassure avait un grain inégal et terne, les plats mieux soudés avaient un grain assez homogène. Conclusion, dans ces conditions, sans corroyage ultérieur, le fer ne serait d'aucun usage à cause du manque de soudage.

Deuxième essai. — On a cassé en deux quatre massiaux pesant ensemble 299 kilogrammes; on les a chauffés au blanc soudant et passé en mises plates de 100 millimètres sur 28; elles ont pesé 280 kilogrammes.

Déchet p. 100. — On a cassé les huit barres au bout correspondant au cœur de la pièce; les unes se sont cassées en trois ou quatre coups: elles étaient à grain pur; les autres en huit à neuf coups: elles étaient à grains mélangés de nerf. Le grain est fin et brillant, indiquant un fer très-résistant; on a ensuite coupé les huit barres et formé des paquets de huit morceaux, un de chaque barre, poids total 258 kilogrammes; on a chauffé au blanc soudant, forgé au pilon, réchauffé au four, puis laminé en barres quarrées de 50 millimètres et plats de 100 millimètres sur 16, et 100 millimètres sur 14. Poids total, 246 kilogrammes; déchet,

5 p. 100. Ces fers se soudent à basse température et résistent bien au feu, ce qui explique leur faible déchet qui n'a pas dépassé 12 p. 100 en trois chaudes. Les barres étaient bien soudées, les quarrés ont été cassés à froid au pilon; une d'elles sans entaille a été pliée sous un angle de 140°, cinq ou six fois de suite, dans un sens, puis dans l'autre, sans se rompre; l'autre, entaillée à la tranche, s'est cassée du premier coup; le grain assez régulier indiquait de la résistance.

On a laminé les morceaux en ronds de 20 à 28 millimètres; ces ronds, entaillés à la tranche, cassent facilement à froid et montrent un beau grain fin; non entaillés, ils se plient sans rompre et sont excessivement résistants.

On a laminé un des barreaux en plats de 0^m,075 sur 0^m,002 1/2; pas de crique; plié à froid, le fer est un peu roide, mais résiste sans rompre.

Les fers plats de 100 millimètres sur 16 et 100 millimètres sur 14, cassés à froid après entaille, présentent du grain; laminés en tôles de 1 1/2 et 2 millimètres d'épaisseur, ils subissent tous les travaux de ferblanterie, comme le fer de première qualité de fonte au bois ou au coke de Mokda.

En résumé, à la condition de faire un corroyage en étirant les loupes en fer bruts plats qui sont soudés à leur tour au pilon ou au cylindre, on obtient des fers résistants à froid et se laminant bien à chaud dont la qualité est comparable à notre première, avec cette différence que le fer est un peu plus dur, les tôles un peu plus roides, moins ductiles.

HAUTS FOURNEAUX AU CHARBON DE BOIS.

La facilité du traitement du minerai de Rancié à la forge catalane a retardé dans l'Ariège la transformation, déjà ancienne en France, de l'industrie métallurgique; l'introduction des hauts fourneaux et de la méthode anglaise d'affinage par fours à puddler, fours à réchauffer à la houille

marteaux, pilons et laminoirs est relativement récente.

A une époque déjà ancienne, fut essayé à l'usine de Saint-Antoine le laminage de fers et aciers et même le puddlage de fontes achetées aux départements voisins; ces divers essais, un instant prospères, ont subi maintes vicissitudes et n'ont jamais été l'objet d'une grande industrie bien suivie; ce n'est guère qu'à partir de 1859 que peut être comptée l'introduction dans l'Ariège du traitement des minerais par les hauts fourneaux et la conversion suivant la méthode anglaise des fontes en fers et aciers; deux hauts fourneaux au charbon de bois furent créés à Pamiers, dont l'un en marche à peu près régulière, produisant de 5 à 6 tonnes par vingt-quatre heures.

Un peu plus tard vers 1864, un petit haut fourneau au bois de trois tonnes de fontes par vingt-quatre heures fut installé à Tarascon et fonctionna jusqu'à 1867.

La fonte obtenue avec le minerai de Rancié et le charbon de bois comme combustible est excellente, elle donne par la méthode anglaise des fers et aciers parfaits; mais leur prix très-élevé empêche depuis quelque temps leur placement facile dans le commerce.

Créés vers 1859, les hauts fourneaux au charbon de bois ont donné un premier coup fatal à l'industrie des forges catalanes en produisant à meilleur compte des produits similaires comme qualité, meilleurs comme apparence commerciale; plus tard, à mesure que le prix général des fers et aciers diminuait, la méthode au bois est-elle même devenue trop coûteuse et a dû faire place au travail du haut fourneau au coke ou au combustible mixte, coke et charbon de bois mélangé; la vie du haut fourneau au bois n'a pas été longue dans l'Ariège, elle a été d'à peine dix ans, de 1859 à 1867; les hauts fourneaux au bois de Pamiers ont été alors restaurés pour travailler au combustible mixte, et le petit appare de Tarascon a été remplacé par un grand fourneau au coke.

Les conditions du travail au haut fourneau au bois s'étaient, d'après les tableaux ci-dessous, bien améliorés depuis leur début jusque dans ces derniers temps; il a fallu cependant céder aux exigences incessantes du commerce qui réclament une diminution toujours croissante dans le prix de revient des produits métallurgiques.

Haut fourneau au bois. — Prix de revient de la fonte en 1859.

Pour 100 kilogrammes :	
Frais spéciaux.	francs. 15,57
Minerai 225 kilog. à 2',42.	5,45
Charbon de bois 120 kilog. à 7',50.	9,00
Castine 10 kilog. à 0',20.	0,02
Main-d'œuvre.	0,90
Frais généraux.	1,50
Direction, impôts, entretien.	0,75
Intérêt des fonds de roulement.	0,45
Intérêt du capital de construction.	0,50
<hr/>	
Frais spéciaux.	15,57
Frais généraux.	1,50
<hr/>	
Total.	16,87

La fonte était convertie dans l'usine en fers et aciers; sa valeur vénale était estimée à 18 francs. A la même époque, le prix de revient des fers et aciers puddlés ordinaires était le suivant :

Pour 100 kilogrammes :	
Frais spéciaux.	francs. 51,56
Fonte, 118 kilog. à 18 francs.	21,24
Houille, 160 kilog. à 5',20.	5,12
Main-d'œuvre.	5,20
Frais généraux.	5,00
Direction, impôts, entretien.	2,00
Intérêt des fonds du roulement.	0,50
Intérêt du capital de construction.	0,50

Frais spéciaux.	51,56
Frais généraux.	3,00
Total.	54,56

Ces fers étaient vendus au prix de 56 à 58 francs ; les aciers puddlés, dont le prix de revient est à peu près le même, valaient 40 francs.

En 1866 et 1867, époque vers laquelle cette industrie a cessé, les prix de revient étaient :

1° Fonte.

Pour 100 kilogrammes :

Frais spéciaux.	francs.	11,92
Minerai, 225 kilog. à 1 ^{fr} ,70.	5,82	}
Charbon de bois, 115 kilog à 6 ^{fr} ,20.	7,13	
Casséine, 10 kilog. à 0 ^{fr} ,20.	0,02	
Main-d'œuvre.	0,95	
Frais généraux.	1,50	
Direction, impôts, entretien.	0,75	}
Intérêt du fonds de roulement.	0,45	
Intérêt du capital de construction.	0,50	
Frais spéciaux.	11,92	
Frais généraux.	1,50	
Total.	13,42	

La valeur de cette fonte était de 15 francs.

2° Fer fabriqué à la méthode anglaise.

Pour 100 kilogrammes :

Frais spéciaux.	francs.	27,22
Fonte, 118 kilog. à 15 francs.	17,70	}
Houille, 160 kilog. à 2 ^{fr} ,65.	4,52	
Main-d'œuvre.	5,20	
Frais généraux.	3,00	
Direction, impôts, entretien.	2,00	}
Intérêt du fonds de roulement.	0,50	
Intérêt du capital de construction.	0,50	

Frais spéciaux.	27,22
Frais généraux.	3,00
Total.	30,22

Ce fer pouvait être vendu au prix de 32 à 34 francs. l'acier puddlé de bonne qualité valait jusqu'à 56 francs.

De 1859 à 1867, date de l'extinction du haut fourneau au bois, le roulement de ce haut fourneau a été :

ANNÉES.	QUANTITÉ DE FONTES produites en quintaux de 100 kilog.	PRIX MOYEN de la fonte par 100 kilog.	VALEUR TOTALE de la fonte produite.
	kilogrammes.	francs.	
1859	9.600	18.00	172.800
1860	13.800	18.00	248.400
1861	1.000	18.00	180.000
1862	10.700	17.00	181.900
1863	7.100	17.00	120.700
1864	9.300	17.00	158.100
1865	15.000	16.75	251.300
1866	4.000	15.00	60.000
1867	8.000	15.00	120.000

La fonte au bois était essentiellement blanche et cristalline ; en allure chaude, largement cristalline, caverneuse et spéculaire, elle ressemblait au *spiegeleisen* et pouvait être employée pour les mêmes usages ; en allure froide, elle était lamelleuse, donnait d'excellents produits au puddlage ; toutefois le puddlage était long et parfois difficile.

Les fers provenant de fontes au bois étaient à grains assez réguliers, plus uniformes que les fers catalans ; ils étaient encore parfois mélangés de taches aciéreuses et employés pour les mêmes usages agricoles.

Les aciers étaient réguliers, assez doux, conservaient leur qualité aciéreuse après plusieurs chaudes ; cependant ils étaient inférieurs aux fers catalans pour la fabrication des aciers cimentés et corroyés ; dans ce cas, on avait toujours le soin de mélanger aux fers et aciers puddlés quelques barres de fer Ariège ordinaire.

Tous ces produits, d'excellente qualité, n'avaient pas

d'autres défauts que leur prix trop élevé, qui en a fait abandonner la fabrication. Parfois encore, dans de rares circonstances, quelques fondages au charbon de bois pur sont essayés à Pamiers pour les étoffes fines d'acier corroyé dont la réputation ariégeoise, justement acquise depuis de nombreuses années, permet encore un certain emploi pour les besoins de l'agriculture.

INDUSTRIE RÉCENTE. — SOCIÉTÉS MÉTALLURGIQUES DE PAMIERS
ET BERDOULET.

Industrie récente. — La baisse graduelle du prix des fers avait amené en 1859 la création à Pamiers d'un haut fourneau au charbon de bois dont les fontes étaient transformées en fers et aciers marchands par la méthode anglaise du puddlage et réchauffage à la houille. Ces fers, mieux travaillés que leurs similaires catalans, pendant quelque temps se sont bien vendus et ont porté un premier coup fatal aux forges catalanes.

A la suite du traité de commerce, la concurrence des fers étrangers et surtout celle des fers de Suède, qui de tous les produits métallurgiques sont ceux qui présentent la plus grande analogie avec les fers Ariège ou fers Rancié, a amené une nouvelle baisse dans les prix et rendu à peu près impossible le travail au charbon de bois pur. Les forges catalanes ont rapidement éteint leur feu en se réduisant à huit à dix en activité; l'industrie métallurgique s'est concentrée en peu de mains organisées en sociétés à responsabilité limitée ou en commandite, telles que les sociétés de Pamiers et Berdoulet près Foix. Le travail au combustible mixte et au coke a été essayé avec succès, et les prix des produits de l'Ariège ont été mis en concordance avec ceux des fers étrangers.

Société de Pamiers. — La société métallurgique de Pamiers exploite en ce moment trois usines dans le départe-

ment; à Tarascon un grand haut fourneau au coke pouvant donner de 20 à 30.000 kilogrammes de fonte par jour suivant l'allure, 20 tonnes en fonte grise chaude et 30 en fonte blanche froide. Les flammes du gueulard sont utilisées pour donner la force motrice à une machine à vapeur de 60 chevaux, qui, aidée d'une turbine de 20 chevaux placée sur un petit cours d'eau, donne le vent au haut fourneau; les flammes du gueulard sont également utilisées pour chauffer l'air à 300 et à 400 degrés; la pression du vent est de 8 à 9 centimètres de mercure.

La production annuelle du haut fourneau est de 7.000 à 9.000 tonnes de fonte classée sous six numéros différents.

- N° 1. Fonte grise graphiteuse en allure très-chaude employée pour les fonderies et surtout pour le métal Bessemer ou Martin.
- N° 2. Fonte grise foncée en allure chaude, employée pour les fonderies et parfois pour le métal Bessemer.
- N° 3. Fonte grise claire en allure moyenne employée pour fonderies.
- N° 4. Fonte truitée ordinaire cristalline en allure moyenne employée au puddlage pour les fers et aciers fins.
- N° 5. Fonte blanche légèrement truitée et lamelleuse en allure assez froide employée au puddlage pour les fers et aciers de qualités ordinaires.
- N° 6. Fonte blanche pure, peu lamelleuse, en allure très-froide employée au puddlage pour les fers et aciers communs.

Dans une allure intermédiaire entre le n° 3 et le n° 4 avec des cokes bien exempts de soufre, lorsque le fourneau est dans une bonne condition de marche, on produit parfois de belles fontes cristallines cavernueuses et largement lamelleuses analogues au spiegeleisen; cette production est irrégulière et est encore mal étudiée.

Au point de vue de la valeur vénale de ces fontes, on ne distingue que trois qualités :

Le n° 1, excellent pour fonderies et métal Bessemer, ob-

tenu en allure chaude coûte cher et vaut, rendu en gare de Foix, 11^f,50.

Le n° 2, très-bon pour fonderie, vaut, 11 francs.

Les n°s 3, 4, 5 et 6 sont estimés tous à la valeur moyenne de 10^f,50.

Le n° 3 est d'un placement difficile dans le commerce; impropre au puddlage, il ne peut être utilisé que comme qualité inférieure pour les fonderies.

Le n° 4 donne au puddlage d'excellents produits de qualité supérieure, mais son travail est difficile et coûteux et donne des produits d'un prix trop élevé.

Les n°s 5 et 6 sont très-appréciés pour le puddlage, le 5 pour les qualités supérieures et le 6 pour les qualités communes. Le travail du premier est plus difficile et plus coûteux, son affinage est moins rapide et le nombre de charges qu'on peut passer dans le même temps au four est moins grand.

La majeure partie des fontes de Tarascon sont consommées par la même société à l'usine de Pamiers.

A Pamiers, la société exploite deux usines, l'une ancienne qu'elle tient à long bail, l'autre récente qu'elle vient de faire construire.

L'ancienne comprend deux petits hauts fourneaux travaillant autrefois au bois et restaurés pour être chauffés au combustible mixte, coke et charbon de bois. Un seul travaille régulièrement, en donnant de 6 à 7 tonnes par jour de fonte d'affinage analogue aux n°s 5 et 6 de Tarascon, pour fers et aciers fins. Au commencement de chaque campagne, dont la durée ne dépasse pas huit à dix mois, on fait quelques fontes de moulage pour une petite fonderie qui travaille pour les besoins de l'usine seule.

La production annuelle de la fonte au combustible mixte est d'environ 1.800 tonnes :

La forge anglaise comprend à l'ancienne usine : 6 fours à puddler dont 2 pour aciers et 4 pour fers, 1 marteau-

pilon, 1 train de laminoirs comprenant 1 dégrossisseur, 1 train moyen pour fer marchand à double cage et 1 petit mille;

2 martinets avec feux de chaufferie pour l'étrépage des aciers puddlés ;

2 fours à réchauffer à réverbère ;

2 fours à cémenter ;

Des ateliers d'entretien, tours, cylindres, machines à percer, etc., etc.

Le pilon et le ventilateur sont mus par la vapeur produite aux flammes perdues des fours à réchauffer dont la force est de 20 chevaux. Le reste est mis en mouvement par 2 turbines de la force totale de 80 chevaux dont 60 sont employés au train de laminoir et 20 à la soufflerie des hauts fourneaux. A cette usine est annexée depuis quelque temps une belle fabrique de ressorts pour voiture.

La nouvelle usine comprend 2 fours à puddler pour aciers, 2 fours à réchauffer, 1 train de laminoir gros et moyen mille et 1 forte cisaille; la force motrice, d'environ 80 chevaux, est donnée par les flammes perdues des fours à puddler et à réchauffer; sur ces derniers sont installés des chaudières courtes horizontales tubulaires, sur les premiers de longues chaudières verticales à un seul corps non tubulaires; le tout a été installé de façon à pouvoir être facilement doublé si les nécessités du commerce l'exigeaient.

La production annuelle des usines de Pamiers est en fers ou aciers d'environ 5.000 tonnes, dont,

	tonnes.
1° Fer J.P.A. nerveux, qualité bonne, ordinaire. . .	2.000
2° Fer J.P.A. à grains, qualité bonne, ordinaire. . .	250
3° Fer Pamiers à deux corroyages, qualité supérieure, nerveux.	250
4° Fer Tarascon nerveux, qualité commune. . .	500
5° Fer Tarascon à grains, qualité commune. . . .	500
6° Acier puddlé ordinaire.	1.500

Ce qui donne cinq marques différentes pour le fer et une pour acier.

Il faut encore ajouter 200 à 220 tonnes d'acier corroyé à divers prix, à 1, 2 ou 3 corroyages fabriqués avec moitié fer à grains de qualité supérieure et moitié fer catalan ordinaire acheté aux usines des environs.

1° Le fer J.P.A. à nerfs, ainsi nommé d'après la marque comprenant les initiales des principaux administrateurs de la société, s'obtient en puddlant la fonte au combustible mixte de Pamiers ou la fonte au coke n° 5 de Tarascon; la loupe du puddlage est cinglée au pilon et passée directement au train du laminoir dégrossisseur en plates de 80 à 100 millimètres de large sur 12 à 16 millimètres d'épaisseur. Ces plates sont cisailées et mises en paquets avec les chutes de l'usine pour subir un réchauffage au réverbère et passer ensuite au laminoir pour être mises aux dimensions exigées par le commerce; cette dernière opération équivaut à un véritable corroyage. Tout ce fer est vendu sur les places de Toulouse, Agen, Bordeaux, Nantes, etc., au prix de 27 à 28 francs pris en forge, comme fer maréchal et fer de carrosserie; il est toujours nerveux, rarement à grains. Le corroyage lui a enlevé la texture à grains si commune dans le fer de l'Ariège et l'a rendu souple et ductile sans lui enlever complètement sa nature résistante. Cette marque de fer entre pour les deux cinquièmes dans la fabrication de Pamiers.

2° Le fer J.P.A. à grains ne forme guère que le vingtième de la production de l'usine; il est utilisé pour l'agriculture, est encore dur et résistant, mélangé de parties aciéreuses, et participe un peu de la nature des fers catalans. Il est obtenu par le travail en bloums et l'étirage simple au laminoir sans corroyage. Au sortir du four à puddler, la loupe est cinglée au pilon, martelée en bloums quarrés courts de 0,12 à 0,15 de côté. Le bloum refroidi est, après réchauffage au réverbère, étiré au laminoir en barres marchandes sans corroyage.

Sa valeur est également de 27 à 28 francs les 100 kilog.

3° Le fer Pamiers est du fer nerveux extra supérieur obtenu avec le J.P.A. nerveux auquel on fait subir un second corroyage. Les paquets du J.P.A. nerveux, au lieu d'être laminés en barres marchandes, sont de nouveaux étirés en plates; ces plates sont cisailées, remises en paquets, réchauffées au réverbère et alors laminées aux dimensions exigées par le commerce. Le fer Pamiers est employé en qualité supérieure pour les mêmes usages que le J.P.A. nerveux; pour cette qualité spéciale de fer Pamiers, la fonte employée au puddlage est mixte ou au coke, pur mélangée de n° 4 et n° 5.

Sa valeur à l'usine est de 32 à 34 francs. Il n'entre guère que pour le vingtième dans la fabrication de Pamiers.

4° Le fer Tarascon nerveux est fabriqué dans les mêmes conditions que le J.P.A. nerveux, sous la seule différence que la matière première est toujours de la fonte froide au coke n° 6. Le fer est employé pour les mêmes usages en qualité inférieure; sa valeur est de 25 à 26 francs.

Le travail en fonte n° 6 est plus rapide, moins coûteux, mais la qualité du produit est moins bonne.

Cette marque entre pour un dixième dans la fabrication.

5° Le fer Tarascon à grains est produit dans les mêmes conditions que le J.P.A. à grains, toutefois avec de la fonte au coke pur n° 6 pour matière première; il est employé pour les usages agricoles en qualité inférieure; son travail se fait en bloums sans corroyage et sa valeur moyenne est de 25 à 26 francs.

6° L'acier puddlé ordinaire s'obtient en travaillant en bloums au puddlage comme pour fer à grains, dans les conditions ordinaires du travail pour acier au four à puddler, conditions assez connues pour qu'il soit inutile de les décrire. La seule particularité que présentent les fontes de Rancié est la grande facilité de ce travail pour aciers. Le puddlage naturel fait sans effort par des ouvriers inexpérimentés donne

toujours de l'acier ou du fer à grains aciéreux, jamais du fer nerveux. Pour obtenir du fer à grains sans acier on ne réussit qu'avec des ouvriers habiles ayant une longue pratique. La transformation du fer à grains en fer nerveux exige toujours un premier corroyage, elle n'est complète qu'après un second corroyage, mais alors le fer nerveux est parfait.

Au sortir du four à puddler, la loupe d'acier est cinglée au pilon et transformée en bloum; ce bloum, réchauffé au réverbère, est étiré au laminoir aux dimensions du commerce.

La majeure partie de l'acier puddlé est vendue comme acier à terre pour les usages de l'agriculture, et entre pour les trois dixièmes dans la fabrication de l'usine. Il est vendu sous deux qualités différentes.

La qualité supérieure, dont la valeur est de 54 francs, est produite avec des fontes mixtes ou des fontes au coke pur n° 4.

La qualité inférieure, vendue au prix de 30 francs, est produite avec des fontes au coke n° 6.

Une partie des aciers naturels est martelée et constitue ainsi une qualité extrasupérieure pour aciers à terre; ce martelage se fait sur des aciers laminés; il exige une chauffe de plus et coûte 6 francs par 100 kilogrammes, ce qui porte à 40 francs et 56 francs les prix des deux qualités d'aciers martelés.

200 tonnes d'acier puddlé ordinaire sont employées dans un atelier annexé à l'usine pour la fabrication des ressorts de voiture.

100 tonnes du même acier sont vendues dans la même ville pour une fabrique de limes; le reste est vendu comme acier à terre.

En dehors de tous ces produits, l'usine de Pamiers possède deux fours de cémentation qui produisent par an à peu près 200 tonnes d'acier cémenté.

Cet acier est transporté à l'usine de Saint-Pierre, vallée de la Barguillière, qui comprend trois feux de chaufferie et trois marteaux pour le travail des aciers.

La cémentation est faite avec moitié fer puddlé à grains de bonne qualité et moitié fer catalan; sur les produits, 100 tonnes d'acier cémenté poule sont simplement ressuées et étirées au marteau, et 100 tonnes sont corroyées suivant l'usage à 1, 2 ou 3 corroyages. La même usine de Saint-Pierre étire en outre au marteau des aciers puddlés fabriqués à Pamiers.

Je passerai successivement en revue les divers produits de la société de Pamiers et les conditions économiques dans lesquelles ils sont obtenus.

1° Fontes au coke de Tarascon.

(Tous les renseignements qui suivent concernant le classement des diverses fontes et leur emploi dans le commerce s'appliquent également aux produits du haut fourneau au coke de Berdoulet.) — Le haut fourneau de Tarascon peut produire, suivant son allure, des fontes classées sous six numéros différents. Le n° 1 produit en allure très-chaude au début d'une campagne quand le creuset a des dimensions restreintes est une fonte grise plutôt même noire, graphiteuse à grains gros et éclatants; cette fonte, très-pure et très-résistante, se casse difficilement, ne contient presque pas de traces des gangues de Rancié et est presque une combinaison chimique pure de fer et carbone; elle est excellente pour la fabrication du métal Bessemer ou du métal Martin.

Le n° 2 est une fonte grise à grains un peu serrés, assez pure, moins riche en carbone que le n° 1 qui peut encore être utilisée dans les appareils Bessemer ou Martin; pour le moulage, elle est d'une qualité supérieure.

Le n° 3 est une fonte gris clair, très-compacte, déclassée;

elle est impropre au puddlage, où elle ne peut être employée que rarement par mélange avec des fontes blanches; travaillée seule, elle ne permettrait au four à Puddler que trois à quatre charges de 200 kilogrammes par douze heures; elle n'est bonne que comme fonte de moulage de seconde qualité. Son placement dans le commerce est très-difficile et on ne l'obtient que malgré soi dans le passage de l'allure chaude en allure froide.

Le n° 4 est une fonte truitée grise obtenue encore en allure assez chaude, mais à température moins élevée que le n° 3, utilisée au puddlage parfois seule, pour les fers et aciers, de qualité extra supérieure. Avec ce numéro, on ne fait guère au four à puddler que cinq charges par douze heures. La décarburation de la fonte est lente et l'épuration du produit plus complète qu'avec les numéros plus élevés. De là une qualité supérieure naturellement rachetée par une surélévation de prix due à une plus grande difficulté dans le travail. Assez souvent on mélange quelque peu de n° 4 avec les 5 et 6 pour donner un peu de qualité aux produits.

Le n° 5 est produit en allure déjà froide, il est blanc, légèrement truité de gris; il est très-employé au puddlage, où il donne de bons fers et aciers suivant qu'il est plus ou moins truité. Il est passé à raison de six à sept charges par douze heures. Mélangé avec les n° 4, il donne des produits fins; mélangé avec le n° 6, il donne des qualités bonnes, mais un peu communes.

La fonte n° 6 obtenue en allure froide est blanche, compacte, légèrement lamelleuse et rayonnée; elle s'affine très-facilement au puddlage et donne tous les fers et aciers communs du pays qui cependant ont encore certaines qualités. Ladécarburation est tellement rapide qu'on peut passer au puddlage jusqu'à huit charges par douze heures.

Ces six numéros forment une série graduelle dans la température des fontes, depuis l'allure chaude extrême jus-

qu'à l'allure froide extrême. La facilité du travail des fontes au puddlage augmente avec les numéros, mais la pureté des fontes et la qualité des produits suivent un ordre inverse.

Les conditions économiques du travail à Tarascon sont à peu près les suivantes dans les cas extrêmes:

1° *Allure chaude, fonte n° 1.*

Pour 100 kilog. de fonte :		francs.
208 kilog. de minerai de Rancié à 1 ^f ,70 les 100 kilog.		3,54
155 kilog. de coke à 4 francs les 100 kilog.		6,20
50 kilog. de castine à 0 ^f ,12 les 100 kilog.		0,06
Main-d'œuvre.		0,60
Frais généraux.		0,40
Total.		10,80

Le minerai de Rancié coûte sur la place de la Mine située à Sem, 1 franc les 100 kilogrammes;

A Cabre, sur la route départementale de Vicdessos, après transport à dos de mulet, 1^f,50,

Et à Tarascon, après transport en charrettes sur route départementale pendant 13 kilomètres, 1^f,70.

Le coke est acheté à Graissessac et à Carmeaux. Il revient en gare de Foix au prix de 3^f,70.

Le transport de la gare de Foix à Tarascon, fait en montant sur route impériale pendant 13 kilomètres, coûte 0^f,30.

La castine est prise aux environs du fourneau.

2° *Allure froide blanche, n° 6.*

Pour 100 kilogrammes de fonte :		francs.
208 kilog. de minerai de Rancié à 1 ^f ,70 les 100 kilog.		3,54
110 kilog. de coke à 4 francs les 100 kilog.		4,40
40 kilog. de castine à 0 ^f ,125 les 100 kilog.		0,05
Main-d'œuvre.		0,45
Frais généraux.		0,30
Total.		8,74

Le transport de la fonte à la gare de Foix coûte par 100 kilogrammes 0^f,50.

2° Usine de Pamiers; fonte au combustible mixte.

Un des deux hauts fourneaux de Pamiers fabrique assez régulièrement les fontes au combustible mixte, coke et charbon de bois. Le produit est généralement une fonte d'affinage blanche lamelleuse et rayonnée analogue aux nos 5 et 6 des fontes au coke pur. Le charbon de bois donne à ces fontes une qualité supérieure, et leur emploi est réservé au puddlage pour les fers Pamiers extra supérieurs, nerveux à double corroyage, les aciers naturels du premier choix, les aciers cimentés et corroyés en mélange avec le fer catalan cimenté, et les fers à grains pour outillages agricoles.

La valeur vénale de ces fontes est par tonne de 150 francs. Les conditions du travail sont les suivantes :

Pour 100 kilog. de fonte blanche d'affinage :

208 kilog. minerai à 2 ^f ,25 les 100 kilog.	francs. 4,68
95 kilog. coke à 5 ^f ,60 les 100 kilog.	3,42
5 kilog. charbon de bois à 7 ^f ,10 les 100 kilog.	3,55
52 ^k ,50 castine à 0 ^f ,50 les 100 kilog.	0,16
Main-d'œuvre.	0,60
Frais généraux.	6,40
Total.	12,46

Le minerai, qui vaut 1^f,50 à Vicdessos, coûte 2^f,25 à Pamiers, après avoir subi un transport en charrettes sur 50 kilomètres.

Le coke vient de Carmeaux, le charbon de bois des environs de Saint-Gaudens (Haute-Garonne).

La castine est extraite à 15 kilomètres de distance de l'usine; la façon coûte 0^f,20 et le port 0^f,50.

3° Fer J.P.A nerveux ordinaire.— Cette marque de fer,

qui forme les deux cinquièmes de la fabrication de Pamiers, est fabriquée avec des fontes n° 5 au coke, dont la valeur est par 100 kilog. de 10 à 10^f,50, et un mélange de fonte mixte coutant 12^f,80 à 13 francs.

La loupe du puddlage est cinglée rapidement au pilon; quelques scories restent encore intercalées pour faciliter la transformation ultérieure du grain en nerf. Au sortir du pilon, la loupe chaude est passée directement au laminoir dégrossisseur en plates; cet ensemble, puddlage, pilonage et grossier laminage, constitue une première opération.

Dans une seconde opération les plates sont cisailées, mises en paquets, soudées au four à réverbère et laminées aux dimensions du commerce; ce second travail est un véritable corroyage qui transforme à peu près complètement le grain du produit en beau nerf.

Cette marque est vendue pour carrosserie, fer maréchal, bergue ou fer à bœufs, etc.; elle est ductile, souple et résistante.

Les conditions économiques sont les suivantes :

Première opération.

Pour 100 kilog. de plates :

112 kilog. fonte à 11 francs les 100 kilog.	francs. 12,32
100 kilog. houille à 2 ^f ,70 les 100 kilog.	2,70
Main-d'œuvre.	2,40
Total.	16,42

La houille vient du bassin de Decazeville et se compose d'un quart gros, un quart tout venant et un demi-menu greleux.

Seconde opération.

Pour 100 kilog. de fer fini :

108 kilog. plates à 17 ^f ,42 les 100 kilog.	francs. 18,81
60 kilog. houille à 17 ^f ,42 les 100 kilog.	1,62
Main-d'œuvre.	2,40
Frais généraux de l'ensemble du travail (très-élevés)	2,50
Total.	25,43

4° *Fer J.P.A. à grains ordinaire.* — Cette qualité de fer à grains s'obtient par un mélange de fonte au coke n° 5 à 10^f,50 et de fonte mixte à 13 francs. La valeur moyenne de cette fonte est de 11^f,50.

La loupe est fortement cinglée au pilon, de façon à chasser complètement la scorie et éviter ainsi la transformation ultérieure du grain en nerf; elle est étirée en bloums au pilon.

Dans une seconde opération, le bloum rechauffé au réverbère est laminé aux dimensions du commerce. Ce fer est employé pour les outils agricoles, la taillanderie, les bandages de roues et les aciers cimentés.

Les prix de revient sont :

Première opération du puddlage.

Pour 100 kilog. de Bloum :	
	francs.
110 kilog. fonte à 11 ^f ,50 les 100 kilog.	12,65
100 kilog. houille à 2 ^f ,70 les 100 kilog.	2,70
Main-d'œuvre.	2,20
Total.	17,55

Seconde opération.

Pour 100 kilog. de fer fini :	
	francs.
100 kilog. Bloum à 17 ^f ,55 les 100 kilog.	19,50
60 kilog. houille à 2 ^f ,70 les 100 kilog.	1,62
Main-d'œuvre.	2,50
Frais généraux.	2,50
Total.	25,92

5° *Fer Pamiers qualité supérieure.* — Cette qualité supérieure de fer nerveux, complètement exempte de grains, s'obtient en faisant subir au fer J.P.A. nerveux un second corroyage dans les conditions suivantes :

Pour 100 kilogrammes de fer marchand :	
	francs.
108 kilog. de fer J. P. A, une fois corroyé à 22 ^f ,93.	24,76
(On a retranché les frais généraux.)	
60 kilog houille à 2 ^f ,70 les 100 kilog.	1,62
Main-d'œuvre.	2,30
Frais généraux.	2,50
Total.	31,38

On obtient aussi parfois des fers à grains de qualité supérieure ayant à peu près la même valeur que les fers Pamiers en traitant en bloums la fonte mixte pure coûtant 13 francs; le prix de revient est :

Première opération.

Pour 100 kilog. de bloums.	
	francs.
110 kilog. fonte à 13 ^f ,00 les 100 kilog.	14,30
110 kilog. houille à 2 ^f ,70 les 100 kilog.	2,70
Main-d'œuvre.	2,20
Total.	19,20

Seconde opération du réchauffage.

Pour 100 kilog. de fer fini.	
	francs.
110 kilog. bloums à 19 ^f ,20 les 100 kilog.	21,12
60 kilog. de houille à 2 ^f ,70 les 100 kilog.	1,26
Main-d'œuvre.	2,50
Frais généraux.	2,50
Total.	27,74

Parfois même, pour les cémentations fines, on fait quelques fondages au charbon de bois pur dont le produit est estimé à 15 francs les 100 kilog.

Le fer traité pour grains en bloums revient à :

Pour 100 kilog. de blooms :

110 kilog. de fonte à 15 francs les 100 kilog.	francs. 16,50
100 kilog. de houille à 2,70 les 100 kilog.	2,70
Main-d'œuvre.	2,20
Total.	21,40

Pour 100 kilog. de fer fini :

110 kilog. blooms à 21,40 les 100 kilog.	francs. 23,54
60 kilog. de houille à 2,70 les 100 kilog.	1,62
Main-d'œuvre.	2,50
Frais généraux.	2,50
Total.	30,16

6° *Fer Tarascon nerveux.* — Le fer Tarascon nerveux est fabriqué dans les mêmes formes que le J.P.A. nerveux en employant exclusivement la fonte au coke pur n° 6, dont la valeur moyenne peut être évaluée à 10^f,25 ; les résultats sont les suivants :

Première opération des plates.

Pour 100 kilog. de plates :

112 kilog. de fonte à 10 ^f ,20 les 100 kilog.	francs. 11,48
100 kilog. de houille à 2,70 les 100 kilog.	2,70
Main-d'œuvre.	2,40
Total.	16,58

Seconde opération, corroyage.

Pour 100 kilog. de fer marchand :

108 kilog. de plates à 16 ^f ,58 les 100 kilog.	francs. 17,91
60 kilog. de houille à 2,70 les 100 kilog.	1,62
Main-d'œuvre.	2,50
Frais généraux.	2,50
Total.	24,53

Cette qualité constitue la marque de qualité inférieure de fer nerveux. Il est employé pour fer maréchal.

7° *Fer Tarascon à grains.* — Cette marque de fer à grains commun est utilisée pour l'outillage agricole. On l'obtient comme J.P.A. à grains, par le traitement en bloum de fonte au coke n° 6, dont la valeur moyenne est de 10^f,25. Le prix de revient est :

Pour 100 kilog. de blooms :

110 kilog. de fonte à 10 ^f ,25 les 100 kilog.	francs. 11,28
100 kilog. de houille à 2,70 les 100 kilog.	2,70
Main-d'œuvre.	2,20
Total.	16,18

Pour 100 kilog. de fer fini :

110 kilog. de blooms à 16 ^f ,18 les 100 kilog.	francs. 17,80
60 kilog. de houille à 2,70 les 100 kilog.	1,62
Main-d'œuvre.	2,50
Frais généraux.	2,50
Total.	24,24

8° *Acier puddlé.* — On fait des aciers puddlés laminés de deux qualités ; l'une supérieure est produite avec la fonte mixte coûtant 13 francs, et l'autre inférieure avec des fontes Tarascon n° 5 et 6, à valeur moyenne de 10^f,50. Toutes les deux sont travaillées en blooms comme le fer à grains et subissent en outre l'opération complémentaire du ressuage ; au sortir du four à puddler, la loupe est cinglée au pilon et étirée en blooms.

Le bloum est ressué au réverbère et étiré de nouveau au pilon. Alors il est réchauffé de nouveau au réverbère et laminé aux dimensions du commerce.

Les deux qualités d'aciers puddlés sont employées pour les mêmes usages, outils à terre, lames de ressorts et limes. Les prix de revient sont les suivants :

N° 1. *Acier qualité supérieure.*

Puddlage pour 100 kilog. de bloums :	
	francs.
110 kilog. de fonte à 13 francs les 100 kilog.	14,50
110 kilog. de houille à 2 ^f ,70 les 100 kilog.	2,97
Main-d'œuvre.	2,20
Total.	19,47

Réchauffage et ressuage compris.

Pour 100 kilog. acier laminé :	
	francs.
108 kilog. de bloums à 19 ^f ,47 les 100 kilog.	21,05
60 kilog. de houille à 2 ^f ,70 les 100 kilog.	1,62
Main-d'œuvre.	2,50
Frais généraux.	2,50
Total.	27,65

N° 2. *Acier laminé de qualité inférieure.*

Puddlage pour 100 kilog. de bloums :	
	francs.
110 kilog. de fonte à 10 ^f ,50 les 100 kilog.	11,55
110 kilog. de houille à 2 ^f ,70 les 100 kilog.	2,97
Main-d'œuvre.	2,20
Total.	16,72

Réchauffage et ressuage compris.

Pour 100 kilog. d'acier laminé :	
	francs.
108 kilog. de bloums à 16 ^f ,72 les 100 kilog.	18,06
60 kilog. de houille à 2 ^f ,70 les 100 kilog.	1,62
Main-d'œuvre.	2,50
Frais généraux.	2,50
Total.	24,68

Les aciers martelés sont des aciers laminés auxquels on fait subir un ressuage pour ensuite être étirés au marteau. Cette opération se fait soit à Pamiers, soit à Saint-Pierre, et chaque année on vend près de 160 tonnes d'acier martelé. Ce travail coûte :

Pour 100 kilog. d'acier martelé :

	francs.
6 kilog. de déchet à 26 francs la moyenne.	1,56
60 kilog. de houille à 2 ^f ,70 les 100 kilog.	1,62
Main-d'œuvre.	3
Total.	6,18

L'acier martelé se vend à peu près 6 francs de plus que l'acier laminé de la qualité correspondante. Le martelage ne donne aucun bénéfice.

9° *Acier cimenté et corroyé.* — On fabrique par an 220 tonnes d'acier cimenté, dont 100 tonnes sont simplement étirées à Saint-Pierre, et 120 tonnes sont corroyées à la même usine. La cémentation se fait avec moitié fer à grains de Pamiers et moitié fer catalan; la cémentation coûte environ 4 francs par 100 kilog. La valeur de l'acier cimenté poule est donc d'environ 35 francs.

Pour un corroyage on commence par étirer l'acier cimenté poule en languettes dont le prix de revient est :

Pour 100 kilog. de languettes :	
	francs.
108 kilog. d'acier poule à 35 francs les 100 kilog.	37,80
100 kilog. de houille à 2 ^f ,70 les 100 kilog.	2,70
Main-d'œuvre.	6
Total.	46,50

Les languettes sont mises en trousses et corroyées en billes plates de 50 à 55 millimètres de côté sur 16 à 18 millimètres d'épaisseur. Ce travail coûte, déchet compris, 12 francs.

Les billes sont ensuite réchauffées et étirées aux dimensions du commerce pour donner l'acier corroyé à un corroyage dont le prix est :

	francs.
Languettes façonnées environ.	46
Façon des billes et leur étirage.	24
Total.	70

Ce prix est surtout élevé à cause des rebuts.

Cet acier à un corroyage se vend facilement dans le commerce au prix de 90 francs les 100 kilog.

Le second corroyage ne coûte que 12 francs, et donne à l'acier une plus-value de 15 francs.

Le troisième corroyage, dans lequel on met en languettes, coûte 20 francs, et ne donne à l'acier qu'une plus-value nouvelle de 15 francs.

10° *Travail de la lime.* — Près de 100 tonnes d'acier puddlé sont employées à faire des limes dans une usine de la même localité. Le travail de la lime, forgeage, taille et trempe, coûte 35 francs par 100 kilogrammes. Les prix de vente des limes suivant les qualités sont les suivants :

Pour 100 kilogrammes :	
	francs.
Limes en acier puddlé	99
Limes en acier cimenté	110
Limes en acier corroyé ou fondu	1125

11° *Travail des ressorts.* — L'acier puddlé de Pamiers est employé dans un atelier annexé à l'usine, jusqu'à concurrence de 200 tonnes par an pour la fabrication des lames de ressorts, et le montage de ces lames en ressorts à rouleaux ou à pincettes.

L'acier puddlé est travaillé comme d'ordinaire en bloums ressués et réchauffés et étirés en billettes à peu près rondes de 60 millimètres de diamètre. Le prix de ces billettes est le même que celui des aciers puddlés laminés, et peut être estimé en moyenne à 52 francs par 100 kilog. comme valeur vénale. Ces billettes sont ressuées et laminées directement en lames de ressorts aux conditions suivantes :

Pour 100 kilog. de lames de ressort :	
	francs.
107 kilog. de billettes à 52 francs les 100 kilog.	54,24
50 kilog. de houille	1,35
Main-d'œuvre	2,50
Total	58,09

Le prix du montage de ces lames en ressorts simples à rouleaux est de 18 francs, et des ressorts doubles à pincettes de 24 francs.

Parfois le bloum d'acier puddlé, au sortir du pilon, peut être directement transformé en billettes, et l'on évite une opération dont le coût est de 5 francs.

12° *Fonderie.* — Au haut fourneau en fonte mixte de Pamiers est annexé un petit atelier de moulage avec deux cubilots qui travaille pour les besoins de l'usine et produit par an 250 tonnes de pièces de moulage, aux conditions suivantes :

Pour 100 kilog. de fonte moulée :	
	francs.
107 kilog. de fonte mixte et bocages en moyenne à	12,50
50 kilog. de coke à 3,60 les 100 kilog.	1,08
Main-d'œuvre	4
Total	17,58

Économies possibles dans l'avenir de ces mines. — La production de l'usine de Pamiers est annuellement en fers et aciers d'environ 5.000 tonnes; elle correspond à une consommation de matières premières de

	tonnes.
Minerai de Rancé	12.000
Coke	7.000
Houille	8.000

Il est question d'établir à Rancé un plan incliné qui apportera dans le minerai une diminution de 5 francs par tonne. Entre Vicdessos et Tarascon, l'établissement d'un chemin de fer américain sur la route pourrait encore diminuer le prix du minerai de 1 franc par tonne.

La prolongation du chemin de fer du Midi entre Tarascon et Foix, décidée en principe, apportera dans le prix du coke une diminution de 1,50 par tonne.

D'autre part, les prix de transport des houilles de Decazville et Graissessac à Pamiers est de 13 et 12 francs par tonne. On peut espérer des voir réduits à 11 et 10 francs.

Les économies produites par l'exécution de cet ensemble de voies économiques serait donc de

	francs.
12.000 tonnes de minerai à 4 francs.	48.000
7.000 tonnes de coke à 1 ^{fr} ,50.	10.500
8.000 tonnes de houille à 2 francs.	16.000
Total.	74.500

Ce qui amènerait une diminution dans le prix de revient général des produits de 14^{fr},90 par tonne, ou 1^{fr},49 par 100 kilog.

Société de Berdoulet. — La Société métallurgique de Berdoulet exploite depuis trois ans à Berdoulet, près Foix, un grand haut fourneau où le minerai de Rancié est traité au coke. La production de ce four avec un minerai rendant en moyenne 48 p. 100 de fonte est de 6 à 7.000 tonnes par an. En allure chaude pour fonte grise, chaque coulée correspondante à un travail de douze heures est de 7.000 à 7.500 kilog.

En allure froide pour fonte blanche de puddlage, elle est de 12.000 kilog.

Les dimensions principales du four sont les suivantes :

	mètres.
Diamètre au gueulard.	2,50
Diamètre au ventre.	3,50
Diamètre au creuset.	1,50
Hauteur du gueulard au-dessus du ventre.	10,50
Hauteur du ventre au-dessus des tuyères.	4,50

Le fourneau se compose de deux troncs de cône dont l'inférieur renversé, juxtaposés; la cuve tronc de cône supérieure a un volume de 75 mètres cubes.

Les étalages et l'ouvrage ne font qu'un, et forment le tronc de cône inférieur renversé dont le cube est de 23 mètres.

Le volume total du four est de 95 mètres cubes.

Le vent donné par deux tuyères latérales à la pression

de 15 à 17 centimètres de mercure est fourni par une belle et puissante machine soufflante de 100 chevaux; cette machine est mise en mouvement par une turbine empruntant son eau à l'Ariège. Le monte-charge est une longue cloche en tôle analogue à un gazomètre manœuvrée à l'aide de l'air comprimé fourni par la machine soufflante.

Les flammes du gueulard sont utilisées pour chauffer l'air dans de très-bons appareils munis de laveurs. Pour les fontes grises n° 1, l'air est chauffé à 600 degrés; pour les fontes blanches n° 6, à 300 degrés seulement.

Le nombre de charges fait par coulée ou travail de douze heures varie entre 11 et 17, en moyenne il est de 12 à 14. Chaque charge comprend :

	kilog.
1° Coke, toujours exactement la même quantité de.	1.000
2° Minerai, en quantités variables, suivant l'allure :	
En allure chaude, fonte grise n° 1.	1.500
En allure froide, fonte blanche n° 6, en moyenne.	1.900
Parfois même la charge en minerai monte jusqu'à.	2.000
3° Castine. En allure chaude n° 1.	280
En allure froide n° 6.	350

Chaque charge met à peu près quarante-huit heures pour traverser le fourneau.

Les produits de Berdoulet éprouvés par le commerce depuis plusieurs années sont classés en six numéros correspondant à une gamme graduelle dans la température du fourneau, depuis l'allure très-chaude qui donne la fonte grise n° 1 jusqu'à l'allure très-froide où se produit la fonte blanche n° 6.

Le n° 1 est une fonte noire, graphiteuse, à grains espacés et ouverts, très-pure, à peu près exempte de silice, résistante, se cassant difficilement sous le marteau. Elle s'obtient au début d'une campagne avec un creuset neuf. Elle est très-appreciée pour la fabrication du métal Bessemer, et a été employée pour cet usage aux usines d'Imphy.

Les n° 2 et 3 sont des fontes grises de moulage à grains

serrés, utilisées dans les fonderies; elles ont beaucoup moins de résistance que la fonte n° 1, quoique moins cassantes que les fontes blanches. Ces numéros sont encore produits en allure chaude, et servent de passage du n° 1 aux fontes d'affinage. Leur emploi dans le commerce est difficile; on en produit le moins possible. Le n° 2 se vend en petite quantité aux fonderies de Toulouse; le n° 3, mélangé en très-petite quantité avec les fontes blanches, donne de la qualité aux produits du puddlage, mais rend le travail difficile et coûteux.

Le n° 4 est une fonte truitée grise; les parties blanches sont largement cristallines et parfois spéculaires. Cette variété se produit toujours au passage de l'allure chaude à l'allure froide pour fonte d'affinage. Travillée au puddlage qui est son unique emploi, elle donne des produits de choix, de très-bons fers à grains et des aciers fins; seulement, la décarburation est lente, le travail pénible et coûteux.

Le n° 5 est une fonte blanche assez cristalline et lamelleuse légèrement piquée de gris dont l'emploi est réservé au puddlage pour fers et aciers de bonne qualité ordinaire. Le travail est assez facile; on en passe de six à sept charges par douze heures suivant le plus ou moins de gris contenu.

Le n° 6 est une fonte blanche compacte, obtenue en allure très-froide, légèrement lamelleuse et rayonnée, utilisée au puddlage pour les fers et aciers communs. La décarburation est très-facile; on passe jusqu'à huit charges par douze heures.

Le minerai employé à Berdoulet est le minerai de Rancié dont le prix de revient à l'usine est de 1^f,92 les 100 kilogrammes.

Ce minerai, qui coûte à Vicdessos 1^f,50, a subi un transport en charrettes de 30 kilomètres.

Le coke vient de Carmeaux; par suite d'un marché spécial, il ne revient à l'usine située à 1 kilomètre 1/2 de la gare de Foix qu'au prix de 3^f,47, les 100 kilogrammes.

La castine, prise à un rocher du voisinage, coûte 0^f,125 les 100 kilogrammes.

Les conditions économiques du travail à Berdoulet, suivant les diverses allures, sont les suivantes:

Fonte grise n° 1, graphiteuse.

Pour 100 kilogrammes :		francs.
Minerai, 208 kilog. à 1 ^f ,92 les 100 kilog.		3,99
Coke, 155 kilog. à 3 ^f ,47 les 100 kilog.		5,37
Castine, 45 kilog. à 0 ^f ,125 les 100 kilog.		0,06
Main-d'œuvre.		0,60
Frais généraux.		0,40
Total.		10,42

Fonte grise de moulage n° 2 et 3.

Pour 100 kilogrammes :		francs.
Minerai, 208 kilog. à 1 ^f ,92 les 100 kilog.		3,99
Coke, 135 kilog. à 3 ^f ,47 les 100 kilog.		4,68
Castine, 40 kilog. à 0 ^f ,125 les 100 kilog.		0,05
Main-d'œuvre.		0,55
Frais généraux.		0,55
Total.		9,62

Fonte n° 4, truitée, grise.

Pour 100 kilogrammes :		francs.
Minerai, 208 kilog. à 1 ^f ,92 les 100 kilog.		3,99
Coke, 125 kilog. à 3 ^f ,47 les 100 kilog.		4,33
Castine, 40 kilog. à 0 ^f ,125 les 100 kilog.		0,05
Main-d'œuvre.		0,55
Frais généraux.		0,35
Total.		9,27

Fonte n° 5, truitée blanche.

Pour 100 kilogrammes :

	francs.
Minerai, 208 kilog. à 1',92 les 100 kilog.	3,99
Coke, 115 kilog. à 3',47 les 100 kilog.	3,99
Castine, 35 kilog. à 0',125 les 100 kilog.	0,04
Main-d'œuvre.	0,50
Frais généraux.	0,30
Total.	8,82

Fonte n° 6.

Pour 100 kilogrammes :

	francs.
Minerai, 208 kilog. à 1',92 les 100 kilog.	3,99
Coke, 110 kilog. à 3',47 les 100 kilog.	3,82
Castine, 35 kilog. à 0',125 les 100 kilog.	0,04
Main-d'œuvre.	0,50
Frais généraux.	0,30
Total.	8,65

Lorsqu'on passe brusquement de la fonte n° 1 aux fontes froides d'affinage en augmentant rapidement le volume de la charge de minerai, on obtient avec de bons coques exempts de soufre, dans une allure intermédiaire entre le n° 3 et le n° 4, de belles fontes blanches spéculaires analogues au spiegeleisen; cette fabrication est encore irrégulière et a besoin d'études.

La plus grande partie de la fonte de Berdoulet est vendue dans le commerce. Cependant depuis quelque temps ont été annexés à l'usine de Berdoulet deux fours à puddler avec pilon. La loupe y est cinglée et étirée en bloums; les bloums sont transportés à l'usine de Saint-Antoine, à 6 kilomètres en amont sur l'Ariège, pour être réchauffés à un réverbère et laminés pour le commerce.

Les conditions de ce travail sont à peu près les mêmes qu'à Pamiers, avec des frais généraux moins élevés et un outillage moins complet. Les produits, à peu près analogues

à ceux de Pamiers sont classés sous diverses marques représentant des qualités de même ordre.

On se propose de doubler prochainement l'annexe des fours à puddler de Berdoulet et d'en perfectionner l'outillage en y ajoutant un train de laminoir dégrossisseur. La force nécessaire sera produite par des chaudières utilisant les flammes perdues des fours à puddler.

L'exécution des voies économiques de transport entre la mine de Rancié et l'usine de Berdoulet, amènera sur le minerai une diminution assez considérable évaluée ainsi qu'il suit :

	francs.
Plan incliné de Rancié par tonne.	3,00
Chemin américain entre Vicdessos et Tarascon.	1,00
Chemin de fer de Tarascon à Foix.	1,00
Total.	5,00

La consommation du haut fourneau de Berdoulet étant d'environ 12.000 tonnes, l'économie produite sera de 60.000 tonnes.

FEUX D'AFFINERIE COMTOIS.

L'affinage au feu comtois et au charbon de bois vient tout récemment d'être essayé dans une ancienne forge catalane de Gudanes, près Tarascon, avec les fontes au coke pur de Rancié.

Ce petit foyer produit à peu près 100 kilogrammes de fer par vingt-quatre heures en douze ou quatorze massés de 75 kilogrammes chacun. Le travail de chaque opération dure d'une heure trois quarts à deux heures.

Les conditions économiques sont les suivantes :

Pour 100 kilog. de fer marchand :

	francs.
125 kilog. de fonte au coke de Tarascon à 10 ^f ,50. .	15,13
125 kilog. de charbon de bois à 9 fr. les 100 kilog.	7,50
Main-d'œuvre.	4,00
Frais généraux.	2,00
Total.	25,63

Le produit, encore peu connu dans le commerce, est vendu comme fer catalan au prix de 28 à 30 francs.

ACIERS DE CÉMENTATION.

Le fer catalan est éminemment propre à donner d'excellents aciers par la cémentation ; depuis de très-nombreuses années, cette industrie de la transformation des fers en aciers cémentés par la méthode allemande est installée dans l'Ariège ; elle a eu des époques très-prospères ; l'invention des aciers puddlés lui a porté un coup fatal dont elle a de la peine à se relever ; depuis quelque temps elle tend graduellement à disparaître.

Le tableau suivant en indique les vicissitudes :

ANNÉES.	PRODUCTION	VALEUR	VALEUR TOTALE.
	en quintaux de 100 kilog.	du quintal de 100 kilog.	
	kilog.	francs.	francs.
1826	7.895	70,00	553.050
1828	5.000	70,00	350.000
1831	6.100	70,00	427.000
1832	7.000	66,00	462.000
1833	8.000	66,00	528.000
1834	9.600	60,00	632.500
1836	7.800	52,00	405.600
1837	7.830	50,00	361.500
1839	7.800	50,00	390.000
1841	7.200	50,00	360.000
1842	7.600	50,00	380.000
1843	9.300	50,00	465.000
1845	10.200	50,00	510.000
1846	7.900	50,00	395.000
1847	8.100	50,00	405.000
1848	4.200	50,00	220.000
1849	4.000	50,00	200.000
1850	3.800	50,00	190.000
1851	7.000	48,00	336.000
1852	7.200	48,00	345.600
1853	10.300	48,00	494.400
1854	10.200	46,00	469.200
1855	10.500	46,00	483.000
1856	6.500	46,00	299.000
1857	6.000	45,00	270.000
1858	5.000	45,00	225.000
1859	5.000	45,00	225.000
1860	8.000	45,00	360.000
1861	7.000	45,00	315.000
1862	6.000	45,00	270.000
1863	5.000	45,00	225.000
1864	4.000	45,00	180.000
1865	3.500	45,00	167.500
1866	2.000	43,00	86.000
1867	1.000	43,00	43.000
1868	1.000	40,00	40.000

Cette industrie tend à disparaître et à être remplacée par celle des aciers puddlés ; le tableau, dans les dernières années, ne tient pas compte des fabriques de faux qui utilisent l'acier cémenté et font l'objet d'un chapitre spécial.

L'acier cémenté est presque toujours fabriqué avec le fer catalan, rarement avec le fer puddlé provenant du minerai de Rancié ; chaque cémentation dure environ vingt jours et produit de 22 à 25.000 kilogrammes d'acier cémenté ; les conditions du travail sont les suivantes :

Pour 100 kilog. d'acier cémenté :

	francs.
Houille, 80 kilog. à 3',50.	3,80
Main-d'œuvre.	0,40
Frais généraux.	1,00
Total.	<u>4,20</u>

Le fer catalan, employé, coûte de 30 à 32 francs rendu au four de cémentation; il ne donne pas de déchet, mais plutôt une légère augmentation de poids; l'acier cémenté poule est rarement vendu à cet état, il est presque toujours étiré et corroyé, sa valeur vénale à l'état poule est de 40 francs; la concurrence des aciers puddlés a fait dans ces derniers temps baisser cette valeur de 5 francs.

Aciers fondus. — L'acier fondu est fabriqué avec les chutes d'aciers aux environs de Foix depuis plusieurs années; vers 1862, un four d'acier fondu installé à Saint-Antoine a fonctionné pendant quelque temps.

Aux environs de Foix, l'usine à acier fondu contient quatre fourneaux de petite dimension renfermant chacun un seul creuset de 18 à 20 kilogrammes; la production annuelle est de 500 quintaux métriques.

La matière première est formée de rebuts et chutes d'aciers cémentés auxquels on ajoute pour faciliter la fusion quelques grammes de spiegeleisen ou fonte au bois de la localité; le déchet est de 1 pour 100; le prix de revient est le suivant :

	francs.
Pour 100 kildgrammes :	
101 kilog. de chutes d'aciers et fontes estimées à	
25 francs en moyenne.	25,25
Coke, 500 kilog. à 45 francs.	12,90
Main-d'œuvre.	5,00
Frais généraux et entretien.	2,00
Total.	<u>45,15</u>

L'acier brut en lingot vaut 50 francs; le plus souvent il est vendu étiré au prix de 90 francs.

FERS PARÉS, PETITS FERS, ACIERS ÉTIRÉS ET CORROYÉS.

Depuis de nombreuses années le fer brut des forges catalanes est élaboré en partie dans l'Ariège, pour y subir des opérations ultérieures qui augmentent sa valeur.

D'après M. François, en 1667, on comptait dans l'Ariège treize martinets pour fers parés qui produisaient des verges pour les clouteries du pays; le travail se faisait tout d'abord au charbon de bois; de 1808 à 1812 on lui substitua le charbon de pierre; ce dernier est depuis longtemps uniquement employé.

Plus tard le nombre de martinets s'accrut progressivement, surtout à la suite de l'emploi du fer en rubans pour cercles et feuilards; en 1836, on comptait vingt-trois martinets dans l'Ariège, les clouteries avaient déjà abandonné le fer ariégeois pour les produits des Landes et du Périgord; la création des laminaires a enlevé aux martinets, leurs principaux débouchés, et en ce moment on compte, en dehors de deux fabriques de faux et faucilles en activité, onze martinets pour fers dont :

Fabriques de feuilards.	3
Fabriques de pelles.	5
Fabriques d'outils divers, marteaux et massettes.	2
Étirages de fers.	<u>2</u>
Total.	11

et treize martinets pour étirages d'aciers puddlés et corroyés, presque tous compris dans la vallée de la Barguilrière, près Foix.

1° Fabriques de feuilards.

La fabrication des feuilards martelés est déjà ancienne dans le département; elle s'est maintenue assez régulièrement depuis, tout en diminuant d'importance par suite de

la concurrence des feuillards laminés fabriqués hors du département; le commerce de vins de Bordeaux et environs est resté fidèle aux cercles fabriqués avec le fer de l'Ariège; trois martinets entre Vicdessos et Tarascon travaillent pour feuillards, et fabriquent chacun par an 1.000 à 1.500 quintaux métriques, dans les conditions suivantes :

Pour 100 kilog. de feuillards :	
110 kilog. de fer catalan à 50 francs.	francs. 55,00
Houille, 50 kilog. à 3,50.	1,75
Main-d'œuvre.	2,50
Frais généraux et entretien.	1,50
Total.	58,75

Le prix de vente du feuillard martelé est d'environ 43 fr. pris en forge.

2° Fabriques de pelles.

Quatre ou cinq martinets font des pelles pour l'agriculture; pendant longtemps ils ont utilisé pour ce travail le fer fort catalan; ce dernier donnait beaucoup de déchet et était d'un travail difficile; depuis quelques années le fer fort de Pamiers ou acier puddlé est presque seul employé pour cet usage, les conditions de ce travail sont à peu près les suivantes :

Pour 100 kilog. d'outils :	
122 kilog. de fer fort à 33 francs.	francs. 40,26
Houille, 500 kilog. à 4 francs.	12,00
Main-d'œuvre.	6,00
Frais généraux et entretien.	5,00
Total.	65,26

Le prix de vente des pelles, suivant l'habileté des ouvriers, est de 70 à 80 francs.

Chaque martinet travaillant pour pelles peut faire de 90 à 100 kilogrammes par jour; la production annuelle de chaque martinet atteint à peu près 300 quintaux métriques.

3° Outils divers, marteaux et massettes.

Deux martinets, l'un près Tarascon, l'autre près Saint-Paul, travaillent pour outils agricoles en fer fort ou acier puddlé acheté à Pamiers, parfois en acier cimenté; on y fait des pelleversoirs, bêches, marteaux, barres à mines, massettes, fleurets de mines, etc., dont le prix de vente moyen est de 65 à 70 francs pour l'outil en fer fort ou acier puddlé, de 90 à 100 francs pour l'outil en acier cimenté, et 200 francs pour les marteaux d'acier fondu; deux ouvriers à chaque martinet produisent par jour 50 kilogrammes d'outillages, et consomment à peu près par marteau 100 à 150 kilogrammes de charbon; le déchet est considérable et atteint souvent 20 p. 100.

Cette industrie n'est guère qu'un commerce de détail dont il est difficile de préciser le prix de revient exact.

4° Étirages de fers.

Depuis un an ou deux, plusieurs maîtres de forges catalans essayent d'utiliser leur forge abandonnée en élaborant à la houille le fer en massiaux provenant du puddlage de la méthode anglaise et étirant ces massiaux en barres marchandes pour le commerce; trois marteaux de forges sont en ce moment occupés à ce travail. Cette industrie est encore toute récente, et paraît rappeler l'ancien travail du fer paré appliqué à nouveau sur les produits des forges anglaises; ces produits sont des massiaux fabriqués avec la fonte provenant des minerais de Rancié.

Les fers marchands ainsi obtenus, tout en paraissant un peu mieux travaillés que les anciens fers catalans, sont toujours un peu durs, acieureux, et surtout excellents pour les besoins agricoles. Tout en présentant avec le fer catalan quelques nuances au point de vue de son emploi, ils

participent toujours de leur nature dure, résistante, inégale, plus ou moins aciéreuse.

Un fait remarquable à noter, qui a été bien mis en relief par les nombreux essais de traitements des minerais de Rancié, essayés dans ces derniers temps dans l'Ariège, c'est que, quelques variées que soient les opérations métallurgiques auxquelles le minerai de Rancié soit soumis, feu catalan, four Chenot, haut fourneau au charbon de bois, au combustible mixte, au coke, affinage à la houille par la méthode anglaise ou au charbon de bois par la méthode comtoise, réchauffage à la houille ou au charbon de bois, tous les produits, aussi variés qu'ils puissent être, ont tous cette nature dure, tenace, résistante, cette tendance aciéreuse; tous donnent par cémentation d'excellents aciers persistants, susceptibles de nombreux corroyages.

Cette nature aciéreuse tient essentiellement au mode d'être du minerai de Rancié, d'où ces produits dérivent, et l'état de groupement moléculaire, aussi bien que la composition chimique de ce minerai, contribuent à faire de lui un cru spécial dont le cachet reste empreint sur tous ses dérivés, quelles que soient les méthodes employées pour les obtenir.

5° Étirages d'aciers.

L'étirage des aciers est une industrie ancienne dans la vallée de la Barguillière près Foix. Pendant longtemps on étirait les aciers provenant de la cémentation, suivant les termes consacrés, à 1, 2, 3 et 4 corroyages; la cémentation était faite avec le fer catalan, et l'on vendait des aciers cimentés simplement étirés ou corroyés à 1, 2, 3 ou 4 corroyages; ces aciers étaient parfaits et n'avaient pas d'autres inconvénients que leur prix trop élevé.

Depuis plusieurs années les aciers puddlés font aux aciers corroyés une rude concurrence, et même dans l'Ariège on

a été obligé de recourir à ces aciers puddlés pour soutenir la baisse des prix.

En dehors des fabriques de faux dont je donnerai le détail plus loin, treize martinets en ce moment sont occupés aux étirages des aciers puddlés et cimentés, achetés à peu près tous dans le pays. L'acier puddlé provenant des usines anglaises de Pamiers et Foix entre au moins pour la moitié dans ce travail. Sur ces treize martinets, quatre sont employés à corroyer les aciers et neuf à les étirer; les corroyeurs ne traitent que les aciers cimentés, et les autres, les aciers cimentés et puddlés.

La production journalière d'un corroyeur est de 150 kilogrammes, sa production annuelle de 450 quintaux métriques.

La production journalière d'un étireur est de 250 kilogrammes; son travail annuel est de 750 quintaux.

Chaque étireur consomme 150 kilogrammes de charbon par jour, et chaque corroyeur 200 kilogrammes; chaque marteau travaillant jour et nuit, occupe de cinq à six ouvriers. Les conditions du travail sont à peu près les suivantes.

Étirage de l'acier puddlé.

Pour 100 kilogrammes :

	francs.
105 kilog. d'acier puddlé naturel à 54 francs.	35,70
Houille, 60 kilog. à 2 ^l .70.	1,62
Main-d'œuvre.	5,00
Frais généraux et entretien.	2,00
Total.	44,32

Cet acier est vendu en barres de 45 à 50 francs les 100 kilogrammes; le bénéfice dépend énormément de l'habileté de l'ouvrier et du savoir-faire du maître de forges; le travail des aciers est des plus difficiles, et exige une longue pratique.

Étirage de l'acier cimenté.

Pour 100 kilogrammes :	
	francs.
105 kilog. d'acier cimenté poule à 40 francs.	42,00
Houille, 60 kilog. à 2 ^f ,70.	1,60
Main-d'œuvre.	5,00
Frais généraux et entretien.	2,00
Total.	50,62

Cet acier étiré est vendu au prix moyen de 55 francs, parfois à 60 francs, quand il est de très-bonne qualité.

Corroyage des aciers.

Pour 100 kilogrammes :	
	francs.
115 kilog. d'acier cimenté à 40 francs.	46,00
Houille, 150 kilog. à 2 ^f ,70.	4,05
Main-d'œuvre.	10,00
Frais généraux et entretien.	2,00
Total.	62,05

L'acier corroyé une fois se vend au prix de 75 et 80 francs les 100 kilog.

Chaque corroyage successif coûte de 12 à 15 francs; l'acier corroyé deux fois vaut de 90 à 100 francs; l'acier corroyé trois fois vaut de 110 à 120 francs, et l'acier corroyé quatre fois, assez rare, se vend jusqu'à 140 et 150 francs.

FABRIQUES DE FAUX ET FAUCILLES.

La fabrication des faux et faucilles est une industrie fort ancienne dans le pays; en ce moment on compte deux fabriques importantes, l'une aux portes de Foix, et l'autre à Saint-Antoine; la matière première est généralement l'acier cimenté, parfois l'acier fondu.

La production annuelle des deux usines est de 140.000

faux pesant chacune 800 grammes en moyenne, et 40 à 45.000 faucilles pesant 400 grammes; pour chaque faux 1 kilogramme d'acier est nécessaire. La production totale en faux et faucilles s'élève par an de 1.500 à 1.600 quintaux métriques. Le prix de revient est à peu près le suivant :

Par faux pesant 800 grammes :	
	francs.
1 kilog. d'acier cimenté à 40 francs.	0,40
Charbon, 2 kilog. à 2 ^f ,80.	0,06
Main-d'œuvre.	0,53
Frais généraux et entretien.	0,10
Total.	1,09

Le prix de vente moyen de la faux est de 1^f,40.

Pour 100 kilog. de faux :	
	francs.
125 kilog. d'acier cimenté à 40 francs.	50,00
Houille, 255 kilog. à 2 ^f ,80.	6,58
Main-d'œuvre.	65,65
Frais généraux et entretien.	10,00
Total.	152,21

La valeur moyenne de 100 kilogrammes de faux est de 180 francs.

La faucille généralement fabriquée en acier fondu, pesant 400 grammes, peut valoir 0^f,80.

CLOUTERIES.

De temps immémorial, on fabrique des clous dans la vallée de la Barguillière aux villages de Ganac, Brassac, Benac, Saint-Pierre, Serres et Ferrières, les ouvriers y sont dispersés par petits ateliers de dix, quinze et vingt ouvriers; ils fabriquent à bras, et le vent des forges maréchaux qui sert à chauffer le fer est donné par des soufflets

mus par de petits rouets hydrauliques épars sous les nombreux cours d'eaux qui sillonnent la vallée.

Le nombre de ces ouvriers est de quatre cent-cinquante, leur production annuelle, atteint 10.000 quintaux métriques.

A une époque très-ancienne, les cloutiers n'employaient que du fer de l'Ariège; vers 1820 et 1825, à la suite d'une hausse du prix dans le fer catalan, ils ont eu recours au fer verge des Landes, du Périgord plus doux et plus facile à travailler, et depuis cette époque ils n'utilisent que le fer de ces deux localités; à plusieurs reprises, l'usine anglaise de Pamiers a essayé sans succès de vendre ses produits aux cloutiers.

Le fer ariégeois même puddlé est trop dur, il donne trop de déchet, et son travail pour clous est difficile.

Le prix de revient moyen de ces clous est le suivant ;

Pour 100 kilogrammes :	
	francs
112 kilog. de fer verge, refondu ou cylindré à 21 fr.	45,92
50 kilog. houille à 4,50.	2,25
Main-d'œuvre.	27,00
Frais généraux et entretien.	3,00
Total.	<u>78,17</u>

Le prix de vente moyen de ces clous est de 100 à 110 fr. les 100 kilogrammes.

MÉTAL BESSEMER.

L'opération Bessemer a pour objet principal la décarburation de la fonte par l'action de l'air comprimé, et sa transformation en fer ou métal Bessemer, ayant certaines propriétés de l'acier telles que la ductilité au laminoir et au marteau et la dureté. Ce métal ne se soude pas, ou très-difficilement, et soumis à plusieurs chaudes, il se transforme

en fer nerveux; il sert d'intermédiaire entre les fontes grises malléables et les aciers; son épuration est encore incomplète.

Dans l'opération métallurgique, l'action de l'air à une forte température brûle le carbone et scorifie une partie du fer; cette scorification aide à la combustion du carbone; la matière restant tout le temps en ébullition et en mouvement tumultueux, la silice, gangues et diverses parties essentielles du minerai qui a donné la fonte restent forcément en traces dans cette dernière, enveloppant chaque particule métallique; elles enlèvent au produit sa cohésion, et le rendent plus ou moins cassant.

Le métal Bessemer est d'autant plus tenace, plus nerveux, que la fonte est plus exempte de gangues siliceuses ou terreuses, condition qui ne peut s'obtenir qu'avec des fontes obtenues en allure très-chaude avec des minerais très-purs, dont le peu de gangue mélangée, mais non combinée au minerai, peut-être chassée par une liquation facile et passée aux scories dans le travail du haut fourneau.

A cet égard on peut dire que peu de fontes sont aussi éminemment propres à produire le bon métal Bessemer que les fontes grises n° 1, graphiteuses obtenues en allure chaude avec le minerai de Rancié; dans le sommet de la cuve du haut fourneau, ce minerai hydraté devient, au départ brusque de l'eau, très-poreux; il ne tarde pas à se transformer en éponge métallique, grossièrement mélangée avec une faible quantité de silice, manganèse, chaux, et magnésie, dont la liquation et le passage aux scories est des plus faciles, et pour peu que l'allure soit un peu élevée en température, le produit est une combinaison chimique, presque pure de fer et de carbone sans gangues étrangères. L'emploi au Bessemer ne peut qu'être parfait.

Des essais faits avec des fontes grises n° 1, de Berdoulet à l'usine d'Imphy, ont donné des résultats satisfaisants.

Il est à regretter que les fontes chaudes de Rancié pur

n'aient pas été éprouvées d'une façon suivie dans un petit atelier Bessemer récemment construit près de Foix dans la vallée de la Barguillère.

MÉTAL MARTIN.

Les mêmes motifs invoqués pour l'emploi des fontes chaudes de Rancié dans l'opération Bessemer permettent de présumer que la méthode Martin se trouverait bien de l'usage de ces fontes. Dans cette méthode la scorification des parties siliceuses et terreuses de la fonte est possible; elle peut par suite traiter des produits moins purs que la méthode Bessemer, mais plus les fontes sont exemptes de matières étrangères, meilleures sont les produits, et à cet égard la fonte chaude de Rancié ne saurait craindre aucune concurrence.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'EMPLOI DU MINÉRAI DE FER DE RANCIÉ.

Le minerai de fer de Rancié, traité directement par la méthode catalane ou le four à éponges Chenot, donne des fers à grains plus ou moins mélangés de parties aciéreuses, durs, résistants, à grains un peu inégaux, excellents pour la transformation en aciers fins par la cémentation; un corroyage ultérieur du fer à grains le convertit en fer nerveux très-tenace, susceptible de supporter toutes les opérations de la tréfilerie, tôlerie et ferblanterie.

Traité au haut fourneau au charbon de bois, au combustible mixte ou au coke avec transformation de la fonte en fers et aciers par la méthode anglaise, il produit, étiré et réchauffé en blooms, de bons aciers puddlés qui se vendent facilement et assez résistants, quoique moins durs que les aciers catalans, et susceptibles de supporter une ou deux

chaudes sans perdre leur qualité aciéreuse, et des fers à grains assez homogènes, de texture plus régulière que les fers catalans; laminés directement en plaques au sortir du four à puddler et réchauffés avec corroyage, les fers deviennent nerveux et très-propres aux usages de la carrosserie qui exige un fer souple et résistant; un second corroyage leur donne une régularité et une ductilité plus parfaite qui permettraient d'en tirer d'excellentes tôles, si le prix n'en était pas trop élevé.

La propension naturelle du minerai de Rancié est donc de donner directement, quels que soient les procédés métallurgiques employés, des aciers, des fers à grains à tendance aciéreuse qui deviennent nerveux par un corroyage ultérieur. Les produits de Rancié, tous de qualité supérieure, ont surtout pour analogues les fers et aciers de Suède employés pour les mêmes usages qui arrivent sur les marchés de France, à des conditions de prix à peu près semblables; le principal défaut des fers et aciers Rancié est leur manque d'homogénéité dans le traitement direct, défaut en grande partie corrigé dans le travail de la méthode anglaise; d'autre part, les prix de revient sont encore trop élevés, les matières premières, minerai et charbon, sont chères.

Cette tendance persistante aciéreuse, liée à cette facilité de transformation du fer dur à grains en fer nerveux souple et ductile par un seul corroyage, paraît tout d'abord un fait anormal qui ne peut être attribué qu'à la pureté chimique naturelle du minerai et à son état d'agrégation moléculaire spécial qui permet la séparation facile et rapide des particules métalliques et des gangues. Cette nature assez spéciale explique en même temps la commodité avec laquelle le fer s'extrait du minerai au moindre contact du charbon comme dans les anciens feux catalans de montagnes et la méthode Chenot.

Sa teneur moyenne est à peu près la suivante :

Eau.	10	à	11	
Fer.	50	à	51	p. 100
Manganèse.	5	à	5	$\frac{1}{2}$
Oxygène.	25	à	24	
Silice.	8	à	9	
Chaux et magnésie.	1	à	1	$\frac{1}{2}$
Total.	95	à	100	

La silice n'est point à l'état de silicate combiné, mais bien de sable mélangé et répandu assez uniformément dans toute la masse; la scorification de la silice est rapidement aidée par la forte proportion de manganèse contenue et mélangée comme la silice dans la pâte du minerai sans combinaison chimique spéciale; dans l'éponge produite par la méthode Chenot, il est facile de se rendre compte de ce mélange plus ou moins régulier de manganèse peroxydé, dont la transformation en protoxyde vert foncé par les gaz réducteurs du fourneau révèle par ses taches vertes réparties dans la masse noire de l'éponge, la présence du manganèse. Le peu de chaux et de magnésie contenu dans le minerai, aide encore à cette scorification et à la séparation parfaite des particules métalliques et molécules terreuses.

La teneur considérable en eau des fers hydroxydés et hématites de Rancié doit être comptée en large part dans la facilité du traitement de ces minerais, et bien des minerais non hydratés, quoique de composition chimique analogue, donnent des produits de qualité inférieure.

L'eau intimement combinée à toute la masse minérale, cristalline ou non, et non pas simplement mélangée comme les gangues terreuses ou siliceuses, s'échappe rapidement au premier contact du charbon, et donne à toute la masse une grande porosité et une texture d'éponges celluluses, dans sa constitution intime, et permet l'action rapide sur cette masse des agents de la combustion du charbon quelle qu'en soit la nature.

Si l'on joint à cet ensemble de faits l'absence complète de

toutes matières nuisibles aux opérations métallurgiques, telles que soufre ou phosphore, il est facile de se rendre compte de cette excellence des produits de Rancié à double caractère, consistant à donner au traitement direct des aciers persistants ou des fers à grains plus ou moins acie-reux, et après corroyage des fers nerveux et ductiles.

Les mêmes qualités ne peuvent se retrouver que dans les produits des minerais présentant cet ensemble de quatre conditions, savoir :

1° D'être exempts de matières nuisibles telles que soufre, phosphore et gangues terreuses, chaux, magnésie ou alumine en proportions sensibles;

2° De ne contenir d'autres gangues que la silice simplement mélangée dans la masse, à l'état de sable non combiné, ou encore mieux de ne pas contenir de gangues;

3° De renfermer du manganèse en proportion suffisante, mélangé dans toute la masse, pour aider à la scorification des gangues;

4° D'être naturellement poreux pour faciliter l'action des produits de la combustion ou susceptible de le devenir par une teneur convenable en eau de combinaison.

D'après ces conditions, il est facile de retrouver les similaires des produits de Rancié ou les plus analogues; les principaux sont les fers de Suède, les produits des minerais d'Afrique de Mokda, des minerais de Prusse utilisés, dans le bassin de la Ruhr, et en France ceux des minerais spathiques grillés de l'Isère, la Savoie et les Pyrénées-Orientales.

On outre, le travail de Rancié au coke donne des qualités analogues aux fers des fontes au bois et affinés au bois sur plusieurs points du territoire français, tels que les Landes, le Périgord et la Franche-Comté.

Cependant ces produits de Rancié de qualité si exceptionnelle sont peu connus, encore mal classés, et l'industrie ariégeoise est modeste: les prix de revient sont trop

élevés, les similaires arrivent sur tous les marchés dans des conditions de lutte difficile pour l'Ariège.

Que par des voies économiques de transport on arrive à relier sans discontinuité la mine de Rancié aux houillères du Midi, qu'on abaisse un peu les frais de transport sur les chemins de fer, et l'industrie locale du fer Rancié, protégée par ses qualités, se trouvera en état de lutter avec la concurrence étrangère; elle ne tardera pas à se développer et à prendre peut-être une extension inattendue.

TABLEAU MINÉRALOGIQUE

PAR

M. ADAM,

Commandeur de la Légion d'honneur, Conseiller maître
à la Cour des comptes, etc.

PRÉFACE.

La description des produits de la nature en exige le classement.

L'étude de la Minéralogie, à laquelle concourent la chimie, la géométrie et la physique, offre des difficultés que ne comportent pas au même degré les autres sciences descriptives.

Un système de classification, simple dans son principe et méthodique dans ses déductions, rendrait cette étude plus facile.

J'ai cherché à atteindre ce but.

Successivement modifié suivant les progrès qu'amène le temps, le travail que je publie aujourd'hui et qui énonce les principales propriétés des minéraux, présente une classification basée sur le caractère essentiel des corps inorganiques, la constitution chimique. Le caractère géométrique, la forme régulière, si importante d'ailleurs pour la désigna-

tion individuelle des espèces, ne concourent à ce classement que pour distinguer entre elles les substances de même composition, mais d'agrégation moléculaire différente.

Ce travail n'est pas seulement l'exposé d'une conception théorique ; il est le tableau fidèle, quoique agrandi (*), d'une collection de minéraux commencée il y a plus de cinquante ans, constamment accrue et qui, destinée à un établissement public, ne sera pas dispersée après moi.

Paris, janvier 1869.

INTRODUCTION.

I. — EXPOSÉ DU SYSTÈME DE CLASSIFICATION.

Le Tableau minéralogique présente les principaux caractères chimiques, géométriques et physiques des minéraux.

Ces minéraux y sont rangés d'après les deux premiers.

Le principal des caractères chimiques, la composition, détermine le classement général ou des familles.

Ce caractère et, dans quelques cas, la forme géométrique, fixent le classement particulier ou des espèces.

L'ordre dans lequel les familles sont disposées est analogue à celui que Berzélius a introduit.

La famille est la réunion des minéraux ayant le même élément dominant. Elle tire sa dénomination de cet élément, et est partagée en genres qui en distinguent les combinaisons.

(*) Les minéraux décrits jusqu'à présent sont indiqués dans ce tableau ; mais il en manque encore quelques-uns dans la collection.

Le genre se divise en sous-genres déterminés par la nature de la composition.

L'espèce est le corps élémentaire, ou bien le composé qu'il présente en proportions définies. Ses variétés sont rangées selon qu'elles se rapprochent le plus de son expression chimique. La simplicité de composition et la proportion des éléments principaux assignent la place respective des espèces d'un même sous-genre, en commençant par celles qui sont anhydres.

Quand un minéral offre deux types géométriques différents, chaque type constitue alors une espèce particulière. Pour les combinaisons anormales, la forme décide aussi de l'espèce à laquelle elles doivent se rattacher.

Le système repose ainsi sur un caractère chimique appliqué à tous les degrés de la classification, et n'emprunte le concours d'un caractère extérieur que pour les minéraux dimorphes ou mélangés.

La famille des Silicides demandait une disposition spéciale.

Dans cette famille le genre silicate, qui contient à lui seul près de la moitié de tous les minéraux décrits, offre un grand nombre d'espèces différant entre elles, moins par la nature de leurs éléments constitutifs, que par la proportion de ces éléments.

Aussi, dans leur classement, les silicates sont partagés en trois divisions selon les bases des formules \bar{R} , R et $\bar{R} + R$; et chaque division est séparée en deux sections : les silicates anhydres et les silicates hydratés.

La première division \bar{R} et la seconde R , dont les espèces n'ont qu'une base formée d'éléments d'un seul symbole, présentent le rapport de l'oxygène des éléments entre la silice et la base. La troisième $\bar{R} + R$, dont les espèces ont deux bases de symbole différent, offre le rapport d'abord entre les bases, ensuite avec la silice. Pour les minéraux

hydratés, l'oxygène de l'eau entre le dernier dans le calcul.

Les silicio-aluminates et les silicates renfermant du bore, du chlore, etc., sont rangés d'après les mêmes considérations, sauf la distraction du composé combiné avec le silicate, à la suite de la troisième division.

Pour toutes les divisions la quantité d'oxygène contenue dans la silice est indiquée séparément, l'oxygène du minéral, non compris l'eau qu'il renferme, étant compté pour cent.

La considération de l'analogie des espèces a déterminé le mode d'appréciation des éléments dans les trois divisions; mais ce mode, dans la troisième, ne pouvait être identique à celui des deux autres.

En effet, si dans les deux premières la proportion décroissante de la silice, qui fixe le rang des espèces, est en général d'accord avec les relations que présentent ces espèces ainsi groupées, il n'en est plus de même dans la troisième, où l'analogie ressort bien plus du rapport des bases entre elles que de la comparaison de la silice avec les bases (*).

(*) Un abrégé de ce travail sur la famille des Silicides, adressé à l'Institut en 1847 et mentionné par M. Delafosse dans son rapport sur les progrès de la Minéralogie (page 83), a déjà été inséré dans le *Traité de minéralogie* de Dufrenoy, publié en 1859 (tome IV, page 657) et traduit en allemand par Kennigott dans sa *Revue des travaux de l'année 1838*.

DISTRIBUTION DES FAMILLES.

I. Hydrogénides.	XXIII. Magnésides.
II. Silicides.	XXIV. Aluminides.
III. Borides.	XXV. Uranides.
IV. Carbonides.	XXVI. Manganides.
V. Titanides.	XXVII. Ferrides.
VI. Tantalides.	XXVIII. Niccolides (Nickélides).
VII. Niobides.	XXIX. Cobaltides.
VIII. Wolframides (Tungstides).	XXX. Zincides.
IX. Molybdides.	XXXI. Cadmides.
X. Vanadides.	XXXII. Stannides.
XI. Chromides.	XXXIII. Plumbides.
XII. Tellurides.	XXXIV. Bismuthides.
XIII. Stibides (Antimonides).	XXXV. Cuprides.
XIV. Arsénides.	XXXVI. Hydrargyrides.
XV. Phosphorides.	XXXVII. Argyrides.
XVI. Nitrides (Azotides).	XXXVIII. Palladides.
XVII. Séléniides.	XXXIX. Iridides.
XVIII. Sulfurides.	XL. Platinides.
XIX. Jodides.	XLI. Osmides.
XX. Bromides.	XLII. Aurides.
XXI. Chlorides.	
XXII. Fluorides.	

Appendice : Météorites.

DISPOSITION DE LA FAMILLE DES SILICIDES.

Genre silice.	
Silice.	{ A. Anhydre. B. Hydratée.
Genre silicate.	
I. Silicates \ddot{R}	{ A. Anhydres. B. Hydratés.
II. Silicates \dot{R}	{ A. Anhydres. B. Hydratés.
III. Silicates $\ddot{R} + \dot{R}$	{ A. Anhydres. B. Hydratés.
Silicio-aluminates.	
Silicates avec Bore, Chlore, etc.	

III. — EXPLICATION DU TABLEAU MINÉRALOGIQUE.

Les colonnes du Tableau présentent les indications suivantes :

ε Nom des minéraux, type cristallin, dureté, densité, fusibilité, solubilité, composition chimique suivie du nom de l'auteur de l'analyse ou de la description à défaut d'analyse, et formule.

La famille des Silicides comporte en outre deux colonnes énonçant la proportion de l'oxygène de la silice avec celui du minéral qui la renferme, et le rapport de la silice avec les bases et des bases entre elles.

Le nom de chaque espèce est univoque; il est précédé d'un numéro d'ordre reproduit dans l'index qui fait suite au Tableau. A ce numéro se rattachent les variétés de l'espèce.

Le nom des minéraux admis comme espèces est seul accompagné de l'énoncé de leurs principaux caractères. Celui des substances qui ne sont que des variétés, quoiqu'elles aient reçu des désignations particulières, vient à la suite de celui de l'espèce. La composition de ces variétés est quelquefois indiquée quand il y a lieu de la préciser.

Excepté un petit nombre de dénominations introduites pour remplacer celles qui n'étaient pas univoques, ou pour désigner des minéraux nouveaux, les noms le plus généralement admis ont été conservés.

Le type cristallin est représenté par des lettres :

- C . Type cubique. (Hexaèdre des Allemands)
 Ca . — prismatique à base carrée. Prisme quadratique.
 R . — rhomboédrique. — hexagonal.
 D . — rhomboïdal droit. — rhombique.
 O . — rhomboïdal oblique — clinorhombique.
 OO . — oblique à base oblique. . . — anorthique.

La dureté est exprimée selon l'échelle de Mohs.

La densité est, en général, celle qui a été déterminée par l'auteur de l'analyse citée.

La fusibilité comprend la fusion plus ou moins complète, au chalumeau ordinaire, et même l'arrondissement sur les bords du fragment essayé, ainsi que la volatilisation par la chaleur, et la fluidité à la température moyenne de l'air.

La solubilité s'entend soit de la dissolution, soit de l'attaque entière ou partielle par les acides chlorhydrique et nitrique.

La composition présente, au total de cent, les résultats de l'analyse exprimés en nombres entiers. La lettre n indique les substances non déterminées ou en quantité essentiellement variable; ou bien les mélanges tout à fait accidentels ou mécaniques.

Le nom abrégé de l'auteur de l'analyse, reproduit en entier dans une table alphabétique, est à la suite des chiffres qui exposent cette analyse.

Pour la famille des Silicides, dont les divisions procèdent

moins de la valeur de chacun des éléments qui les composent que du groupement de ces éléments, les chiffres de l'analyse sont remplacés par des lettres indiquant seulement la nature des constituants du minéral. Les lettres droites y désignent les corps simples; les lettres inclinées les corps oxygénés et, parmi ceux-ci, les lettres *f* et *mn* expriment les protoxydes de fer et de manganèse.

La composition de la silice, encore incertaine, se trouvant représentée dans les ouvrages de minéralogie soit par Si , soit par Si , le premier symbole a été préféré, quoique le second semble prévaloir depuis quelque temps. Tous deux ne reposent que sur une hypothèse; mais le symbole Si est le plus ancien, et les formules qui l'admettent sont plus simples et souvent rendent mieux les résultats de l'analyse.

La formule qui résume la composition, n'est produite que pour les espèces; il n'en est pas rapporté pour les variétés. La moins compliquée a été adoptée.

III. — SYMBOLES ET ÉQUIVALENTS.

Corps simples.

	SYM-BOLES.	ÉQUI-VALENTS.		SYM-BOLES.	ÉQUI-VALENTS.
Aluminium.	Al	172,00	Mercure (Hydrar- gyrum)	Hg	1250,00
	Al	344,00	Molybdène.	Mo	600,00
Ammonium.	Am	225,00	Nickel	Ni	369,00
	NH ⁺		Niobium.	Nb	611,00
Ammoniaque.	NH ³	212,50	(Marignac).		587,50
Antimoine (Sti- bium)	Sb	762,50	Or (Aurum).	Au	1229,00
	Sb	1525,00	Osmium.	Os	1244,00
Argent.	Ag	1350,00	Oxygène.	O	100,00
Arsenic.	As	468,75	Palladium.	Pd	665,00
	As	937,50	Phosphore.	P	387,50
Azote (Nitroge- nium)	N	175,00	Platine.	Pt	1232,00
Baryum.	Ba	857,00	Plomb.	Pb	1294,00
Bismuth.	Bi	2625,00	Potassium (Ka- lium).	K	488,00
Bore.	B	137,50	Rhodium.	Rh	652,50
Brome.	Br	1000,00	Rubidium.	Rb	1062,50
Cadmium.	Cd	700,00	Ruthénium.	Ru	652,00
Calcium.	Ca	250,00	Sélénium.	Se	497,00
Carbone.	C	75,00	Silicium { avec O ³ avec O ² }	Si	262,50
Cérium.	Ce	575,00	Sodium (Natrium).	Na	287,50
Chlore.	Cl	444,00	Soufre.	S	200,00
Chrome.	Cr	228,00	Strontium.	Sr	547,00
Cobalt.	Co	369,00	Tantale.	Ta	860,00
Cæsium.	Cs	1662,50	(Marignac).		1075,00
Cuivre.	Cu	397,00	Tellure.	Te	802,00
Didyme.	Di	600,00	Thallium.	Tl	2537,50
Étain (Stannum).	Sn	737,50	Thorium.	Th	744,00
Fer.	Fe	350,00	Titane.	Ti	306,00
Fluor.	Fl	237,50	Tungstène (Wol- framium)	W	1150,00
Glucinium.	Gl	58,00	Urane.	U	747,00
Hydrogène.	H	12,50	Vanadium.	V	857,00
Indium (Reich).	In	458,50	Yttrium.	Y	403,00
Iode.	I	1587,50	Zinc.	Zn	409,00
Iridium.	Ir	1232,00	Zirconium { avec O ³ avec O ² }	Zr	420,00
Lanthane.	La	580,00			560,00
Lithium.	Li	87,50			
Magnésium.	Mg	153,00			
Manganèse.	Mn	344,00			

Corps oxydés.

		SYM-BOLES.	EQUI-VALENTS.	OXYGÈNE P. 100.
Alumine		Al	644,0	46,58
Ammonique	Ox.	Am NH ⁺	325,0	30,76
Antimonieux	Ac.	Šb	1825,0	16,43
Antimonique	Ac.	Šb	2025,0	24,69
Argentique	Ox.	Āg	1450,0	6,89
Arsénieux	Ac.	Ās	1237,5	24,21
Arsénique	Ac.	Ās	1437,5	34,78
Azotique (Nitrique)	Ac.	Ñ	675,0	71,07
Baryte		Ba	957,0	10,14
Bismuthique	Ox.	Bi	2225,0	10,25
Borique	Ac.	B	437,5	68,57
Cadmique	Ox.	Ĉd	800,0	12,50
Carbonique	Ac.	Ĉ	275,0	72,73
Mellitique	Ac.	Me C ⁺ O ³	600,0	50,00
Oxalique	Ac.	Ĉ	450,0	66,66
Céreaux	Ox.	Ĉe	675,0	14,81
Cérique	Ox.	Ĉe	1450,0	20,68
Chaux		Ĉa	350,0	28,57
Chromique	Ox.	Ĉr	956,0	31,38
—	Ac.	Ĉr	628,0	47,77
Cobalteux	Ox.	Ĉo	469,0	21,34
Cobaltique	Ox.	Ĉo	1038,0	28,99
Cæsique	Ox.	Ĉs	1762,5	5,67

		SYM-BOLES.	EQUI-VALENTS.	OXYGÈNE P. 100.
Cupreux	Ox.	Ĉu	894,0	11,18
Cuprique	Ox.	Ĉu	497,0	20,12
Didymique	Ox.	Di	700,0	14,28
Eau		H	112,5	88,88
Ferreux	Ox.	Fe	450,0	22,22
Ferrique	Ox.	Fe	1000,0	30,00
Glucine		Gl	158,0	63,29
Irideux	Ox.	Ir	1332,0	7,50
— (sesqui)	Ox.	Ir	2764,0	10,85
Lanthanique	Ox.	La	680,0	14,70
Lithine		Li	187,5	53,33
Magnésie		Mg	253,0	39,52
Manganeseux	Ox.	Mn	444,0	22,52
Manganique	Ox.	Mn	988,0	30,36
Manganique (per.)	Ox.	Mn	544,0	36,76
Mangano-manganique	Ox.	MnMn	1432,0	27,93
Mercureux	Ox.	Hg	2600,0	3,80
Molybdique	Ac.	Mo	900,0	33,33
Niccoleux	Ox.	Ni	469,0	21,32
Niccolique	Ox.	Ni	1038,0	28,90
Niobique	Ac.	Nb	1675,0	29,85
Osmieux	Ox.	Os	1344,0	7,44
Osmieux (sesqui)	Ox.	Os	2788,0	10,76
Palladeux	Ox.	Pd	765,0	13,07
Phosphorique	Ac.	P	887,5	56,33
Plombique	Ox.	Pb	1394,0	7,17

		SYM- BOLES.	ÉQUI- VALENTS.	OXYGÈNE P. 100.
Plombique (super)	Ox.	Pb	1494,0	13,38
Potasse		K	588,0	17,00
Sélénieux	Ac.	Se	697,0	28,69
Silice		Si	562,5	53,33
		Si	375,0	53,33
Soude		Na	387,5	25,80
Stanneux	Ox.	Sn	837,5	11,94
Stannique	Ox.	Sn	935,5	21,33
Sulfurique	Ac.	S	500,0	60,00
Strontiane		Sr	647,0	15,45
Tantalique	Ac.	Ta	2650,0	18,86
Tellureux	Ac.	Te	1002,0	19,96
Tellurique	Ac.	Te	1102,0	27,22
Thorine		Th	844,0	11,84
Titanique	Ox.	Ti	912,0	32,89
Titanique	Ac.	Ti	506,0	39,52
Uranieux	Ox.	U	847,0	11,80
Uranique	Ox.	U	1794,0	16,72
Urano-uranique	Ox.	U ₂	2641,0	15,14
Vanadique	Ac.	V	1157,0	25,92
Wolframique (Tungstique)	Ac.	W	1450,0	20,68
Yttria		Y	503,0	19,88
Zincique	Ox.	Zn	509,0	19,64
		Zr	1140,0	26,31
Zircone		Zr	760,0	26,31

IV. — NOUVELLE MÉTHODE

POUR CALCULER LES RAPPORTS DES CORPS SIMPLES
DANS UNE ANALYSE.

La méthode généralement employée pour établir les rapports des corps simples obtenus par l'analyse, afin d'en déduire la formule, consiste à diviser les nombres exprimant le poids de chacun des éléments de cette analyse, par le poids de leurs équivalents; l'opération est longue.

En remplaçant la division par la multiplication, le travail serait plus rapide.

Mais, afin de rendre applicable cette substitution, la construction d'une table est nécessaire.

Pour dresser cette table, une même série de chiffres est successivement divisée par l'équivalent de chaque corps, et chaque quotient devient ainsi le nombre multiplicateur qui, appliqué au chiffre correspondant de l'analyse, donne un produit identique au résultat de la méthode ordinaire.

CONSTRUCTION DE LA TABLE.

Soient les corps suivants : Soufre, Antimoine, Argent.

Équivalent du soufre	=	200,00
— de l'antimoine	=	1525,00
— de l'argent	=	1350,00

$$\frac{1,000,000,000}{200} = 50,0000$$

Équivalent du soufre. . . . 200

$$\frac{1,000,000,000}{1,323} = 6,5373$$

— de l'antimoine. 1,323

$$\frac{1,000,000,000}{1,350} = 7,4075$$

— de l'argent. . . 1,350

La table étant ainsi construite pour tous les corps, la multiplication, par les quotients obtenus des quantités en poids trouvées par une analyse, remplace la division de ces mêmes quantités par leur équivalent, et donne les mêmes rapports.

APPLICATION DE LA TABLE.

Soit l'analyse de la Miargyrite.

		Rapport.
Soufre.	$21,77 \times 50,0000 = 108,850$	4
Antimoine	$41,49 \times 6,5373 = 27,206$	1
Argent	$36,74 \times 7,4074 = 27,214$	1
	<u>100,00</u>	

La division par les équivalents aurait donné :

Soufre	$\frac{21,77}{200} = 108,850$	4
Antimoine.	$\frac{41,49}{1523} = 27,206$	1
Argent.	$\frac{36,74}{1350} = 27,214$	1

Les deux méthodes offrent donc des résultats semblables. Afin d'abrèger les calculs, les nombres multiplicateurs de la table ne comportent que trois décimales. On pourrait même négliger la troisième sans que les rapports en soient sensiblement modifiés.

Table.

	SYMBOLES.	EQUIVALENTS.	MULTIPLICATEURS.
Aluminium.	Al	172,00	58,139
—	Al	344,00	29,069
Ammoniaque.	NH ³	212,50	47,058
Ammonium.	AM	225,00	44,444
Antimoine (Stibium).	Sb	762,50	13,114
—	Sb	1525,00	6,557
Argent	Ag	1350,00	7,407
Arsenic.	As	468,75	21,333
—	As	937,50	10,666
Azote (Nitrogenium).	N	175,00	57,142
Baryum.	Ba	837,00	11,668
Bismuth	Bi	2625,00	3,809
Bore.	B	137,50	72,727
Brome.	Br	1000,00	10,000
Cadmium.	Cd	700,00	14,285
Calcium.	Ca	250,00	40,000
Carbone.	C	75,00	133,333
Cerium	Ce	575,00	17,391
Chlore.	Cl	444,00	22,522
Chrome.	Cr	328,00	30,487
Cobalt.	Co	369,00	27,100
Cæsium.	Cs	1662,50	6,015
Cuivre.	Cu	397,00	25,188
Didyme	Di	600,00	16,666
Étain (Stannum).	Sn	737,50	13,559
Fer.	Fe	350,00	28,571

	SYMBOLES.	EQUIVALENTS.	MULTIPLICATEURS.
Fluor.	Fl	237,50	42,105
Glucinium (*).	Gl	58,00	172,443
—		87,00	114,942
Hydrogène.	H	12,50	800,000
Indium.	In	462,00	21,645
Iode.	I	1587,50	6,299
Iridium.	Ir	1232,00	8,116
Lanthane.	La	580,00	17,241
Lithium.	Li	87,50	114,285
Magnesium.	Mg	153,00	63,359
Manganèse	Mn	344,00	29,069
Mercure (Hydrargyrum).	Hg	1250,00	8,000
Molybdène	Mo	600,00	16,666
Nickel.	Ni	369,00	27,100
Niobium	Nb	611,00	16,366
— (Marignac).		587,50	17,021
Or (Aurum).	Au	1229,00	8,136
Osmium	Os	1244,00	8,038
Oxygène.	O	100,00	100,000
Palladium	Pd	663,00	15,037
Phosphore	P	387,50	25,806
Platine	Pt	1232,00	8,116
Plomb.	Pb	1294,00	7,727
(*) En admettant { Glucine = Gl O			
{ Glucine = Gl' O'			

	SYMBOLES.	ÉQUIVALENTS.	MULTIPLIÉS.
Potassium (Kalium)	K	488,00	20,491
Rhodium	Rh	652,50	15,325
Rubidium	Rb	1062,50	9,411
Ruthénium	Ru	652,00	15,337
Sélénium	Se	497,00	20,120
Silicium (*).	Si	262,50	38,095
—		175,00	57,142
Sodium (Natrium).	Na	287,50	34,782
Soufre	S	200,00	50,000
Strontium	Sr	547,00	18,281
Tantale	Ta	860,00	11,627
— (Marignac).		1075,00	9,302
Tellure	Te	802,00	12,468
Thallium	Tl	2537,50	39,408
Thorium	Th	744,00	13,440
Titane	Ti	306,00	32,679
Tungstène (Wolframium).	W	1150,00	8,695
Urane	U	747,00	13,386
Vanadium	V	857,00	11,668
Yttrium	Y	403,00	24,813
Zinc	Zn	409,00	24,449
Zirconium (**).	Zr	420,00	23,809
—		560,00	17,857

(*) En admettant { Silice = Si O² (***) Zircone = Zr² O³
 Silice = Si O² Zircone = Zr O²

TABLEAU MINÉRALOGIQUE

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- LITÉ.	SOLUBI- LITÉ.
I^{re} FAMILLE.						
GENRE HYDROXYDE.						
1	Eau.	R.	»	1,00	Fluide.	»
II^e FAMILLE.						
GENRE SILICE.						
A. Anhydre.						
2	Quartz. Quartz hyalin. Haytorite, Kilkpatrick-Q. Calcédoine. Agate, Cornaline, Sardoine, Onyx, Silex, Beckite, Viridul. Jaspe. Tridymite.	R.	7,0	2,65	Inf.	Ins.
B. Hydatée.						
3	Opale. Hyalite, Fiorite, Geysérite, Mi- chaélite, Ménillite, Alumocal- cite, Neurolite, Forchérîte. Randanite, Tripoli, Kieselguhr, Klebschiefer.	»	6,0	2,08	Inf	Ins.

COMPOSITION.		FORMULE.
HYDROGÉNIDES.		
H. O.		
11. 89.		H.
OXYG. p. 100.	RAPPORT.	COMPOSITION.
		FORMULE.
SILICIDES.		
	Si.	Si.
	Si. H.	
12. 1.	} Si. Aq.	Dam. } Si ^o H.
6. 1.			Si^{o} H.

N O M.	TYPE CRIST.	DURETÉ.	DENSITÉ.	FUSIBILITÉ.	SOLUBILITÉ.	OXYGÈNE p. 100.	RAPPORT.	COMPOSITION.	FORMULE.
GENRE SILICATE.									
I. SILICATES R.									
A. Anhydres.									
4	Zircon	Ca.	7,5	4,67	Inf.	Ins.	50	<u>Si. R.</u> 1. 1.	<i>Si. Zr.</i> Hunt Zr Si.
	Auerbachite, Erdmannite, Engelhardtite, Ostranite, Calyptolite, Malacon, Cyrtolite, Oerstedtite, Tachyaphaltite, Alvite.								
5	Sillimanite	D.	6—7	3,23	Inf.	Ins.	43	3. 4.	<i>Si. A.</i> Dan. Al ³ Si ³ .
	Monrolite, Wörthite, Bucholzite, Hydrobucholzite, Fibrolite, Xénolite, Bamlite.								
6	Andalousite	D.	7,5	3,14	Inf.	Ins.	40	2. 3.	<i>Si. A.</i> Dam. Al ³ Si ³ .
	Macle.								
7	Disthène	OO.	5—6	3,67	Inf.	Ins.	40	2. 3.	<i>Si. A.</i> Mar. Al ³ Si ³ .
B. Hydratés.									
8	Pyrophyllite	D.	1,0	2,78	Fus.	Ins.	75	9. 3. 1.	<i>Si. A. Aq.</i> Ram. Al Si ³ + H.
9	Pholérite	D.	1,0	2,57	Inf.	Ins.	57	4. 3. 2.	<i>Si. A. Aq.</i> Pis. Al ³ Si ³ + 6H.
	Cyphoïte.								
10	Carpholite	D.	5,0	2,93	Fus.	Ins.	50	2. 2. 1.	<i>Si. A Mn F. Aq.</i> Hau. 2 (Al, Mn, Fe) Si + 3 H.
Appendice : produits d'altération et mélanges.									
a. Silice et Alumine.									
11	Pagodite (Agalmatolite)	»	3,0	2,59	Fus.	Ins.	73	9. 3. 1.	<i>Si. A. Aq.</i> Brus. Al Si ³ + H.
	Oncosine, Parophite, Dysyntribite, Biharite, Pseudonéphrite.								

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	OXYGÈNE	RAPPORT.	COMPOSITION.	FORMULE.	
							p. 100.	Si. R. H.			
	a. Sil. et Alum. (suite).							Si. R. H.			
12	Halloysite. Galapectite, Tuésite, Oraviczite, Sévèrite, Glossécolite, Lithomarge, Mélopsite, Glagèrite, Kéfékilité, Nertschinskite, Montmorillonite, Delanouïte, Confolensite, Lenzinite, Myéline.	»	2,0	2,12	Inf.	Sol.	56	4. 3. 2.	Si. A. Aq.	Bert.	Al ³ Si ² + 6H.
13	Allophane. Elhuyarite, Collyrite, Samoïte, Carolathine, Dillnite, Schröttérite, Scarbroïte, Péchiolite, Priépite.	»	3,0	2,02	Inf.	Sol.	40	2. 3. 6.	Si. A. Aq.	Bert.	Al ³ Si ² + 18H.
14	Argiles diverses. Argile figuline, Cimolite, Anauxite, Ehrenbergite, Razoumofskine, Farine fossile, Smélite, Stolpénite, Smectite, Malthacite, Stéargilite, Savon de montagne (des Vosges), Oropion, Kaolin, Ochran, Miloschine, Pélicanite, Achitaragdite.	»	1—2	1,70 2,70	Inf.	S.—I.	75 45	3. 1. 1. 4. 5. 5.	Si. A. Aq.	{ Bert. Kert.	{ Al ³ Si ² + 3H. Al ³ Si ² + 15H.
	b. Silice, Alumine et Oxyde de fer.										
15	Bols divers. Bol de Lemnos (Sphragide), Callinite, Scoulérite, Erinite, Pseudo-Stéatite, Bol d'Ettingshausen, Tératolite, Sinopite, Plinthite, Rhodalite.	»	1,5 2,5	1,60 2,00	F.—I.	S.—I.	80 50	4. 1. 1. 1. 1. 1.	Si. AF. Aq.	Klap.	{ (Al, Fe) Si ² + 3H. (Al, Fe) Si ² + 3H.
	c. Silice et Oxyde de Chrome.										
16	Wolkonskoïte. Selwinite.	»	2,5	2,30	Inf.	Sol.	60	3. 2. 3.	Si. Cr FA. Aq.	Iwan.	(Cr, Fe, Al) ² Si ² + 9H.
	d. Silice et Oxyde d'Urane.										
17	Uranophane.	D.	2,5	2,70	Fus.	Sol.	43	3. 4. 5.	Si. UA. Aq.	Webs.	(U, Al) ² Si ² + 15H.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLE- BILITÉ.	OXYGÈNE p. 100.	RAPPORT.	COMPOSITION.	FORMULE.
	e. Silice et Oxyde de manganèse.							Si. R. H.		
18	Opimose Wittingite, Néotocite, Strato- péite, Klipstéinite.	»	2,5	2,98	Fus.	Sol.	50	4. 4. 3.	Bahr	Mn ⁴ Si ⁴ + 9H
	f. Silice et Oxyde de fer.									
19	Nontronite Chloropale, Pinguite, Gramé- nite, Dégéroïte, Fetthol, Méli- nite, Hverlera, Hrbeckite.	»	1,0	2,08	Inf.	Sol.	66	4. 2. 3.	Jacq.	Fe ² Si ⁴ + 9H.
II. SILICATES R.										
	A. Anhydres.							Si. R.		
20	Trémolite (Amphibole). Néphrite (Jade), Calamite, Nor- denskiöldite, Grammatite, Edénite, Raphilite, Asbeste (Amianthe), Trémolite asbesti- forme, Asbeste de Koruk, Asbeste de l'Ural, Cymatine, Péponite, Cuir et Carton de montagne, Anthophyllite hydratée. Waldhéimite (Trémolite sodifère). Pargasite (Trémolite aluminifère). Kokscharowite, Paligorskite.	O.	5,5	3,08	Fus.	Ins.	69	9. 4.	Si. M C.	Dam. (Mg, Ca) ⁴ Si ³ .
21	Actinote (Amphibole). Richtérite (Isabellite), Silbölite, Kupfférite, Pitkarandite, Dan- némorite, Cummingtonite, Bys- solite, Anthosidérite, Eschwé- gite? Karamsinite, Uralite, Smaragdite. Arfvedsonite (Actinote sodifère). Crocidolite.	O.	5,5	3,09	Fus.	Ins.	69	9. 4.	Si. M C f.	Ram. (Mg, Ca, Fe) ⁴ Si ³ .

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLT- BILITÉ.	OXYGÈNE	RAPPORT.	COMPOSITION.	FORMULE.
							p. 100.			
	Suite de l'Actinote.									
	Basaltine (Hornblende, Actinote aluminif.), Diastatite, Carinthine, Gamsigradite, Syntagmatite.							Si. R.		
22	Diopside (Pyroxène). Prothéite, Alalite, Fassaité, Mussite, Malacolite, Malacolite verte, Salite, Pyrgome, Baikalite, Lawrowite, Coccolite, Funkite, Breislakite, Acanthoïde, Cyclopeïte, Koulibinite, Pyralolite, Vargasite, Rensselarite, Pyroxène stéatiteux, Hortonite, Violane (Diopside aluminifère).	O.	5-6	3,30	Fus.	Ins.	66	2. 1.	Si. C. M.	Wack. (Ca, Mg) ² Si ² .
23	Hédenbergite (Pyroxène). Jeffersonite, Schefférite, Grunérite, Pyroxène de Piombino, Ekmanite, Asbéferrite, Traversellite, Kölbingite, Ainigmatite, Lotalite, Porricine, Omphazite, Lherzolite. Aegirine (Hédenbergite sodifère). Augite (Hédenbergite aluminifère). Hudsonite, Polylite, Strakonitzite.	O.	5,5	3,50	Fus.	Ins.	66	2. 1.	Si. f C.	Rose (Fe, Ca) ² Si ² .
24	Diallage Bronzite vanadif., Pseudo-diallage.	O.	4,0	3,26	Fus.	Ins.	66	2. 1.	Si. M C f.	Ram. (Mg, Ca, Fe) ³ Si ² .
25	Enstatite Bisilic. de Magnésie de Thomson, Bronzite, Phaestine, Monradite.	D.	5,5	3,19	Fus.	Ins.	66	2. 1.	Si. M f.	Dam. (Mg, Fe) ³ Si ² .
26	Hypersthène Germarite.	D.	5-6	3,39	Fus.	Ins.	66	2. 1.	Si. M f.	Dam. (Mg, Fe) ³ Si ² .
27	Diaclasite	D.	4,0	3,05	Fus.	Ins.	66	2. 1.	Si. M f C.	Köhl. (Mg, Fe, Ca) ³ Si ² .
28	Anthophyllite Thalackérite, Bolovérite, Gédrite (Anthoph. aluminif.), Snarumite.	D.	5,5	3,20	Fus.	Ins.	66	2. 1.	Si. M f.	Pis. (Mg, Fe) ³ Si ² .

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	OXYGÈNE p. 100.	RAPPORT.	COMPOSITION.	FORMULE.
29	Wollastonite. Vilnité, Edelforsite, Gjellébé- ckite (Trémolite de Norwége), Sphénoclase, Xonaltite.	O.	5,0	2,90	Fus.	Sol.	66	<u>Si. R.</u> 2. 1.	Si. C. Wich.	Ca ³ Si ² .
30	Pectolite. Stellite, Wollastonite de Thom- son, Ratholite, Osmélite.	O.	4,5	2,88	Fus.	Sol.	66	2. 1.	Si. CN. With.	(Ca, Na) ³ Si ² .
31	Rhodonite. Pajsbergite, Hermannite (Silic. de Cummington), Fowlérite, Dyssnite, Hornmangan, Hydro- pite, Kapnickite, Photisite, Alla- gite, Bustamite, Torrélite.	OO.	6,5	3,63	Fus.	Sol.	66	2. 1.	Si. mn C. Berz.	(Mn, Ca) ³ Si ² .
32	Forstérite. Boltonite.	D.	7,0	3,24	Inf.	Sol.	50	1. 1.	Si. M. Ram.	Mg ³ Si.
33	Olivine (Péridot). Glinkite, Hyalosidérite, Limbi- lite, Chusite, Sidéroclepte. Olivine titanifère.	D.	7,0	3,35	Inf.	Sol.	50	1. 1.	Si. M f. Kal.	(Mg, Fe) ³ Si.
34	Monticellite. Batrachite.	D.	5,5	3,24	Fus.	Sol.	50	1. 1.	Si. CM f. Ram.	(Ca, Mg, Fe) ³ Si.
35	Fayalite. Eisenglas.	D.	6,5	4,13	Fus.	Sol.	50	1. 1.	Si. f mn. Del.	(Fe, Mn) ³ Si.
36	Phénacite.	R.	8,0	2,96	Inf.	Ins.	50	1. 1.	Si. G. Bisc.	Gl ³ Si.
37	Gadolinite	O	6,5	4,33	Inf.	Sol.	40 50	2. 3. 1. 1.	Si. Yf GLa. Si. Yf Ce. Berl.	(Y, Fe, Gl, La) ⁹ Si ² . (Y, Fe, Ce) ³ Si.
38	Téphroïte. Hydrotéphroïte.	D.	5,5	4,10	Fus.	Sol.	50	1. 1.	Si. mn. Ram.	Mn ³ Si.
39	Rnébelite.	D.	6,5	4,10	Inf.	Sol.	50	1. 1.	Si. mn f. Erdm.	(Mn, Fe) ³ Si.
40	Willémite. Troostite, Mancinite.	R.	5,5	4,00	Fus.	Sol.	50	1. 1.	Si. Z. Del.	Zn ³ Si.
41	Stannite (mélange)?	»	6,5	3,54	Inf.	Ins.	»	»	Si. Sn AF. Bisc.	

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	OLYGENE p. 100.	RAPPORT.	COMPOSITION.	FORMULE.
	B. Hydratés.									
42	Okénite Dysclasite, Bordite, Centralasite, Cyanolite.	D.	5,0	2,28	Fus.	Sol.	80	<u>Si. R. H.</u> 4. 1. 2.	Si. C. Aq. Hau.	Ca ³ Si ² + 6 H.
43	Conarite Röttisite, Alipite, Pimélite.	O.	3,0	2,48	Inf.	Sol.	75	3. 1. 1.	Si. Ni. Aq. Wink.	Ni Si + H.
44	Apophyllite Albine, Oxhavérite, Xylochlore, Gyrolite, Dolianite.	Ca.	5,0	2,40	Fus.	Sol.	75	3. 4. 2.	Si. C K. Aq. Berz.	(Ca, K) Si + 2 H.
45	Magnésite (Sépiolite) Spadaïte, Pierre de Savon du Maroc, Quincyte, Aphrodite, Saponite, Piotine, Thalite, P. de Sav. du Cornwall, P. de Sav. du Cap Lizard.	»	2,5	1,60	Fus.	Sol.	75	3. 1. 2.	Si. M. Aq. Sch.	Mg Si + 2 H.
46	Talc Pierre ollaire, Talcoïde, Liparite (Eisental), Stéatite, Lardite, Hydrostéatite, Hampshire, Néolite, Pseudolite.	D.	1,0	2,71	Inf.	Ins.	69	9. 4. 1.	Si. M. Aq. Sch.	Mg ³ Si ³ + H.
47	Plombiérite	»	1,0	»	Fus.	Sol.	69	9. 4. 8.	Si. C. Aq. Daub.	Ca ² Si ² + 8 H.
48	Diopase	R.	5,0	3,27	Inf.	Sol.	66	2. 1. 1.	Si. Cu. Aq. Dam.	Cu ³ Si ² + 3 H.
49	Chrysocole Somervillite, Cœrulite (Kupferblau), Dillenburgite, Chrysoc. de Canaveilles, Kieselkupfer de Valparaiso, Hydrosilicate noir du Chili, Malachit-Kiesel, Eisenkupfer grün, Démidoffite, Aspérolite, Jacksonite.	»	2—3	2,20	Inf.	Sol.	66	2. 1. 2.	Si. Cu. Aq. Ram.	Cu ³ Si ² + 6 H.
50	Serpentine Serpentine pseudomorphique, Schweizérite, Bowénite, Marmolite (Coopérite), Williamsite, Picrolite, Antigorite, Rétinalite, Vorhausérite, Bastite, Baltimore, Métaxite.	D.	3,0	2,63	Fus.	Sol.	57	4. 3. 2.	Si. M. Aq. Mos.	Mg ³ Si ⁴ + 6 H.

	NOMS.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- LITÉ.	SOLUBI- LITÉ.	OXYGÈNE p. 100.	RAPPORT.	COMPOSITION.	FORMULE.
	Suite de la Serpentine.							<u>Si. R. H.</u>		
	Chrysotile, Thermophyllite, Dermatine, Hydrophile, Jenkinsite, Deweylite, Cérinite, Gymnite, Nickel-gymnite (Genthite), Liège de montagne, Xylotile, Xylite, Pycnotrope, Picrofluile, Picrophylle, Picrosmine, Rewdanskite.									
51	Villarsite.	D.	3,5	2,97	Inf.	Sol.	50	1. 1. 1/4.	Si. M f. Aq.	Duf. 4 (Mg, Fe) ³ Si + 3 H.
52	Calamine. Moresnétite, Sauconite.	D.	5,9	3,50	Fus.	Sol.	50	1. 1. 1/2.	Si. Z. Aq.	Herm. 2 Zn ³ Si + 3 H.
53	Cérérite. Ochroïte, Lanthanocérinite, Silicate de Cérium de Wollaston.	C ?	5,5	5,01	Inf.	Sol.	50	1. 1. 1/2.	Si. Ce. La. Aq.	Ram. 2 (Ce, La) ³ Si + 3 H.
54	Tritomite.	C.	5,5	4,65	Inf.	Sol.	50	1. 1. 1/2.	Si. La Ce Ca. Aq.	Mül. 2 R ³ Si + 3 H.
55	Thorite (Orangite). Appendice : produits d'altération et mélanges.	C.	4,5	5,22	Inf.	Sol.	50	1. 1. 2/3.	Si. Th. Aq.	Dam. 2 Th ³ Si + 4 H.
56	Chlorophaïte. Chlorophænérite, Glauconite (Terre verte), Hydrosilicite, Prasilite, Hislopote, Lillite.	»	2,0	2,02	Fus.	Sol.	75	3. 1. 6.	Si. f M. Aq.	For. Fe Si + 6 H.
	III. SILICATES R + R.									
	A. Anhydres.							<u>R. R. Si.</u>		
57	Staurotide. Nordmarkite.	D.	7,5	3,73	Inf.	Ins.	47	6. 1. 6.	A. f. Si.	Ram. Al ² Si + Fe Si.
58	Pétalite. Castor.	O.	6,5	2,45	Fus.	Ins.	80	4. 1. 20.	A. Li. Si.	Sm. et B. Al Si ² + 2 Li ³ Si ² .
59	Triphaue (Spodumène). Killinite.	O.	7,0	3,18	Fus.	Ins.	80	4. 1. 10.	A. Li. Si.	Ram. Al Si ² + Li ³ Si ² .

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	OXYGÈNE p. 100.	RAPPORT.	COMPOSITION.	FORMULE.
60	Orthose. (Adulaire, Feldspath). Paradoxite, Valencianite, Murchisonite, Chersterlite, Weissigite, Feldsp. vert de Bodenmais, Eisspath, Erythrite, Sanidine (F. Sp. vitreux), Microcline, Perthite, Cottaite, Ixooclase, Lasurfeldspath, Nécronite, Hyalophane, Huntérite. — Pétersilex, Leélite, Amaisite, Phonolite, Kornite, Rétinite, Cantalite, Fluolite, Perlite, Sphérolite, Baulite, Krablite. — Obsidienne, Marékanite, Moldavite, Ponce.	O.	6,0	2,59	Fus.	Ins.	75	3. 1. 12.	A. K. Si.	Awd. $\text{Al Si}^3 + \text{K Si}$.
61	Albite. Péricline, Péristerite, Hyposclérite, Olafite, Zygadite. — Adinole.	OO.	6,5	2,63	Fus.	Ins.	75	3. 1. 12.	A. N. Si.	Mar. $\text{Al Si}^3 + \text{Na Si}$.
62	Oligoclase. Pierre du Soleil, Hafnefjordite (Kalkoligoklas), Andésine, Saccharite.	OO.	6,0	2,67	Fus.	Ins.	69	3. 1. 9.	A. NC. Si.	Berz. $\text{Al Si}^3 + (\text{Na}, \text{Ca}) \text{Si}$.
63	Amphigène. Méionite d'Arfredson.	C.	6,0	2,48	Inf.	Sol.	66	3. 1. 8.	A. K. Si.	Ram. $3 \text{Al Si}^3 + \text{K}^3 \text{Si}^2$.
64	Pollux.	C.	6,5	2,90	Fus.	Sol.	66	3. 1. 8.	A. Cs N. Si.	Pis. $3 \text{Al Si}^3 + (\text{Cs}, \text{Na})^3 \text{Si}^2$.
65	Ersbyite (Scolexérose).	OO?	"	"	Fus.	Sol.	60	3. 1. 6.	A. C. Si.	Nord. $\text{Al Si} + \text{Ca Si}$.
66	Labradorite. Vosgite, Maulite, Saussurite, Radauite, Mornite, Silicite, Carnatite, Isopyre, Tachylite, Hyalomélan, Sideromélan, Glaucophane, Wichtine, Scorilite.	OO.	6,0	2,72	Fus.	Sol.	60	3. 1. 6.	A. CN. Si.	Dam. $\text{Al Si} + (\text{Ca}, \text{Na}) \text{Si}$.
67	Cordiérite (Dichroïte, Iolite). Steinheilite, Fahlnunite dure, Péliom, Polychroïlite, Polychroïte, Chlorophyllite, Aspasiolite.	D.	7,5	2,59	Fus.	Sol.	55	3. 1. 5.	A. MC. Si.	Sch. $3 \text{Al Si} + \text{Mg}^3 \text{Si}^2$.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	Suite de la Cordiérite.					
	Praséolite, Gropite, Péplolite, Raumite, Pinite, Pinitoïde, Gi- gantolite, Ibérite, Oosite, Tri- clasite (Fahlunite), Persbergite, Weissite, Bonsdoffite, Cataspi- lite.					
68	Néphéline.	R.	6,0	2,64	Fus.	Sol.
	Pseudo-néphéline, Beudantine, Davyne, Cavolinite, Elæolite, Cancrinite, Litrodes, Picotite, Gieseckite, Liebénerite.					
69	Anorthite.	00.	6,0	2,75	Fus.	Sol.
	Biotine, Thjorsauite, Cyclopite, Beffonite, Zéolite de Bordkult, Indianite, Lépolite, Barsowite, Bytownite, Tankite, Amphodé- lite, Lârobite (Diploïte), Sund- vikite, Polyargite, Pyrrholite, Rosite (Rosellane), Lindsayte, Esmarkite, Huronite.					
70	Jadeïte.	0?	6,5	3,35	Fus.	Ins.
	Chloromélanite.					
71	Dipyre	Ca.	6,0	2,65	Fus.	Sol.
	Prehnitoïde.					
72	Achmite	O.	6,5	3,25	Fus.	Sol.
73	Wernérite (Scapolite, Paranthine).	Ca.	5-6	2,68	Fus.	Sol.
	Chelmsfordite, Ekébergite, Glau- colite, Passauite (Porzellan- spath), Couséranite, Paralogue, Nuttalite, Arthériastite, Gabro- nite, Wilsonite, Algérite, Téré- nite, Dipyre du Mexique, Mica- relle, Pseudo-scapolite, Scapolite talciforme, Canaanite.					

OXYGÈNE p. 100.	RAPPORT.	COMPOSITION.	FORMULE.
	<u>R. R. Si.</u>		
53	6. 2. 9.	A. NC. Si.	Sch. 2 Al Si + (Na, Ca) ² Si
50	3. 1. 4.	A. C. Sz.	Ab. 3 Al Si + Ca ² Si
50	2. 1. 6.	A. NC. Si.	Dam. 2 Al Si ² + (Na, Ca) ² Si ²
50	2. 1. 6.	A. CN. Si.	Dam. 2 Al Si ² + (Ca, Na) ² Si ²
50	2. 1. 6.	F. Nf. Si.	Ram. 2 Fe Si ² + (Na, Fe) ² Si ²
62	2. 1. 5.	A. CN. Si.	Dam. 2 Al Si ² + (Ca, Na) ² Si

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- DILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	OXYGÈNE p. 100.	RAPPORT.		COMPOSITION.	FORMULE.
								R.	Si.		
74	Meionite Mizzonite, Strogonowite, Maria- lite.	Ca	6,0	2,73	Fus.	Sol.	50	2. 1. 3.	<i>A. C. N. Si.</i>	Dam.	2 Al Si + (Ca, Na) ³ Si
75	Zoisite (Illudérite). Thulite, Unionite.	D.	6,5	3,32	Fus.	Sol.	50	2. 1. 3.	<i>A. C. Si.</i>	Ram.	2 Al Si + Ca ³ Si.
76	Thallite (Épidote, Pistazite). Achmatite, Puschkinite, Buck- landite, Tautolite, Withamite, Scorza, Beustite.	O.	6,5	3,46	Fus.	Sol.	50	2. 1. 3.	<i>A. F. C. Si.</i>	Wis.	2 (Al, Fe) Si + Ca ³ Si.
77	Piémontite	O.	6,5	3,40	Fus.	Ins.	50	2. 1. 3.	<i>A. Mn F. C. Si.</i>	Dev.	2 (Al, Mn, Fe) Si + Ca ³ Si
78	Émeraude (Béryl). Davidsonite, Goshénite.	R.	8,0	2,75	Fus.	Ins.	66	1. 1. 4.	<i>A. G. Si.</i>	Lewy.	Al Si ² + Cl ³ Si ²
79	Eudialyte Eucolite.	R.	5,5	2,90	Fus.	Sol.	69	2. 2. 9.	<i>Zr. NU. f mn. Si.</i>	Dam.	Zr Si ³ + 3R ² Si
80	Sarcolite	Ca.	6,0	2,93	Fus.	Sol.	50	1. 1. 2.	<i>A. CN. Si.</i>	Ram.	Al Si + (Ca, Na) ³ Si
81	Uwarowite (Grenat).	C.	8,0	3,51	Inf.	Ins.	50	1. 1. 2.	<i>Cr. A. C. Si.</i>	Dam.	(Cr, Al) Si + Ca ³ Si
82	Grossulaire (Grenat). Wiluite, Essonite, Romanzo- wite, Erlane, Caldérite.	C.	7,0	3,62	Fus.	Sol.	50	1. 1. 2.	<i>A. C. Si.</i>	Tr. W.	Al Si + Ca ³ Si.
83	Spessartine (Grenat).	C.	7,5	4,15	Fus.	Sol.	50	1. 1. 2.	<i>A. mn f. Si.</i>	Ram.	Al Si + (Mn, Fe) ³ Si.
84	Almandine (Grenat). Pyrope, Grenat noir d'Arendal.	C.	7,5	4,20	Fus.	Sol.	50	1. 1. 2.	<i>A. f. Si.</i>	Kob.	Al Si + Fe ³ Si.
85	Mélanite (Grenat). Pyréneite, Grenat noir de Beau- jeu, Aplôme, Jelletite, Allo- chroïte, Rothoffite, Polyadel- phite, Colophonite, Bombite.	C.	7,1	3,83	Fus.	Sol.	50	1. 1. 2.	<i>FA. C. Si.</i>	Dam.	(Fe, Al) Si + Ca ³ Si.
86	Partschine	O.	7,0	4,00	Fus.	Sol.	50	1. 1. 2.	<i>A. mn f. Si.</i>	Hau.	Al Si + (Mn, Fe) ³ Si.
87	Allanite Cérine, Orthite, Pyrorthite, Uralorthite, Xanthorthite, Buck- landite de Wercheteri, Bagra- tionite, Bodénite, Muromontite, Erdmannite, Orthoïde, Gau- thite, Arrhénite, Wasite, Mi- chaelsonite.	O.	6,0	3,78	Fus.	Sol.	50	1. 1. 2.	<i>A. f CeCLa. Si.</i>	Sch.	Al Si + R ³ Si.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLE- BILITÉ.	OXYGÈNE p. 100.	RAPPORT.		COMPOSITION.	FORMULE.
								R. R.	Si.		
88	Gehlénite.	Ca.	6,0	3,01	Fus.	Sol.	40	$\frac{R. R. Si.}{3. 3. 4.}$	<i>A. CMf. Si.</i>	Ram.	$Al^3Si + 3(Ca, Mg, Fe)^3Si.$
89	Idocrase. Gökumite, Loboïte, Wiluite, Egérane, Frugardite, Jéwreino- wite, Héteromérite, Xanthite, Granatoïde.	Ca.	6,5	3,40	Fus.	Sol.	50	2. 3. 5.	<i>A. CM. Si.</i>	Ram.	$2 AlSi + 3(Ca, Mg)^3Si.$
90	Ilvaïte (Lièvrîte). Wehrlite.	D.	6,0	4,02	Fus.	Sol.	44	2. 3. 4.	<i>F. f C. Si.</i>	Ram.	$Fe^2Si + 3(Fe, Ca)^3Si$
91	Humböldtilite. Somervillite de <i>Brooke</i> , Méli- lite, Zurlite.	Ca.	5,5	3,00	Fus.	Sol.	50	1. 2. 3.	<i>AF. CMN. Si.</i>	Dam.	$(Al, Fe)Si + 2(Ca, Mg, Na)^3Si.$
92	Babingtonite. Appendice: Micas.	OO.	6,0	3,40	Fus.	Ins.	66	1. 3. 8.	<i>F. Cf mn. Si.</i>	Ram.	$FeSi^2 + 3(Ca, Fe, Mn)^3Si^2.$
93	Muscovite. Damourite, Margarodite, Fuch- site, Adamsite, Paragonite, Prégratite, Lépidomélane, An- nite, Euphyllite, Didrimite, Pihlrite, Nacrite, Séricite, Pte- rolite, Odinite.	D?	2,5	2,83	Fus.	Ins.	56	6. 1. 9.	<i>AF. KN. Si.</i>	Ram.	$2 (Al, Fe) Si + (K, Na) Si.$
94	Margarite. Oellachérite, Emerilite, Co- rundellite, Diphanite, Ephé- site, Gilbertite, Talcite.	D?	4,0	3,03	Fus.	Sol.	36	6. 1. 4.	<i>AF. CN. Si.</i>	Sm.	$2 (Al, Fe)^3Si + (Ca, Na)^3Si^2$
95	Lépidolite (Zinnwaldite, Lithionite). Rabenglimmer (Phengite), Cryo- phyllite, Cookeite.	D?	2,5	2,85	Fus.	Sol.	60	6. 2. 12.	<i>A. KLi. Si.</i>	Ram.	$Al Si + (K, Li) Si.$
96	Biotite (Phlogopite). Eucamptite, Rubellane, Chrom- glimmer, Bastonite, Alourgite.	D?	2,5	2,84	Fus.	Sol.	50	6. 9. 15.	<i>A. MK. Si.</i>	Crau.	$2 Al Si + 3(Mg, K, Na)^3Si.$
97	Astrophyllite.	D?	3,0	3,32	Fus.	Sol.	55	6. 9. 18.	<i>Ti Zr AF. fmn k. Si.</i>	Pis.	$2 R Si + R^2 Si^2.$

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	OXYGÈNE p. 100.	RAPPORT.	COMPOSITION.	FORMULE.
	B. Hydratés.									
98	Edingtonite.	Ca.	4,5	2,71	Fus.	Sol.	58	4. 1. 7. 4.	A. B. Si. Aq.	Hed. 4 Al Si + 3Ba Si + 12H.
99	Brewstérite.	O.	5,5	2,44	Fus.	Sol.	75	3. 1. 12. 5.	A. SrB. Si. Aq.	Mal. Al Si ³ + R Si + 5H.
100	Heulandite. Lincolnite, Beaumontite, Céri- nite.	O.	4,0	2,20	Fus.	Sol.	75	3. 1. 12. 5.	A. C. Si. Aq.	Dam. Al Si ³ + Ca Si + 5H.
101	Epistilbite. Parastilbite.	D.	4,5	2,24	Fus.	Sol.	75	3. 1. 12. 5.	A. CK. Si. Aq.	Walt. Al Si ³ + R Si + 5H.
102	Stilbite. Syhédrite, Sphérostilbite de <i>Beu-</i> <i>dant</i> , Hypostilbite, Stilb. de <i>Dun-</i> <i>barton</i> , Mordénite, Stilb. lami- naire, Stilb. Prehnite, Puférite, Saspachite.	D.	4,0	2,16	Fus.	Sol.	75	3. 1. 12. 6.	A. C. Si. Aq.	Moss. Al Si ³ + Ca Si + 6H.
103	Harmotome. Morvénite.	O.	4,5	2,43	Fus.	Sol.	69	3. 1. 9. 5.	A. B. Si. Aq.	Dam. Al Si ² + Ba Si + 6H.
104	Chabasic. Acadialite, Phacolite, Haydénite, Glottalite.	R.	4,5	2,09	Fus.	Sol.	69	3. 1. 9. 6.	A. C. Si. Aq.	Ram. Al Si ² + Ca Si + 6H.
105	Faujasite.	C.	5,0	1,92	Fus.	Sol.	69	3. 1. 9. 9.	A. NC. Si. Aq.	Dam. Al Si ² + R Si + 9H.
106	Analcime. Cuboite, Calcanalcime, Picra- nalcime, Doranite, Cluthalite, Triphanite.	C.	5,5	2,24	Fus.	Sol.	66	3. 1. 8. 2.	A. N. Si. Aq.	Ram. 3 Al Si ² + R Si ² + 6H.
107	Eudnophite. Gongylite.	D?	5,5	2,27	Fus.	Sol.	66	3. 1. 8. 2.	A. N. Si. Aq.	Berl. 3 Al Si ² + Na ³ Si ² + 6H.
108	Laumonite. Zéolite rouge d'Upsala, Capor- cianite, Stilbite de Skye (Hypo- stilbite de <i>Mallet</i>), Léonhardite, Zéol. rouge d'Aedelforss (<i>Ret-</i> <i>zite</i>), Zéol. farineuse, Schneidé- rite.	O.	3,5	2,41	Fus.	Sol.	66	3. 1. 8. 4.	A. C. Si. Aq.	Duf. 3 Al Si ² + Ca ³ Si ² + 12H.
109	Christianite. Harmotome de Marburg, Phil- lipsite de <i>Lévy</i> .	D.	4,5	2,20	Fus.	Sol.	66	3. 1. 8. 4.	A. CK. Si. Aq.	Dam. 3 Al Si ² + R ³ Si ² + 12H.
110	Gmélinite (Hydrolite). Herschélite, Lédérérite.	R.	4,5	2,07	Fus.	Sol.	66	3. 1. 8. 6.	A. NC. Si. Aq.	Dam. 3 Al Si ² + R ³ Si ² + 18H.

NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	OXYGÈNE p. 100.	RAPPORT.		COMPOSITION.	FORMULE.
							R.	Si. H.		
111 Mésotype (Natrolite). Brévécite, Radiolite, Bergman- nîte, Crocalite, Galactite, Fargite, Lehunte, Mésot. Ferrifère, Sa- vite.	D.	5,5	2,24	Fus.	Sol.	60	3. 1. 6. 2.	<i>A. N. Si. Aq.</i>	Fu.	$\bar{A}l Si + Na Si + 2H.$
112 Mésolite Antrimolite, Harringtonite, Poo- nahlte.	OO.	5,5	2,39	Fus.	Sol.	60	3. 1. 6. 3.	<i>A. CN. Si. Aq.</i>	How.	$\bar{A}l Si + R Si + 3H.$
113 Scolézite Haarzéolite (Haarscialite), Ella- gite.	O.	5,5	2,26	Fus.	Sol.	60	3. 1. 6. 3.	<i>A. C. Si. Aq.</i>	Step.	$\bar{A}l Si + Ca Si + 3H.$
114 Lévyne Mésoline.	R.	4,0	2,21	Fus.	Sol.	60	3. 1. 6. 4.	<i>A. CK. Si. Aq.</i>	Dam.	$\bar{A}l Si + R Si + 4H.$
115 Gismondine Zéagonite (Abrazite, Aricite).	Ca?	4,5	2,26	Fus.	Sol.	63	6. 2. 9. 9.	<i>A. CK. Si. Aq.</i>	Mar.	$2 \bar{A}l Si + R Si + 9H.$
116 Thomsonite Comptonite, Carphostilbite, Ozarkite, Mésolite d'Hauestein, Mésole (Farôelite), Uigite, Scou- lérîte (Schoolarite), Verrucite, Picrothomsonite, Chalilite, Sloa- nite, Portite, Koodilite.	D.	5,5	2,38	Fus.	Sol.	60	3.1.4.2½.	<i>A. CN. Si. Aq.</i>	Ram.	$3 \bar{A}l Si + R Si + 7H.$
117 Catapleite	R.	6,0	2,80	Fus.	Sol.	66	2. 1. 6. 2.	<i>Zr. NC. Si. Aq.</i>	Sjög.	$2 Zr Si^2 + R Si^2 + 6H.$
118 Ottrelite	O.	5,5	3,25	Fus.	Sol.	57	2. 1. 4. 1.	<i>A. fmn. Si. Aq.</i>	Dam.	$2 \bar{A}l Si + R Si^2 + 3H.$
119 Prehnite Cougholite, Edélite, Jacksonite, Chlorastrolite.	D.	6-7	2,95	Fus.	Sol.	54	3. 2. 6. 1.	<i>A. C. Si. Aq.</i>	Walm.	$\bar{A}l Si + Ca Si + H.$
120 Euclase	O.	7,5	3,08	Fus.	Ins.	44	3. 2. 4. 1.	<i>A. G. Si. Aq.</i>	Dam.	$3 \bar{A}l Si + Cl Si + 3H.$
121 Cronstedtite (Chloromélane). . . Sidéroschisolite.	R.	2,5	3,35	Fus.	Sol.	33	1. 1. 1. 1.	<i>F. fmn. M. Si. Aq.</i>	Dam.	$Fe Si + R Si + 6H.$
122 Clinochlore Chlorite hexagonale, Talc hexa- gonal, Chonicrite, Loganite, Py- rosclérîte, Tabergite, Talc chlo- rite, Mica chlorite, Serpentine d'Åker, Stéatite de Schimschim, Corundophilite, Jefférisite, Kots- chubeite.	O.	2-3	2,77	Fus.	Sol.	41	3.4.5.3½.	<i>A. Mf. Si. Aq.</i>	Mar.	$\bar{A}l Si + 4 R Si + 10H.$

NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	OXYGÈNE	RAPPORT.	COMPOSITION.	FORMULE.	
						p. 100.	R. R. Si. H.			
123 Ripidolite Ogcoïte, Chlor. écaillée, Chlor. schisteuse, Helminthe, Grenésite, Epichlorite, Delessite, Métaxoïde, Voigtite, Rastolyte, Métachlorite, Chromophyllite, Aphrosidérite, Chlorite de Bamberg, Lépidochlore.	R ?	1—2	2,96	Fus.	Sol.	41	3. 4. 4. 3.	<i>A. fM. Si. Aq.</i>	Ram.	$\text{Al}^2 \text{Si} + 3\text{R}^2 \text{Si} + 9\text{H}.$
124 Pennine Chlorite de Mauléon, Leuchtenbergite, Kämmerérite, Rhodophyllite, Rhodochrome, Chromchlorite, Stéatite de Snarum, Vermiculite, Pseudophite. Appendice : Produits d'altération et mélanges.	R.	2,5	2,65	Fus.	Sol.	44	3. 7. 8. 5.	<i>A. Mf. Si. Aq.</i>	Mar.	$\text{Al}^2 \text{Si} + 7\text{R}^2 \text{Si} + 15\text{H}.$
125 Sordawalite	»	5,0	2,62	Fus.	Sol.	66	2. 1. 6. 1.	<i>AF. Mf. Si. Aq.</i>	Nord.	$2 \text{R}^2 \text{Si}^2 + \text{R}^2 \text{Si} + 3\text{H}.$
126 Jollyte Mélanhydrite.	»	3,0	2,61	Fus.	Sol.	50	2. 1. 3. 2.	<i>A. fM. Si. Aq.</i>	Kob.	$2 \text{Al} \text{Si} + \text{R}^2 \text{Si} + 6\text{H}.$
127 Hisingérite Gillingite, Thraulite, Polyhydrite, Mélanolite, Stübélite.	»	3,0	3,04	Fus.	Sol.	50	2. 1. 3. 2.	<i>F. fC. Si. Aq.</i>	Ram.	$2 \text{Fe}^2 \text{Si}^2 + 2 \text{R}^2 \text{Si} + 12\text{H}.$
128 Stilpnomélane Chalcodite.	»	3—4	2,76	Fus.	Sol.	64	3. 2. 9. 3.	<i>FA. fM. Si. Aq.</i>	Ram.	$\text{R} \text{Si}^2 + \text{R}^2 \text{Si} + 3\text{H}.$
129 Thuringite Owénite, Scotiolite, Kirwanite, Céladonite, Palagonite.	»	2,5	3,19	Fus.	Sol.	37	3. 2. 3. 2.	<i>AF. fM. Si. Aq.</i>	Ram.	$\text{R}^2 \text{Si} + \text{R}^2 \text{Si} + 4\text{H}.$
SILICIO-ALUMINATES.										
130 Saphirine	»	7,5	3,47	Inf.	Ins.	47	4. 1. 1. »	<i>A. M. Si. ».</i>	Dam.	$\text{Al} \text{Si} + 3\text{Mg} \text{Al}.$

NOM.	TYPE CRIST.	DURETÉ.	DENSITÉ.	FUSIBILITÉ.	SOLUBILITÉ.	OXYGÈNE p. 100.	RAPPORT.		COMPOSITION.			FORMULE.
							R.	R. Si. H.				
131 Sismondine.	O O.	5,5	3,56	Fus.	Sol.	33.	3. 1. 2. 1.	A. f.	Si. Aq.	Del.	2 Al Si + Fe ³ Al + 3 H.	
Chloritoïde, Phyllite, Masonite.												
132 Brandisite (Disterrite).	D.	5-6	3,05	Inf.	Ins.	25.	2. 1. 1. 1/3.	A F. M C.	Si. Aq.	Kob.	R Si + Fe ³ Al + H.	
Clintonite, Seybertite, Chryso- phane.												
Holmésite, Xanthophyllite.												
133 Chamoisite.	"	3,0	3,40	Fus.	Sol.	33.	1. 3. 2. 4.	A. f.	Si. Aq.	Bert.	2 Fe ³ Si + Fe ³ Al + 12 H.	
Berthiérine, Bavalite.												
* SILICATES avec Bore, Chlore, etc.												
a. Silicio-Borates.												
134 Danburite.	O O.	7,0	2,97	Fus.	Sol.	85.	" 1. 5. "	" C.	Si. » Bo.	Sm.	2 Ca Si ² + Ca B ³	
135 Datholite.	O.	5,5	2,99	Fus.	Sol.	80.	" 1. 4. "	" C.	Si. Aq. Bo.	Ram.	Ca ² Si ³ + 3 Ca B + 3 H.	
Botryolite, Silicoborocalcite (Howlite).												
136 Axinite.	O O.	7,0	3,29	Fus.	Sol.	70.	3. » 7. »	A F. C M.	Si. » Bo.	Ram.	R ³ Si ⁷ + Ca ⁶ B.	
Magnésifère.			3,03			57.	3. » 4. »	A. M N.	Si. » Bo.	Id.	Al ³ Si ⁴ + R ³ B.	
Magnésio-ferrifère.			3,07			55.	4. » 5. »	A F. M N.	Si. » Bo.	Id.	R ⁴ Si ⁵ + R ³ B.	
137 Tourmaline. Ferrifère.	R.	7,5	3,20	Fus.	Ins.	50.	1. » 1. »	A F. f M N.	Si. » Bo.	Id.	6 R Si + R ³ B ² .	
Ferro-manganésifère.			3,16			50.	1. » 1. »	A F M n. f N Li.	Si. » Bo.	Id.	9 R Si + R ³ B ² .	
Manganésifère.			3,08			50.	1. » 1. »	A M n. M N Li.	Si. » Bo.	Id.	12 R Si + R ³ B ³ .	
Achroïte, Rubellite, Zeuxite, Tal- talite, Feïjao.												
b. Silicio-Chlorures.												
138 Pyrosmalite.	R.	4,0	3,20	Fus.	Sol.	60.	" 2. 3. 1.	" f m n.	Si. Aq. FeCl.	Ram.	3 R ⁴ Si ² + 2 H ³ + FeCl.	
139 Sodalite.	C.	6,0	2,42	Fus.	Sol.	50.	3. 1. 4. »	A. N.	Si. » NaCl.	Id.	3 Al Si + Na ³ Si + NaCl.	
c. Silicio-Fluorures.												
140 Topaze.	D.	8,0	3,58	Inf.	Ins.	33.	2. » 1. »	A. »	Si. » SiFl.	Dev.	4 Al ² Si + 3 SiFl ² .	
Pyrophyssalite, Pycnite.												
141 Leucophane.	D.	4,0	2,97	Fus.	Sol.	66.	" 1. 2. »	" C G.	Si. » NaFl.	Ram.	2 R ³ Si ² + NaFl.	
142 Melinophane.	R?	5,0	3,00	Fus.	Sol.	60.	" 2. 3. »	" C G.	Si. » NaFl.	Id.	3 R ² Si + NaFl.	
143 Humite.	D.	6,5	3,20	Inf.	Sol.	43.	" 4. 3. »	" M.	Si. » MgFl.	Id.	3 Mg ² Si + MgFl.	
Chondrodite.												

* Le rapport est établi entre les éléments du silicate seulement.

NOM.	TYPE CRIST.	DURETÉ.	DENSITÉ.	FUSIBILITÉ.	SOLUBILITÉ.	ORIGÈNE p. 100.	RAPPORT.	COMPOSITION.		FORMULE.	
								K.	R. S. H.		
d. Silicio-Phosphates.											
144	Eulytine (Wismuth blende)	C.	5,0	5,96	Fus.	Sol.	60	2. » 3. »	Bi. Si. FPh.	Kert.	Bi ² Si ³ FeP.
145	Atélestite	O.	5,0	»	Fus.	Sol.	»	» » » »	Bi. Si. Ph.	Brei.	
	Hypochlorite (mélange?)	»	6,0	3,00	Inf.	Ins.	»	» » » »	ABi. f. Si. Ph.	Schu.	
e. Silicio-Sulfures.											
146	Helvine	C.	6,5	3,16	Fus.	Sol.	50	» 1. 1. »	Gmn. f. Si. MnS.	Ram.	2 R ³ Si + MnS.
147	Danalite	C.	6,0	3,42	Fus.	Sol.	50	» 1. 1. »	GfZn. Si. Mn FeS.	Coo.	R ³ Si + (Mn, Fe)S.
f. Silicio-Sulfates.											
148	Häuyne Berzéliine.	C.	6,0	2,49	Fus.	Sol.	50	4. 1. 5. »	A. NCK. Si. S.	Ram.	4 Al Si + R ³ Si + R ³ S ² .
149	Spinellane (Noséane)	C.	6,0	2,28	Fus.	Sol.	50	3. 1. 4. »	A. N. Si. S.	Whit.	3 Al Si + Na ³ Si + NaS.
150	Outremer (Lazulite)	C.	5,5	2,50	Fus.	Sol.	60	6. 4. 15. »	AF. CN. Si. Fe. S. S.	Sch.	2 (Al, Fe) Si ² + R ³ Si + FeS ² + NaS ²
151	Ittnerite	C.	5,5	2,37	Fus.	Sol.	50	3. 1. 4. 2.	A. NC. Si. Aq. S.	Whit.	3 Al Si + R ³ Si + 6H + R S.
152	Scolopside	C?	5,0	2,53	Fus.	Sol.	50	3. 1. 4. 1.	A. CN. Si. Aq. S.	Ram.	3 Al Si + R ³ Si + 3H + R S.
g. Silicio-Niobates.											
153	Wöhlerite	O.	6,0	3,41	Fus.	Sol.	60	» 2. 3. »	CNfmn. Si. ZrNb.	Sch.	5 R ³ Si + ZrNb.
h. Silicio-Titanates.											
154	Sphène Greenovite, Ligurite, Pictite, Séméline, Spinthère, Lédérite, Aspidélite, Xanthitane, Eucolite titanifère, Castellite, Grothite.	O.	5,5	3,51	Fus.	Sol.	75	» 1. 3. »	C. Si. Ti.	Rose.	2 Ca Si + Ca Ti
155	Guarinite	Ca?	6,0	3,48	Fus.	Sol.	75	» 1. 3. »	C. Si. Ti.	Guis.	2 Ca Si + Ca Ti ² .
156	Tschewkinite Silicate du Coromandel.	C?	5,5	4,55	Fus.	Sol.	66	» 1. 2. »	CefC. Si. Ti.	Rose.	R ³ Si ² + 3R Ti.
157	Schorlomite Iwaarite.	C.	7,5	3,86	Fus.	Sol.	60	» 2. 3. »	C. Si. F. Ti.	Ram.	2 Ca ³ Si + Fe Ti ² .
158	Mosandrite	D.	4,0	3,02	Fus.	Sol.	60	» 2. 3. 2.	CeCN. Aq. Si. Ti.	Bezl.	6 R ³ Si + 12H + Ca Ti ² .
159	Keilhauite (Yttrotitanite)	O.	6,5	3,69	Fus.	Sol.	60	1. 1. 3. »	FA. CY. Si. Ti.	Ram.	2 R Si + 2R ³ Si ² + 2R Ti ² .

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- LITÉ.	SOLUBI- LITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	III^e FAMILLE.							
	GENRE BOROXYDE.							
160	Sassoline.	OO.	1,0	1,48	Fus.	Sol.	<u>B. H.</u> 56. 44.	Stro. $\text{B} + 3 \text{H}.$
	GENRE BORATE.							
	Bor. de Soude.							
161	Borax.	O.	2,0	1,71	Fus.	Sol.	B. Na. H. 37. 16. 47.	Klap. $\text{Na. B}^2 + 10 \text{H}.$
	Bor. d'Ammoniaque.							
162	Lardérellite.	O.	1,0	»	Fus.	Sol.	<u>B. Am. H.</u> 69. 13. 18.	Bec. $\text{Am. B}^2 + 4 \text{H}.$
	Bor. de Chaux.							
163	Rhodizite.	C.	8,5	3,41	Fus.	Sol.	<u>B. Ca. Na. H.</u> n. n. » »	Rose
164	Hayésine (Borocalcite).	D?	1—2	1,80	Fus.	Sol.	46. 19. » 35. 52. 21. » 27.	Hay. $\text{Ca. B}^2 + 6 \text{H}.$ Bec.
	Béchilite.							
165	Ulexite (Boronatocalcite).	D?	1—2	1,65	Fus.	Sol.	44. 13. 7. 36.	Ram. $(\text{Ca, Na}) \text{B}^2 + 6 \text{H}.$
	Tinkalzite, Cryptomorphite.							
	Bor. de Magnésie.							
166	Boracite.	C.	7,0	2,97	Fus.	Sol.	<u>B. Mg. Ca. H. Mg. Cl.</u> 62. 27. » » 3. 8.	Pot. $2 \text{Mg}^2 \text{B}^2 + \text{Mg Cl}.$

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITE.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- DILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.	
	Suite de la Boracite.						<u>B. Mg. Ca. H.</u>		
	Stassfurtite, Stassfurtite ferri- fère (Huyssénite), Parasite.								
167	Szabélyite.	O.	3,5	3,00	Fus.	Sol.	38. 55. » 7.	Pet. $3 \text{ Mg}^{\circ} \text{ B}^{\circ} + 4 \text{ H.}$	
168	Hydroboracite.	»	2,0	1,90	Fus.	Sol.	<u>49. 10. 14. 27.</u>	Hes. $(\text{Ca}, \text{Mg})^{\circ} \text{ B}^{\circ} + 9 \text{ H.}$	
	Bor. de Manganèse.						<u>B. Mn. Mg. H.</u>		
169	Sussexite.	»	3,3	3,42	Fus.	Sol.	<u>33. 40. 17. 40.</u>	Brus. $(\text{Mn}, \text{Mg})^{\circ} \text{ B} + \text{H.}$	
	Bor. de Fer.						<u>B. Fe. H.</u>		
170	Lagonite.	O?	»	»	Fus.	Sol.	<u>49. 37. 14.</u>	Bec. $\text{Fe B}^{\circ} + 3 + \text{H.}$	
	GENRE BOROTITANATE.						<u>B. Ti. Mg. Fe.</u>		
171	Warwickite (Enceladite).	O?	3,5	3,40	Inf.	Sol.	<u>23. 26. 39. 42.</u>	Sm. $2 \text{ Mg}^{\circ} \text{ B} + \text{Fe Ti.}$	
IV. FAMILLE.							CARBONIDES.		
	GENRE CARBONE.						<u>C.</u>		
172	Diamant.	C.	10,0	3,50	Inf.	Ins.	100.	Dum. C.	
173	Graphite.	R.	1,3	2,20	Inf.	Ins.	100.	Frit. C.	
	Trémehérite.								

NOM.		TYPE CRIST.	DURETÉ.	DENSITÉ.	FUSIBILITÉ.	SOLUBILITÉ.	COMPOSITION.		FORMULE.	
Charbons							<u>C. H. O.</u>			
174	Anthracite	»	2,5	1,46	Comb.	Ins.	93. 4. 3.	Reg.	$C^{40} H^4 O.$	
175	Houille (H. grasse).	»	2,3	1,30	Comb.	Ins.	91. 5. 4.	Reg.	$C^{40} H^{13} O.$	
176	Stipite (H. maigre).	»	2,3	1,36	Comb.	Ins.	79. 5. 16.	Reg.	$C^{40} H^{15} O^6.$	
177	Lignite (Jayet).	»	2,3	1,35	Comb.	Ins.	74. 5. 21.	Reg.	$C^{40} H^{16} O^8.$	
Lignite ligneux, Terre de Cologne.										
178	Tourbe	»	1—2	»	Comb.	Ins.	60. 6. 34.	Reg.	$C^{40} H^{24} O^{18}.$	
Dopplérite, Dysodil.										
179	Terreau						<u>n. n. n.</u>			
GENRE CARBURE.							<u>C. H. O.</u>			
a. Bitumes.										
180	Naphte (Pétrole).	»	»	0,75	Liq.	Sol.	87. 13. »	Dum.	$C^{40} H^{36}.$	
Brewsterline, Cryptoline.										
181	Élatérite	»	»	1,23	Fus.	Sol.	85. 13. 2.	John.	$C^{40} H^{37} O.$	
Hircine.										
182	Malthe	»	»	»	Fus.	Sol.	82. 11. 7.	Bous.	$C^{40} H^{30} O^3.$	
183	Asphalte	»	2	1,06	Fus.	Sol.	79. 9. 12.	Bous.	$C^{40} H^{27} O^5.$	
Mélanasphalte, Torbanite, Bathwillite, Albertite, Grahamite.										
184	Idrialite	»	1,5	1,60	Fus.	Sol.	92. 5. 3.	Böd.	$C^{40} H^{13} O.$	
b. Cires.										
185	Hatchettine	D.	1,0	0,92	Fus.	Sol.	86. 14. »	John.	$C^{40} H^{39}.$	
Suif de montagne, Naphtéine, Baikérite, Ozocérite, Paraffine, Chrismatine, Neftgil, Naphtadil, Néphalite.										

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	Cires (suite).						<u>C. H. O.</u>	
186	Butyrite		»	»	Fus.	Sol.	74. 12. 14. Will.	$C^{40} H^{39} O^6$.
	c. Résines.							
187	Copaline (Succinite) Settlingite.	»	2,5	1,00	Fus.	Sol.	85. 12. 3. John.	$C^{40} H^{34} O^6$.
188	Tasmanite Euosmite.	»	2,0	1,18	Fus.	Sol.	84. 11. 5. Chur.	$C^{40} H^{34} O^5$.
189	Middlétonite	»	»	1,06	Fus.	Sol.	86. 8. 6. John.	$C^{40} H^{32} O^5$.
190	Walchowite (Rétinite, Rétinas- phate) Réfikite, Krantzite, Scléretinite, Pyrorétine.	»	2,0	1,07	Fus.	Sol.	80. 11. 9. Scht.	$C^{40} H^{33} O^5$.
191	Succin.	»	2,5	1,11	Fus.	Sol.	79. 10. 11. Sch.	$C^{40} H^{30} O^5$.
192	Hartine (Bolorétine, Xylorétine) . .	»	»	1,11	Fus.	Sol.	77. 10. 13. Sch.	$C^{40} H^{31} O^5$.
193	Guayaquillite Anthracoxène, Ambrite.	»	»	1,09	Fus.	Sol.	77. 8. 14. John.	$C^{40} H^{28} O^5$.
194	Jaulingite Bérenélite.	»	2,5	1,11	Fus.	Sol.	75. 9. 16. Zéph.	$C^{40} H^{29} O^6$.
195	Pyropissite Mélanchym, Piasite, Murindo, Uranélaïne.	»	»	0,52	Fus.	Sol.	69. 10. 21. Kars.	$C^{40} H^{35} O^9$.
	Appendice : Résines des Bois enfouis.							
196	Fichtélite Técorétine, Phyllorétine, Di- nite, Schéérérite.	O.	1,0	»	Fus.	Sol.	87. 13. » Brom.	$C^{40} H^{36}$.
197	Hartite Branchite, Ixolyte.	O.	1,0	1,04	Fus.	Sol.	88. 12. » Scht.	$C^{40} H^{33}$.
198	Könlite Könleinite.	D.	»	0,88	Fus.	Sol.	92. 8. » Scht.	$C^{40} H^{21}$.

	NOM.	TYPE CRIST.	DURETÉ.	DENSITÉ.	FUSIBILITÉ.	SOLUBILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	GENRE MELLATE.						<u>Me. Al. H.</u>	
199	Mellite.	Ca.	2,5	1,60	Fus.	Sol.	41. 15. 44.	Wöh. $\text{Al Me}^3 + 48.$
	GENRE HUMATE.						<u>Hu. Al. H.</u>	
200	Pigofite.	»	»	»	Fus.	Sol.	49. 37. 44.	John. $\text{Al Hu} + 9 \text{H} + 3 \text{Al H}^6.$
	Humate de chaux.							Pel.
	GENRE OXALATE.						<u>Ē. Ca. Fe. H.</u>	
201	Whéwellite.	O.	2,7	1,83	Inf.	Sol.	50. 38. » 12.	San. $\text{Ca Ē} + \text{H}.$
	Thierschite.							
202	Humboldtine (Oxalite).	D?	2,0	2,25	Inf.	Sol.	42. » 41. 17.	Ram. $2 \text{Fe Ē} + 3 \text{H}.$
	GENRE CARBONATE							
	Carb. de potasse.						<u>Ĉ. K. H.</u>	
203	Kalicine.	D.	»	1,60	Fus.	Sol.	46. 46. 8.	Pis. $\text{K Ĉ}^2 + \text{H}.$
	Carb. de soude.						<u>Ĉ. Na. Ca. H.</u>	
204	Urao.	O.	2,5	2,11	Fus.	Sol.	39. 42. » 19.	Bous. $\text{Na}^2 \text{Ĉ}^3 + 4 \text{H}.$
205	Thermonatrite.	D.	1,5	1,60	Fus.	Sol.	35. 50. » 15.	Beu. $\text{Na Ĉ} + \text{H}.$
206	Natron.	O.	1,5	1,42	Fus.	Sol.	15. 22. » 63.	Klap. $\text{Na Ĉ} + 10 \text{H}.$
207	Gaylussite.	O.	2,5	1,95	Fus.	Sol.	29. 21. 19. 31.	Bous. $\text{Na Ĉ} + \text{Ca Ĉ} + 5 \text{H}.$

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	Carb. d'Ammoniaque.						Ĉ. Am. H.	
208	Teschémacherite.	D?	1,5	1,45	Fus.	Sol.	56. 33. 11.	Tesc. Am Ĉ ² + H.
	Carb. de Baryte.						Ĉ. Ba. Ĉa. Śr.	
209	Witthérite.	D.	3,5	4,28	Fus.	Sol.	22. 78. » »	Klap. Ba Ĉ.
210	Barytocalcite.	O.	4,0	3,66	Inf.	Sol.	29. 53. 18. »	Del. Ba Ĉ + Ĉa Ĉ.
211	Alstonite.	D.	4,5	3,71	Inf.	Sol.	29. 52. 19. »	Del. Ba Ĉ + Ĉa Ĉ.
	Bromlite.						29. 49. 17. 5.	John.
	Carb. de Strontiane.						Ĉ. Śr. Ĉa. Ba. Ś.	
212	Strontianite.	D.	3,5	3,70	Fus.	Sol.	30. 70. » » »	Stro. Śr Ĉ.
	Emmonsite.						32. 61. 7. » »	Thom.
	Stromnite (mélange).						22. 50. » 19. 9.	Trai.
	Carb. de chaux.						Ĉ. Ĉa. Mg. Mn. Pb.	
213	Calcaire (Calcite)	R.	3,0	2,72	Inf.	Sol.	44. 56. » » »	Sch. Ĉa Ĉ.
	Reichite, Prunnérite, Ragoulki, Séricolite, Prasochrome, Néotype, Strontianocalcite, Héματοconite, Sidéroconite, Ridolfite (Prédazzite et Pencatite, mélanges).							
	Gurhofian.						47. 39. 14. » »	Klap.
	Calcimangite (Spartaïte).						42. 44. » 14. »	Tyl.
	Tétalite.						43. 51. » 6. »	Bert.
	Plumbocalcite.						42. 52. » » 6.	Hau.

NOM.		TYPE CRIST.	DURETÉ.	DENSITÉ.	FUSIBILITÉ.	SOLUBILITÉ.	COMPOSITION.							FORMULE.		
							Č.	Ca.	Mg.	Mn.	Pb.	Fe.	Ni.	H.		
	Carb. de Chaux (suite)															
214	Hydroconite	R.	»	1,75	Inf.	Sol.	19.34.	»	»	»	»	»	»	50.	Pel.	Ca Č+5H.
215	Aragonite	D.	3,5	2,93	Inf.	Sol.	41.56.	»	»	»	»	»	»	»	Nend.	Ca Č.
	Oserskite, Mossoltite.															
	Coconucite						43.42.	2.	13.	»	»	»	»	»	Bous.	
	Tarnowizite						43.54.	»	»	3	»	»	»	»	Bött.	
216	Dolomie	R.	4,0	2,90	Inf.	Sol.	43.30.	22.	»	»	»	»	»	»	Hir.	Ca Č+Mg Č.
	Ankéríte						44.28.	10.	1.	»	17.	»	»	»	Hau.	
	Tautocline, Brossite.															
217	Hydrodolomite	»	»	2,50	Inf.	Sol.	44.27.	23.	»	»	»	»	»	6.	Ram.	3 (Ca, Mg) Č+H.
	Pennite						45.20.	27.	»	»	»	»	2.	6.	Herm.	
	Subsesquicarbonate de Chaux.						30.35.	24.	»	»	»	»	»	11.	Röth.	
	Carb. de Magnésic.															
218	Giobertite (Magnésite)	R.	4,0	3,15	Inf.	Sol.	52.48.	»	»	»	»	»	»	»	Sch.	Mg Č.
	Conite						50.32.	3.	15.	»	»	»	»	»	Hir.	
	Baudissérite (mélange).						12.68.	»	2.	3.	45.	»	»	»	John	
219	Hydromagnésite	O.	3,5	2,18	Inf.	Sol.	37.43.	»	»	20.	»	»	»	»	Sm. et B.	3 (Mg Č+H)+Mg H.
	Lancastérite (mélange).						27.51.	»	»	22.	»	»	»	»	Erni	
220	Pistomésite	R.	4,0	3,41	Inf.	Sol.	44.22.	34.	»	»	»	»	»	»	Frit.	Mg Č+Fe Č.
221	Mésitine	R.	4,2	3,38	Inf.	Sol.	46.23.	24.	2.	»	»	»	»	»	Frit.	2 Mg Č+Fe Č.
	Breunérite						50.32.	16.	2.	»	»	»	»	»	Joy	
	Carb. d'Yttria.															
222	Carbonyttrine (Tengérite)	»	»	»	Inf.	Sol.	35.65.	»	»	»	»	»	»	»	Svan.	Y Č.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.										FORMULE.
							Ĉ.	Ce.	Di.	La.	Ca.	Ca.	Ce.	Fl.	H.		
	Carb. de Cérium, etc.						Ĉ.	Ce.	Di.	La.	Ca.	Ca.	Ce.	Fl.	H.		
223	Parisite. Kischtimite.	R.	4,5	4,35	Inf.	Sol.	23.	43.	40.	8.	3.	5.	2.	6.	»	Ram.	2 ĈeĈ + (Di, La)Ĉ + (Ca, Ce)Fl.
224	Lanthanite. Carbocérine.	D.	2,0	2,66	Inf.	Sol.	22.	»	»	54.	»	»	»	»	24.	Gen.	(La, Di)Ĉ + 3 H.
	Carb. d'Urane.						Ĉ.	Ū.	Ū.	Ca.	Cu.	H.					
225	Zippeite (Uranblüthe).	»	4,0	»	Inf.	Sol.	11.	n.	»	»	»	n.				Zip.	
226	Liebigite. Kalkuran.	»	2,5	»	Inf.	Sol.	40.	37.	»	8	»	45.				Sm.	ŪĈ + CaĈ + 20 H.
							24.	»	37.	16.	»	23.				Lind.	ŪĈ + CaĈ + 5 H.
227	Voglite.	O?	»	»	Inf.	Sol.	27.	»	37.	14.	8.	14.				Lind.	(Ū, Ca, Cu)Ĉ + H.
	Carb. de Manganèse.						Ĉ.	Mn.	Ca.	Mg.	Fe.	H.					
228	Diallogite.	R.	4,5	3,60	Inf.	Sol.	38.	62.	»	»	»	»				Grün.	MnĈ.
229	Manganocalcite.	D.	5,0	3,03	Inf.	Sol.	41.	42.	10.	5.	2.	»				Ram.	2 (Mn, Fe)Ĉ + (Ca, Mg)Ĉ.
230	Wisérite.	»	»	»	Inf.	Sol.	33.	53.	»	»	»	14.				Haï.	MnĈ + H.
	Carb. de Fer.						Ĉ.	Fe.	Ca.	Mg.	Mn.						
231	Sidérose. Junckérite, Thomaïte, Sidérot, Sphérosidérite.	R.	4,0	3,85	Inf.	Sol.	38.	56.	1.	2.	3.					Kars.	FeĈ.
232	Sidéroplésite.	R.	4,5	3,66	Inf.	Sol.	42.	45.	»	13.	»					Frit.	2 FeĈ + MgĈ.
233	Oligonite.	R.	4,2	3,74	Inf.	Sol.	38.	37.	»	»	25.					Mag.	3 FeĈ + 2 MnĈ.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	Carbonate de Nickel					
234	Texasite	»	3,2	3, 5	Inf.	Sol.
	Zamtite (Zaratite?).					
	Carb. de Cobalt					
235	Rémingtonite	»	»	»	Inf.	Sol.
	Carb. de Zinc					
236	Smithsonite	R.	5,0	4,40	Inf.	Sol.
	Szaskaite, Herrérite.					
	Monheimite					
	Capnite					
237	Zinconise	»	2,5	3,60	Inf.	Sol.
238	Buratite (Aurichalcite)	»	2,0	3,32	Inf.	Sol.
	Risseite (Messingite)					
	Carb. de Plomb					
239	Céruse	D.	3,5	6,57	Fus.	Sol.
	Bleischwärze, Bleierde, Iglé- siasite.					
240	Suzannite	R.	2,5	6,55	Fus.	Sol.
241	Leadhillite	D.	2,5	6,50	Fus.	Sol.

COMPOSITION.						FORMULE.
C. Ni. Mg. H.						
42.	57.	1.	30.			Sm. et B. Ni ² C̄+6H.
C. Co. H.						
n.	n.	n.				Boo.
C. Zn. Mn. Fe. Mg. Ca. Cu. H.						
35.	65.	»	»	»	»	Smit. Zn C̄.
37.	56.	4.	1.	1.	1.	Monh.
37.	37.	2.	23.	»	1.	Monh.
44.	74.	»	»	»	»	Koch. Zn ³ C̄+2H.
22.	32.	»	»	»	9. 29. 8.	Del. (Zn, Cu, Ca) ² C̄+H.
14.	56.	»	»	»	19. 11.	Riss.
C. Pb. S.						
16.	84.	»				Berg. Pb C̄.
12.	81.	7.				Broo. 3Pb C̄+Pb S.
12.	81.	7.				Stro. 3Pb C̄+Pb S.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITE.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	Carbonate de Bismuth.						<u>Ĉ. Bi. H.</u>	
242	Bismuthite.	»	4,5	7,67	Fus.	Sol.	7. 90. 3.	Ram. $\text{Bi}^2 \text{Ĉ}^3 + 4\text{H.}$
	Grégorite, Agnèsite, Népaulite.							
	Walthérite.	»	3,0	3,84	Fus.	Sol.	<u>n. n. n.</u>	Lind.
	Carbonate de Cuivre.						<u>Ĉ. Cu. Zn. H. Cu. Cl. S.</u>	
243	Mysorine.	»	4,2	2,62	Fus.	Sol.	22. 78. » » » » »	Thom. $\text{Cu}^2 \text{Ĉ.}$
244	Malachite.	O.	4,0	3,92	Fus.	Sol.	20. 72. » 8. » » »	Nord. $\text{Cu}^2 \text{Ĉ} + \text{H.}$
	Malachite calcifère.							
	Atlasite.						18. 64. » 10. 4. 4. »	Ehr.
245	Azurite (Chessylite).	O.	4,2	3,80	Fus.	Sol.	25. 69. » 6. » » »	Sm. $\text{Cu}^3 \text{Ĉ}^2 + \text{H.}$
	Zincazorite?	D?	4,0	3,50	Fus.	Sol.	<u>n. n. n. n. » » n.</u>	Plat.
	Carb. d'Argent.						<u>Ĉ. Ag.</u>	
246	Selbite.	»	»	»	Fus.	Sol.	<u>14. 86.</u>	Selb $\text{Ag} \text{Ĉ.}$
	Plata Azul.							
	V ^e FAMILLE.							
	GENRE TITANOXYDE.							
247	Rutile.	Ca.	6,5	4,27	Inf.	Ins.	<u>Ti. Fe. Cr.</u>	Dam. Ti.
	Rutile chromifère.						98. 2	Ekeb. Ti.
							97. » 3.	

TITANIDES.

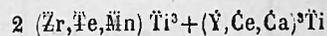
	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	Suite du Rutile.					
	* Nigrine.					
	Rutililménite (Ilménorutile).					
	Rutile tantalifère.					
248	Hydrorutile?					
249	Anatase.	Ca.	6,0	3,80	Inf.	Ins.
250	Brookite.	D.	6,0	4,13	Inf.	Ins.
	Arkansite.					
	GENRE TITANATE.					
	Titan. de Chaux.					
251	Pérowskite.	D?	5,8	4,04	Inf.	Sol.
	Rutherfordite? Parathorite?					
	Titan. de Zircon.					
252	Polymignite	D.	6,5	4,85	Inf.	Ins.
	Polycrase, Mengite.					
	Titan. de Fer.					
253	Crichtonite.	R.	5,5	4,72	Inf.	Sol.
	Paracolumbite, Cibdélophage.					
254	Mohsite.	R.	5,5	»	Inf.	Sol.

COMPOSITION.						FORMULE.
Ti.	Fe.	Fe.	Ta.	Sn.	H.	
89.	11.	»	»	»	»	Ram.
89.	11.	»	»	»	»	Koks.
74.	»	17.	7.	2.	»	Dam.
n.	»	»	»	»	n.	Dam.
99.	1.	»	»	»	»	Dam. Ti.
95.	5.	»	»	»	»	Herm. Ti.
99.	1.	»	»	»	»	Dam.

Ti.	Ca.	Fe.				
59.	40.	1.				Dam. Ca. Ti.

Ti.	Zr.	Fe.	Mn.	Y.	Ce.	Ca.
48.	15.	13.	3.	12.	5.	4.

Ti.	Fe.	Fe.				
52.	47.	1.				Mar. Fe Ti.
n.	n.	»				Lévy



	NOM.	TYPE CRIST.	DC- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- LITÉ.	SOLUBI- LITÉ.
	Titan. de fer (suite)					
255	Ilménite	R.	5,5	4,90	Inf.	Sol.
	Isérine.					
	Ménaccanite.					
256	Washingtonite	R.	5,5	4,96	Inf.	Sol.
	Hystatite, Pyromélane.					
257	Picrotitanite	R.	6,0	4,31	Inf.	Sol.
VI^e FAMILLE.						
GENRE TANTALOXYDE.						
258	Tantalocre					
GENRE TANTALATE.						
	Tant. d'Yttria.					
259	Yttrotantale { noir }	D?	5,5	5,88	Inf.	Ins.
	{ jaune }		5,0	5,81	Inf.	Ins.
	Hielmite.					
	Tant. de Fer.					
260	Tantalite	D.	6,5	7,65	Inf.	Ins.
	Skogbölite.					
	Ixiolite.					

COMPOSITION.							FORMULE.	
Ti.	Fe.	Fe.	Mn.	Mg.				
46.	36.	14.	3.	1.	Ram.	6 Fe Ti + Fe.		
57.	26.	15.	»	2.	Ram.			
43.	28.	29.	»	»	Kob.	3 Fe Ti + 4 Fe.		
22.	19.	59.	»	»	Mar.			
59.	26.	»	»	15.	Ram.	Fe Ti + Mg Ti.		
TANTALIDES.								
Ta.								
n.								
Ta.	Sn.	Y.	Fe.	Ca.	Ü.	Mn.	Ce.	H.
57.	»	21.	6.	7.	4.	»	»	5.
58.	»	26.	1.	4.	7.	»	»	4.
63.	7.	5.	8.	4.	5.	4.	1	3.
Pére.								
(Y, Fe, Ca, Ü) ^s Ta + 2 H.								
Nord.								
Ta.	Sn.	Fe.	Mn.					
84.	1.	15.	»					
84.	1.	14.	1.					
73.	13.	7.	7.					
Dam.								
Fe Ta.								
Nord.								
Nord.								

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	Suite de la Tantalite.					
	Ildéfontsite (Harttantalierz).					
261	Tapiolite.	Ca.	6,0	7,36	Inf.	Ins.
VII ^e FAMILLE.						
GENRE NIOBATE.						
	Niob. de Chaux.					
262	Azorite.	Ca.	4,5	»	Inf.	Ins.
263	Pyrochlore.	C.	8,5	4,32	Inf.	Ins.
	Microlite?					
	Niob. d'Yttria.					
264	Fergusonite.	Ca.	6,0	5,83	Inf.	Ins.
	Tyrite.					
	Bragite.					
	Kochéelite.					
	Niob. de Zircone.					
265	Pyrrhite.	C.	6,0	»	Inf.	Ins.

COMPOSITION.										FORMULE.
<u>Ta. Sn. Fe.</u>										
										Brei.
83.	4.	16.								Nord.
NIOBIDES.										
<u>Nb. Ti. Ca. Ce. Na. Fe. Mg. Mn. U. H.</u>										
n.	»	n.	»	»	»	»	»	»	»	Hay.
61.	5.	10.	15.	5.	2.	2.	»	»	»	Herm.
68.	»	10.	6	»	2.	»	2	5.	7.	Wöh.
59.	18.	16.	»	5.	1.	»	»	»	1.	Hay.
83.	»	12.	»	»	1.	»	»	4.	»	Hay.
<u>Nb. Y. Ce. Fe. U. Ca. Zr. Al. H. n.</u>										
49.	39.	3.	2.	»	»	7.	»	»	»	Web.
45.	30.	5.	6.	3.	1.	»	6.	4.	»	Forb.
48.	33.	8.	1.	5.	2.	2.	»	1.	»	Mich.
30.	17.	»	11.	»	2.	13.	1.	8.	18.	Webs.
<u>Nb. Zr. Fe.</u>										
n.	n.	n.								Hay.

3 (Y, Ce, Fe)⁴ Nb + Zr Nb.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.								FORMULE.		
							Nb.	U.	Y.	Fe.	Ce.	Ca.	Mn.	H.			
	Niobate d'Urane.																
266	Samarskite.	D.	6,0	5,53	Fus.	Ins.	57.	17.	13.	9.	3.	»	1.	»	Herm.	(U, Y, Fe, Ce) ² Nb.	
	Yttröilménite.						62.	6.	20.	8.	»	2.	2.	2.	Herm.		
	Eylandite.						55.	15.	25.	»	»	»	»	5.	Waa.		
	Niob. de Fer.						Nb.	Fe.	Mn.	H.							
267	Niobite (Baïérine).	D.	6,0	5,70	Inf.	Ins.	80.	15.	5.	»					Rose	(Fe, Mn) Nb.	
	Dianite, Gröenlandite.																
	Adelpholite.						42.	n.	n.	10.					Nord.		
	Niob. avec Titanate.						Nb.	Ti.	Y.	Th.	U.	Ce.	Fe.	Ca.	H.		
268	Euxénite.	D.	6,5	4,71	Inf.	Ins.	38.	16.	23.	»	9.	3.	3.	5.	3.	Stre.	3 R ² Nb + 2 R Ti + 2 H?
							40.	15.	30.	»	6.	4.	2.	»	3.	Forb.	
269	Aeschynite.	D.	5,6	5,14	Fus.	Ins.	32.	15.	5.	23.	»	16.	6.	2.	1.	Herm.	4 R ² Nb + 2 R Ti ² ?
	VIII ^e FAMILLE.																
	GENRE WOLFRAMOXYDE.						W.	O.									
270	Wolframine (acide wolframique).	C?	»	6,0	Inf.	Ins.	79.	21.								Ram.	W.
	GENRE WOLFRAMIATE.																
	Wolf. de chaux.						W.	Ca.	Cu.								
271	Schéelite.	Ca.	5,0	6,07	Fus.	Sol.	80.	20.	»							Del.	Ca W.
	Cuproschéelite.						81.	12.	7.							Whit.	

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- LITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	Wolf. de Manganèse.						W. Mn. Fe.	
272	Hubnérite.	D?	4,5	7,90	Fus.	Sol.	76. 24. »	Riot. Mn W.
	Mégabasite.						72. 23. 5.	Ram.
	Wolf. de Fer.						W. Fe. Mn.	
273	Wolfram.	O.	5,5	7,36	Fus.	Sol.	76. 20. 4.	Ram. 5 Fe W + Mn W.
	Ferbérite.						71. 26. 3.	Ram.
	Wolf. de Plomb.						W. Pb.	
274	Stolzite (Schéeliline).	Ca.	3,0	8,13	Fus.	Sol.	51. 49.	Kern. Pb W.
	Wolf. de Cuivre?						W. Cu.	
275	Cuprotungstite.	»	»	»	Fus.	Sol.	n. n.	Dom.
	IX ^e FAMILLE.							
	GENRE MOLYBDOXYDE.							
276	Molybdine (Acide molybdique).	D.	2,5	4,50	Fus.	Sol.	67. 33.	Plat. Mo.
	GENRE MOLYBDATE.							
	Molyd. de Cobalt.							
277	Patéraïte.	»	»	»	Inf.	Sol.	Mo. Co. Fe. Bi. S. H. n.	Lau. CoMo?
							30. 27. 17. 2. 12. 8. 6	

MOLYBDIDES.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- LITÉ.	SOLUBI- LITÉ.
	Molyb. de Plomb.					
278	Mélinose (Wulfénite).	Ca.	3,0	6,90	Fus.	Sol.
	Mél. calcarifère.					
	M. basique (mélange).					
	M. vanadif.					
	X ^e FAMILLE.					
	GENRE VANADOXYDE.					
279	Vanadine (Acide vanadique).					
	GENRE VANADATE.					
	Vanad. de Chaux?					
279 bis	Calcivanadite.	"	"	"	"	"
	Vanad. de Plomb.					
280	Descloizite.	D.	3,5	5,83	Fus.	Sol.
281	Déchénite.	D?	4,0	5,81	Fus.	Sol.
	Aéroxène.					
	Eusynchite.					
282	Vanadinite.	R.	3,0	6,90	Fus.	Sol.
283	Cuprovanadite (Chileïte).	"	"	"	Fus.	Sol.
	Vanad. de Cuivre.					
284	Volborthite.	R?	3,5	3,55	Fus.	Sol.
285	Calevolborthite.	R?	3,3	3,86	Fus.	Sol.

COMPOSITION.						FORMULE.	
Mo. Pb. Ca. G. V.							
39.	61.	"	"	"		Par. Pb Mo.	
46.	47.	7.	"	"		Dom.	
47.	81.	"	2	"		Bous.	
23.	63.	"	"	14.		Sm.	
VANADIDES.							
V. O.							
74.	26.					Tesc. V.	
V. Ca.							
n. n.						Fici.	
V. As. Cl. Pb. Zn. Pb. Cu.							
28.	"	"	69.	3.	"	"	Dan. Pb ³ V.
22.	"	"	58.	20.	"	"	Czud. (Pb, Zn) ⁴ V.
18.	41.	"	53.	18.	"	"	Berg.
22.	"	"	58.	20.	"	"	Czud.
18.	"	3.	71.	"	8.	"	Ram. 3 Pb ³ V + Pb Cl.
15.	6.	"	61.	"	"	18.	Dom. (Pb, Cu) ⁵ V; Pb As.
V. Cu. Ca. H.							
n. n. " n.						Hes.	
39.	38.	18.	5.				Cred. (Cu, Ca) ⁴ V + H.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	XI ^e FAMILLE.							
	GENRE CHROMOXYDE.							
286	Chromocre (Anagénite)	»	»	2,60	Inf.	Ins.	Cr. O. 69. 31.	Cr.
	GENRE CHROMITE.							
287	Sidérochrome	C.	5,5	4,56	Inf.	Ins.	Cr. Al. Fe. Mg. 38. 12. 20. 8.	Ab. (Fe, Mg) (Cr, Al).
	GENRE CHROMATE.							
288	Crocoïse	O.	3,0	6,40	Fus.	Sol.	Cr. Pb. Cu. Zn. 31. 69. » » 15. 85. » »	Berz. Pb Cr. Del R.
289	Phoenicite (Mélanochroïte)	D.	3,5	5,75	Fus.	Sol.	23. 77. » »	Hérm. Pb ³ Cr ² .
290	Jossaite	D.	3,0	5,20	Fus.	Sol.	n. n. » n.	Plat.
291	Vauquelinite	O.	3,0	5,78	Fus.	Sol.	38. 61. 11. »	Berz. (Pb, Cu) ² Cr ² .
	XII ^e FAMILLE.							
	GENRE TELLURE.							
292	Tellure	R.	2,5	6,18	Fus.	Sol.	Te. 100.	Petz Te.
	GENRE TELLURURE.							
	Tellurure de Nickel							
293	Mélonite	R?	»	»	Fus.	Sol.	Te. Ni. Ag. Pb. 74. 21. 4. 4.	Gen. Ni ² Te ² .
	CHROMIDES.							
	TELLURIDES.							

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETE.	DEN- SITE.	FUSI- BILITE.	SOLU- BILITE.
	Tellurure de Plomb.					
294	Altaite.	C.	3,5	8,15	Fus.	Sol.
295	Elasmose (Nagyagite).	R?	1,5	7,20	Fus.	Sol.
	Blattérine.					
296	Nobilite (Silberphyllinglanz).	"	1,5	5,85	Fus.	Sol.
	Tellur. de Bismuth.					
297	Bornine.	R.	2,0	7,55	Fus.	Sol.
298	Tétradymite.	R.	2,0	7,41	Fus.	Sol.
299	Pilsénite (Molybdansilber).	R.	2,0	8,44	Fus.	Sol.
300	Joscite.	R?	2,0	8,71	Fus.	Sol.
	Tellur. d'Argent.					
301	Hessite (Sawodinskite).	C.	3,5	8,90	Fus.	Sol.
302	Petzite.	C.	3,5	8,83	Fus.	Sol.
	Tellur. d'Or.					
303	Calaverite.	"	2,7	"	Fus.	Sol.
304	Sylvane.	O?	2,0	8,28	Fus.	Sol.
305	Mullérine.	O.	2,0	8,30	Fus.	Sol.
	GENRE TELLUROXYDE.					
306	Tellurine.	"	"	"	Fus.	Sol.

COMPOSITION.							FORMULE.
Te.	Sb.	S.	Pb.	Au.	Ag.	Cu.	
38.	"	"	61.	"	1.	"	Rose Pb Te.
31.	"	8.	51.	9.	"	1.	Shö. (Pb, Au) (Te, S) ² .
19.	4.	10.	61.	6.	"	"	Folb.
n.	n.	n.	n.	n.	"	"	Plat.
Te. S. Bi. Ag.							
48.	"	52.	"				Gen. Bi Te ³ .
36.	4.	60.	"				Dam. Bi (Te, S) ³ .
32.	2.	64.	2.				Wehr. Bi (Te, S) ² .
12.	6.	82.	"				Dam. Bi ² (Te, S) ³ .
Te. Ag. Au.							
37.	63.	"					Rose Ag Te.
35.	47.	18.					Petz 4 Ag Te + Au Te.
Te. Au. Ag. Sb. Cu. Pb.							
56.	41.	3.	"	"	"		Gen. Au Te ² .
60.	27.	11.	1.	1.	"		Petz (Au, Ag) Te ² .
50.	27.	9.	6.	"	8.		Petz (Au, Ag, Pb) (Te, Sb) ² .
Te. O.							
80.	20.						Petz Te.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	GENRE TELLURATE.							
	Tellur. de Bismuth.						Te. Bi. H.	
307	Montanite.	»	3,0	»	Fus.	Sol.	27. 68. 5.	Gen. Bi Te+2 H.
	XIII ^e FAMILLE.							
	GENRE ANTIMOINE.							
308	Antimoine.	R.	3,5	6,72	Fus.	Sol.	100.	Duf. Sb.
	GENRE ANTIMONIURE.							
	Antim. de Nickel.						Sb. S. As. Ni. Fe	
309	Breithauptite.	R.	5,5	7,54	Fus.	Sol.	68. » » 31. 4.	Stro. Ni ² Sb.
	Antim. sulf. de Nick.							
310	Antimonickel.	C.	5,5	6,50	Fus.	Sol.	56. 16. » 28. »	Rose. Ni Sb+Ni S ² .
	Ullmannite.						48. 16. 10. 26. »	Ulm.
	Antimoniure d'Argent.						Sb. Ag.	
311	Discrase.	D.	4,0	9,40	Fus.	Sol.	36. 64. 25. 75. 15. 85.	Dom. Ag ² Sb. Ab. Ag ⁴ Sb. Plat. Ag ⁶ Sb.
	GENRE ANTIMONOXYDE.							
132	Senarmontite.	C.	2,5	5,30	Fus.	Sol.	Sb. O. 83. 17.	Riv. Sb.
313	Exitèle (Valentinite).	D.	3,0	5,56	Fus.	Sol.	83. 17.	Suck. Sb.

STIBIDES (Antimonides).

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITE.	FUSI- LITÉ.	SOLU- LITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	GENRE ANTIMONATE.						<u>Šb. Šb. H.</u>	
314	Cervantite.	D.	4,5	4,08	Inf.	Sol.	53. 47. »	Duf. Šb Šb.
315	Stiblite (Stibiconise).	»	5,5	5,28	Inf.	Sol.	50. 45. 5.	Dol. Šb Šb + 2 H.
316	Cumengite.	»	»	»	Inf.	Sol.	53. 32. 15.	Cum. Šb ² Šb ³ + 15 H.
	Volgérite.						44. 34. 22.	Vol.
	Antim. de Chaux.						<u>Šb. Šb. Ca.</u>	
317	Roméine.	C?	6,0	4,71	Fus.	Ins.	41. 37. 22.	Dam. Ca Šb + Ca ² Šb.
	Antim. de Plomb.						<u>Sb. As. Pb. Cu. Mn. H.</u>	
318	Monimolite.	C.	5,0	5,94	Fus.	Sol.	33. » 67. » » »	Igel. Pb ³ Šb.
319	Bleinière (Bindheimite).	»	4,0	4,75	Fus.	Sol.	32. » 62. » » 6.	Herni. Pb ³ Šb + 4 H.
	Pfaffite.						45. 16. 33. 3. 3. »	Pfaf.
	Antim. de Cuivre.						<u>Šb. Cu. Ag. Fe. Pb. H.</u>	
320	Hertérine.	»	»	3,00	Fus.	Sol.	58. 33. 3. » 1. 5.	Hert. (Cu, Ag, Pb) Šb ² + 3 H.
321	Partzite.	»	3,4	3,80	Fus.	Sol.	49. 33. 6. 2. 2. 8.	Ar. (Cu, Ag, Fe, Pb) Šb + 3 H.
	Stétéfeldtite.						64. 21. » 4. » 11.	Stet.
							54. 18. » 2. 18. 11.	Riot.
	Antim. de Mercure.						<u>Šb. Hg. Cu. Fe. H. Te.</u>	
322	Ammiolite.	»	»	»	Fus.	Sol.	38. 25. 17. 1. 19. »	Beni. (Hg, Cu) ² Šb + 9 H?
	Tellurmercure.	»	»	»	Fus.	Sol.	n. n. n. » » 15.	Riv.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	XIV ^e FAMILLE.							
	GENRE ARSENIC.							
323	Arsenic.	R.	3,5	5,90	Vol.	Sol.	As, Bi, Ag, Ca, As.	
	Arsenglanz.						100. " " " "	As.
	Arsenic argentifère (mélange).						97. 3. " " "	
	Arsenikschwärze (mélange).						67. " 13. 3. 17	Fiel.
							n. " " " n.	
	GENRE ARSÉNIURE.							
	Ars. d'Antimoine.						As. Sb.	
324	Allemontite.	R.	3,5	6,20	Fus.	Sol.	62. 38.	Ram. Sb As ³ .
	Ars. d'Urane.						As. U.	
325	Arsénurane.	"	"	"	Fus.	Sol.	n. n.	Sch.
	Ars. de Manganèse.						As. Mn.	
326	Kancite.	"	5,5	5,55	Fus.	Sol.	54. 46.	Kanc Mn ² As.
	Ars. de Fer.						As. S. Fe. Ni. Ca. Bi.	
327	Löllingite (Sätersbergite).	D.	5,5	8,69	Fus.	Sol.	72. 1. 27. " " "	Weid. Fe As.
	Pazite, Geiérite.							
	Löllingite nickélif.						61. 6. 14. 14. 5. "	Hof.
	Safflorite.						71. " 18. " 10. 1.	Kob.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	Arséniure de Fer (suite)					
328	Leucopyrite	D.	6,5	7,40	Fus.	Sol.
	Ars. antim. de Fer.					
329	Pyritolamprite (Arseniksilber)	»	»	7,47	Fus.	Sol.
	Ars. sulf. de Fer.					
330	Mispickel	D.	5,8	6,07	Fus.	Sol.
	Dalarnite, Thalheimite. Plinian Weisserz Danaïte					
	Arséniure de Nickel					
331	Nickéline	R.	5,5	7,72	Fus.	Sol.
	Tombazite. Nickéline antimonif. Nickéline ferrif. (mélange) Nickéline bismuthif. (mélange)					
332	Chloanthite	C.	6,0	6,50	Fus.	Sol.
	Chl. ferrif. Chl. cobaltif Chl. ferrif. et cobaltif. Chatamite					
333	Rammelsbergite	D.	5,7	7,19	Fus.	Sol.

COMPOSITION.						FORMULE.	
As.	S.	Fe.					
67.	1.	32.			Weid.	$Fe^4 As^3$.	
As.	S.	Sb.	Fe.	Ag.			
49.	1.	16.	25.	9.	Ram.	$4 Fe^v As^4 + Ag^3 Sb^3$.	
As.	S.	Fe.	Co.				
46.	20.	34.	»		Weid.	$Fe As + Fe S^2$.	
46.	20.	34.	»		Plat.		
55.	8.	37.	»		Jord.		
42.	18.	33.	7.		Hay.		
As.	S.	Ni.	Fe.	Co.	Bi.	Cu.	Sb.
56.	»	44.	»	»	»	»	»
					Stro.		$Ni^3 As$.
50.	2.	40.	»	»	»	»	8.
61.	6.	14.	14.	5.	»	»	»
36.	2.	43.	1.	3.	13.	2.	»
					Bert.		
					Hof.		
					Schr.		
71.	»	29.	»	»	»	»	»
					Ram.		$Ni As$.
72.	2.	19.	7.	»	»	»	»
					Ram.		
60.	2.	26.	1.	11.	»	»	»
					Ram.		
71.	»	12.	10.	7.	»	»	»
					Löwe		
69.	5.	10.	12.	4.	»	»	»
					Gen.		
71.	»	28.	»	»	»	»	»
					Hof.		$Ni As$.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	Ars.-antim. de Nickel.						As. S. Sb. Ni. Fe.	
334	Aarite.	R?	5,0	7,30	Fus.	Sol.	34. 3. 28. 34. 4.	Ber. 2 Ni ² As + Ni ² Sb.
	Ars.-sulf. de Nickel.						As. S. Sb. Ni. Fe. Co. Cu.	
335	Disomose (Nickelglanz).	G	5,5	6,09	Fus.	Sol.	48. 20. » 32. » » »	Ram. Ni As + Ni S ² .
	Disom. de Tanne.						55. 11. » 30. 3. 1. »	Hof.
	Wodankies.						56. 11. » 16. 14. 4. »	Stro.
	Dobschauite.						51. 10. » 26. 5. 8. »	Zor.
	Gersdorffite (Styrian).						50. 14. » 26. 10. » »	Hör.
	Amoïbite.						46. 14. » 37. 3. » »	Kob.
	Plessite.						40. 16. » 28. 15. 1. »	Pless
	Disom. de Siegen.						38. 17. » 41. 4. » »	Bon.
	Disom. ferrif.						33. 21. » 23. 17. 2. 4.	Berg.
336	Corynite.	C.	5,0	6,00	Fus.	Sol.	38. 17. 14. 29. 2. » »	Payr Ni (As, Sb) + Ni S ² .
	Arséniure de Cobalt.						As. S. Co. Fe. Ni. Bi. Cu.	
337	Skuttérodite.	C.	6,0	6,80	Fus.	Sol.	80. » 19. 1. » » »	Wöh. Co ² As ² .
338	Smaltine.	C.	6,0	6,41	Fus.	Sol.	75. 1. 20. 4. » » »	Ram. Co ² As ² .
	Smalt. nickelif.						69. » 17. 2. 12. » »	Klau.
	Kersténite (Chéleusite).						78. 1. 10. 5. 1. 4. 1.	Kerl.
	Smalt. cuprif.						73. » 14. 4. 1. » 8.	Sm.
	Ars.-sulf. de Cobalt.						As. S. Co. Fe.	
339	Cobaltine.	C.	5,3	6,37	Fus.	Sol.	44. 20. 33. 3.	Stro. Co As + Co S ² .
	Ferrocobaltite.						43. 20. 9. 28.	Sch.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- SILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	Ars. sulf. de Cobalt. (Suite).						As. S. Co. Fe. Bi.	
340	Glaucodot.	D.	5,5	6,30	Fus.	Sol.	43. 20. 25. 12. "	Plat. Co As + (Fe, Co) S ² .
	Alloclase.						37. 16. 25. 4. 18.	Hub.
	Ars. de Bismuth.						As. S. Bi. Fe. Cu.	
344	Arsenbismuth.	"	5,5	3,70	Fus.	Sol.	38. " 56. 6. "	Thom. (Bi, Fe) As.
	Arsenbism. cuprif.						31. 10. 46. " 13.	Lind.
	Ars. de Cuivre.						As. S. Cu. As. Cu. H.	
342	Domeykite.	"	3,5	8,26	Fus.	Sol.	28. " 72. " " "	Dom. Cu ⁶ As.
	Weisskupfererz.							
343	Algodonite.	"	4,0	7,62	Fus.	Sol.	16. " 84. " " "	Fiel. Cu ¹² As.
344	Whitneyite (Darwinite).	"	4,0	8,47	Fus.	Sol.	12. " 88. " " "	Gen. Cu ¹⁸ As.
	Condurrite (mélange).						14. 2. 13. 4. 62. 5.	Ram.
	Arsénio-antimon. d'argent.						As. Sb. Ag. Fe.	
345	Chanarcillite.	"	"	"	Fus.	Sol.	23. 21. 53. 3.	Dom. Ag ² (As, Sb) ² .
	GENRE ARSÉNOXYDE.						As. O.	
346	Arsénolite.	C.	1,5	3,69	Vol.	Sol.	76. 24.	Dum. As.
346 ^{bi}	Rhombarésinite (Clandétite).	D.	2,5	3,85	Vol.	Sol.	76. 24.	Clau. As.
	Arsenphyllite (prod. de four- neau).							

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITE.	FUSI- LITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	GENRE ARSÉNIATE.							
	Ars. d'Antimoine						As. Sb. Fe. H.	
347	Arsenstibite	»	»	»	Fus.	Sol.	32. 54. 4. 10. 13. 64. » 23.	Pis. Pis. $\text{Sb}^{\circ} \text{As}^3 + 15 \text{H.}$ $\text{Sb}^{\circ} \text{As} + 30 \text{H.}$
	Ars. de Chaux						As. Ca. Mg. Mn. Co. H.	
348	Pharmacolite	O.	2,5	2,70	Fus.	Sol.	52. 24. » » » 24.	Ram. $\text{Ca}^2 \text{As} + 6 \text{H.}$
	Arsénicite						47. 25. 3. » 1. 24.	Stro.
349	Haidingerite	D.	2,5	2,84	Fus.	Sol.	57. 29. » » » 14.	Turn. $\text{Ca}^2 \text{As} + 3 \text{H.}$
350	Kühnite (Berzéilite)	»	5,5	2,52	Inf.	Sol.	59. 23. 16. 2. » »	Kühn $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Mn})^{\circ} \text{As.}$
	Ars. de Magnésie						As. Mg. H.	
351	Hörnésite	O.	1,0	2,47	Fus.	Sol.	46. 25. 29.	Hau. $\text{Mg}^3 \text{As} + 3 \text{H.}$
352	Rösslérîte	»	3,0	»	Fus.	Sol.	40. 14. 46.	Delf. $\text{Mg}^2 \text{As} + 12 \text{H.}$
	Ars. d'Urane						As. U.	
353	Hörnbergite	»	»	»	Fus.	Sol.	n. n.	Vogl
	Ars. de Manganèse						As. Mn. Ca. Mg. H.	
354	Chondroarsénite	»	3,0	»	Fus.	Sol.	34. 52. 5. 2. 7.	Igel.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.							FORMULE.		
							As.	P.	S.	Fe.	Ca.	Pb.	H.			
	Arséniate de Fer						As.	P.	S.	Fe.	Ca.	Pb.	H.			
355	Scorodite (Néoctèse, Iogunéite). Cobalt scorodite.	D.	3,5	3,15	Fus.	Sol.	51.	»	»	33.	»	»	16.	Dam.	Fe As + 4H.	
356	Pharmacosidérinite.	C.	2,5	3,00	Fus.	Sol.	40.	3.	»	38.	»	»	19.	Berz.	Fe ⁺ (As, P) ³ + 15H.	
357	Sidérétine. Sulfosidérétine (mélange).	»	3,0	2,50	Fus.	Sol.	30.	»	»	41.	»	»	29.	Kert.	Fe ² As + 12H.	
358	Arséniosidérinite.	»	2,0	2,88	Fus.	Sol.	27.	»	14.	35.	»	»	24.	Ram.		
359	Symlésite.	O.	2,5	2,95	Fus.	Sol.	39.	»	»	40.	12.	»	9.	Ram.	Fe ³ As + Ca ³ As + 6H.	
360	Carminite. Ars. de Nickel.	D?	2,5	4,10	Fus.	Sol.	n.	»	»	n.	»	»	n.	Plat.		
							As.	Ni.	Fe.	Mg.	Co.	H.	As.			
361	Xanthiosite.	»	4,0	4,83	Fus.	Sol.	48.	»	»	28.	»	24.	»	Mül.	5 Fe As + Pb ³ As.	
362	Aerugite.	»	4,0	4,98	Fus.	Sol.	51.	49.	»	»	»	»	»	Berg.	Ni ³ As.	
363	Annabergite. Cabrérite (Annab. magnésif). Forbésite (Annab. cobaltif). Néoplase ?	O.	3,0	3,13	Fus.	Sol.	37.	63.	»	»	»	»	»	Berg.	Ni ³ As.	
							38.	37.	1.	»	»	24.	»	Kert.	Ni As + 8H.	
							42.	20.	»	9.	4.	25.	»	Forb.		
							44.	20.	»	»	9.	27.	»	Forb.		
							n.	n.	»	»	»	n.	n.	Berz.		
	Ars. de Cobalt.						As.	Co.	Fe.	Ni.	Cu.	Ca.	H.	As.		
364	Erythrine. Erythr. nickélif. Rhodoïse? Cobaltocre jaune et brun (mélange). Ganomatite, Chénocoprolite (mélange).	O.	2,5	2,95	Fus.	Sol.	38.	37.	1.	»	»	»	24.	»	Kert.	Co ³ As + 8H.
							37.	24.	4.	11.	»	»	24.	»	Lind.	
							19.	17.	2.	»	»	»	12.	50.	Kert.	
365	Lavendulane.	»	3,0	3,01	Fus.	Sol.	n.	n.	»	»	n.	»	»	»	Plat.	
366	Rosélite.	D.	3,0	»	Fus.	Sol.	38.	30.	»	»	»	8.	24.	»	Kert.	(Co, Ca) ³ As + 8H.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- LITÉ.	SOLUBI- LITÉ.
	Arséniate de Zinc.					
367	Adamine.	D.	3,5	4,34	Fus.	Sol.
368	Köttigite.	O.	3,0	3,10	Fus.	Sol.
	Ars. de Plomb.					
369	Mimotèse. Flockenerz.	R.	3,5	7,25	Fus.	Sol.
370	Hédyphane.	R.	4,0	5,45	Fus.	Sol.
	Ars. de Cuivre.					
371	Trichalcite.	»	2,5	»	Fus.	Sol.
372	Olivénite.	D.	3,0	4,37	Fus.	Sol.
373	Euchroïte.	D.	4,0	3,38	Fus.	Sol.
374	Erinite.	»	4,5	4,04	Fus.	Sol.
375	Cornwallite.	»	4,5	4,16	Fus.	Sol.
376	Aphanèse (Clinoclase).	O.	3,0	4,31	Fus.	Sol.
377	Chalcophyllite (Érinite de Beud.).	R.	2,5	2,65	Fus.	Sol.
378	Conichalcite.	»	4,5	4,12	Fus.	Sol.
379	Liroconite.	O.	2,5	2,96	Fus.	Sol.
380	Chénevixite.	»	4,5	3,93	Fus.	Sol.
381	Bayldonite.	»	4,5	5,35	Fus.	Sol.
	A. de C. avec carb. et sulf.					
382	Tyrolite.	D.	4,5	3,09	Fus.	Sol.
383	Lindakérite.	D.	2,5	2,50	Fus.	Sol.

COMPOSITION.		FORMULE.
<u>As.</u>	<u>Zn.</u> <u>Fe.</u> <u>Co.</u> <u>Ni.</u> <u>H.</u>	
40. 54.	2. » » 4.	Fric. $Zn^2 As + H.$
37. 34.	» 7. 2. 23.	Kött. $(Zn, Co, Ni)^2 As + 8 H.$
<u>As.</u>	<u>P.</u> <u>Cl.</u> <u>Pb.</u> <u>Pb.</u> <u>Ca.</u>	
23. » 2.	68. 7. »	Berg. $3 Pb^2 As + PbCl.$
24. 7. 3.	44. 8. 14.	Kert. $3 (Pb, Ca)^2 (As, P) + PbCl.$
<u>As.</u>	<u>P.</u> <u>V.</u> <u>Cu.</u> <u>Ca.</u> <u>Al.</u> <u>Fe.</u> <u>Pb.</u> <u>H.</u>	
39. 4. » 44.	» » » » 16.	Herm. $Cu^2 (As, P) + 5 H.$
36. 3. » 57.	» » » » 4.	Dam. $Cu^2 (As, P) + H.$
34. » » 47.	» » » » 19.	Kühn. $Cu^2 As + 7 H.$
35. » » 60.	» » » » 5.	Turn. $Cu^2 As + 2 H.$
30. 2. » 55.	» » » » 13.	Ler. $Cu^2 (As, P) + 5 H.$
27. 2. » 63.	» » » » 8.	Dam. $Cu^2 (As, P) + 3 H.$
21. 2. » 53.	» » » » 24.	Dam. $Cu^2 (As, P) + 12 H.$
31. 9. 2. 31.	22. » » » 5.	Frit. $2 (Cu, Ca)^2 (As, P) + 3 H.$
23. 3. » 38.	» 10. » » 26.	Dam. $Cu^2 (As, P) + 6 H + 11 H^2.$
32. 2. » 32.	» » 25. » 9.	Pis. $Cu^2 (As, P) + Fe^2 As + 6 H.$
32. » » 32.	» » » 31. 5.	Chur. $(Cu, Pb)^2 As + 2 H.$
<u>As.</u>	<u>C.</u> <u>S.</u> <u>Cu.</u> <u>Ca.</u> <u>Ni.</u> <u>Fe.</u> <u>H.</u>	
25. 6. » 44.	8. » » 17.	Kob. $Cu^2 As + CaC + 9 H.$
33. » 7. 36.	» 16. 3. 3.	Lind. $2 Cu^2 As + (Ni, Fe)^2 S + 3 H.$

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	XV^e FAMILLE.					
	GENRE PHOSPHATE.					
	Phosphate de Soude					
384	Natrophite	"	"	"	Fus.	Sol.
	Phos. d'Ammoniaque					
385	Phosphammite	D.	2,0	"	Fus.	Sol.
386	Stercorite	D?	2,0	1,61	Fus.	Sol.
387	Guanite	D.	2,0	1,69	Fus.	Sol.
388	Struvite	D.	2,0	1,69	Fus.	Sol.
	Phos. de Chaux					
389	Apatite	R.	5,0	3,23	Fus.	Sol.
	Ap. manganésif, Ap. quartzif., Eupyrchroïte, Epiphosphorite, Ostéolite, Francolite, Lasura- patite, Pseudo-apatite, Talcapa- tite, Staffélite.					
390	Cuproapatite	R.	4,5	3,50	Fus.	Sol.
391	Hydroapatite	"	4,5	3,40	Fus.	Sol.
392	Brushite	O.	2,2	2,95	Fus.	Sol.
	Métabrushite					
	Ornithite					
	Zeugite (Pseudomorphose), Pyro- guanite, Pyroclasite, Sombré- rite, Glaubapatite, Epiglaubite, Guano.					

COMPOSITION.				FORMULE.
PHOSPHORIDES.				
<u>P. Na. H.</u>				
50.	44.	6.		Pis. $\text{Na}^2 \text{P} + \text{H}.$
<u>P. Am. Na. Mg. H.</u>				
53.	24.	"	"	23. Hera. $\text{Am} \text{P} + 3\text{H}.$
34.	8.	16.	"	42. Hera. $(\text{Am}, \text{Na})^2 \text{P} + 10\text{H}.$
31.	14.	"	17.	38. Tesc. $(\text{Am}, \text{Mg})^3 \text{P} + 10\text{H}.$
29.	7.	"	17.	47. Ulex $(\text{Am}, \text{Mg})^3 \text{P} + 12\text{H}.$
<u>P. Cl. Fl. Ca. Ca. Cu. H.</u>				
41.	7.	"	48.	4. " " Ram. $3 \text{Ca}^2 \text{P} + \text{Ca Cl}.$
42.	"	4.	50.	4. " " Ram. $3 \text{Ca}^2 \text{P} + \text{Ca Fl}.$
38.	1.	"	37.	1. 21. 2. Fiel. $\text{Ca}^2 \text{P} + \text{Cu}^2 \text{P} + \text{Ca Cl} + 2\text{H}.$
41.	"	3.	47.	4. " 5. Dam. $\text{Ca}^2 \text{P} + \text{H} + \text{Ca Fl}.$
41.	"	"	33.	" 26. Moo. $\text{Ca}^2 \text{P} + 5\text{H}.$
44.	"	"	34.	" 22.
42.	"	"	48.	" 10. Jul.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- LITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.		FORMULE.
							COMPOSITION.	FORMULE.	
	Phosp. de Chaux (suite).						<u>P.</u> <u>Ca.</u> <u>Mg.</u> <u>Al.</u> <u>H.</u>		
393	Cirrolite.	»	5,5	3,08	Fus.	Sol.	42. 29. 3. 21. 5.	Blom.	$2 \text{Ca}^3 \text{P} + \text{Al}^2 \text{P} + 3 \text{H}.$
394	Tavistockite.	»	»	»	Inf.	Sol.	30. 36. » 22. 12.	Chur.	$\text{Ca}^3 \text{P} + \text{Al} \text{H}^3.$
	Phosp. de Magnésie.						<u>P.</u> <u>Fl.</u> <u>Mg.</u> <u>Mg.</u> <u>H.</u>		
395	Wagnérite.	O.	5,5	3,07	Fus.	Sol.	44. 12. 37. 7. »	Ram.	$\text{Mg}^3 \text{P} + \text{Mg} \text{Fl}.$
396	Bobierreite.	O.	»	»	Fus.	Sol.	40. » 34. » 26.	Bob.	$\text{Mg}^3 \text{P} + 5 \text{H}.$
	Phosp. d'Ytria.						<u>P.</u> <u>Y.</u> <u>Ce.</u>		
397	Xénotime. Wisérine.	Ca.	4,5	4,31	Inf.	Ins.	33. 56. 11.	Sm.	$(\text{Y}, \text{Ce})^3 \text{P}.$
	Phosp. d'Alumine.						<u>P.</u> <u>Al.</u> <u>Fe.</u> <u>Mn.</u> <u>Fe.</u> <u>Ca.</u> <u>Mg.</u> <u>Cu.</u> <u>H.</u> <u>Pb.</u>		
398	Berlinite. Trolleite. Attacolite. Augélite. Amphithalite.	»	6,0	2,64	Inf.	Sol.	55. 41. » » » » » » 4. » 47. 44. 3. » » » » » 6. » 37. 30. 4. 9. » 13. » » 7. » 37. 50. » » » » » » 13. » 31. 49. » » » 6. 2. » 12. »	Blom. Blom. Blom. Blom. Igel.	$2 \text{Al} \text{P} + \text{H}.$
399	Wawellite. Kapnicite. Striegisan. Planérite. Waw. plombif.	D.	4,0	2,36	Inf.	Sol.	35. 38. » » » » » » 27. » 40. 35. » » » » » » 25. » 35. 37. 1 » » » » » 27. » 34. 38. » » 4. » » 3. 21. » 26. 23. » » » » » 3. 38. 10.	Fu. Stae. Erdm. Herm.	$\text{Al}^3 \text{P}^2 + 12 \text{H}.$
400	Fischérite. Péganite.	D.	5,0	2,46	Inf.	Sol.	31. 40. » » » » » » 29. » 31. 44. 2 » » » » » 23. »	Herm. Herm.	$\text{Al}^2 \text{P} + 8 \text{H}.$

	NOM.	TYPE CRIST.	DURETÉ.	DENSITÉ.	FUSIBILITÉ.	SOLUBILITÉ.
	Phosp. d'Alum. (Suite)					
401	Calaïte Variscite.	»	5,5	2,86	Inf.	Sol.
402	Turquoise { bleue verte	»	5,5	2,62	Inf.	Sol.
		»	5,5	2,83	Inf.	Sol.
	Turq. cuprif.					
403	Callaïs	»	3,5	2,50	Inf.	Sol.
404	Sphaerite	»	4,0	2,53	Inf.	Sol.
	Ph. d'Al. de Bourbon.					
405	Evansite	»	4,0	2,09	Inf.	Sol.
	Ph. d'Al. de Bernon.					
	Cabocle.					
406	Klaprothine	O.	6,0	3,05	Inf.	Sol.
	Phosp. d'Al. avec Sulfate.					
407	Svanbergite	R.	4,3	2,57	Fus.	Sol.
	Phosp. d'Al. avec Fluorure.					
408	Amblygonite	OO.	6,0	3,11	Fus.	Sol.
409	Herdérite	D.	5,0	2,98	Fus.	Sol.
	Phosp. de Cérium.					
410	Cryptolite Phosphocérite.	R?	5,5	4,66	Inf.	Ins.

COMPOSITION.										FORMULE.
P.	Al.	Fe.	Mn.	Ca.	Cu.	Mg.	Fe.	H.		
31.45.	2.	»	»	3	»	»	»	19.	John	$\text{Al}^2 \text{P} + 5 \text{H}.$
30.47.	1.	1.	1.	2.	»	»	»	18.	Herm.	$\text{Al}^3 \text{P} + 5 \text{H}.$
32.43.	2.	»	1.	3.	»	»	»	19.	Riv.	
22.19.	»	»	»	8.	»	»	»	21.	Dom.	
43.30.	2.	»	1.	»	»	»	»	24.	Dam.	$\text{Al} \text{P} + 5 \text{H}.$
27.47.	»	»	»	»	»	»	»	26.	Bori.	$\text{Al}^2 \text{P} + 8 \text{H}.$
26.52.	»	»	»	»	»	»	»	22.	Vaug.	
19.40.	»	»	»	»	»	»	»	41.	Forb.	$\text{Al}^3 \text{P} + 18 \text{H}.$
28.20.	»	»	»	»	»	»	»	52.	Del.	
44.33.	»	»	2.	»	12.	2.	7.		Ram.	$\text{Al}^3 \text{P}^2 + (\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca})^3 \text{P} + 3 \text{H}.$
P.	S.	Al.	Na.	Ca.	Fe.	H.				
18.17.	38.	13.	6.	1.	7.				Igel.	$\text{Al}^3 \text{P} + (\text{Na}, \text{Ca}, \text{Fe})^3 \text{S}^2 + 4 \text{H}.$
P.	Fl.	Al.	Li.	Na.	Al.	Li.	Na.	Ca.		
47.8.	29.	6.	5.	3.	1.	1.	»		Ram.	$\text{Al}^3 \text{P}^3 + \text{R}^3 \text{P}^3 + \text{R}^3 \text{Fl}^4.$
n.	n.	n.	»	»	»	»	n.		Plat.	
P.	Ce.	Fe.								
28.74.	1.								Wöh.	$\text{Ce}^3 \text{P}.$

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITE.	SOLU- BILITE.	COMPOSITION.		FORMULE.
	Phosp. de Cérium (suite).						\ddot{P} . Ce. Ln. Ca. H. Fa.		
411	Monazite.	O.	5,5	5,09	Inf.	Sol.	29. 46. 25. " " "	Dam.	(Ce, Ln) ³ \ddot{P} .
	Edwardsite, Erémite, Urdite. Monazitoïde.						23. 50. 22. 1. " 4.	Herm.	
412	Churchite.	O?	3,0	3,14	Inf.	Sol.	28. 52. " 5. 15. "	Chur.	(Ce, Ca) ³ \ddot{P} + 4 H.
	Phosphate d'Urane.						\ddot{P} . U. Ca. Cu. H.		
413	Uranite (Autunite).	D.	2,2	4,47	Fus.	Sol.	14. 59. 6. " 21.	Pis.	(U, Ca) ⁷ \ddot{P} + 12 H.
	Fritscheïte.								
414	Chalcolite.	Ca.	2,2	3,61	Fus.	Sol.	14. 62. " 9. 15.	Pis.	(U, Cu) ⁷ \ddot{P} + 8 H.
	Phosphate de Manganèse.						\ddot{P} . Mn. Fe. H.		
415	Hureaulite.	O.	5,0	3,19	Fus.	Sol.	38. 42. 8. 12.	Dam.	(Mn, Fe) ⁵ \ddot{P} ² + 5 H.
	Phosphate de Fer.						\ddot{P} . Fe. Al. Fe. Ca. Mg. H.		
416	Vivianite.	O.	2,70	2,72	Fus.	Sol.	29. 42. " 34. " " 25.	Ram.	6 Fe ³ \ddot{P} + Fe ³ \ddot{P} ² + 56 H.
	Mullicite.						28. 42. " 34. " " 26.	Ram.	
	Anglarite.						29. " " 57? " " 14.	Bert.	
417	Dufrenite (Kraurite).	D?	4,0	3,40	Fus.	Sol.	28. 53. " 10. " " 9.	Sch.	3 Fe ² \ddot{P} + Fe ³ \ddot{P} + 9 H.
	Chalcosidérite, Mélanchlor. Cacoxène.						21. 47. " " " " 32.	Haü.	
	Réraunite. Delvauxine (Borickite).						21. 52. " " 8. " 19.	Haü.	
	Calcoferrite.						34. 24. 3. " 15. 3. 21.	Reis.	
	Globosite.						29. 41. " " 3. 3. 24.	Frit.	

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	Phosphate de Fer (suite)					
418	Barrandite	»	4,5	2,57	Inf.	Sol.
419	Childrénite	D.	5,0	3,24	Inf.	Sol.
420	Triplite	O.	5,5	3,37	Fus.	Sol.
	Sarcopside					
	Ficinite					
421	Triphyline	D.	5,0	3,56	Fus.	Sol.
	Tétraphyline					
	Triplite de Nordwick					
	Pseudotriplite					
422	Hétérosite	D.	5,5	3,52	Fus.	Sol.
423	Alluaudite	D?	5,0	3,46	Fus.	Sol.
	Phosp. de Fer avec Sulfate					
424	Dernbachite (Beudantite)	R.	4,5	4,00	Fus.	Sol.
	Bieirosite					
	Phosp. de Fer avec Fluorure					
425	Zwieselite	D.	5,0	3,97	Fus.	Sol.
	Phosp. de Zinc					
426	Hopeite	D.	2,8	2,85	Fus.	Sol.

COMPOSITION.											FORMULE.		
P.	Fe.	Al.	Mn.	Fe.	Mn.	Ca.	Li.	Mg.	Na.	H.			
<hr/>													
40.	26.	13.	»	»	»	»	»	»	»	21.	Bori.	(Fe, Al) \bar{P} +4H.	
29.	»	14.	»	31.	9.	»	»	»	»	17.	Ram.	2 (Fe, Mn) ² \bar{P} +Al ² \bar{P} +13H.	
34.	»	»	»	33.	33.	»	»	»	»	»	Berz.	(Fe, Mn) ³ \bar{P} .	
35.	9.	»	»	30.	21.	3.	»	»	»	2.	Webs.		
14.	»	»	»	60.	8.	»	»	»	»	18.	Fici.		
44.	»	»	»	38.	6.	1.	8.	3.	»	»	Oest.	5 (Fe, Mn, Li, Mg) ³ \bar{P} .	
41.	»	»	»	37.	12.	»	8.	2.	»	»	Nord.		
43.	27.	»	24.	»	»	2.	2.	»	»	2.	Craw		
36.	51.	»	8.	»	»	»	»	»	»	5.	Delf.		
32.	32.	»	30.	»	»	»	»	»	»	6.	Ram.	(Fe, Mn) ⁵ \bar{P} ³ +5H.	
42.	26.	»	1.	23.	»	»	»	»	5.	3.	Dam.	Fe \bar{P} +(Mn, Na) ³ \bar{P} +H.	
<hr/>													
P.	S.	Fe.	Pb.	H.									
<hr/>													
13.	5.	44.	27.	11.								Mül.	3 Fe ³ \bar{P} +2 Pb ³ S+20H.
12.	8.	36.	34.	10.								Sau.	
<hr/>													
P.	Fl.	Fe.	Mn.	Fe.	Mn.								
<hr/>													
32.	8.	32.	16.	8.	4.						Ram.	(Fe, Mn) ³ \bar{P} +(Fe, Mn) Fl.	
<hr/>													
P.	Zn.	Cd.	H.										
<hr/>													
n.	n.	n.	n.								Lévy.		

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	Nitrate de Soude.					
437	Nitratine.	R.	2,0	2,29	Fus.	Sol.
	Nitrochlorure de Soude.					
	Nitrate d'Ammoniaque.					
438	Nitrammite.	D.	2,0	1,70	Fus.	Sol.
	Nitrate de Chaux.					
439	Nitrocalcite.	D?	»	»	Fus.	Sol.
	Nitrate de Magnésie.					
440	Nitromagnésite.	»	»	»	Fus.	Sol.
	Nitrate de Mercure.					
441	Johnite.	O.	»	»	Fus.	Sol.
	XVII ^e FAMILLE					
	GENRE SÉLÉNIUM.					
442	Sélénium.	O.	2,0	4,30	Fus.	Sol.
	GENRE SÉLÉNIURE.					
	Séléniture de Plomb.					
443	Clausthalie.	C.	3,0	7,69	Fus.	Sol.

	NOM.	FORMULE.
	<u>N. Cl. Na. Na.</u>	
	64. » 36. »	Hoch. Na \ddot{N} .
	<u>44. 19. 25. 12.</u>	Hay.
	<u>N. Am.</u>	
	68. 32.	Shep. Am \ddot{N} .
	<u>N. Ca. H.</u>	
	58. 32. 10.	Shep. Ca \ddot{N} +H.
	<u>N. Mg. H.</u>	
	65. 24. 11.	Shep. Mg \ddot{N} +H.
	<u>N. Hg. H.</u>	
	20. 74. 6.	John Hg \ddot{N} +2 H.
	SÉLÉNIDES.	
	<u>Se.</u>	
	Se.	Del R. Se.
	<u>Se. Pb.</u>	
	28. 72.	Rose Pb Se.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- LITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	XVIII^e FAMILLE.							
	GENRE SOUFRE.							
451	Soufre.	D.	2,5	2,08	Vol.	Ins.	S. As. 100. »	S.
	Soufre arsénif.						89. 11.	Phip.
	GENRE SULFURE.							
	Sulfure de Molybdène.							
452	Molybdénite.	R.	1,5	4,94	Fus.	Sol.	S. Mo. 40. 60.	Bran. Mo S ² .
	Sulf. d'Antimoine.							
453	Stibine.	D.	2,0	4,62	Fus.	Sol.	S. Sb. Fe. Ag. 28. 72. » »	Sch. Sb S ³ .
	Bolivian.						27. 65. » 8.	Ric.
454	Berthiérîte (Haidingérite).	D?	3,0	4,30	Fus.	Sol.	31. 53. 16. »	Ber. 2 Sb S ³ + 3 Fe S.
	Sulf. d'Ant. avec Oxygène.							
455	Kermès.	O.	1,5	4,60	Fus.	Sol.	S. O. Sb. 20. 5. 75.	Rose 2 Sb S ³ + Sb.
	Sulf. d'Arsenic.							
456	Orpiment.	D.	1,5	3,48	Vol.	Sol.	S. As. 38. 62.	Laug. As S ³ .
457	Réalgar.	O.	1,5	3,64	Vol.	Sol.	30. 70.	Laug. As S ² .
458	Dimorphine.	D.	1,5	3,58	Vol.	Sol.	25. 75.	Scac. As ² S ³ .

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLF- BILITÉ.
	Sulfure de Sélénium.					
439	Volcanite	"	"	"	Vol.	Sol.
	Sulf. de Manganèse.					
460	Alabandine	C.	4,0	4,04	Fus.	Sol.
461	Hauérite	C.	3,5	3,46	Fus.	Sol.
	Sulf. de Fer.					
462	Kroehérite	C?	"	4,60	Fus.	Sol.
463	Pyrite	C.	6,5	5,02	Fus.	Sol.
464	Sesquisulfure de Fer?	"	"	"	Fus.	Sol.
465	Sperkise (Marcasité)	D.	6,5	4,95	Fus.	Sol.
	Weicheisenkies.					
	Lonchidite					
	Cyrosite.					
466	Magnetkise (Leberkise, Pyrrho- tine)	R.	4,5	4,61	Fus.	Sol.
	Dipyrite (Dipyrrhotine).					
	Argentopyrite (Silberkise).					
467	Nicopyrite (Pentlandite)	C.	4,0	4,60	Fus.	Sol.
468	Cubane	C.	4,0	4,02	Fus.	Sol.
469	Sternbergite	D.	1,5	4,21	Fus.	Sol.
	Sulf. de Nickel.					
470	Millérite (Harkise)	R.	3,5	5,65	Fus.	Sol.
471	Linnéite (Siegenite)	C.	5,5	4,90	Fus.	Sol.
472	Grünauite (Saynite)	C.	4,5	5,13	Fus.	Sol.

		COMPOSITION.	FORMULE.
	S. Se.		
n. n.		Stro.	
	S. Mn.		
37. 63.		Berg.	Mn S.
53. 45.		Hau.	Mn S ² .
	S. Fe. Ni. Cu. Ag. As.		
36. 64.	" " " "	For.	Fe S.
53. 47.	" " " "	Sch.	Fe S ² .
47. 53.	" " " "	Cove.	Fe S ³ .
54. 46.	" " " "	Hatt.	Fe S ² .
n. n.	" " n. "	Brei.	
50. 44.	" 1. " 5.	Plat.	
52. 45.	" 2. " 1.	Schh.	
39. 61.	" " " "	Rose	6 Fe S+Fe S ² .
34. 39.	" " 27. "	Walt.	
37. 41. 22.	" " "	Sch.	2 Fe S+Ni S.
35. 42. 23.	" " "	Schh.	2 Fe S+Cu S.
30. 36.	" " 34. "	Zip.	3 Fe S+Fe S ² +Ag S.
	S. Ni. Co. Fe. Bi. Cu.		
36. 64.	" " " "	Ram.	Ni S.
42. 34. 22.	2. " "	Sch.	(Ni, Co) ³ S ⁴ .
39. 44.	" 4. 14. 2	Kob.	(Ni, Bi) ³ S ⁴ .

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- LITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	Sulfure de Cobalt.					
473	Syépoorite. Ruténite.	C.	5,5	5,45	Fus.	Sol.
474	Roboldine.	C.	5,5	5,80	Fus.	Sol.
475	Musénite.	C.	5,5	»	Fus.	Sol.
476	Carrollite. de Ridдарhyttan.	C.	5,5	4,85	Fus.	Sol.
	Sulf. de Zinc.					
477	Blende. Cléiophane.	C.	4,0	4,09	Fus.	Sol.
478	Marmatite. Christophite. Marasmolite. Rathite.	C.	4,0	3,85	Fus.	Sol.
479	Wurtzite. Spiautérite.	R.	4,0	3,90	Fus.	Sol.
	Sulf. de Zinc avec Oxyde.					
480	Voltzine. Sulf. de Cadmium.	» R.	4,5 3,5	3,66 5,00	Fus. Inf.	Sol. Sol.
481	Greenockite. Sulf. d'Étain.	R. C.	3,5 4,0	5,00 4,47	Inf. Fus.	Sol. Sol.
482	Stannine.	C.	4,0	4,47	Fus.	Sol.

COMPOSITION.						FORMULE.
S. Co. Cu. Ni. Fe.						
35.	65.	»	»	»		Mid. Co S.
43.	54.	1.	»	2.		Wer. Co ² S ³ .
43.	41.	1.	15.	»		Ram. (Co, Ni) ² S ⁴ .
42.	39.	17.	2.	»		Gen. Co ² S ³ + Cu S.
39.	43.	14.	»	4.		His.
S. Zn. Fe. Mn. Cu.						
33.	67.	»	»	»		Hen. Zn S.
32.	68.	»	»	»		Hen.
34.	51.	15.	»	»		Bous. 3 Zn S + Fe S.
34.	45.	18.	3.	»		Hei.
39.	49.	12.	»	»		Shep.
33.	47.	6.	»	14.		Tyl.
34.	58.	8.	»	»		Frie. Zn S.
33.	64.	3.	»	»		Hei.
S. O. Zn.						
27.	3.	70.				Four. 4 Zn S + Zn.
S. Cd.						
28.	78.					Thom. Cd S.
S. Sn. Cu. Zn. Fe.						
29.	26.	29.	19.	6.		Ram. (Sn, Cu, Zn, Fe) S.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	Sulfure de Plomb.					
483	Galène. Bleischweif, Targionite, Stein- mannite. Clayte. Nolascite. Schapbachite (Wismuthsilber- erz).	C.	2,5	7,60	Fus.	Sol.
484	Plumbéine.	R.	2,5	6,90	Fus.	Sol.
485	Johnstonite.	»	»	»	Fus.	Sol.
486	Huascolite.	»	»	»	Fus.	Sol.
487	Plumbocuprite. de la Légrie.	C.	2,5	6,40	Fus.	Sol.
	Sulf. de Pl. avec Antim. et Ars.					
488	Gécronite. Schulzite. Kilbrickénite. Sulf. de Plomb d'Alsau.	D.	2,5	6,54	Fus.	Sol.
489	Ménéghinite.	O.	2,5	6,30	Fus.	Sol.
490	Boulangérite. Plumbostib, Embrithite.	»	2,5	5,96	Fus.	Sol.
491	Plagionite.	O.	2,5	5,40	Fus.	Sol.
492	Jamesonite. Jam. ferrif. Hétéromorphite. Pfaffite (Bleischimmer). Zundererz.	D.	2,5	5,61	Fus.	Sol.
493	Zinkénite.	D.	2,5	5,34	Fus.	Sol.
494	Robellite.	D.	2,5	6,32	Fus.	Sol.

COMPOSITION.								FORMULE.		
S.	Pb.	Cu.	Bi.	Ag.	Zn.	As.	Sb.			
13. 87.	»	»	»	»	»	»	»	Rob.	Pb S.	
8. 68.	8.	»	»	»	10.	6.		Tay.		
13. 82.	»	»	»	»	5.	»		Dom.		
14. 68.	»	12.	6.	»	»	»		Mut.		
13. 87.	»	»	»	»	»	»		Brei.	Pb S.	
21. 79.	»	»	»	»	»	»		John.	Pb S ² .	
21. 32.	»	»	»	27.	»	»		Dom.	2 Pb S + 3 Zn S.	
15. 65.	20.	»	»	»	»	»		Plat.	2 Pb S + Cu ² S.	
26. 52.	19.	»	»	»	»	3		Sén.		
S.	Sb.	As.	Pb.	Cu.	Fe.	Mn.	Ag.	Bi.		
16. 10.	5.	67.	2.	»	»	»	»		Svan.	5 Pb S + (Sb, As) S ² .
17. 16.	»	65.	2.	»	»	»	»		Sau.	
14. 16.	»	70.	»	»	»	»	»		Apj.	
21. 23.	»	49.	1.	4.	2.	»	»		Trom.	
18. 19.	»	63.	»	»	»	»	»		Rath.	4 Pb S + Sb S ² .
19. 26.	»	55.	»	»	»	»	»		Ram.	3 Pb S + Sb S ² .
21. 38.	»	41.	»	»	»	»	»		Kud.	5 Pb S + 4 Sb S ² .
22. 25.	»	40.	»	3.	»	»	»		Rose	3 Pb S + 2 Sb S ² .
31. 24.	»	31.	»	14.	»	»	»		Ber.	
20. 31.	»	47.	»	2.	»	»	»		Rose	
17. 35.	4.	44.	»	»	»	»	»		Pfaff	
20. 17.	13.	43.	»	5.	»	2.	»		Börn.	
23. 45.	»	32.	»	»	»	»	»		Rose	Pb S + Sb S ²
18. 9.	»	41.	1.	3.	»	»	28.		Sätt.	12 (Pb, Bi, Fe) S + Sb S ² .

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLF- BILITÉ.
	S. de P. avec A. et Ars. (Suite).					
495	Bournonite.	D.	2,5	5,83	Fus.	Sol.
	Bourn. ferrif.					
	Wölchite.					
496	Polytélite (Weissgültigerz).	»	2,5	5,46	Fus.	Sol.
497	Freieslébénite (Schilfglaserz).	O.	2,5	5,92	Fus.	Sol.
498	Brongniartite.	C.	3,5	5,95	Fus.	Sol.
	Sulf. de Pl. avec Arsenic.					
499	Dufrenoyite.	D.	3,0	5,56	Fus.	Sol.
500	Sartorite (Sclérocasse).	D.	3,0	5,39	Fus.	Sol.
501	Jordanite.	D.	»	»	Fus.	Sol.
	Sulf. de Bismuth.					
502	Bismuthine.	D.	2,0	6,40	Fus.	Sol.
503	Chiviatite.	D?	2,0	6,92	Fus.	Sol.
504	Cosalite.	D?	2,0	»	Fus.	Sol.
505	Emplectite (Tannénite).	D.	2,5	»	Fus.	Sol.
506	Wittichénite.	»	2,5	»	Fus.	Sol.
507	Patrinite (Nadelerz, Aïkinite).	D.	2,5	6,75	Fus.	Sol.
	Retzbanyite (mélange).					
	Sulf. de Bism. avec Oxyde.					
508	Karelinite.	»	2,0	6,60	Fus.	Sol.

COMPOSITION.						FORMULE.	
S. Sb. As. Pb. Cu. Fe. Ag.							
20.	25.	»	42.	13.	»	Ram.	2 Pb S + Cu ² S + Sb S ³ .
14.	17.	»	36.	17.	14.	Klap.	
17.	24.	»	43.	16.	»	Scht.	
18.	24.	»	38.	»	»	Four.	4 (Pb, Ag) S + Sb S ³ .
19.	27.	»	30.	1.	»	Wöh.	9 (Pb, Ag) S + 4 Sb S ³ .
19.	30.	»	26.	»	»	Dam.	2 (Pb, Ag) S + Sb S ³ .
S. As. Pb.							
23.	21.	56.				Dam.	2 Pb S + As S ³ .
26.	29.	45.				Walt.	Pb S + As S ³ .
n.	n.	n.				Rath	
S. Bi. Pb. Fe. Cu. Ag. O.							
19.	81.	»	»	»	»	Rose	Bi S ³ .
18.	62.	17.	1.	2.	»	Ram.	(Bi, Pb) S ³ .
15.	43.	39.	»	»	3.	Gen.	Bi S ³ + 2 Pb S.
19.	62.	»	»	19.	»	Schr.	Bi S ³ + Cu ² S.
19.	43.	»	»	38.	»	Schr.	Bi S ³ + 3 Cu ² S.
17.	36.	36.	»	11.	»	Fr.	Bi S ³ + 3 (Pb, Cu ²) S.
12.	39.	36.	»	4.	2.	Herm.	
S. Bi. O.							
4.	91.	5.				Herm.	Bi S + Bi.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETE.	DEN- SITE.	FUSI- LITE.	SOLU- BILITE.
	Sulfure de Cuivre.					
509	Chalcosine.	D.	3,0	5,78	Fus.	Sol.
	Harrisite (pseudom.)					
	Ductownite (mélange).					
	Carménite.					
510	Cupréine.	R?	2,7	5,59	Fus.	Sol.
511	Digénite.	»	2,5	4,68	Fus.	Sol.
512	Covelline (Kupferindig).	R?	2,0	4,63	Fus.	Sol.
	Cantonite (pseudom.)					
513	Chalcopyrite.	Ca.	4,0	4,16	Fus.	Sol.
	Homichline.					
	Barnhardite.					
514	Phillipsite.	C.	3,0	5,00	Fus.	Sol.
	de Brillador.					
515	Castillite.	»	3,0	5,24	Fus.	Sol.
516	Alisonite.	»	3,0	6,10	Fus.	Sol.
517	Cuprargyre.	D.	3,0	5,60	Fus.	Sol.
	Sulf. de C. avec Antim.					
518	Wolfsbergite.	D.	3,5	5,01	Fus.	Sol.
519	Stylotype.	D.	3,0	4,70	Fus.	Sol.
520	Tétraédrite. (Panabase).	C.	4,0	4,90	Fus.	Sol.
	Coppite.					
	Aptonite.					
	Tétr. ferrif.					
521	Hermésite.	C.	3,5	5,51	Fus.	Sol.
	Schwartzite (Spaniolite).					
522	Freibergite (Weissgültigerz).	C.	4,0	4,90	Fus.	Sol.

COMPOSITION.							FORMULE.		
S.	Cu.	Ag.	Fe.	Zn.	Pb.				
20.	80.	»	»	»	»	Sch.	Cu ² S.		
21.	79.	»	»	»	»	Gen.			
23.	46.	»	31.	»	»	Shep.			
27.	72.	»	1.	»	»	Hahn			
20.	80.	»	»	»	»	Brei.	Cu ² S.		
30.	70.	»	»	»	»	Plat.	Cu ² S + 4 Cu S.		
34.	65.	»	1.	»	»	Hau.	Cu S.		
34.	66.	»	»	»	»	Gen.			
35.	35.	»	30.	»	»	Rose	Cu S + Fe S.		
30.	44.	»	26.	»	»	Ric.			
30.	48.	»	22.	»	»	Gen.			
28.	55.	»	16.	»	»	Plat.	3 Cu ² S + Fe ² S ³ .		
35.	38.	»	27.	»	»	Dom.			
26.	41.	5.	6.	12.	10.	Ram.	2 R S + R ² S.		
18.	53.	»	»	»	29.	Fiel.	3 Cu ² S + Pb S.		
18.	53.	29.	»	»	»	Dom.	3 Cu ² S + Ag S.		
S.	Sb.	As.	Cu.	Fe.	Ag.	Zn.	Hg.		
25.	48.	»	26.	1.	»	»	»	Ric.	Cu ² S + Sb S ³ .
25.	31.	»	29.	7.	8.	»	»	Kob.	3 (Cu ² , Ag, Fe) S + Sb S ³ .
25.	28.	»	35.	6.	3.	3.	»	Kuhl.	4 (Cu ² , Fe, Ag, Zn) S + Sb S ³ .
27.	29.	»	30.	14.	»	»	»	Bec.	
30.	25.	»	33.	2.	3.	7.	»	Svan.	
19.	22.	3.	32.	19.	1.	1.	3.	Pis.	
22.	21.	»	28.	»	5.	»	24.	Ric.	4 (Cu ² , Hg, Ag) S + Sb S ³ .
23.	22.	»	35.	»	2.	2.	16.	Weid.	
22.	25.	»	15.	6.	31.	1.	»	Rose	4 (Ag, Cu ² , Fe, Zn) S + Sb S ³ .
25.	27.	»	30.	4.	10.	4.	»	Ram.	4 (Cu ² , Ag, Fe, Zn) S + Sb S ³ .

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	Sulf. de C. avec Ant. et Ars.					
523	Panabase (Fahlerz)	C.	4,0	4,74	Fus.	Sol.
	Annivite					
	Fournélite					
	Sandbergérite					
	Studérite					
	Sulf. de C. avec Ars.					
524	Tennantite	C.	4,0	4,73	Fus.	Sol.
	Erythroconite (Kupferblende)					
525	Enargite (Guayacanite)	D.	3,0	4,36	Fus.	Sol.
526	Binnite	C.	3,0	4,40	Fus.	Sol.
	Sulf. de C. avec Oxyde.					
527	Marcylite	"	3,0	4,30	Fus.	Sol.
	Sulf. de Mercure.					
528	Cinabre	R.	2,5	8,20	Fus.	Sol.
529	Ethiopsite (Sulf. noir)	"	"	"	Fus.	Sol.
	Sulf. de M. avec Séléniure.					
530	Onofrite	"	2,5	5,60	Fus.	Sol.
	Riolite (Culébrite)					
531	Guadalcasite	R.	2,5	7,00	Fus.	Sol.

COMPOSITION.										FORMULE.
S.	Sb.	As.	Cu.	Fe.	Zn.	Ag.	Bi.	Pb.		
27.	12.	10.	41.	5.	4.	1.	"	"	Rose	$4(\text{Cu}^2, \text{Fe}, \text{Zn}, \text{Ag})\text{S} + (\text{Sb}, \text{As})\text{S}^3$
26.	9.	12.	37.	6.	2.	3.	5.	"	Brau.	
23.	22.	8.	32.	3.	"	"	"	12.	Mène	
25.	7.	15.	41.	2.	7.	"	"	3.	Merb.	
24.	16.	12.	39.	3.	5.	1.	"	"	Fell.	
S.	As.	Cu.	Fe.	Zn.	Pb.	Ag.				
27.	19.	52.	2.	"	"	"			Ram.	$4(\text{Cu}^2, \text{Fe})\text{S} + \text{As S}^3$
28.	19.	42.	2.	9.	"	"			Plat.	
32.	18.	49.	1.	"	"	"			Plat.	$3\text{Cu}^2\text{S} + \text{As S}^3$
28.	30.	37.	1.	"	3.	1.			Uhr.	$3\text{Cu}^2\text{S} + 2\text{As S}^3$
S.	Cu.	Cu.	H.							
17.	32.	41.	10.						Tyl.	$\text{Cu S} + \text{Cu H.}$
S.	Hg.									
14.	86.								Sch.	Hg S.
7.	93.								Berz.	$\text{Hg}^2\text{ S.}$
S.	Hg.	Se.	Zn.							
11.	82.	7.	"						Rose	$4\text{Hg S} + \text{Hg Se.}$
n.	n.	n.	n.						Del C.	

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	Sulfure d'Argent.					
532	Argyrose (Argentite).	C.	2,5	7,24	Fus.	Sol.
	Silberschwärze (mélange).					
533	Daléminsite.	D.	2,5	7,04	Fus.	Sol.
534	Acanthite.	D.	2,5	7,19	Fus.	Sol.
535	Jalpaïte.	C.	2,7	6,89	Fus.	Sol.
536	Stromeyérine.	D.	3,0	6,30	Fus.	Sol.
	Sulf. d'A. avec Ant. et Ars.					
537	Psaturose (Sprödglaserz).	D.	2,5	6,27	Fus.	Sol.
538	Pyrrargyrite (Argyrythrose).	R.	3,0	5,86	Fus.	Sol.
539	Pyrichrolite (Feuerblende).	O?	2,3	4,23	Fus.	Sol.
540	Miargyrite.	O.	2,3	5,40	Fus.	Sol.
	Hypargyrite.					
	Kenngottite.					
541	Polybasite.	D.	3,0	6,21	Fus.	Sol.
542	Proustite.	R.	2,5	5,50	Fus.	Sol.
543	Xanthocon.	D.	2,0	5,20	Fus.	Sol.
544	Rittingérite.	O.	3,0	»	Fus.	Sol.
	Sulf. de Ruthénium.					
545	Laurite.	C.	7,5	6,99	Inf.	Sol.

COMPOSITION.						FORMULE.
<u>S. Ag. Cu. Fe.</u>						
13.	87.	»	»			Lind. Ag S.
13.	87.	»	»			Brei. Ag S.
13.	87.	»	»			Wes. Ag S.
14.	72.	13.	1.			Ric. 3 Ag S + Cu ² S.
16.	53.	31.	»			Stro. Ag S + Cu ² S.
<u>S. Sb. As. Ag. Cu. Fe. Pb.</u>						
16.	15.	»	79.	»	»	Rose 6 Ag S + Sb S ³ .
18.	22.	»	60.	»	»	Wöh. 3 Ag S + Sb S ³ .
n.	n.	»	62.	»	»	Brei.
22.	39.	»	37.	1.	1.	Rose Ag S + Sb S ³ .
22.	40.	»	35.	»	2.	Dam.
17.	5.	4.	64.	10.	»	Rose 9 (Ag, Cu ²) S + (Sb, As) S ³ .
19.	1.	15.	65.	»	»	Rose 3 Ag S + As S ³ .
22.	»	14.	64.	»	»	Plat. 3 Ag S + As S ³ .
n.	»	n.	n.	»	»	Zip.
<u>S. Ru. Os.</u>						
32.	65.	3.				Wöh. 12 Ru ² S ³ + Os S ³ .

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
GENRE SULFATE.						
Sulfate de Potasse.						
546	Glaserite (Aphtalose).	D.	3,0	1,73	Fus.	Sol.
547	Taylorite.	"	2,0	"	Fus.	Sol.
548	Misénite.	"	"	"	Fus.	Sol.
549	Pieroméride (Schœnite).	O.	2,5	"	Fus.	Sol.
550	Cyanochoïte.	O.	"	"	Fus.	Sol.
Sulfate de Soude.						
551	Thénardite.	D.	2,5	2,73	Fus.	Sol.
	Makite					
	Sulf. et Chl. de Soude (mélange).					
552	Mirabilite.	O.	1,5	1,48	Fus.	Sol.
	Mirab. effleurie (Exanthalose).					
	Reussine.					
553	Lecontite.	D.	2,5	"	Fus.	Sol.
554	Glaubérite.	O.	3,0	2,85	Fus.	Sol.
	Polyhalite gris.					
555	Blœdite.	D?	"	"	Fus.	Sol.
	Astrakanite.					
556	Lœwéite.	Ca.	3,0	2,37	Fus.	Sol.
Sulfate d'Ammoniaque.						
557	Mascagnine.	D.	2,5	1,72	Fus.	Sol.
	Boussingaultite (mélange).					

COMPOSITION.							FORMULE.
S.	K.	Am.	Mg.	Cu.	H.		
S. K. Am. Mg. Cu. H.							
46.	54.	"	"	"	"		Smit. K Š.
48.	47.	5.	"	"	"		Tay. (K, Am) Š.
57.	37.	"	"	"	6.		Scac. K Š ² + H.
40.	23.	"	10.	"	27.		Reic. (K, Mg) Š + 3H.
36.	21.	"	"	18.	25.		Scac. (K, Cu) Š + 3H.
S. Na. Ca. Mg. H. Cl. Na. K. Am.							
56.	44.	"	"	"	"	"	Casa. Na Š.
48.	46.	"	"	6.	"	"	Ab.
29.	27.	"	"	6.	22.	16.	Bous.
25.	20.	"	"	55.	"	"	Haw. Na Š + 10H.
45.	35.	"	"	20.	"	"	Beu.
41.	24.	"	5.	30.	"	"	Reus.
46.	18.	"	"	20.	"	"	Tay. (Na, Am, K) Š + 2H.
58.	22.	20.	"	"	"	"	Bron. Na Š + Ca Š.
59.	15.	19.	7.	"	"	"	Ber.
48.	18.	"	42.	22.	"	"	Hau. (Na, Mg) Š + 2H.
45.	18.	"	15.	22.	"	"	Göb.
53.	19.	"	13.	15.	"	"	Kar. (Na, Mg) Š + H.
S. Am. H.							
53.	35.	12.					Ram. Am Š + H.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- LITÉ.	SOCC- BILITÉ.	COMPOSITION.						FORMULE.	
							Š.	Ba.	Sr.	Ca.	Fe.	Ši.		
	Sulfate de Baryte.	D.	3,5	4,72	Fus.	Ins.	Š.	Ba.	Sr.	Ca.	Fe.	Ši.		
558	Barytine.						34.	66.	»	»	»	»	Stro.	Ba Š.
	Allomorphite.						35.	65.	»	»	»	»	Hau.	
	Schoarite.						30.	60.	»	»	»	10.		
	Calstronbaryte.						37.	54.	4.	3.	2.	»	Haid.	
	Barytocélestine.						35.	56.	9.	»	»	»	Ram.	
559	Dréelite.	R.	3,5	3,40	Fus.	Sol.	39.	53.	»	8.	»	»	Duf.	3 Ba Š + Ca Š.
	Sulf. de Strontiane.						Š.	Sr.	Ba.	Ca.	C.			
560	Célestine.	D.	3,5	3,96	Fus.	Sol.	43.	57.	»	»	»		Stro.	Sr Š.
	Barytocélestine.						41.	36.	23.	»	»		Thom.	
	Calccélestine.						31.	40.	»	16.	13.		Daur.	
	Sulf. de Chaux.						Š.	Ca.	Ba.	K.	Mg.	H.		
561	Karsténite (Anhydrite).	D.	3,5	2,96	Fus.	Sol.	58.	42.	»	»	»	»	Stro.	Ca Š.
	Leedsite.						52.	30.	18.	»	»	»	Thom.	
562	Polyhalite (Ischélite).	O?	3,0	2,76	Fus.	Sol.	53.	18.	»	16.	7.	6.	Ram.	3 (Ca, Mg) Š + K Š + 2 H.
	Mamamite.													
563	Gypse.	O.	2,0	2,33	Fus.	Sol.	46.	33.	»	»	»	21.	Buch.	Ca Š + 2 H.
	Sulf. de Magnésie.						Š.	Mg.	H.					
564	Riesérite.	»	2,0	2,52	Fus.	Sol.	58.	27.	15.				Ram.	Mg Š + H.
565	Epsomite.	D.	2,2	1,75	Fus.	Sol.	32.	17.	54.				Stro.	Mg Š + 7 H.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- PILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	Sulf. de Magn. avec Chlor.					
566	Cainite	"	2,5	2,13	Fus.	Sol.
	Sulf. d'Alumine					
567	Alumiane	R?	3,0	2,77	Inf.	Ins.
568	Alunogène (Céramohalite). Davite	O?	2,0	1,80	Fus.	Sol.
569	Webstérite	"	2,0	1,66	Inf.	Sol.
570	Paraluminite Webstérite de Bernon	"	2,0	"	Inf.	Sol.
571	Felsöbanyte de Huelgoat	D.	1,5	2,33	Inf.	Sol.
572	Alunite Lœwigite	R.	4,0	2,79	Inf.	Ins.
573	Alungrammite	D?	4,0	2,71	Inf.	Ins.
574	Alun	C.	2,5	1,97	Fus.	Sol.
575	Sodalun (Solfatarite).	C.	3,0	1,88	Fus.	Sol.
576	Ammonalun (Tschermigite).	C.	2,0	1,75	Fus.	Sol.
577	Pickéringite Bosjémanite	O?	1,0	"	Fus.	Sol.
578	Apjonhite de Schemnitz	O?	"	"	"	"
579	Halotrichite (Alun de plume). Hversalt Bergbutter	"	2,0	"	Fus.	Sol.
580	Pissophane	"	2,2	1,98	Inf.	Sol.
581	Cupralun	"	"	"	Fus.	Sol.

COMPOSITION.										FORMULE.		
Š.	Cl.	Mg.	K.	Na.	H.							
31.	19.	15.	14.	3.	18.					Reic.	3 Mg Š+2(K, Na) Cl+9H.	
Š.	Al.	K.	Na.	Am.	Mg.	Mn.	Fe.	Fe.	Cu.	H.		
61.	39.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	Uten.	Al Š.
36.	15.	"	"	"	"	"	"	"	"	49.	Ram.	Al Š ² +18H.
31.	15.	"	"	"	"	"	"	"	"	54.	Mill.	
23.	30.	"	"	"	"	"	"	"	"	47.	Stro.	Al Š+9H.
14.	38.	"	"	"	"	"	"	"	"	48.	Wol.	Al ² Š+15H.
20.	40.	"	"	"	"	"	"	"	"	40.	Lass.	
17.	46.	"	"	"	"	"	"	"	"	37.	Hau.	Al ² Š+10H.
13.	44.	"	"	"	"	"	"	"	"	43.	Ber.	
38.	35.	10.	"	"	"	"	"	"	"	17.	Ram.	3 Al Š+K Š+9H.
36.	35.	10.	"	"	"	"	"	"	"	19.	Löv.	
39.	37.	11.	"	"	"	"	"	"	"	13.	Ram.	3 Al Š+K Š+6H.
34.	11.	10.	"	"	"	"	"	"	"	45.	Berz.	Al Š ² +K Š+24H.
38.	12.	"	8.	"	"	"	"	"	"	42.	Thom.	Al Š ² +Na Š+20H?
35.	14.	"	"	6.	"	"	"	"	"	48.	Stro.	Al Š ² +Am Š+24H.
36.	12.	"	"	"	6.	"	"	"	"	46.	Hay.	Al Š ² +Mg Š+22H.
36.	10.	"	"	"	6.	2.	"	"	"	46.	Sm.	
34.	41.	"	"	"	"	7.	"	"	"	48.	Apj.	Al Š ² +Mg Š+24H.
35.	10.	"	"	"	"	10.	"	"	"	45.	Beu.	
36.	11.	"	"	"	"	10.	"	"	"	43.	Ram.	Al Š ² +Fe Š+24H.
35.	11.	"	"	"	"	2.	"	6.	"	46.	Forc.	
34.	7.	"	"	"	"	1.	"	11.	"	47.	Bran.	
13.	35.	"	"	"	"	"	"	"	10.	"	Erdm.	(Al, Fe) ⁵ Š ² +30H.
44.	14.	"	"	"	"	"	"	"	"	11.	31. Beu.	Al Š ² +Cu Š+12H.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	Sulfate d'Urane					
582	Johannite	O.	2,5	3,19	Inf.	Sol.
583	Voglianite (Joh. basique)					
584	Uranocalcite	»	2,7	»	Inf.	Sol.
585	Daubérite	D.	»	»	Inf.	Sol.
	Uraconise					
	Uranblüthe (Zippeïte de Dana)					
586	Medjidite	»	2,5	»	Inf.	Sol.
	Sulf. de Manganèse					
587	Fausérite	D.	2,3	1,88	Fus.	Sol.
	Sulf. de Fer					
588	Apatélite	»	»	»	Inf.	Sol.
589	Coquimbite	R.	2,5	2,10	Inf.	Sol.
	Blakeïte					
	Misy					
	Carphosidérite					
	Moronolite					
	Pastreïte					
590	Copiapite	R?	2,5	1,90	Inf.	Sol.
591	Raimondite	R.	3,0	3,20	Inf.	Sol.
592	Fibroferrite (Stypticite)	»	1,5	1,84	Inf.	Sol.

COMPOSITION.						FORMULE.
S.	U.	U.	Ca.	Cu.	H.	
20.	68.	»	»	6.	6.	Lind. 2 UÜ S+Cu S+4 H.
12.	80.	»	3.	»	5.	} Lind. 3 UÜ S+5 H.
12.	80.	»	»	3.	5.	
20.	36.	»	10.	6.	27.	Lind. UÜ S ² +(Ca, Cu) ² S+18 H.
4.	»	81.	»	»	15.	Dau. U ⁰ S+18 H.
7.	»	71.	»	»	22.	} Lind.
10.	»	67.	3.	»	20.	
13.	»	68.	1.	»	18.	} Lind.
18.	»	62.	»	5.	15.	
21.	»	37.	7.	»	35.	Sm. U S+Ca S+15 H.
S.	Mn.	Mg.	H.			
34.	20.	6.	40.			
				Mol.	2 Mn S+Mg S+16 H.	
S.	Fe.	Al.	Na.	H.		
43.	53.	»	»	4.	Meil. Fe ³ S ³ +2 H.	
43.	27.	»	»	30.	Rose Fe S ³ +9 H.	
42.	29.	»	»	29.	Bla.	
43.	30.	»	»	27.	Ulr.	
47.	41.	»	»	12.	List	
32.	50.	»	»	18.	Pis.	
54.	47.	1.	4.	14.	Tyl.	
33.	50.	»	»	17.	Berg.	
42.	33.	»	»	25.	Rose Fe ² S ³ +12 H.	
35.	47.	»	»	18.	Rube Fe ³ S ³ +7 H.	
30.	33.	»	»	37.	Pis. Fe S ² +10 H.	

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETE	DEN- SITE.	FUSIBI- LITE.	SOLU- BILITE.
	Sulfate de Fer (suite)					
593	Jarosite	R.	4,0	3,25	Inf.	Sol.
	Gelbeisenerz					
594	Pittizite	»	3,5	2,40	Inf.	Sol.
	Glockërite					
	Pissophane jaune					
	Pittiz. de Goslar					
	— de Ronchamp					
	— de Modum					
595	Rœmërite	O.	2,7	2,17	Inf.	Sol.
596	Botryogène	O.	2,5	2,03	Inf.	Sol.
597	Voltaïte	G.	»	»	Inf.	Sol.
	Pettkõite					
598	Mëlante rie	O.	2,0	1,83	Inf.	Sol.
	Bourboulite					
599	Tauriscite	D.	2,0	1,83	Inf.	Sol.
	Tectite (Braunsalz)					
	Sulf. de F. avec Ars. et Ph.					
600	Bendantite (<i>de Lévy</i>)	R.	4,5	4,00	Inf.	Sol.
601	Corkite	R.	4,5	4,29	Inf.	Sol.
602	Diadochite	»	3,0	2,03	Fus.	Sol.
	Sulf. de Nickel					
603	Pyroméline (Morénosite)	D?	2,2	2,00	Fus.	Sol.
	Gapite (Epimillërite)					

COMPOSITION.								FORMULE.	
S.	Fe.	Al.	K.	Na.	Fe.	Zn.	H.		
32.	49.	1.	6.	1.	»	»	11.	Ferb.	5 Fe S + K S + 10 H.
32.	47.	»	8.	»	»	»	13.	Ram.	
32.	50.	»	»	5.	»	»	13.	Sch.	
16.	63.	»	»	»	»	»	21.	Berz.	Fe ³ S + 6 H.
15.	64.	»	»	»	»	»	21.	Hoch.	
12.	40.	7.	»	»	»	»	41.	Erdm.	
13.	70.	»	»	»	»	»	17.	Jord.	
9.	69.	»	»	»	»	»	22.	Ebel.	
6.	81.	»	»	»	»	»	13.	Sch.	
42.	21.	»	»	»	7.	2.	28.	Grai.	Fe S ³ + (Fe, Zn) S + 12 H.
32.	21.	»	»	»	11.	»	33.	Berz.	Fe S ² + Fe S + 12 H.
48.	18.	2.	4.	»	12.	»	16.	Ab.	2 Fe S ³ + 3 (Fe, K) S + 12 H.
29.	»	»	»	»	26.	»	45.	Ram.	Fe S + 7 H.
37.	7.	»	»	»	14.	»	42.	Lef.	
29.	»	»	»	»	26.	»	45.	Volg.	Fe S + 7 H.
S.	As.	P.	Fe.	Pb.	Cu.	H.			
12.	12.	»	40.	27.	»	9.		Perc.	Fe ² S ³ + Pb ² As + 9 H.
14.	»	9.	41.	24.	2.	10.		Ram.	Fe ² S ³ + Pb ² P + 9 H.
15.	»	15.	40.	»	»	30.		Plat.	2 Fe S ² + Fe ² P ² + 32 H.
S.	Ni.	H.							
29.	27.	44.						Ful.	Ni S + 7 H.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLF- BILITÉ.
	Sulfate de Cobalt.					
604	Biehérite (Rhodalose).	O.	2,0	1,92	Inf.	Sol.
	Sulf. de Zinc.					
605	Zincosite. (Almagréríte).	D.	3,5	4,33	Inf.	Sol.
606	Goslarite (Gallizinite).	D.	2,5	2,10	Inf.	Sol.
	Sulf. de Plomb.					
607	Anglesite. Sardinian.	D.	3,0	6,30	Fus.	Sol.
608	Lamprophane.	»	3,0	3,07	Fus.	Sol.
609	Linarite.	O.	3,0	5,45	Fus.	Sol.
	Sulf. de Pl. avec Carbon.					
610	Lanarkite.	O.	2,5	7,00	Fus.	Sol.
611	Calédonite.	D.	3,0	6,40	Fus.	Sol.
	Sulf. de Cuivre.					
612	Cyanose.	O O.	2,5	2,21	Fus.	Sol.
613	Pisanite (Cyanoferrite). Coppérasine, Leucantérite.	O.	2,5	2,00	Fus.	Sol.
614	Brochantite. Kœnigite, Krisuvigite. Warringtonite.	D.	4,0	3,91	Fus.	Sol.

COMPOSITION.		FORMULE.
<u>S.</u>	<u>Co. H.</u>	
28. 26. 46.		Sch. Co S + 7H.
<u>S.</u>	<u>Zn. H.</u>	
50. 50. »		Plat. Zn S.
30. 30. 40.		Beu. Zn S + 6H.
<u>S.</u>	<u>Pb. Ca. K. Mn. Mg. Cu. H.</u>	
26. 74. » » » » » »		Stro. Pb S.
12. 28. 25. 14. 8. 5. » 8.		Igel. (Pb, Ca, K, Mn, Mg) ⁶ S + 3H.
21. 56. » » » » 18. 5.		Broo. (Pb, Cu) ² S + H.
<u>S.</u>	<u>C. Pb. Cu.</u>	
14. 8. 78. »		Broo. Pb S + Pb C.
15. 9. 69. 7.		Broo. Pb S + (Pb, Cu) C.
<u>S.</u>	<u>Cu. Fe. H.</u>	
32. 32. » 36.		Rose. Cu S + 5H.
30. 15. 11. 44.		Pis. (Cu, Fe) S + 7H.
17. 69. 1. 13.		Pis. Cu ⁴ S + 3H.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	Sulfate de Cuivre (Suite).						<u>S. Cu. Ca. Fe. Al. H.</u>	
615	Langite.	D.	3,5	3,08	Fus.	Sol.	17. 66. 1. » » 16.	Pis. $Cu^2 S + 4 H.$
	Devilline (Lyellite).						23. 51. 7. 3. » 16.	Pis.
	Woodwardite (mélange).						13. 47. » » 18. 22.	Chur.
616	Lettsonite (Cyanotrichite).	R?	»	»	Fus.	Sol.	16. 48. » 1. 11. 24.	Perc. $Cu^2 S + Al S + 12 H.$
	S. de Cuiv. avec Chlorure.						<u>S. Cl. Cu. Cu. H.</u>	
617	Connellite.	R.	»	»	Fus.	Sol.	n. n. n. n. n.	Conn.
	XIX^e FAMILLE.						IODIDES.	
	GENRE IODURE.						<u>I. Na. Mg. Zn.</u>	
618	Iod. de Sodium.	C.	»	»	Fus.	Sol.	85. 15. » »	Berz. Na I.
619	Iod. de Magnésium.	»	»	»	Fus.	Sol.	91. » 9. »	Del R. Mg I.
620	Iod. de Zinc.	»	»	»	Fus.	Sol.	80. » » 20.	Ment. Zn I.
	Iod. de Plomb.						<u>I. Pb.</u>	
621	Bustamentite.	R.	»	»	Fus.	Sol.	55. 45.	Bust. Pb I.
	Iod. de Pl. avec Oxyde.						<u>I. Cl. Pb. Pb.</u>	
622	Plumbiodite (Schwartzbergite).	R.	2,5	6,30	Fus.	Sol.	49. 3. 54. 24.	Lieb. $Pb (I, Cl) + 2 Pb.$

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.	
623	Iodure de Mercure ?								
	Iodure d'Argent						<u>1. Ag. Hg.</u>		
624	Iodargyre.	R.	1,0	5,67	Fus.	Sol.	54. 46. »	Dam. Ag I.	
	Tocornalite.						<u>53. 42. 5</u>	Dom.	
	Iod. d'Arg. avec Bromure.						<u>1. Br. Ag.</u>		
625	Iodbromite	C.	»	»	Fus.	Sol.	<u>n. n. n.</u>	Dam.	
XX ^e FAMILLE.							BROMIDES.		
GENRE BROMURE.							<u>Br. Na. Mg. Zn.</u>		
626	Bromure de Sodium.	C.	»	»	Fus.	Sol.	78. 22. » »	Na Br.	
627	Brom. de Magnésium	»	»	»	Fus.	Sol.	87. » 13. »	Mg Br.	
628	Brom. de Zinc.	»	»	»	Fus.	Sol.	<u>71. » » 29.</u>	Ment. Zn Br.	
	Brom. d'Argent.						<u>Br. Ag.</u>		
629	Bromargyre.	C.	2,0	6,20	Fus.	Sol.	<u>43. 57.</u>	Bert. Ag Br.	
	Brom. d'Arg. avec Chlorure.						<u>Br. Cl. Ag.</u>		
630	Embolite.	C.	2,0	5,81	Fus.	Sol.	20. 13. 67.	Fiel. 2 Ag Br + 3 Ag Cl.	
	Mégabromite.						27. 9. 64.	Ric.	
	Microbromite.						12. 18. 70.	Ric.	

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- LITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	XXI ^e FAMILLE.							
	GENRE CHLORURE.							
	Chlorure de Potassium.							
							Cl. K. Mg. Am. Fe. H.	
631	Sylvine.	C.	2,0	1,99	Fus.	Sol.	48. 52. » » » »	Vog. K Cl.
632	Carnallite.	D.	2,0	1,60	Fus.	Sol.	39. 14. 9. » » 38.	Oest. (K, Mg) Cl + 4 H.
633	Krémersite.	C.	»	»	Fus.	Sol.	55. 12. » 6. 17. 10.	Krem. 2 (K, Am) Cl + Fe ² Cl ³ + 3 H.
	Chlor. de Sodium.							
							Cl. Na. K. H.	
634	Salmare (Sel gemme).	C.	2,0	2,22	Fus.	Sol.	61. 39. » »	Ram. Na Cl.
635	Hydrohalite.	O.	2,0	»	Fus.	Sol.	38. 24. » 38.	Mits. Na Cl + 4 H.
636	Natrikalite.	»	2,0	»	Fus.	Sol.	56. 24. 20. »	Scac. (Na, K) Cl.
	Chlor. de Sod. avec Sulfate.							
							Cl. S. Na. Mg.	
637	Martinsite.	»	2,0	»	Fus.	Sol.	55. 6. 36. 3.	Kars. 10 Na Cl + Mg S.
	Chlor. d'Ammonium.							
							Cl. Am.	
638	Salmiac.	C.	2,0	1,55	Fus.	Sol.	66. 34.	Klap. Am Cl.
	Chlor. de Calcium.							
							Cl. Ca.	
639	Hydrophilite.	»	»	»	Fus.	Sol.	64. 38.	Haus. Cl Ca.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	NOM.	FORMULE.
	Chlorure de Magnésium.						<u>Cl. Mg. Ca. H.</u>	
640	Tachydrite.	R.	»	1,67	Fus.	Sol.	<u>40. 10. 7. 43.</u>	Ram. (Mg, Ca) Cl+4 H.
	Chlor. de Manganèse.						<u>Cl. Mn. H.</u>	
644	Scacchite.	»	»	»	Fus.	Sol.	<u>n. n. n.</u>	Scac.
	Chlor. de Vanadium.						<u>Cl. V.</u>	
642	Zimapanite.	»	»	»	Fus.	Sol.	<u>51. 49.</u>	Del R. V Cl ² .
	Chlor. de Fer.						<u>Cl. Fe.</u>	
643	Molysite (Eisenchlor).	R?	»	»	Fus.	Sol.	<u>34. 66.</u>	Scac. Fe ² Cl ³ .
	Chlor. de Plomb.						<u>Cl. Pb.</u>	
644	Cotunnite.	D.		5,23	Fus.	Sol.	<u>26. 74.</u>	Mont. Pb Cl.
	Chlor. de Pl. avec Oxyde.						<u>Cl. Pb. Pb. Cu. Cu. H.</u>	
645	Matlockite.	Ca.	3,0	7,21	Fus.	Sol.	<u>14. 44. 45. » » »</u>	Sm. Pb Cl+Pb.
646	Mendipite.	D.	3,0	7,10	Fus.	Sol.	<u>10. 29. 61. » » »</u>	Schn. Pb Cl+2 Pb.
647	Pereylite.	C.	2,5	»	Fus.	Sol.	<u>19. 28. 30. 8. 10. 5.</u>	Perc. (Pb, Cu) Cl+(Pb, Cu)+2 H.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
	Chl. de Pl. avec Carbonate.						Cl. \bar{C} . Pb. \bar{Pb} .	
648	Phosgénite.	Ca.	3,0	6,10	Fus.	Sol.	13. 8. 38. 41.	Ram. Pb Cl + Pb \bar{C} .
	Chlor. de Cuivre.						Cl. Cu.	
649	Nantokite.	D?	»	»	Fus.	Sol.	36. 64.	Dom. Cu ² Cl.
	Chlor. de C. avec Oxyde.						Cl. Cu. \bar{Cu} . \bar{H} .	
650	Atacamite.	D.	3,5	3,70	Fus.	Sol.	16. 15. 56. 13. 15. 14. 53. 18.	Mal. Cu Cl + 3 \bar{Cu} + 3 \bar{H} . Fiel. Cu Cl + 3 \bar{Cu} + 4 \bar{H} .
	Botallackite.						14. 14. 49. 23.	Chur.
651	Tallingite.	«	3,0	3,50	Fus.	Sol.	11. 10. 54. 25.	Chur. Cu Cl + 4 \bar{Cu} + 8 \bar{H} .
	Chl. de C. avec Carbonate.						Cl. \bar{C} . Cu. \bar{Cu} . \bar{H} .	
652	Thalassite.	»	»	»	Fus.	Sol.	n. n. n. n. n.	Shep.
	Chlor. de Mercure						Cl. Hg. Se. \bar{Se} . \bar{Hg} .	
653	Calomel.	Ca.	1,5	6,48	Fus.	Sol.	15. 85. » » »	Ram. Hg ² Cl.
654	Coccinite (Calom. séléf.)?.	D?	1,0	»	Fus.	Sol.	n. n. n. » »	Del C.
655	Kœblérite (Onofrite de Köhler).	»	»	»	Fus.	Sol.	14. 81. » 1. 4?	Köhl. Hg ² Cl, Se Hg.
	Chlor. d'Argent.						Cl. Ag. \bar{Al} .	
656	Cérargyre.	C.	1,5	5,43	Fus.	Ins.	25. 75. »	Klap. Ag Cl.
	Buttermilcherz.						8. 25. 67.	Klap.

		NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ	COMPOSITION.							FORMULE.				
		XXII. FAMILLE.						FLUORIDES.											
		GENRE FLUORURE.																	
		Fluorure de Sodium.						Fl. Na. Al. Ca. Si. Fe. Mg. H.											
657		Cryolite.	OO.	2,5	2,96	Fus.	Ins.	54.	33.	13.	»	»	»	»	»	»	Chod.	3 Na Fl+Al Fl ³ .	
658		Chiolite.	Ca.	4,0	2,89	Fus.	Ins.	58.	24.	18.	»	»	»	»	»	»	Ram.	3 Na Fl+2Al Fl ³ .	
		Chodneffite.						56. 23. 16. » » » » »											Ram.
		Arksutite.						52. 23. 18. 7. » » » » »											Hag.
659		Pachnolite.	O.	2,5	2,92	Fus.	Sol.	51.	42.	11.	17.	»	»	»	9.	»	Hag.	3 (Ca, Na) Fl+Al Fl ³ +2H.	
		Thomsénolite.						52. 8. 15. 15. » » » 10.											Hag.
		Géarksutite.						41. 3. 16. 19. » » » 21.											Hag.
		Hagemannite (mélange).						41. 9. 12. 11. 8. 6. 2. 11.											Hag.
		Fluor. de Calcium.						Fl. Ca.											
660		Fluorine	C.	4,0	3,19	Fus.	Sol.	49.	51.								Berz.	Ca Fl.	
		Fluorine aluminif., Antozonite, Ratofkite (mélange).																	
		Fluor. d'Aluminium.						Fl. Al. Si. Ca. Al. n. H.											
661		Fluellite.	D.	3,0	»	Fus.	Ins.	n.	n.	»	»	»	»	»	»	»	Woll.		
662		Prosopite.	OO.	4,5	2,89	Inf.	Ins.	8.	»	3.	23.	43.	7.	16.			Sch.		
		Fluor. de Cérium.						Fl. Ce. Y. Ca. H.											
663		Flucérine (Fluocérite).	R.	4,5	4,70	Inf.	Sol.	33.	66.	1.	»	»					Berz.	Ce Fl+Ce ³ Fl ³ .	
664		Basicérine.	»	4,5	»	Inf.	Sol.	27.	68.	»	»	5.					Berz.	3 Ce Fl+H.	
665		Bastnaésite.	»	»	»	Inf.	Sol.	25.	61.	»	»	14.					Berz.	3 Ce Fl+3H.	
666		Yttrocérite.	»	4,5	4,15	Inf.	Sol.	33.	24.	39.	4.	»					Berz.	(Ce, Y, Ca) Fl.	

MAGNÉSIDES.							ALUMINIDES.	
NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- LITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.	
XXIII^e FAMILLE.							MAGNÉSIDES.	
GENRE MAGNÉSIE.							<u>Mg.</u> <u>Fe.</u> <u>Fe.</u> <u>H.</u>	
667	Périclase.	C.	6,0	3,67	Inf.	Sol.	94. 6. » »	Dam. Mg.
668	Brucite (Texalite).	R.	2,0	2,35	Inf.	Sol.	70. » » 30.	Wur. Mg H.
	Némalite.						65. 5. » 30.	Wur.
669	Pyroaurite.	R.	»	»	Inf.	Sol.	37. » 26. 37.	Igel. 6 Mg H + Fe H ³ + 4 H.
XXIV^e FAMILLE.							ALUMINIDES.	
GENRE ALUMINE.							<u>Al.</u> <u>Fe.</u> <u>Mg.</u> <u>Ca.</u> <u>H.</u>	
670	Corindon.	R.	9,0	4,02	Inf.	Ins.	98. » 2. » »	Sm. Al.
	Émeri (mélange).						91. 9. » » »	Sm.
671	Diaspore.	D.	6,5	3,36	Inf.	Ins.	60. 40. » » »	Jack.
	Hydrargillite.	O.	3,0	2,43	Inf.	Sol.	85. » » » 15.	Dam. Al H.
	Gibbsite.						64. » » » 36.	Herm. Al H ³ .
	Hovite, Richmondite (mél.).						65. » » » 35.	Brus.
673	Bernonite.	»	»	»	Inf.	Sol.	34. » » 23. 43.	Lass. Al + Ca + 6 H.
674	Vælknerite (Hydrotalcite).	R.	2,0	2,04	Inf.	Sol.	21. » 36. » 43.	Herm. Al H ³ + 5 Mg H.
	Houghite.							
675	Bauxite (Wocheinite).	»	5,0	2,55	Inf.	Sol.	52. 28. » » 20.	Dev. (Al, Fe) ² + 3 H.
	Clachite.						58. 26. » » 16.	Kert.
GENRE ALUMINATE.								
Alum. de Chaux.							<u>Al.</u> <u>Ca.</u> <u>Mg.</u> <u>Fe.</u>	
676	Tuernerite.	O.	4,5	»	Inf.	»	n. n. n. n.	Chil.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.	
	Aluminate de Magnésie.						Al. Fe. Mg. Fe. Cr.		
677	Spinelle.	C.	8,0	3,61	Inf.	Ins.	71. » 27. 1. 1.	Ab. Mg Al.	
678	Chlorospinelle.	C.	8,0	3,69	Inf.	Ins.	61. 11. 28. » »	Rose Mg (Al, Fe).	
679	Pléonaste.	C.	8,0	3,77	Inf.	Ins.	67. » 18. 15. »	Ab. (Mg, Fe) Al.	
	Alum. de Glucine.						Al. Fe. Gl.		
680	Cymophane.	D.	8,5	3,74	nf.	Ins.	77. 4. 19.	Dam. Gl Al.	
	Alum. de Fer.						Al. Fe. Mg. Cr.		
681	Hereynite.	C.	8,0	3,90	Inf.	Ins.	61. 36. 3. »	Quad. (Fe, Mg) Al.	
	Picotite.						57. 25. 10. 8.	Dam.	
	Alum. de Zinc.						Al. Fe. Zn. Fe. Mg. Mn.		
682	Gahnite.	C.	8,0	4,60	Inf.	Ins.	58. » 35. 5. 2. »	Ab. 2 Zn Al+(Fe, Mg) Al.	
683	Creittonite.	C.	8,0	4,89	Inf.	Ins.	50. 10. 27. 8. 3. 2.	Kob. (Zn, Fe, Mg) (Al, Fe).	
684	Dysluite.	C.	4,5	4,55	Inf.	Ins.	32. 30. 18. 12. » 8.	Ram. (Zn, Fe, Mn) (Al, Fe).	
	XXV ^e FAMILLE.								
	GENRE URANOXYDE.							U. U. n.	
685	Péchurane (Uranine).	C?	5,6	8,07	Inf.	Sol.	54. 25. 21.	Ram. U U.	
	Schweruranerz.						55. 26. 19.	Hau.	
	Uranoniobite.						52. 25. 23.	Sch.	
	Coracite.						43. 20. 37.	Gen.	
								URANIDES.	

URANIDES.							MANGANIDES.		
NOM.	TYPE CRIST.	DURETÉ.	DENSITÉ.	FUSIBILITÉ.	SOLUBILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.		
GENRE URANOXYDE (suite)							U. H. n.		
686	Gummite (Gummierz)	»	3,0	4,93	Inf.	Sol.	72. 15. 13.	Kert.	U H ² .
	Eliasite						62. 11. 27.	Hag.	
	Pittinite (Pittinerz)						68. 10. 22.	Herm.	
XXVI ^e FAMILLE.							MANGANIDES.		
GENRE MANGANOXYDE							Mn. Mn. Mn. Fe. H.		
687	Polianite	D.	6,0	4,82	Inf.	Sol.	100. » » » »	Plat.	Mn.
688	Pyrolusite	D.	2,0	4,97	Inf.	Sol.	100. » » » »	Turn.	Mn.
689	Braunite	Ca.	6,5	4,75	Inf.	Sol.	» 100. » » »	Turn.	Mn.
	Leptonématite, Marceline, Hétérocline, Pésillite.								
690	Acérdèse	D.	4,0	4,40	Inf.	Sol.	» 90. » » 10.	Turn.	Mn + H.
	Varvicite						8. 86. » » 6.	Turn.	
	Neukirchite						» 53. » 40. 7.	Muir	
	Reissachérite						» 52. » 22. 26.	Hor.	
691	Hausmannite	Ca.	5,5	4,72	Inf.	Sol.	» 69. 31. » »	Ram.	Mn Mn.
692	Pyrochroïte	O?	2,5	»	Inf.	Sol.	» » 80. » 20.	Igel.	Mn H.
GENRE MANGANITE							Mn. Cu. H.		
693	Crednérite	O.	4,5	5,10	Fus.	Sol.	57. 43. »	Ram.	Cu ² Mn ² .
	Lampadite						67. 17. 16.	Ram.	
	Péloconite						48. 31. 21.	Fiel.	

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	GENRE MANGANATE.					
	Manganate de Baryte, etc.					
694	Psilomélane.	»	5,5	4,33	Inf.	Sol.
	Psilom. alcalif.					
	— aluminif.					
	Grosleite (Groroïlite).					
	Kaliphite					
	Wad (mélange).					
	Mang. de Cobalt.					
695	Asbolane	»	1,5	2,20	Inf.	Sol.
	Cacochlor (mélange).					
	Mang. de Plomb.					
696	Wackenrodite (Manganblei).	»	»	»	»	»
	XXVII^e FAMILLE.					
	GENRE FER.					
697	Fer	C.	4,5	7,78	Inf.	Sol.
	Fer } Acier } volcanique.					
	Sidérographite					

COMPOSITION.							FORMULE.
Mn.	Mn.	Ba.	K.	Al.	Fe.	H.	
88.	9.	3.	»	»	»		Ram. (Mn, Ba, K) Mn ²⁺ ?
91.	»	5.	»	»	4.		Fu.
66.	»	»	17.	5.	12.		Bert.
78.	»	»	»	6.	16.		Bert.
38.	»	»	»	38.	24.		Ivan.
n.	n.	n.	n.	n.	n.		
Mn.	Co.	Cu.	H.	Al.	Si.		
52.	21.	5.	22.	»	»		Ram. (Co, Cu) Mn ²⁺ +4H.
17.	21.	2.	17.	20.	25.		Klap.
Mn.	Pb.	Pb.	Fe.	Cu.	H.		
34.	13.	8.	9.	4.	32.		Wack.
FERRIDES.							
Fe.	Pb.	Cu.	C.	n.			
92.	6.	2.	»	»			Klap. } Gen. } Fe.
99.	»	»	»	1.			
54.	»	»	12.	34.			Torr.

	NOM.	TYPE CRIST.	DE-RETÉ.	DEN-SITÉ.	FUSI-LITÉ.	SOL-BILITÉ.
	GENRE FERROXYDE.					
698	Martite.	C.	6,5	4,83	Inf.	Sol.
	Isophane?					
699	Oligiste (Hématite).	R.	6,5	5,28	Inf.	Sol.
	Crucite (Pseudomorphose).					
	Basanomélane (Eisenrose).					
	Oligiste titanif.					
700	Turgite. (Hydrohématite).	»	5,5	4,29	Inf.	Sol.
701	Gæthite.	D.	5,5	4,37	Fus.	Sol.
	Pyrrhosidérite, Onégite, Lépidocrocite.					
	Chileïte.					
	Xanthosidérite.					
702	Limonite.	»	5,7	4,00	Fus.	Sol.
	Bohnerz.					
	Stilpnosidérite (Hyposidérite).					
	Quellerz, Wiesenerz.					
	Hépatine (Ziegelerz).					
	Kupferpecherz.					
	Chrysocolite.					
	Terre d'Ombre (Umbra).					
	Terre de Sienne (Hypoxanthite).					
	Chalcochlor.					
	GENRE FERRATE.					
703	Aimant (Magnétite).	C.	6,0	5,18	Fus.	Sol.

COMPOSITION.											FORMULE.	
Fe.	Fe.	Mg.	Mn.	Al.	Ti.	H.	Si.	Cu.	n.			
98.	2.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	} Ram.	Fe.
93.	6.	1.	»	»	»	»	»	»	»	»		
99.	1.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Ram.	Fe.
82.	»	»	»	7.	»	»	»	»	»	11.	Thom.	
83.	8.	»	»	»	9.	»	»	»	»	»	Ram.	
93.	3.	»	»	»	4.	»	»	»	»	»	Vog.	
63.	18.	»	»	»	19.	»	»	»	»	»	Ram.	
94.	»	»	»	»	»	6.	»	»	»	»	Herm.	Fe ² H.
90.	»	»	»	»	»	10.	»	»	»	»	Yor.	Fe H.
84.	»	»	»	»	»	10.	»	»	»	6.	Plat.	
75.	»	»	1.	2.	»	14.	5.	»	»	3.	Schm.	
87.	»	»	»	»	»	13.	»	»	»	»	Am.	2 Fe + 3 H.
75.	»	»	»	7.	»	12.	6.	»	»	»	Sche.	
76.	»	»	»	»	»	14.	7.	»	»	3.	Schn.	
61.	»	»	3.	»	»	26.	»	»	»	10.	Herm.	
62.	»	»	»	»	»	12.	4.	22.	»	»	Börn.	
59.	»	»	»	»	»	18.	10.	13.	»	»	Kob.	
50.	»	»	»	»	»	20.	18.	12.	»	»	Dam.	
48.	»	»	20.	5.	»	14.	13.	»	»	»	Klap.	
66.	»	»	»	10.	»	13.	11.	»	»	»	Row.	
n.	»	»	»	»	»	n.	»	n.	n.	n.	Fiel.	
Fe. Fe.												
70.	30.										Kars.	Fe Fe.
80.	20.										Wink.	Fe Fe ² .

NOM.		TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLA- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.
XXX° FAMILLE.							ZINCIDES.	
GENRE ZINC.							Zn.	
710	Zinc.	R.	2,0	7,49	Fus.	Sol.	100.	Ulr. Zn.
GENRE ZINCOXYDE.							Zn. O.	
711	Spartalite (Zincite).	R.	4,5	5,57	Inf.	Sol.	80. 20.	Bla. Zn.
	Zincmehl?							Brei.
XXXI° FAMILLE.							CADMIDES.	
GENRE CADMOXYDE.							Cd. O.	
712	Cadmine?	"	"	"	Inf.	Sol.	87. 13.	
XXXII° FAMILLE.							STANNIDES.	
GENRE ÉTAÏN.							Sn.	
713	Étain.	Ca.	3,0	7,29	Fus.	Sol.	100.	Dam. Sn.
GENRE STANNOXYDE.							Sn. Fe. Ta. n.	
714	Cassitérite.	Ca.	6,9	7,10	Inf.	Sol.	99. 1. " "	Klap. Sn.
	Holzine (Étain de bois).						90. 7. " 3.	Berg.
	Aïnalite (Cassit. tantalif.).						89. 2. 9. "	Nord.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	XXXIII ^e FAMILLE.					
	GENRE PLOMB.					
715	Plomb.	C.	1,5	11,3	Fus.	Sol.
	GENRE PLUMBOXYDE.					
716	Massicot (Litharge).	D.	2,0	7,98	Fus.	Sol.
717	Minium.	»	2,5	4,60	Fus.	Sol.
718	Plattnérite	D?	5,2	9,45	Fus.	Sol.
	XXXIV ^e FAMILLE.					
	GENRE BISMUTH.					
719	Bismuth.	R.	2,5	9,72	Fus.	Sol.
	GENRE BISMUTHOXYDE.					
720	Bismuthocre	»	»	4,36	Fus.	Sol.
	Bismuthurane (Tellururane) mélange.					
	XXXV ^e FAMILLE.					
	GENRE CUIVRE.					
721	Cuivre.	C.	3,0	8,90	Fus.	Sol.

COMPOSITION.				FORMULE.
PLUMBIDES.				
Pb.				
100.				Ram. Pb.
Pb. Fe. Pb. n.				
93.	3.	»	4.	Pugh Pb.
65.	»	35.	»	Ram. Pb ^a Pb.
»	»	100.	»	Plat. Pb.
BISMUTHIDES.				
Bi.				
100.				Gen. Bi.
Bi. n.				
97.	3.			Suck. Bi.
CUPRIDES.				
Cu.				
100.				Cu.

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	GENRE CUPROXYDE.					
722	Cuprine (Ziguéline). Chalcotrichite.	C.	4,0	6,15	Fus.	Sol.
723	Ténorite.	D?	4,0	»	Inf.	Sol.
724	Mélaconise. Kupferschwärze (mélange).	O.	4,0	5,95	Inf.	Sol.
	XXXVI ^e FAMILLE.					
	GENRE MERCURE.					
725	Mercuré.	C.	Flu.	13,5	Vol.	Sol.
	GENRE HYDRARGURE.					
726	Amalgame.	C.	3,5	13,7	Fus.	Sol.
727	Arquérite.	C.	2,5	10,8	Fus.	Sol.
728	Auramalgame.	C?	»	15,5	Fus.	Sol.
	XXXVII ^e FAMILLE.					
	GENRE ARGENT.					
729	Argent. Arg. arsénif. Arg. bismuthif. (Chilénite).	C.	3,0	11,1	Fus.	Sol.
730	Kustélite.	»	2,4	13,1	Fus.	Sol.

COMPOSITION.		FORMULE.
Cu. O.		
89. 11.	Chen.	Ĉu.
80. 20.	Semm.	Ĉu.
80. 20.	Joy.	Ĉu.
HYDRARGYRIDES.		
Hg.		
100.		Hg.
Hg. Ag. Au.		
73. 27. »	Cord.	Ag Hg ³ .
64. 36. »	Klap.	Ag Hg ² .
13. 87. »	Dom.	Ag ⁶ Hg.
60. » 40.	Sonn.	Au ² Hg ³ .
57. 5. 38.	Schr.	(Au, Ag) ³ Hg ⁴ .
ARGYRIDES.		
Ag. As. Hg. Au. Pb.		
100. » » » »		Ag.
83. 11. 6. » »	Dom.	
85. 15. » » »	Dom.	
n. » » n. n.	Ric.	

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITE.	FUSI- LITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	XXXVIII• FAMILLE.					
	GENRE PALLADIUM.					
731	Palladium.	C.	5,0	11,8	Inf.	Sol.
732	Eugénésite (Allopalladium).	R.	»	»	Inf.	Sol.
	GENRE PALLADOXYDE.					
733	Palladinite.	»	»	»	Inf.	Sol.
	XXXIX• FAMILLE.					
	GENRE IRIDURE.					
734	Iridplatine.	C.	7,0	22,6	Inf.	Ins.
735	Platinirid.	C.	6,5	17,0	Inf.	Sol.
	GENRE IRIDOXYDE.					
736	Irite.	C.	»	6,50	Inf.	Ins.
	XL• FAMILLE.					
	GENRE PLATINE.					
737	Platine.	C.	4,5	17,8	Inf.	Sol.
	Eisenplatine.					

	COMPOSITION.	FORMULE.
	PALLADIDES.	
	Pd. Ag. Au.	
	100. » »	
	n. n. n.	
	Pd. O.	
	87. 13.	
	Lamp. Pd.	
	Woll. Pd.	
	Zink.	
	IRIDIDES.	
	Ir. Pt. Pd. Cu. Ru. Fe.	
	77. 20. 1. 2. » »	
	28. 56. 1. 4. 7. 4.	
	Svan. Pt Ir ⁴ .	
	Svan. Pt ² Ir.	
	Ir. Os. Er. Ir. Os. Fe.	
	53. 9. 15. 9. 1. 13.	
	Herm. (Fe, Ir, Os) (Ir, Er, Os).	
	PLATINIDES.	
	Pt. Fe. Pd. Rh. Ir. Os. Cu.	
	86. 8. 1. 2. 1. 1. 1.	
	74. 13. 1. 1. 3. 3. 5.	
	Berz. Pt.	
	Berz.	

	NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- BILITÉ.	SOLU- BILITÉ.
	XLI^e FAMILLE.					
	GENRE OSMIURE.					
738	Iridosmine	R.	6,5	21,4	Inf.	Ins.
	Sisserskite					
	Newjanskite					
	" ?					
	Iridosm. rhodif.					
	Iridosm. ruthénif.					
	XLII^e FAMILLE.					
	GENRE OR.					
739	Or.	C.	3,0	19,3	Fus.	Sol.
	GENRE AURURE.					
740	Electrum.	C.	3,0	14,5	Fus.	Sol.
741	Porpézite (Ouropoudre).	C.	3,5	18,8	Fus.	Sol.
742	Rhodite.	C.	"	16,8	Fus.	Sol.

COMPOSITION.							FORMULE.
OSMIDES.							
Os.	Ir.	Rh.	Ru.	Fe.	Pt.	Cu.	

80.	20.	"	"	"	"	"	Berz. Ir Os ⁶ .
75.	25.	"	"	"	"	"	Berz.
49.	47.	3.	"	1.	"	"	Berz.
25.	75.	"	"	"	"	"	Thom.
17.	71.	12.	"	"	"	"	Dev.
40.	43.	6.	8.	1.	1.	1.	Dev.

AURIDES.							
Au. n.							

99.	1.						Rose Au.

Au. Ag. Pd. Rh.							

61.	39.	"	"				Rose Ag ³ Au ⁵ .
86.	4.	10.	"				Berz. (Pd, Ag) Au ³ .
66.	"	"	34.				} Del R. Rh Au.
57.	"	"	43.				

APPENDICE.		NOM.	TYPE CRIST.	DU- RETÉ.	DEN- SITÉ.	FUSI- LITÉ.	SOL- BILITÉ.	COMPOSITION.	FORMULE.	
		APPENDICE.						MÉTÉORITES.		
								Si. Al. Fe. Fe. Mg. Ca. n.		
743	Lithoferrite	{ de.	»	»	3,17	Fus.	Sol.	48. 13. 1. 19. 7. 11. 1.	Ram.	
		{ à.	»	»	3,04	Fus.	Sol.	66. 2. 2. » 27. 2. 1.	Walt.	
								Si. Mg. Fe. Fe. Ni. S. n.		
744	Ferrolite	{ de.	»	»	3,11	Fus.	Sol.	36. 23. » 30. 2. 4. 5.	Buk.	
		{ à.	»	»	3,57	Fus.	Sol.	38. 25. 18. 10. 1. 2. 6.	Dam.	
								Fe. Ni. n.		
745	Ferrite	{ de.	C.	4,5	7,42	Inf.	Sol.	93. 6. 1.	Riv.	
		{ à.			7,91	Inf.	Sol.	83. 15. 2.	Sm.	

INDEX.

A

Aarite.	334	Aimant.	
Abrazite.	115	— terreux.	
Acadialite.	104	— titanifère.	
Acanthite.	534	Aïnalite.	
Acanthoïde.	22	Ainigmatite.	
Acerdèse.	690	Aithalite.	
Achmatite.	76	Alabandine.	
Achmite.	72	Alalite.	
Achroïte.	137	Albertite.	
Achtagardite.	14	Albine.	
Acide molybdique.	276	Albite.	
— vanadique.	279	Algérite.	
— wolframique.	270	Algodonite.	
Acier volcanique.	697	Alipite.	
Actinote.	21	Alisonite.	
— aluminif.	21	Allagite.	
— sodifère.	21	Allanite.	
Adamine.	367	Allemontite.	
Adamsite.	93	Allochroïte.	
Adelpholite.	267	Alloclase.	
Adinole.	61	Allomorphite.	
Adulaire.	60	Allopalladium.	
Aegirine.	23	Allophane.	
Aerugite.	362	Alluaudite.	
Aeschynite.	269	Almagrèrite.	
Agalmatolite.	11	Almandine.	
Agate.	2	Alourgite.	
Agnésite.	242	Alstonite.	
Aïkinite.	507	Altaïte.	

INDEX.

593

Alumiane.	567	Anthosidèrite.	21
Aluminides. XXIV.		Anthracite.	174
Alumocalcite.	3	Anthracoxène.	193
Alun.	574	Antigorite.	50
— de plume.	579	Antimoine.	308
Alungrammite.	573	Antimonickel.	310
Alunite.	572	<i>Antimonides. XIII.</i>	
Alunogène.	568	Antozonite.	660
Alvite.	4	Antrimolite.	112
Amalgame.	726	Apatélite.	588
Amasuite.	60	Apatite.	389
Ambygonite.	408	— manganésif.	389
Ambrite.	193	— quartzif.	389
Amianthe.	20	Aphanèse.	371
Ammiolite.	322	Aphérèse.	429
Ammonalun.	576	Aphrodite.	45
Amoïbite.	335	Aphrosidèrite.	123
Amphibole.	20, 21	Aphtalose.	546
Amphigène.	63	Aphtonite.	520
Amphithalite.	398	Apjohnite.	578
Amphodélite.	69	Aplôme.	85
Amagénite.	286	Apophyllite.	44
Analcime.	106	Aræoxène.	281
Anatase.	249	Aragonite.	215
Anauxite.	14	Arfvedsonite.	21
Andalousite.	6	Argent.	729
Andésine.	62	— arsénif.	729
Angarite.	416	— bismuthif.	729
Anglésite.	607	Argentite.	532
Anhydrite.	561	Argento-pyrite.	466
Ankèrite.	216	Argile figuline.	14
Annabergite.	363	Argiles.	14
Annite.	93	<i>Argyrides. XXXVII.</i>	
Annivite.	523	Argyrythrose.	538
Anorthite.	69	Argyrose.	532
Anthophyllite.	28	Aricite.	115
— aluminif.	28	Arkansite.	250
— hydratée.	20	Arksutite.	658

Arquérite.	727
Arrhénite.	87
Arsenbismuth.	341
— cuprif.	341
Arsenglanz.	323
Arsenic.	323
— argentif.	323
Arsénicite.	348
<i>Arsénides</i> . XIV.	
Arsenikschwärze.	323
Arseniksilber.	329
Arséniosidérite.	358
Arsénolite.	346
Arsenphyllite.	346
Arsenstibite.	347
Arsénurane	325
Asbéferrite.	23
Asbeste.	20
— de Koruk.	20
— de l'Ural.	20
Asbolane,	695
Aspasiolite.	67

B

Babingtonite.	92
Bagratiolite.	87
Baïérine.	267
Baïkalite.	22
Baïkérite.	185
Baltimorite.	50
Bamlite.	5
Barnhardite.	513
Barrandite.	418
Barsowite.	69
Barytine.	558
Barytoalcite.	210

Aspérolite.	
Asphalte.	
Aspidélite.	
Astrakanite.	
Astrophyllite.	
Atacamite.	
Atélestite.	
Athériastite.	
Atlasite.	
Attacolite.	
Auerbachite.	
Augélite.	
Augite.	
Auralite.	
Auramalgame.	
Aurichalcite.	
<i>Aurides</i> . XLII.	
Autunite.	
Axinite.	
Azorite.	
Azurite.	

Barytocélestine.	558, 560
Basalline.	
Basanomélane.	
Basicérine.	
Bastite.	
Bastnaésite.	
Bastonite.	
Bathvillite.	
Batrachite.	
Baudissérite.	
Baulite.	
Bauxite.	

Bavalite.	133
Baydonite.	381
Beaumontite.	100
Béehilite.	164
Beckite.	2
Bessonite.	69
Béraunite.	417
Bérenyérite.	194
Bergbutler.	579
Bergmannite.	111
Berlinité.	398
Bernonite.	673
Berthiérine.	133
Berthiérite.	454
Beryl.	78
Berzélianite.	444
Berzéliite.	350
Berzéline.	148, 444
Berzéline thallif.	444
Beudantine.	68
Beudantite.	424
Beudantite de Lévy.	600
Beustite.	76
Biebérite.	604
Bieirosite.	424
Biharite.	11
Bindheimite.	319
Binnite.	526
Biotine.	69
Biotite.	96
Bisilic. de mang. de Th.	25
Bismuth.	719
<i>Bismuthides</i> . XXXIV.	
Bismuthine.	502
Bismuthite.	242
Bismuthocre.	720
Bismuthurane.	720
Blakeite.	589

Blattérite.	295
Bleierde.	239
Bleinière.	319
Bleischimmer.	492
Bleischwärze.	239
Bleischweif.	483
Blende.	477
Blœdite.	555
Blumite.	56
Bobierite.	396
Bodénite.	87
Bohnerz.	702
Bolivian.	453
Bolorétine.	192
Bolovérite.	28
Bols.	15
Boltonite.	32
Bombite.	85
Bonsdorffite.	67
Boracite.	166
Borax.	161
Bordite.	42
Borickite.	417
<i>Borides</i> . III.	
Bornine.	297
Borocalcite.	164
Boronatocalcite.	165
Bosjémanite.	577
Botallackite.	650
Botryogène.	596
Botryolite.	135
Boulangérite.	490
Bourboulite.	598
Bournonite.	495
Boussingaultite.	557
Bowénite.	50
Bragite.	264
Branchite.	197

Brandisite.	132
Braunite.	689
Braunsalz.	599
Breislakite.	22
Breithauptite.	309
Breunérite.	221
Brévicite.	411
Brewstérite.	99
Brewsterline.	180
Brochantite.	614
Bromargyre.	629
<i>Bromides</i> . XX.	
Bromlite.	211
Bromure de magnésium.	627
— sodium.	626
— zinc.	628
Brongniartite.	498

C

Cabocle.	405
Cabrérite.	363
Cacheutaïte.	443
Cacochlor.	695
Cacoxène.	417
<i>Cadmides</i> . XXXI.	
Cadmine.	712
Cainite.	566
Calaité.	401
Calamine.	52
Calamite.	20
Calavérite.	303
Calcaire.	213.
Calcanalcime.	106
Calccélestine.	560
Calcédoine.	2
Calcimangite.	213

Bronzite.	
— vanadin.	
Brookite.	
Brossite.	
Brucite.	
Brushite.	
Bucholzite.	
Bucklandite.	76, 8
Bunsénite.	70
Buraité.	23
Bustamentite.	62
Bustamite.	3
Buttermilcherz.	65
Butyrite.	18
Byssolite.	21
Bytownite.	6

Calcite.	
Calcoferrite.	
Calcvanadite.	279 bis
Calcvolborthite.	28
Caldérite.	8
Calédonite.	61
Callais.	46
Calomel.	63
— sélénil.	64
Calstronbaryte.	53
Calyptolite.	1
Canaanite.	71
Cancrinite.	68
Cantalite.	60
Cantonite.	513
Capnite.	236
Caporcianite.	103

Carbocérine.	224
Carbonate d'argent.	246
<i>Carbonides</i> . IV.	
Carbonytrine.	222
Carinthine.	21
Carménite.	509
Carminite.	360
Carnallite.	632
Carnatite.	66
Carolathine.	13
Carpholite.	10
Carphosidérite.	589
Carphosilbite.	116
Carrolite.	476
Carlton de montagne.	20
Cassitérite.	714
— tantalic.	714
Castellite.	154
Castillite.	515
Castor.	58
Catapléite.	117
Cataspilite.	67
Callinite.	15
Cavolinite.	68
Céladonite.	129
Célestine.	560
Centralassite.	42
Céramohalite.	568
Cérargyre.	656
Cérérite.	53
Cérine.	87
Cérinite.	100
Cérolite.	50
Céruse.	239
Cervantite.	314
Chabasie.	104
Chalcochlor.	702
Chalcodite.	128

Chalcolite.	414
Chalcophyllite.	377
Chalcopyrite.	513
Chalcosidérite.	417
Chalcosine.	509
Chalcotrichite.	722
Chalilite.	116
Chamoisite.	133
Chanarcillite.	345
Chatamite.	332
Chéleusite.	338
Chelmsfordite.	73
Chenevixite.	380
Chénocoprolite.	364
Chérokine.	428
Chessylite.	245
Chesterlite.	60
Childrénite.	419
Chileïte.	283, 701
Chilénite.	729
Chiolite.	658
Chiviatite.	503
Chloanthite.	332
Chlorastrolite.	119
<i>Chlorides</i> . XXI.	
Chlorite.	122, 124
Chloritoïde.	131
Chloromélane.	121
Chloromélanite.	70
Chloropale.	19
Chlorophæite.	56
Chlorophænérite.	56
Chlorophyllite.	67
Chlorospinelle.	678
Chodneffite.	658
Chondroarsénite.	354
Chondrodite.	143
Chonicrite.	122

Chrismatine.	485
Christianite.	109
Christophite.	478
Chromchlorite.	124
Chromglimmer.	96
<i>Chromides</i> . XI.	
Chromocre.	286
Chromophyllite.	423
Chrysocole.	49
Chrysocolite.	702
Chrysophane.	432
Chrysotile.	50
Churchite.	442
Chusite.	33
Cibdelophane.	253
Cinrolite.	44
Cinabre.	528
Cirrolite.	393
Claudétite.	346 bis
Clausthalie.	443
Clayite.	483
Cléiophane.	477
Cliachite.	675
Clinochlore.	422
Clinoclase.	376
Clintonite.	432
Cluthalite.	406
<i>Cobaltides</i> . XXIX.	
Cobaltine.	339
Cobaltocre.	364
Cobalt scorodite.	355
Coccinite.	654
Coccolite.	22
Coconucite.	215
Cœrulite.	49
Collyrite.	43
Colophonite.	85
Comptonite.	416
Conarite.	
Condurrite.	
Confolensite.	
Conicalcite.	
Conite.	
Connellite.	
Cookeite.	
Coopérite.	
Copaline.	
Copiapite.	
Coppérasine.	
Coppite.	
Coquimbite.	
Coracite.	
Cordiérite.	
Corindon.	
Corkite.	
Cornaline.	
Cornwallite.	
Corundellite.	
Corundophilite.	
Corynite.	
Cosalite.	
Cottaite.	
Cotunnite.	
Coupholite.	
Couseranite.	
Covelline.	
Crednérîte.	
Creittonite.	
Crichtonite.	
Crocalite.	
Crocidolite.	
Crocoïse.	
— basique.	
Cronstedtite.	
Crookésite.	
Crucite.	

33 Cryolite.	657	Cuproapatite.	390
344 Cryophyllite.	95	Cuproplumbite.	487
11 Cryptoline.	480	Cuproschéelite.	271
376 Cryptolite.	410	Cuprotungstite.	275
211 Cryptomorphite.	465	Cuprovanadite.	283
611 Cubane.	468	Cyanochroïte.	550
35 Coboite.	406	Cyanoferrite.	613
50 Cuir de montagne.	20	Cyanolite.	42
487 Cuivre.	721	Cyanose.	612
599 Culebrite.	530	Cyanotrichite.	616
613 Cumengite.	316	Cyclopeïte.	22
529 Cumingtonite.	21	Cyclopite.	69
526 Copralun.	581	Cymatine.	20
665 Coprargyre.	547	Cymophane.	680
67 Cupréine.	510	Cyphoïte.	9
670 <i>Cuprides</i> . XXXV.		Cyrosite.	465
601 Caprine.	722	Cyrtolite.	4
D			
336 Dalarnite.	330	Delvauxine.	417
504 Daléminzite.	533	Demidoffite.	49
60 Damourite.	93	Dermatine.	50
614 Danaïte.	380	Dernbachite.	424
419 Danalite.	447	Destloizite.	280
70 Danburite.	434	Devilline.	645
503 Dännémorite.	24	Deweylite.	50
63 Darwinite.	344	Diaclasite.	27
683 Batholite.	135	Diadochite.	602
318 Baubérite.	585	Diallage.	24
411 Davidsonite.	78	Diallogite.	228
31 Davyne.	68	Diamant.	172
288 Davyte.	568	Dianite.	267
283 Déchénite.	384	Diaspore.	674
421 Dégéroïte.	49	Diastatite.	21
445 Delanouite.	42	Dichroïte.	67
699 Delessite.	423	Didrimité.	93

Digénite.	511
Dihydrate.	432
Dillenbourgite.	49
Dillnite.	13
Dimagnétite.	703
Dimorphine.	458
Dinite.	196
Diopside.	22
— aluminif.	22
Dioptase.	48
Diphanite.	94
Diploïte.	69
Dipyre.	71
— du Mexique.	73
Dipyrite.	466
Dipyrrhotine.	466
Diserase.	311
Disomose.	335

E

Eau.	1
Edelforsite.	29
Edélite.	149
Edénite.	20
Edingtonite.	98
Edwardsite.	411
Egérane.	89
Ehlite.	433
Ehrenbergite.	14
Eisenchlor.	643
Eisenglas.	35
Eisenkupergrün.	49
Eisennulm.	703
Eisenplatin.	737
Eisenrose.	699
Eisentalc.	46

Disterrite.	432
Disthène.	7
Dobschauite.	335
Dolianite.	41
Dolomie.	246
Domeykite.	342
Dopplérite.	171
Doranite.	106
Dréelite.	550
Ducktownite.	509
Dufrénite.	417
Dufrénoysite.	499
Dysclasite.	42
Dysluite.	684
Dysodil.	178
Dyssnite.	31
Dysyntribite.	11

Eisspath.	60
Ékebergite.	73
Ekmannite.	23
Élaélite.	68
Élasnose.	295
Élatérite.	181
Electrum.	710
Elhuyarite.	13
Éliasite.	656
Ellagite.	113
Embolite.	630
Embrithite.	490
Émeraude.	78
Émeri.	670
Émerilite.	94
Emmonsite.	212

Emplectite.	505
Énargite.	525
Enceladite.	171
Engelhardtite.	4
Enstatite.	25
Éphésite.	94
Épichlorite.	123
Épidote.	76
Épiglaubite.	92
Épimillérite.	603
Épiphosphorite.	389
Épistilbite.	101
Epsomite.	565
Erdkobalt.	709
Erdmannite.	4, 87
Érémite.	411
Érinite.	374, 377
Érinite de Thomson.	15
Erlane.	82
Ersbyite.	65
Erythrine.	364
— nickélic.	364
Erythrite.	60
Érythroconite.	524
Eschwégite.	21

F

Fahlerz.	523
Fahlunite.	97
— dure.	7
Fargite.	111
Farine fossile.	14
Faroélite.	116
Passaite.	22
Faujasite.	105
Fausérite.	587

Esmarkite.	69
Essonite.	82
Étain.	713
— de bois.	714
Éthiopsite.	529
Eucamptite.	96
Eucaïrite.	449
Euchroïte.	373
Euclase.	120
Eucolite.	79
— titanifère.	154
Eudialyte.	79
Eudnophite.	107
Eugénésite.	732
Eulytine.	144
Euosmite.	188
Euphyllite.	93
Eupyrchroïte.	389
Eusynchite.	281
Euxénite.	268
Évansite.	405
Exanthalose.	552
Exitèle.	313
Eytlandite.	266

Fayalite.	35
Feijao.	137
Feldspath.	60
Feldspath de Bodenmais.	60
— vitreux.	60
Felsöbanyte.	571
Fer.	697
— volcanique.	697
Ferbérite.	273

Fergusonite.	264
<i>Ferrides</i> , XXVII.	
Ferrite.	445
Ferrocobaltite.	339
Ferrolite.	744
Ferrozincite.	706
Fetthol.	19
Feuerblende.	539
Fibroferrite.	592
Fibrolite.	5
Fichtéelite.	196
Ficinite.	420
Fiorite.	3
Fischérite.	400
Flockenerz.	369
Flucérine.	663
Fluellite.	661
Fluocérite.	663

G

Gabronite.	73
Gadolinite.	37
Gahnite.	682
Galactite.	111
Galapectite.	12
Galène.	483
Gallizinite.	606
Gamsigradite.	21
Ganomatite.	364
Gapite.	603
Gauthite.	87
Gaylussite.	207
Géarksutite.	659
Gédrite.	28
Gehlénite.	88
Geiérite.	327

Fluolite.	
<i>Fluorides</i> , XXII.	
Fluorine.	
— aluminif.	
Forbésite.	
Forchérite.	
Forstérite.	
Fournérite.	
Fowlérite.	
Francolite.	
Franklinite.	
Freibergite.	
Freieslébénite.	
Fritzscheite.	
Frugordite.	
Fuchsité.	
Funkite.	

Gelbeisenerz.	
Genthite.	
Géocronite.	
Gernarite.	
Gerdorffite.	
Geysérite.	
Gibbsite.	
Gieseckite.	
Gigañtolite.	
Gilbertite.	
Gillingite.	
Giobertite.	
Gismondine.	
Gjellébékite.	
Glagérite.	
Glasbachite.	

Glasérite.	546
Glaubapatite.	392
Glaubérite.	554
Glaucodot.	340
Glaucolite.	73
Glaucosite.	56
Glaucophane.	66
Glinkite.	33
Globosité.	417
Glockérite.	594
Glossécollite.	12
Glothalite.	104
Gmelinite.	110
Gökumite.	89
Gœthite.	701
Gongylite.	107
Goshénite.	78
Goslarite.	606
Grahamite.	183
Graménite.	19
Grammatite.	20
Granatoïde.	89
Graphite.	173
Greenockite.	481

Greenovite.	154
Grégorite.	242
Grenat.	81-85
Gregésite.	123
Groënlandite.	267
Groppite.	67
Groroïlite.	694
Grosélite.	694
Grossulaire.	82
Grothite.	154
Grünauite.	472
Granérite.	23
Guadalcasite.	531
Guanite.	387
Guano.	392
Guarinite.	155
Guayacanite.	525
Guayaquillite.	193
Gummierz.	686
Gummité.	686
Gurhofian.	213
Gymnite.	50
Gypse.	563
Gyrolite.	44

H

Haarscialite.	113
Haarzéolite.	113
Hafnefjordite.	62
Hagemannite.	659
Haidingérite.	349-454
Halloysite.	12
Halotrichite.	379
Hampshireite.	46
Harkise.	470
Harmotome.	403

Harmotome de Marburg.	109
Harringtonite.	112
Harrisite.	509
Hartine.	192
Hartite.	197
Harttantalérez.	260
Hatchettine.	185
Hauérite.	461
Hausmannite.	691
Hauyne.	148

Haydénite.	104	Hortonite.	
Hayésine.	164	Houghite.	
Haytorite.	2	Houille.	
Hédenbergite.	23	Hovite.	
— alumínif.	23	Hrbeckite.	
— sodif.	23	Howlite.	
Hédyphane.	370	Huascalite.	
Helminthe.	123	Hübnérite.	
Helvine.	146	Hudsonite.	
Hématite.	699	Humate de chaux.	
Hématoconite.	213	Humboldtite.	
Hépatine.	702	Humboldtine.	
Hercynite.	681	Humite.	
Herdérite.	409	Huntérite.	
Hermannite.	31	Hureaulite.	
Hermésite.	521	Huronite.	
Herrérite.	236	Huysseñite.	
Herschélite.	110	Hverlera.	
Hertérite.	320	Hversalt.	
Hessite.	301	Hyalite.	
Hétérocline.	689	Hyalomélane.	
Hétéromérite.	89	Hyalophane.	
Hétéromorphite.	492	Hyalosidérite.	
Hétérosite.	422	Hydrargillite.	
Heulandite.	100	<i>Hydrargyrides</i> , XXXVI.	
Hielmite.	259	Hydroapatite.	
Hircine.	181	Hydroboracite.	
Hisingérite.	127	Hydroborocalcite.	
Hislopite.	56	Hydrobucholzite.	
Hitchcockite.	428	Hydroconite.	
Holmésite.	132	Hydrodolomite.	
Homichline.	513	Hydrohalite.	
Holzine.	714	<i>Hydrogénides</i> , I.	
Hopeite.	426	Hydrohématite.	
Hörnbergite.	353	Hydrolite.	
Hornblende.	21	Hydromagnésite.	
Hörnésite.	351	Hydrophilite.	
Hornmangan.	31	Hydrophite.	

Hydropite.	31	Hypargyrite.	540
Hydrorutile.	248	Hypersthène.	26
Hydrosidérite.	702	Hypochlorite.	145
Hydrosilic. noir de cuivre.	49	Hyposclérite.	61
Hydrosilicite.	56	Hyposidérite.	702
Hydrostéatite.	46	Hypostilbite.	102-108
Hydrotalcite.	674	Hypoxanthite.	702
Hydrotéphroïte.	38		

I

Ibénite.	67	Iogunéite.	355
Idocrase.	89	Iolite.	67
Idrialite.	184	<i>Iridides</i> , XXXIX.	
Iglésiasite.	239	Iridosmine.	738
Ildéfosite.	260	— rhodif.	738
Illadérite.	75	— rhoténif.	738
Ilménite.	255	Iridplatine.	734
Ilménorutile.	247	Irite.	736
Ilvaïte.	90	Isabellite.	21
Indianite.	69	Ischélite.	562
Iodargyre.	624	Isérine.	255
Iodbromite.	625	Isophane.	698
<i>Iodides</i> , XIX.		Isopyre.	66
Iodure de magnésium.	619	Ittnérite.	151
— de mercure.	623	Iwaarite.	157
— de sodium.	618	Ixiolite.	260
— de zinc.	620	Ixolyte.	197
Iodyrite.	624		

J

Jacksonite.	49, 119	Jamesonite.	492
Jade.	20	Jarosite.	593
Jadeïte.	70	Jaspe.	2
Jalpaïte.	535	Jaulingite.	194

Jayet.	177
Jefférisite.	122
Jeffersonite.	23
Jellettite.	85
Jenkinsite.	50
Jewreinowite.	89
Jockétane.	228
Johannite.	582

K

Kalicine.	203
Kaliphite.	694
Kalkoligoklas.	62
Kalkuran.	226
Kämmerérite	424
Kaneïte.	326
Kaolin.	14
Kapnicite.	399
Kapnickite.	31
Karamsinite.	21
Karélinite.	508
Karsténite.	561
Keffékilite.	12
Keilhauite	159
Kenngottite.	540
Kermès.	455
Kersténite.	338
Kieselguhr.	3
Kieselkupfer.	49
Kiesérite.	564
Kilbrickénite.	488
Kilpatrickquartz.	2
Killinite.	59
Kirwanite.	129
Kischtimite.	223
Klaprothine.	406

Johannite basique.	
Johnite.	
Johnstonite.	
Jollyte.	
Jordanite.	
Joseïte.	
Jossaïte.	
Junckérite.	

Klebschiefer.	
Klipsteinite.	
Knébélite.	
Kobellite.	
Koboldine.	
Kochérite.	
Kœhlérite.	
Kœnigite.	
Kokscharowite.	
Kölbingsite.	
Könleinite.	
Könlite.	
Koodilite.	
Kornite.	
Kotschubeïte.	
Köttigite.	
Koulibinite	
Krablite.	
Krantzite.	
Kraurite.	
Krémersite.	
Krisuvigite.	
Kröbérite.	
Kühnite.	
Kupferblau.	
Kupferblende.	

Kupferdiaspor.	432
Kupferindig.	512
Kupferpecherz.	702

Kupferschwärze.	724
Kupfférite.	21
Küstélite.	730

L

Labradorite.	66
Lagonite.	170
Lampadite.	693
Lamprophane.	608
Lanarkite.	610
Lancastérite.	219
Langite.	615
Lanthanite.	224
Lanthanocérite.	53
Larderellite.	162
Lardite.	46
Lasurapatite.	389
Lasurfeldspath.	60
Latrobite.	69
Laumonite.	108
Laurite.	545
Lavendulane.	365
Lawrowite.	22
Laytonite.	256
Lazulite.	150
Leadhillite.	241
Leberkise.	466
Lecontite.	553
Lédérérite.	110
Lédérite.	154
Leedsite.	561
Leelite.	160
Lehrbachite.	443
Lehuntite.	111
Lenzinite.	12
Léohardite.	408

Lépidochlore.	123
Lépidocrocite.	701
Lépidolite.	95
Lépidomélane.	93
Lépolite.	69
Leptonématite.	689
Lettsomite.	616
Leucantérite.	613
Leuchtenbergite.	124
Leucophane.	111
Leucopyrite.	328
Lévyne.	114
Lherzolite.	23
Liebénérite.	68
Libéthénite.	429
— amorphe.	434
Liebigite.	226
Liége de montagne.	50
Liévrîte.	90
Lignite.	177
— ligneux.	177
Ligurite.	154
Lillite.	56
Limbite.	33
Limonite.	702
Linarite.	609
Lincolnite.	100
Lindackérite.	383
Lindsayite.	69
Linnéite.	471
Liparite.	46

Liroconite.	379
Litharge.	716
Lithionite.	95
Lithoferrite.	743
Lithomarge.	12
Lithrodes.	68
Loboïte.	89
Lœvéïte.	556
Lœwigite.	572

M

Macle.	6
<i>Magnésides</i> . XXIII.	
Magnésite.	45, 218
Magnétite.	703
Magnetkise.	466
Magnoferrite.	704
Makite.	551
Malachite.	244
— calcifère.	244
Malachit-kiesel.	49
Malacolite.	22
Malacon.	4
Malthacite.	14
Malthe.	182
Mamanite.	562
Mancinite.	40
Manganblei.	696
<i>Manganides</i> . XXVI.	
Manganocalcite.	229
Marasmolite.	473
Marcasite.	465
Marceline.	689
Marcylite.	527
Marékanite.	60
Margarite.	94

Loganite.	
Löllingite.	
— nickélif.	
Lonchidite.	
Lotalite.	
Loxoclase.	
Lunnite.	
Lyellite.	

Margarodite.	
Marialite.	
Marmatite.	
Marmolite.	
Martinsite.	
Martite.	
Mascagnine.	
Masonite.	
Massicot.	
Matlockite.	
Maulite.	
Medjidite.	
Mégabasite.	
Mégabromite.	
Meionite.	
— d'Arfvedson.	
Mélaconise.	
Mélanasphalte.	
Mélanchlor.	
Mélanchym.	
Mélanhydrite.	
Mélanite.	
Mélanochroïte.	
Mélanolite.	
Mélanterie.	

Méllite.	91	Millérite.	472
Mélimite.	19	Miloschine.	14
Mélinophane.	142	Mimétèsc.	369
Mélinose.	278	Minium.	717
— basique.	278	Mirabilite.	552
— calcarif.	278	— effleurie.	552
— vanadif.	278	Misenite.	548
Méllite.	199	Mispickel.	330
Mélonite.	293	Misy.	589
Mélopsite.	12	Mizzonite.	74
Mémaccanite.	255	Mohsïte.	254
Méndipite.	646	Moldavite.	60
Ménéghinite.	489	Molybdänsilber.	299
Mengite.	252	Molybdénite.	452
Ménilite.	3	<i>Molybdides</i> . IX.	
Mercuré.	725	Molybdine.	276
Mésitine.	221	Molysite.	643
Mésole.	116	Monazite.	411
Mésoline.	414	Monazitoïde.	411
Mésolite.	112, 116	Monheimite.	236
Mésotype.	111	Monimolite.	318
Messingite.	238	Monradite.	25
Métabrushite.	392	Monrolite.	5
Mélachlorite.	[123	Montanite.	307
Métaxite.	50	Monticellite.	34
Métaxoïde.	123	Montmorillonite.	12
Météorites.	743	Mordénite.	102
Miargyrite.	540	Morénosite.	603
Nicachlorite.	122	Moresnétite.	52
Nicarelle.	73	Mornite.	66
Nicas.	93-97	Moronolite.	589
Michaélite.	3	Morvénite.	103
Michaelsonite.	87	Mosandrite.	158
Microbromite.	630	Mossottite.	215
Microcline.	60	Mullérine.	305
Microlite.	263	Mullicite.	416
Middlétonite.	189	Murchisonite.	60
Mignomite.	703	Murindo.	495

Muromontite.	87
Muscovite.	93
Müsénite.	475

N

Nacrite.	93
Nadelerz.	507
Nagyagite.	295
Nantokite.	649
Naphtadil.	185
Naphte.	180
Naphtéine.	185
Natrikalite.	636
Natrolite.	141
Natron.	206
Natrophite.	384
Naumannite.	447
Nécronite.	60
Neffgil.	185
Némalite.	668
Néoctèse.	355
Néolite.	461
Néoplase.	363
Néotocite.	18
Néotype.	213
Népaulite.	242
Néphalite.	185
Néphéline.	68
Néphrite.	20
Nephtgil.	185
Nertschinskite.	12
Neukirchite.	690
Neurolite.	2

Mussite.	22
Myéline.	42
Mysorine.	243

Néwjanskite.	
<i>Nicolides</i> . XXVIII.	
Nickelglanz.	
Nickelgymnite.	
Nickéline.	
— antimonif.	
— bismuthif.	
— ferrif.	
Nécomélane.	
Nicopyrite.	
Négrine.	
<i>Niobides</i> . VII.	
Niobite.	
Nitrammite.	
Nitratine.	
Nitre.	
<i>Nitrides</i> . XVI.	
Nitrocalcite.	
Nitrochlor. de soude.	
Nitromagnésite.	
Nobilite.	
Notascite.	
Nontronite.	
Nordenskiöldite.	
Nordmarkite.	
Noséane.	
Noussiérite.	
Nottallite.	

O

Obsidienne.	60
Oehran.	14
Ochroïte.	53
Odinite.	93
Oellachérite.	94
Oerstedtite.	4
Ogoïte.	123
Olénite.	42
Olaïte.	61
Oligiste.	699
— titanif.	699
Oligoclase.	62
Oligonite.	233
Olivénite.	372
Olivine.	33
— titanif.	33
Omphasite.	23
Oncosine.	11
Ozégite.	701
Osofrite.	530, 655
Ouyx.	2
Oosite.	67
Opale.	3
Pachnolite.	659
Pagodite.	11
Pajsbergite.	31
Palagonite.	129
Palligorskite.	20
<i>Palladides</i> . XXXVIII.	
Palladinite.	733

P

Opsimose.	18
Or.	739
Orangite.	55
Oraviczite.	12
Ornithite.	392
Oropion.	14
Orpiment.	456
Orthite.	87
Orthoïde.	87
Orthose.	60
Oserskite.	215
Osmélite.	30
<i>Osmides</i> . XLI.	
Ostéolite.	389
Ostranite.	4
Ottrelite.	118
Ouropoudre.	741
Outremer.	150
Owénite.	129
Oxalite.	202
Oxhaverite.	44
Ozarkite.	116
Ozocérite.	185
Palladium.	734
Panabase.	520, 523
Paracolumbite.	253
Paradoxite.	60
Paraffine.	185
Paragonite.	93
Paralogite.	73

Paraluminite.	570	Pésillite.	
Paranthine.	73	Pétalite.	
Parasite.	166	Pétrole.	
Parastilbite.	101	Pétrosilex.	
Parathorite.	251	Pettkoite.	
Pargasite.	20	Petzite.	
Parisite.	223	Pfaffite.	319, 489
Parophite.	11	Phacolite.	
Partschine.	86	Phaestine.	
Partzite.	321	Pharmacolite.	
Passauite.	73	Pharmacosidérite.	
Pastreïte.	589	Phénacite.	
Patéraïte.	277	Phengite.	
Patrinite.	507	Phillipsite.	
Pazite.	327	— de Lévy.	
Péchiolite.	13	Phlogopite.	
Péchurane.	685	Phœnicite.	
Pectolite.	30	Pholérite.	
Péganite.	400	Phonite.	
Pélicanite.	14	Phonolite.	
Péliom.	67	Phosgénite.	
Pélocosite.	693	Phoshammite.	
Pecatite.	213	Ph. d'alum. de Bernon.	
Pennine.	124	— Bourbon.	
Pennite.	217	Phosphocérite.	
Pentlandite.	467	Phosphorides. XV.	
Péplolite.	67	Photizite.	
Péponite.	20	Phyllite.	
Percylite.	647	Phyllorétine.	
Périclase.	667	Piauzite.	
Péricline.	61	Pickéringite.	
Péridot.	33	Picotite.	
— titanif.	33	Picranalcime.	
Péristérite.	61	Picrofluïte.	
Perlite.	60	Picrolite.	
Pérowskite.	251	Picroméride.	
Persbergite.	67	Picrophyllite.	
Perthite.	60	Picrosmine.	

Picrothomsonite.	116	Plumbides. XXXIII.	
Picrotitanite.	257	Plumbiodite.	622
Picrite.	154	Plumbocalcite.	213
Piémontite.	77	Plumbocuprite.	487
Pierre de savon.	45	Plumbostib.	490
— du soleil.	62	Polianite.	687
— ollaire.	46	Pollux.	64
Pigolite.	200	Polyadelphite.	85
Pihlite.	93	Polyargite.	69
Pilsénite.	299	Polybasite.	541
Pimélite.	43	Polycrase.	232
Pinguite.	19	Polycroïlite.	67
Pinite.	67	Polychroïte.	67
Pinitoïde.	67	Polyhalite.	562
Pioline.	45	— gris.	554
Pisanite.	613	Polyhydrite.	127
Pissothane.	580, 594	Polylite.	23
Pistazite.	76	Polymignite.	252
Pistomésite.	220	Polysphérite.	427
Pitkarandite.	21	Polytélite.	496
Pittnerz.	686	Ponce.	60
Pittvite.	686	Poonahlite.	112
Pittsité.	594	Porpézite.	741
Plagionite.	491	Porricine.	23
Planérite.	399	Portite.	116
Plata-Azul.	246	Porzellanspath.	73
Platine.	737	Praséolite.	67
Platinides. XL.		Prasochrôme.	213
Platinirid.	735	Prédazzite.	213
Platinoérite.	718	Prégrattite.	93
Pléonaste.	679	Prehnite.	119
Plessite.	335	Prehnitoïde.	71
Plinian.	330	Prilépite.	13
Plinthite.	15	Prosopite.	662
Plomb.	715	Prothéite.	22
Plombiérîte.	47	Pronstite.	542
Plombgomme.	428	Prunnérite.	213
Plombéine.	484	Psaturose.	537

Pseudo-apatite.	389
Pseudo-diallage.	24
Pseudo-libéthénite.	430
Pseudolite.	46
Pseudo-néphéline.	68
Pseudo-néphrite.	41
Pseudophite.	124
Pseudo-scapolite.	73
Pseudo-stéatite.	45
Pseudo-triplite.	421
Psilomélane.	694
— alcalif.	694
— aluminif.	694
Ptérolite.	93
Pufférite.	102
Puschinite.	76
Pycnite.	140
Pycnotrope.	50
Pyrallolite.	22
Pyrargillite.	67
Pyrargyrite.	538
Pyréneite.	85
Pyrgome.	22
Pyrichrolite.	539
Pyrite.	463

Quartz.	2
— hyalin.	2

Q

Pyritolamprite.
Pyroaurite.
Pyroclase.
Pyrochlore.
Pyrochroïte.
Pyroguanite.
Pyrolusite.
Pyromélane.
Pyroméline.
Pyromorphite.
Pyrope.
Pyrophyllite.
Pyrophysalite.
Pyropissite.
Pyroréline.
Pyrorhite.
Pyrosclérite.
Pyrosmalite.
Pyroxène.
— de Piombino.
— stéatiteux.
Pyrrhite.
Pyrrholite.
Pyrrhosidérite.
Pyrrhotine.

Quellerz.
Quincyte.

R

Rabenglimmer.	95	Rhodizite.	163
Radauite.	66	Rhodochrome.	124
Radiolite.	111	Rhodoïse.	364
Ragoulki.	213	Rhodouite.	31
Rahite.	478	Rhodophyllite.	124
Raimondite.	591	Rhombarsénite.	346 bis
Rammelsbergite.	333	Richmondite.	672
Randanite.	3	Richtérite.	24
Raphilite.	20	Ridolfite.	213
Rastolyte.	123	Riolite.	530
Rathite.	478	Ripidolite.	123
Ratholite.	30	Risseite.	238
Ratofkrite.	660	Rittingérite.	544
Raumite.	67	Rœnérite.	595
Razoumoffskine.	44	Rösslérîte.	352
Reagar.	457	Röttisite.	43
Réfikite.	190	Romanzowite.	82
Reichite.	213	Roméine.	317
Reissachérite.	690	Rosélite.	366
Remingtonite.	235	Rosellane.	69
Rensselarite.	22	Rosite.	69
Réinalite.	50	Rothoffite.	85
Rétinasphalte.	190	Rubellane.	96
Rétinite.	190	Rubellite.	137
Retzbanyite.	507	Ruténite.	473
Reizite.	408	Rutherfordite.	251
Reussine.	552	Rutile.	247
Rewdanskite.	50	— chromif.	247
Rhodolite.	45	— tantatif.	247
Rhodolosc.	604	Rutililménite.	247
Rhodite.	742		

		S		
Saccharite.	62	Schilfglaserz.		
Safflorite.	327	Schneidérite.		
Salite.	22	Schoarite.		
Salmare.	634	Schœnite.		
Salmiac.	638	Schoolarite.		
Salpêtre.	436	Schorlomite.		
Samarskite.	266	Schröttérite.		
Samoïte.	13	Schulzite.		
Sandbergérite.	523	Schwartzenbergite.		
Sanidine.	60	Schwartzite.		
Saphirine.	130	Schweizérite.		
Saponite.	45	Schweruranerz.		
Sarcolite.	80	Scléretinite.		
Sarcopside.	420	Scléroclase.		
Sardinian.	607	Scolexérose.		
Sardoïne.	2	Scolézite.		
Sartorite.	500	Scolopside.		
Saspachite.	102	Scorilite.		
Sassoline.	160	Scorodite.		
Sätersbergite.	327	Scorza.		
Sauconite.	52	Scotiolite.		
Saussurite.	66	Scoulérite.		
Savite.	111	Selbite.		
Savodinskite.	301	<i>Sélénides</i> . XVII.		
Savon de montagne.	14	Sélénium.		
Saynite.	472	Selgemme.		
Scacchite.	641	Selwinite.		
Scapolite.	73	Séméline.		
Scarbroïte.	13	Senarmontite.		
Schapbachite.	483	Sépiolite.		
Schéelite.	271	Séricite.		
Schéelitine.	274	Séricolite.		
Schéérérite.	196	Serpentine.		
Schefférite.	23			

— d'Åker.

esquisulfure de fer.	464	Smaltine nickélif.	338
ellingite.	187	Smaragdite.	21
éverite.	12	Smectite.	14
eyerite.	132	Smélite.	14
obéréline.	357	Smithsonite.	236
idérochrôme.	287	Snarumite.	28
idéroclepte.	33	Sodalite.	139
idéroconite.	213	Sodalun.	575
idérodot.	231	Solfatarite.	575
idérographite.	697	Sombrérite.	392
idéromélane.	66	Somervillite.	49, 91
idéroplésite.	232	Sordawalite.	125
ideroschisolite.	121	Soufre.	451
idérose.	231	— arsénif.	451
égenite.	471	Spadaïte	45
éberkise.	466	Spaniolite.	521
éberphyllinglanz.	296	Spartaïte.	213
éberschwärze.	532	Spartalite.	711
ébolite.	21	Sperkise.	465
élex.	2	Spessartine.	83
élicate de cérium.	53	Sphaérite.	404
— de Coromandel.	156	Sphène.	154
— de Cummington.	31	Sphénoclase.	29
— de cuivre de Valparaiso.	49	Sphérolite.	60
— — noir.	49	Sphérosidérite.	231
élice.	2	Sphérostilbite.	102
élicides. II.		Sphragide.	15
élicite.	66	Spiautérite.	479
ébrohorocalcite.	135	Spinellane.	149
ébrumanite.	5	Spinelle.	677
ébrupite.	15	Spinthère.	154
ébrusmondine.	131	Spodumène.	59
ébruskite.	738	Sprödglasserz.	537
ébrulite.	260	Staffélite.	389
ébruludite.	337	<i>Stannides</i> . XXXII.	
ébrunite.	116	Stannine.	482
ébruntine.	338	Stannite.	41
ébrucuprif.	338	Stassfurthite.	166

Stassfurthite ferrif.	166	Strontianite.	
Staurotide.	57	Strontianocalcite.	
Stéargilite.	14	Struvite.	
Stéatite.	46, 122, 124	Stübélite.	
Steinheilite.	67	Studérite.	
Steinmannite.	483	Stylotype.	
Stellite.	30	Stypticite.	
Stercorite.	386	Styrian.	
Sternbergite.	469	Subsesqui carb. de chaux.	
Stétéfeldtite.	321	Succin.	
Stibiconise.	345	Succinite.	
<i>Stibides</i> . XIII.		Suif de montagne.	
Stibine.	453	Sulfato-chl. de soude.	
Stiblite.	345	Sulfosidérétine.	
Stilbite.	102	Sulfure noir de m.	
— de Dunbarton.	102	— de Pb. d'Alsau.	
— laminaire.	102	<i>Sulfurides</i> . XVIII.	
— prehnite.	102	Sundvikite.	
— de Skye.	108	Sussexite.	
Stilpnomélane.	128	Suzannite.	
Stilpnosidérite.	702	Svanbergite.	
Stipite.	176	Syepoorite.	
Stolpénite.	14	Syhédrite.	
Stolzite.	274	Sylvane.	
Strakonitzite.	23	Sylvine.	
Stratopéite.	18	Syimplésite	
Striegisan.	399	Syntagmatite	
Strogonowite.	74	Szaibelyite.	
Stromeyérine.	536	Szaskaïte.	
Stromnite.	242		

T

Tabergite.	122	Tellururane.	720
Tachyaphalite.	4	Tengérite.	222
Tachydrite.	640	Tennantite.	524
Tachylyte.	66	Ténorite.	723
Tegilite.	431	Téphroïte.	38
Talc.	46	Tératolite.	15
Talcapatite.	389	Térénite.	73
Talc chlorite.	122	Terreau.	179
Talc hexagonal.	122	Terre de Cologne.	177
Talcite.	94	— d'ombre.	702
Talcôide.	46	— de Sienne.	702
Tallingite.	651	— verte.	56
Tantalite.	137	Teschémacherite.	208
Tankite.	69	Tétalite.	213
Tannémité.	505	Tétradymite.	298
<i>Tantalides</i> . VI.		Tétraédrite.	520
Tantalite.	260	— ferrif.	520
Tantalocre.	258	Tétraphyline.	421
Tapiolite.	261	Texalite.	668
Targionite.	483	Texasite.	234
Tarnowizite.	215	Thalackérite.	28
Tascine.	448	Thalassite.	652
Tasmanite.	188	Thalheimite.	330
Tauriscite.	599	Thalite.	45
Tautocline.	246	Thallite.	76
Tautolite.	76	Thénardite.	551
Tavistockite.	394	Thermonatrite.	205
Taylorite.	547	Thermophyllite.	50
Tecorétine.	196	Thierschlite.	201
Teeticite.	599	Thjorsauite.	69
Tellure.	292	Thomaïte.	231
<i>Tellurides</i> . XII.		Thomsénolite.	659
Tellurite.	306	Thomsonite.	416
Tellur mercur.	322	Thorite.	55

Thraulite.	127
Thrombolite.	435
Tbulite.	75
Thuringite.	129
Tiemannite.	446
Tilkérodite.	443
Tinkalzite.	165
<i>Titanides.</i> V.	
Tocornalite.	624
Tombasite.	331
Topaze.	140
Torbanite.	183
Torrélite.	31
Tourbe.	178
Tourmaline.	137
Traversellite.	23
Tréménhéerite.	173
Trémolite.	20
— alumitif.	20
— de Norwége.	29
— sodifère.	20
Trichalcite.	371
Triclasite.	67

U

Uigite.	116
Ulexite.	165
Ullmannite.	310
Umbra.	702
Unionite.	75
Uraconise.	585
Uralite.	21
Uralorthite.	87
Uranblüthe.	225, 585
Urandläine.	195

Tridymite.	
Triphane.	
Triphanite.	
Triphyline.	
Triplite.	
— de Nordwich.	
Tripoli.	
Tritomite.	
Trolleite.	
Troostite.	
Tschermigite.	
Tschewkinite.	
— du Coromandel.	
Tuésite.	
Tungstate de cuivre.	
<i>Tungstides.</i> VIII.	
Turgite.	
Turnérite.	
Turquoise.	
— cuprif.	
Tyrite.	
Tyrolite.	

Uranides. XXV.

Uranine.	
Uranite.	
Uranochalcite.	
Uranoniobite.	
Uranophane.	
Urao.	
Urdite.	
Uwarowite.	

V

Valencianite.	60	Violane.	22
Valentinite.	313	Viridul.	2
<i>Vanadides.</i> X.		Vivianite.	416
Vanadine.	279	Voglianite.	583
Vanadinite.	282	Voglite.	227
Vargasite.	22	Voiglite.	123
Variscite.	401	Volborthite.	284
Varvicite.	690	Volcanite.	459
Vauquelinite.	291	Volgérite.	316
Verniculite.	124	Voltaïte.	597
Verrucite.	116	Voltzine.	480
Vignite.	703	Vorhausérite.	50
Villarsite.	51	Vosgite.	66
Vilnité.	29		

W

Wackenrodite.	696	Weissgültigerz.	496, 522
Wad.	694	Weissigite.	60
Wagnérite.	395	Weissite.	67
Walchowite.	190	Weisskupfererz.	242
Waldheimite.	20	Wernérite.	73
Waltherite.	242	Whewellite.	201
Warringtonite.	614	Whitneyite.	344
Warwickite.	171	Wichtine.	66
Washingtonite.	256	Wiesenerz.	702
Wasite.	87	Willémité.	40
Wawellite.	399	Williamsite.	50
— plombif.	399	Wilsonite.	73
Webstérite.	569, 570	Wiluite.	82, 89
Wehrlite.	90	Wisenerz.	702
Weicheisenkies.	465	Wisérine.	397
Weisserz.	330	Wisérite.	230

Wismuthblende.	144
Wismuthsilbererz.	483
Withamite.	76
Withérite.	209
Wittichénite.	506
Wittingite.	18
Wocheinite.	675
Wodankies.	335
Wœlknérite.	674
Wöhlérite.	153
Wölchite.	495
Wolfram.	273

X

Xanthiosite.	361
Xanthitane.	154
Xanthite.	89
Xanthocon.	543
Xanthophyllite.	132
Xanthorthite.	87
Xanthosidérite.	701

Y

Yttrocérite.	666
Yttróilménite.	266

Z

Zamtite.	234
Zaratite.	234
Zéagonite.	115
Zéolite d'Aedelforss.	108

<i>Wolframides</i> . VIII.	
Wolframine.	270
Wolfsbergite.	518
Wolkonskoïte.	16
Wollastonite.	20
— de <i>Thoms</i> .	30
Wolnyne.	558
Woodwardite.	615
Wörthite.	5
Wulfénite.	278
Wurtzite.	479

Xénolite.	5
Xénotime.	397
Xonaltite.	29
Xylite.	50
Xylochlore.	44
Xylorétine.	192
Xylotile.	50

Yttrotantale.	259
Yttróïtanite.	159

Zéolite de Borkhult.	69
— farineuse.	108
— d'Upsala.	108
Zeugite.	392

Zeuxite.	137	Zinkénite.	493
Ziegelerz.	702	Zinnwaldite.	95
Ziguéline.	722	Zippeïte.	225, 585
Zinapanite.	642	Zircon.	4
Zinc.	710	Zoïsite.	75
Zincazurite.	245	Zorgite.	443
<i>Zincides</i> . XXX.		Zundererz.	492
Zincite.	711	Zurlite.	91
Zinmehl.	711	Zwiesélite.	425
Zinconise.	237	Zygadite.	61
Zincosite.	605		

NOMS DES AUTEURS.

Ab.	Abich.	Buch.	Bucholz.
Am.	Amelung.	Buk.	Bukeisen.
Apj.	Apjohn.	Bust.	Bustamente.
Ar.	Arentz.		
Awd.	Awdejew.		
		Casa.	Casaseca.
Bec.	Bechi.	Chen.	Chenevix.
Beh.	Behnke.	Child.	Children.
Berg.	Bergemann.	Chod.	Chodnew.
Berl.	Berlin.	Chur.	Church.
Bert.	Berthier.	Clar.	Clarke.
Berz.	Berzélius.	Clau.	Claudet.
Beu.	Beudant.	Clau.	Claus.
Bind.	Bindheim.	Conn.	Connel.
Bisc.	Bischof.	Cook.	Cooke.
Bla.	Blake.	Cord.	Cordier.
Blom.	Blomstrand.	Cove.	Covelli.
Böd.	Bödeker.	Cred.	Credner.
Bon.	Bonen.	Cum.	Cumenge.
Bons.	Bonsdorff.	Czud.	Czudnowicz.
Boo.	Booth.		
Bori.	Boricky.	Dam.	Damour.
Börn.	Börnträger.	Dau.	Dauber.
Bött.	Böttger.	Daub.	Daubrée.
Bous.	Boussingault.	Daur.	Daurier.
Bran.	Brandes.	Del C.	Del Castillo.
Brau.	Brauns.	Del.	Delesse.
Brei.	Breilhaupt.	Delf.	Delfs.
Brom.	Bronceis.	Del R.	Del Rio.
Bron.	Brongniart.	Dev.	Deville.
Broo.	Brooke.	Dol.	Dolfus.
Brus.	Brush.	Dom.	Domeyko.
		Duf.	Dufrénoy.

Dum.	Dumas.
Dumé.	Duménil.
Ebel.	Ebelmen.
Edw.	Edwards.
Ehr.	Ehrard.
Ekeb.	Ekeberg.
Erdm.	Erdmann.
Ettl.	Etting.
Fell.	Fellenberg.
Ferb.	Ferber.
Fici.	Ficinus.
Fiel.	Field.
Folb.	Folbert.
Forb.	Forbes.
Fore.	Forchammer.
Four.	Fournet.
Fr.	Frick.
Frie.	Friedel.
Frit.	Fritzsche.
Fu.	Fuchs.
Ful.	Fulda.
Gen.	Genth.
Glad.	Gladstone.
Glas.	Glasson.
Göb.	Göbel.
Grai.	Graillich.
Grun.	Gruner.
Guis.	Guiscardi.

Hag.	Hageman.
Hai.	Haidinger.
Haid.	Haidingsfeld.
Hatt.	Hattchett.
Hau.	Hauer.
Haus.	Hausmann.
Hay.	Hayes.
Helb.	Helbinghaus.
Hed.	Heddele.
Hei.	Heinichen.
Hen.	Henry.
Hera.	Herapath.
Herm.	Hermann.
Hert.	Herter.
Hes.	Hesse.
Hir.	Hirzel.
His.	Hisinger.
Hoch.	Hochstetter.
Hoff.	Hoffmann.
Hör.	Hörnes.
Horn.	Hornig.
Hub.	Huberdt.
Hubn.	Hubner.
Igel.	Igelström.
Ivan.	Ivanhoff.
Jack.	Jackson.
Jacq.	Jacquelain.
Jeph.	Jephson.
John.	Johnson.
Jok.	Jokely.
Jord.	Jordan.
Jul.	Julien.
Kal.	Kalle.
Kar.	Karaffat.
Kars.	Karsten.

NOMS DES AUTEURS.

625

Kenn.	Kenngott.	Mits.	Mitscherlich.
Kern.	Kerndt.	Mol.	Mollnard.
Kert.	Kersten.	Monh.	Monheim.
Klap.	Klaproth.	Mont.	Monticelli.
Klau.	Klauer.	Moo.	Moore.
Knöv.	Knövenagel.	Mos.	Mosander.
Kob.	Kobell.	Mül.	Müller.
Köhl.	Köhler.		
Koks.	Kokscharow.	Neud.	Nendwich.
Kött.	Köttig.	Nord.	Nordenskiöld.
Krau.	Krauss.		
Krem.	Kremerz.	Oest.	Oesten.
Kud.	Kudernatsch.	Par.	Parry.
Kuhl.	Kuhlmann.	Pel.	Pelouze.
		Perc.	Percy.
Lamp.	Lampadius.	Pere.	Peretz.
Lass.	Lassaigne.	Pet.	Peterz.
Lau.	Laube.	Pfaf.	Pfaff.
Laug.	Laugier.	Phip.	Phipson.
Lech.	Lechartier.	Pipp.	Pipping.
Lef.	Lefort.	Pis.	Pisani.
Lapl.	Leplay.	Plat.	Plattner.
Ler.	Lerch.	Pot.	Potyka.
Lieb.	Liebe.		
Lind.	Lindaker.	Quad.	Quadrat.
Löw.	Löwig.		
		Rag.	Ragsky.
Mac.	Macneven.	Ram.	Rammelsberg.
Mag.	Magnus.	Reg.	Regnault.
Mal.	Mallet.	Reic.	Reichardt.
Mar.	Marignac.	Reis.	Reissig.
Marn.	Marneven.	Reus.	Reuss.
Mask.	Maskelyne.	Rich.	Richardson.
Meil.	Meillet.	Ric.	Richter.
Ment.	Mentzel.	Riot.	Riotte.
Merb.	Merbach.	Riss.	Risse.
Mich.	Michaelson.	Riv.	Rivot.
Mid.	Middletop.	Rob.	Roberston.

Row.	Rowney.	Step.	Stephan.	Wack.	Wackenroder.
		Stet.	Stetefeld.	Waa.	Waage.
San.	Sandall.	Stoc.	Stockar.	Walm.	Walmstedt.
Sand.	Sandberger.	Stre.	Strecker.	Walt.	Walthersausen.
Sätt.	Sättersberg.	Stro.	Stromeyer.	Wart.	Wartha.
Sau.	Sauvage.	Suck.	Suckow.	Web.	Weber.
Scac.	Scacchi.	Svan.	Svanberg.	Webs.	Websky.
Sch.	Scheerer.			Wehr.	Wehrle.
Schd.	Schnedermann.	Tay.	Taylor.	Weid.	Weidensbusch.
Sche.	Schenk.	Tesc.	Teschemacher.	Wer.	Wernekin.
Schh.	Scheidthauer.	Thom.	Thomson.	Wern.	Werner.
Schm.	Schmid.	Tobl.	Tobler.	Wes.	Weselsky.
Schn.	Schnabel.	Torr.	Torrey.	With.	Whitney.
Schr.	Schneider.	Trai.	Traille.	Wich.	Wichage.
Schö.	Schönlein.	Trip.	Trippel.	Wil.	Williamson.
Scht.	Schrötter.	Tr. W.	Trolle-Wachtmeister.	Win.	Winkelblech.
Schu.	Schuler.			Wink.	Winkler.
Schz.	Schultz.	Trom.	Tromsdorff.	Wis.	Wiser.
Sefs.	Sefström.	Turn.	Turner.	Wöh.	Wöhler.
Semm.	Semmola.	Tyl.	Tyler.	Wol.	Wolff.
Sén.	Sénez.			Woll.	Wollaston.
Shep.	Shepard.	Uhr.	Uhrlaub.	Wurt.	Wurtz.
Sil.	Silliman.	Ullm.	Ullmann.		
Sjög.	Sjögren.	Ulr.	Ulrich.	Yor.	Yorke.
Sm.	Smith.	Uten.	Utendörffer.		
Sm. et B.	Smith et Brush.			Zeph.	Zepharowich.
Smit.	Smithson.	Vauq.	Vauquelin.	Zink.	Zinken.
Sonn.	Sonnenschein.	Vog.	Vogel.	Zip.	Zippe.
Stae.	Staedter.	Volg.	Volger.	Zor.	Zorjäu.

ERRATA DU MÉMOIRE DE M. ADAM,

A insérer page 627 du tome XV.

Pag.	Num.	Col.	Lign.	Au lieu de :	Lisez :
I à droite.	»	1		concourent	concourt
II à gauche.	»	17		minéraux	minéraux
			25	partages	partagés
				à droite. »	7 séparément,
V, 2 ^e tableau	3	1		Al	Al
			2	Am	Am
			9	N	N
			2	15 Ax	Ac
VI, 2 ^e tableau	4	8		935,5	937,5
		3		25 Zr	Zr
VII, à droite.		4		1,325	1525
	2	2	14	Tridymite.	Tridymite ?
	22	11	1	Mg	Mg
			3	Mg	Mg
			25	Mg	Mg
			27	Mg	Mg
6	39	11	12	Mn	Mn
8	51	11	1	Mg	Mg
			52	4 2 5,9	5,0
			53	10 3 Ce, La	Ce La
			56	10 6 For	Forc
9	61	10	2	N (lettre cassée).	N
			63	11 4 Al	Al
			67	8 Mg	Mg

Pag.	Num.	Col.	Lign.	Au lieu de :	Lisez :
10		2	6	Bonsdorffite après Bonsdorffite, ajoutez Pyrargillite, Auralite.	Bonsdorffite
19	170	9	4	3 + \ddot{H}	+ 3 \ddot{H}
	171	9	5	Mg ³	\ddot{Mg}^3
20	174	9	1	H	H ¹¹
24	221	8	8	23	28
25		8	14	\underline{Mn}	\underline{Mn}
	228	9	6	\underline{Mn}	\underline{Mn}
	232	2	19	Sidéroplésite	Sidéroplésite
	233	9	11	Mn	\underline{Mn}
29		8	1	\underline{Ti} Mn	\underline{Ti} \underline{Mn}
32		2	15	Molyb	Molyb
		8	12	\underline{Mo}	\underline{Mo}
33	283	2	18	(Chileïte)	(Chileïte de <i>Kenngott</i>).
		9	6	As	\ddot{As}
34		8	4	\ddot{Cr}	\ddot{Cr}
35	295	8	3	Shö	Schö
38	327	2	15	Löllingite	Löllingite
		8	2	\underline{Ca}	\underline{Co}
39	328	5	1	7,40	7,20
42	347	9	1	As	\ddot{As}
		9	2	As	\ddot{As}
	348	9	3	As	\ddot{As}
	349	9	4	As	\ddot{As}
	350	9	5	Mg	\underline{Mg}
				Mn	\underline{Mn}
	68	2	11	Picotite	Phonite
		11	1	Na	\underline{Na}

Pag.	Num.	Col.	Lign.	Au lieu de :	Lisez :
41	74	10	1	C, N	CN
	79		6	NC. f mn	NC f mn
	86	11	13	Mn	\underline{Mn}
42	90	10	3	Si	Si
	96	11	9	K	\underline{K}
	97	10	10	k	K
43	99	11	2	\ddot{Al}	\ddot{Al}
44	121	10	11	f mn. M	f mn M
45	(Titre).			R	\underline{R}
	130	3	8	»	O?
		11	8	Mg	\underline{Mg}
46	132	2	5	Chrysophane.	Chrysophane, Holmésite.
				Holmésite, Xanthophyllite.	Xanthophyllite.
		11	2	\underline{Fe}	\underline{R}^3
47	148	10	6	S	S
	149	10	7	S	S
	151	10	9	S	S
	152	10	10	S	S
	154	11	10	\ddot{Ti}	\ddot{Ti}^3
	158	10	16	Bezl.	Berl.
48		8	2	H	\underline{H}
			4	$\underline{B. Ha. N}$	$\underline{B. Na. H}$
			13	$\underline{B. Mg}$	$\underline{B. Mg}$
		9	6	Mg ³	\underline{Mg}^3
49	169	9	3	(Mn, Mg) ²	($\underline{Mn}, \underline{Mg}$) ²
42	350	9	5	As	\ddot{As}
		8	14	\underline{Mn}	\underline{Mn}
				\underline{Mg}	\underline{Mg}
	351	9	9	Mg	\underline{Mg}

Pag.	Num.	Col.	Lign.	Au lieu de :	Lisez :
		8	14	AS. Mn. Mg	As. Mn. Mg
43		2	16	Néoplase	Néoplase, en reculant à gauche parce que c'est une espèce encore incertaine plutôt qu'une simple variété.
				Rhodoïse	Rhodoïse, même observation qu'au néoplase.
45		8	4	<u>Mg</u>	<u>Mg</u>
46		8	1	<u>H</u>	<u>H</u>
	395	9	3	Mg ³	Mg ³
47		8	8	Vaug.	Vaug.
51	442	8	13	<u>Se</u>	<u>100</u>
62	558	8	4		Mac.
65	593	9	1	H	H
69	639	8	14	C	Ca
		9	15	Ca Cl	Ca Cl
75	691	9	6	Mn	Mn
76	694	9	1	Mn	Mn
79	710	9	1	Zn	Zn

BULLETIN

DES

EXPLOSIONS D'APPAREILS A VAPEUR

ARRIVÉES PENDANT L'ANNÉE 1868.

BULLETIN

des explosions d'appareils à vapeur arrivées pendant l'année 1868.

628 BULLETIN DES EXPLOSIONS D'APPAREILS A VAPEUR

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé P. — Nom du propriétaire de l'appareil. C. — Nom du constructeur de l'appareil.	NATURE, forme et destination de l'appareil. Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
5 janvier.	Fabrique de colle forte à Nîmes (Gard). P. M. Dumas.	Chaudière munie d'un bouilleur. — Capacité = 2 ^m , 00; dimensions du bouilleur: longueur = 4 ^m , 60; diamètre = 0 ^m , 60; timbre = 4 kilog. — Fonctionnait depuis 1860.	Le bouilleur s'est fendu sur toute sa longueur. La rupture initiale a eu lieu suivant une ligne de rivets à la partie supérieure de la tubulure d'arrière. La tôle, dans cette partie, n'avait plus que 1 ^{mm} à 1 ^{mm} 1/2 d'épaisseur. L'explosion a eu lieu avant que la chaudière fût en pleine pression. Projection de la chaudière et deson bouilleur au-dessus de la toiture de l'établissement.	Le propriétaire, le chauffeur et deux ouvriers de l'établissement brûlés par la vapeur ou blessés. Le chauffeur mort des suites des blessures. Grands dégâts matériels.	Défaut de surveillance de la part du mécanicien qui ne s'est pas aperçu d'une fuite, qui existait depuis longtemps à la partie supérieure du bouilleur, et qui a eu pour résultat la corrosion et l'amincissement graduel de la tôle dans cette partie.
8 février.	Papeterie à Pont-Audemer (Eure). P. MM. Ball et comp C. Varral Elwell et Poulot.	Cylindre de macération, timbré à 3 kilog. et recevant la vapeur d'un générateur timbré à 6 kilog. — Longueur = 4 ^m , 45; diamètre = 1 ^m , 80. — Fonctionnait depuis 1862.	Le cylindre s'est divisé en deux fragments dont le plus petit a été déchiré en tous sens. Les deux caillottes se sont également séparées des cylindres et ont été projetées.	Un ouvrier blessé par les débris de l'explosion. Grands dégâts matériels.	Négligence des agents qui ont laissé la vapeur s'élever dans le cylindre à une tension notablement plus élevée que le timbre et supérieure à celle que comportait l'épaisseur de la tôle et l'état déjà fatigué de l'appareil.
8 février.	Fabrique d'huiles de	Réservoir cylindrique en tôle pour la fabrication	Le couvercle du réservoir a été arraché pendant l'in-	Atelier incendié: six ouvriers légère-	Inadvertance de l'ouvrier chargé de la conduite de

TOME XV, 1869.

42

	graines au Canet, à Marseille. P. M. Lamblot.	de l'huile de résence, fermé à la partie supérieure par un couvercle à l'aide de vis. — Longueur = 2 ^m , 50; diamètre = 1 ^m , 80; pression normale de marche = au plus 2 kilog.	roduction de la vapeur d'eau sur les tourteaux imprégnés de sulfure de carbone, par suite de l'obstruction du tuyau de sortie des vapeurs d'eau et de sulfure de carbone. Cette vapeur d'eau provenait d'un générateur timbré à une pression notablement supérieure à 2 kilog. Le contact des vapeurs de sulfure de carbone à haute température avec l'air extérieur a déterminé l'incendie de l'atelier.	ment brûlés en essayant d'éteindre l'incendie.	L'appareil, qui a laissé fermé le tuyau de sortie des vapeurs, et a ainsi permis à la pression intérieure de s'élever sur le couvercle au-dessus de la pression exercée par les vis.
28 février.	Fabrique de navettes à Kouey (Nord). P. M. Fleph.	Chaudière sans bouilleurs alimentant une machine pour le mouvement des tours de l'atelier. — Capacité = 635 litres; timbre = 5 kilog. — Fonctionnait depuis 1862.	La chaudière s'est ouverte quelques instants avant la mise en train de la machine, suivant une ligne de rivets qui formait la génératrice supérieure de l'appareil. La déchirure paraît avoir commencé latéralement au trou d'homme, en un point où des fuites ont été constatées quelques instants avant l'explosion. Quelques fragments de tôle ont été projetés.	Le mécanicien blessé gravement. Un apprenti qui travaillait dans l'atelier légèrement brûlé. Dégâts matériels importants.	Cause indéterminée. La tôle a été expérimentée et a présenté les caractères d'une tôle de bonne qualité; cependant un examen minutieux a fait découvrir quelques gerçures dans le sens longitudinal. L'appareil était en bon état, muni des appareils réglementaires qui fonctionnaient bien. L'alimentation ne paraît pas non plus avoir fait défaut.
3 mars.	Laboratoire de dentiste à Paris, rue de Provence, n° 69. P. M. Pasteur.	Appareil autoclave en fonte en forme de cône tronqué renversé, servant à la vulcanisation des dentiers en caoutchouc. — Diamètre = 0 ^m , 25 à la partie supérieure; 0 ^m , 18 à la partie inférieure; épaisseur = 11 millim.; timbre inconnu.	L'appareil s'est brisé en plusieurs morceaux dans des circonstances qui n'ont pas été déterminées.	Dégâts matériels peu importants.	Imprudence du propriétaire qui a laissé la vapeur s'élever dans l'appareil à une tension supérieure à celle que comportait l'épaisseur du métal.

ARRIVÉES PENDANT L'ANNÉE 1868.

629

Bulletin des explosions des appareils à vapeur arrivées pendant l'année 1868. (Suite.)

630 BULLETIN DES EXPLOSIONS D'APPAREILS A VAPEUR

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement ou l'appareil était placé. P. — Nom du propriétaire de l'appareil. C. — Nom du constructeur de l'appareil.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
9 mars.	Filature de coton à Dornach (Haut-Rhin). P. MM. Dollfus, Mieg et comp.	Chaudière cylindrique munie de six demi-bouilleurs, alimentant la machine à vapeur de la filature. — Capacité = 13 mét. cubes; timbre = 5 1/2 kilog. — Fonctionnait depuis 1852.	Un fragment d'un bouilleur s'est détaché violemment près de la communication avec le corps principal et a donné une large issue à l'eau et à la vapeur. — Le métal était corrodé dans cette partie, de manière à ne présenter qu'une épaisseur variant de 1/2 à 2 millimètres.	Le chauffeur contusionné. Dégâts matériels de peu d'importance.	Négligence des agents chargés de la surveillance des chaudières qui n'ont pas réparé des rivets qui fuyaient depuis longtemps, et, en outre, ont laissé la surface interne du bouilleur recouvrir d'incrustations épaisses. Cette partie du bouilleur s'est corrodée peu à peu sous l'influence de l'eau provenant de ces suites et de l'échauffement de la tôle, facilité par les incrustations intérieures.
11 avril.	Filature et tissage à Moulins-lès-Lille (Nord). P. MM. Dequoy et comp.	Chaudière cylindrique horizontale munie de deux bouilleurs et d'un réchauffeur faisant partie d'une batterie de huit générateurs semblables, alimentant les machines motrices de l'établissement et divers appareils de chauffage. — Capacité de l'une = 26 mét. cubes; timbre = 5 kilog.	Le corps principal d'une des chaudières, ses bouilleurs et le réchauffeur se sont rompus suivant une ligne de clouure transversale. La partie antérieure du corps principal s'est divisée en plusieurs fragments Elle a été projetée en avant, de même que les parties correspondantes des bouilleurs et du réchauffeur. Le reste du générateur a été violemment déplacé en sens inverse. L'un des bouilleurs de la chaudière voisine a aussi été rompu en deux parties. Le reste de ce générateur a été projeté en avant.	Le chauffeur et cinq hommes occupés dans la salle des générateurs tués. Dégâts matériels très-considerables.	Incurie du chauffeur qui a laissé la chaudière se vider presque complètement et a alimenté sur des parois portées à une très-haute température, et qui sur les parties inférieures des clouures étaient recouvertes d'incrustations épaisses. Les générateurs n'étaient pas munis du tube indicateur du niveau d'eau.
1 ^{er} mai.	Teluturerie à Suresne (Seine). P. MM. Bernadotte et comp. C. Origine américaine.	Récipient de vapeur en cuivre, en forme de tronc de cône, destiné à l'appât des jupons sans couture, recevant la vapeur d'une chaudière marchant à 6 kilog. — Hauteur = 0 ^m .90; diamètre inférieur = 0 ^m .95; diamètre supérieur = 0 ^m .40; épaisseur = 1 ^m 1/2. — L'appareil n'était muni ni de soupape de sûreté ni d'appareil de détente.	L'appareil, qui n'avait pas encore servi, allait être mis en expérimentation. Au moment où le robinet d'admission avait été ouvert, la vapeur de la chaudière a été directement introduite dans l'appareil, le fond s'est déchiré et la vapeur s'en est échappée avec violence.	Trois personnes légèrement atteintes par la vapeur. Dégâts matériels sans importance.	Imprudence du propriétaire de l'appareil qui a fait fonctionner à une pression de 6 kilog. un appareil qui, par l'épaisseur du métal et le mode de construction, n'était pas en état de résister à une pression plus élevée que 0 ^m .5.
10 mai.	Fabrique de colle forte et de gélatine à Ivry (Seine). P. M. Bonneville.	Chaudière à deux bouilleurs. Le corps cylindrique supérieur était directement en contact avec la flamme du foyer. — Capacité = 3 ^m .562; timbre = 4 kilog.	Le corps cylindrique supérieur s'est ouvert à la partie inférieure de la virole antérieure. Il paraît probable qu'il manquait d'eau et que la déchirure a eu lieu au moment de l'alimentation, l'eau étant venue baigner des parois qui commençaient à fortement s'échauffer.	Dégâts matériels sans importance.	Imprudence du propriétaire qui a laissé une chaudière, d'ailleurs en médiocre état d'entretien, fonctionner sans tube indicateur du niveau de l'eau, avec un flotteur mal équilibré et des robinets en mauvais état.
4 juillet.	Concession de mine de houille de la Grand-Croix. Puits Montribout (Loire).	Chaudière cylindrique horizontale à foyer intérieur, alimentant avec plusieurs autres semblables la machine d'extraction du puits. — Tube intérieur: diamètre = 1 ^m .25; longueur = 7 ^m .25; épaisseur = 8 millim; timbre = 2 ^m .5 (épreuve faite en 1855); pression de marche = 4 kilog.	L'explosion a eu lieu au moment où on venait d'activer le feu, sans qu'il y ait eu défaut d'alimentation ni surcharge des soupapes. Le tube intérieur, dont la tôle avait perdu tout nerf, s'est écrasé et ouvert suivant des lignes de rivets longitudinales: la masse d'eau et de vapeur du générateur et de ceux avec qui il communiquait, s'est précipitée par les ouvertures du foyer, entraînant avec elle charbon, grille, porte, etc.	Le chauffeur projeté à une cinquantaine de mètres contre une maison, tué. — Un habitant de la dite maison tué par les projections de la chaudière. Incendie de cette maison. — Dégâts matériels importants.	Imprudence du propriétaire qui a fait fonctionner à une pression de 4 kilog. pendant plusieurs années et sans épreuve nouvelle, une chaudière essayée quinze ans auparavant à 2 ^m .5.

ARRIVÉES PENDANT L'ANNÉE 1868.

Bulletin des explosions d'appareils à vapeur arrivées pendant l'année 1868 (Suite.)

652 BULLETIN DES EXPLOSIONS D'APPAREILS A VAPEUR

ARRIVÉES PENDANT L'ANNÉE 1868.

633

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé. P.— Nom du propriétaire de l'appareil. C.— Nom du constructeur de l'appareil.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITE de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
15 juillet..	Tissage mécanique à Cambrai (Nord). P. MM. Maquier, Pouilly et comp.	Chaudière cylindrique à deux bouilleurs, alimentant la machine de l'établissement. — Corps cylindrique : diamètre = 1 ^m ,13; longueur = 6 ^m ,15; timbre = 4 ¹ / ₂ . — Fonctionnait depuis 1845.	L'explosion a eu lieu au moment de la remise en train. Le corps cylindrique supérieur s'est déchiré à la partie inférieure de la virole antérieure, suivant une ligne longitudinale de rivets. Dans la partie déchirée l'épaisseur de la tôle se trouvait, par suite de l'usure, réduite de 7 millim. à moins de 4 millim.	Dégâts sans importance.	Défaut de surveillance de la part du propriétaire qui n'eût pas dû laisser une chaudière aussi ancienne continuer de fonctionner sans l'avoir fait sonder et éprouver.
22 juillet..	Peignage de laines à Reims (Marne). P. MM. Holden et fils. C. Jesuput, à Lille.	Chaudière cylindrique à deux bouilleurs, servant concurremment avec sept autres au chauffage de cuves et à l'alimentation d'une machine à vapeur. — Capacité = 12 ^m ,634; timbre = 7 kilog. — Fonctionnait depuis 1867.	L'explosion a eu lieu quelques minutes après la reprise du travail. L'un des bouilleurs s'est déchiré sur toute la longueur de la virole antérieure suivant une ligne de rivets, et a eu son tampon d'avant brisé. Une grande masse d'eau et de vapeur s'est précipitée par l'ouverture du bouilleur. La chaudière a été soulevée et projetée à une quinzaine de mètres en arrière, suivant la direction de son axe, dans la cuve d'un gazomètre voisin.	Huit ouvriers parmi lesquels le chauffeur, atteints par la vapeur ou les décombres, très ou morts des suites de leurs blessures. Deux ouvriers blessés. Dégâts matériels considérables.	Les causes probables de l'accident paraissent être les suivantes : Emploi pour la feuille du coup de feu d'une tôle au coke, aigre, imparfaitement soudée et rentrée perpendiculairement au sens du laminage; conduite vicieuse du feu, par suite d'un chargement habituellement exagéré de la grille.
24 juillet..	Soierie à Montpellier (Hérault). P. MM. Bonnel, Morel et Comp. C. Carlos et Pouilland, à Anduze.	Chaudière cylindrique horizontale, de 1867, devant de recannage pendant les réparations de la chaudière proprement dite de l'établissement, laquelle alimentait une machine de 17 chevaux environ. — Capacité totale = 3 ^m ,600; surface de chauffe = 19 m. q.; timbre = 4 kilog.	L'explosion a eu lieu pendant la mise en pression. Le tube intérieur s'est déchiré suivant la ligne de rivets transversale qui réunit la dernière virole à l'avant-dernière. La dernière virole s'est écrasée et repliée sur elle-même de manière à fermer intérieurement un côté de la chaudière extérieure. Cette chaudière et la virole qui lui était restée adhérente ont été projetées sur la toiture d'une maison située à 25 mètres de distance. Le reste du tube intérieur a été lancé en sens contraire.	Trois ouvriers, parmi lesquels le chauffeur, atteints par la vapeur. Dégâts matériels considérables.	Imprudence du chauffeur et du directeur de l'usine. L'usage d'une machine supérieure au nombre du timbre, une chaudière dont le tube intérieur était déjà fatigué et affaibli, et qui, pour tirer de cette chaudière de dimensions insuffisantes la force nécessaire pour faire marcher la machine de l'établissement, y poussaient le feu avec excès.
10 août...	Moulin à blé à Saint-Germain-sur-Renom (Ain). Exploitant, le sieur Cathelin.	Chaudière d'une machine locomobile servant de moteur auxiliaire pendant les mois d'été. — Chaudière très-ancienne.	L'explosion a eu lieu un quart d'heure après la mise en marche de la machine. L'enveloppe extérieure de la chaudière a volé en éclats se déchirant suivant toutes les lignes de rivets. L'appareil intérieur est resté intact.	Le propriétaire de l'appareil, qui se servait à lui-même de mécanicien, tué. — Un domestique blessé grièvement. Bâtiment de la machine effondré.	La cause précise de cet accident est restée inconnue. L'appareil était très-ancien et d'une puissance insuffisante dans les conditions ordinaires de marche pour faire fonctionner l'établissement. Il paraît probable que le feu était poussé à l'excès et que les soupapes étaient surchargées. La manière dont la chaudière s'est déchirée montre que la tôle était aigre et cassante.
22 août...	Papeterie de Wizernes (Pas-de-Calais). P. MM. Dambricourt.	Appareil composé de deux chaudières superposées, la supérieure cylindrique, l'inférieure cylindrique tubulaire à foyer intérieur.	La voûte du foyer de la chaudière inférieure s'est déprimée sur toute sa longueur, et s'est déchirée sur environ un quart de circonférence, suivant la ligne de clouure de la première virole. La vapeur et une partie de l'eau de la chaudière sont sorties par cette issue, sans d'ailleurs que la chaudière ait été déplacée.	Un ouvrier tué et un autre blessé par la chute de décombres provenant de l'explosion. Le chauffeur grièvement brûlé. Dégâts matériels peu considérables.	Négligence du chauffeur qui, se fiant à un flotteur qui ne fonctionnait plus, n'a pas consulté le tube indicateur du niveau de l'eau et a laissé le plan d'eau de la chaudière descendre jusqu'au-dessous du ciel du foyer, de telle sorte que la tôle a rougi et a fini par s'écraser sous la pression normale de la vapeur.

Bulletin des explosions d'appareils à vapeur arrivées pendant l'année 1868. (Suite.)

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé. — P. — Nom du propriétaire de l'appareil. C. — Nom du constructeur de l'appareil.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
12 septemb.	Fabrique de clous au Nouzon (Ardennes). P. M. Thomé-Genot. C. Origine belge.	Chaudière cylindrique mu- nie d'un bouilleur infé- rieur. — Capacité = 4 ^m , 720; timbre = 6 kilog. — Chau- dière ancienne.	L'explosion a eu lieu au mo- ment où, après un arrêt momentané de la machine, le robinet d'introduction de la vapeur venait d'être réouvert pour remettre l'usine en marche. Le corps supérieur de la chau- dière s'est déchiré en plei- ne tôle, au droit d'une cre- vasse qui s'était formée dans la cloison d'un des carreaux, et qui renvoyait directement la flamme du foyer contre cette partie de la chaudière. L'eau et la vapeur se sont précipitées à travers cette ouverture. La chaudière s'est détachée du bouilleur; l'un et l'autre ont été déplacés, mais d'une quantité peu considérable.	Un ouvrier mort des suites de ses bles- sures. Quatre, par- mi lesquels le chauffeur et deux jeunes filles, bles- sés par la vapeur et par les débris de l'explosion. Dégâts matériels peu considérables.	Concours des circonstances suivantes : Détérioration de la maçon- nerie du carneau, qui a eu pour résultat de diri- ger les flammes presque immédiatement du foyer à la cheminée, en frap- pant comme un dard sur le corps supérieur de la chaudière. Feu poussé avec une grande énergie. Tôle aigre et mal soudée.
4 octobre.	Fabrique de sucre à Seclin (Nord). P. M. Dujardin.	Tuyau de conduit de va- peur.	Le tuyau s'est déchiré au moment de l'ouverture du robinet d'admission de va- peur.	Un ouvrier griève- ment blessé.	La cause n'a pas été déter- minée.
20 octobre.	Remorqueur <i>le Rouen</i> , faisant le service en- tre Rouen et le Havre.	Chaudière cylindrique en acier munie de deux bouilleurs. — Le bouilleur qui a fait explosion avait un diamètre de 0 ^m , 75 et une longueur de 0 ^m , 75.	Le bouilleur s'est déchiré au voisinage de la tubulure postérieure de jonction avec le corps cylindrique, à une longueur de 0 ^m , 75 de la tôle dans la partie de	Mort d'un des chau- ffeurs à la suite de ses brûlures.	Défaut de surveillance du mécanicien qui ne s'est pas aperçu que la tôle, dont l'épaisseur avait été réduite de 6 millim. à
20 octobre.	Acierie d'Imphy (Niè- vre).	Chaudière en tôle verticale chauffée entièrement par les flammes perdues de deux fours à reverbère. — Hauteur = 12 mètres; diamètre = 1 mèt.; épais- seur = 11 millim.; timbre = 6 kilog. — Fonctionnait depuis 1864.	La chaudière s'est divisée à peu près complètement en deux tronçons, suivant une ligne de clouure hori- zontale à 1 ^m , 50 environ au- dessus du fond inférieur. La partie supérieure, re- tenue par un tirant en fer qui réunissait les deux fonds, n'a pas été projetée en l'air; elle s'est affais- sée sur la toiture de l'at- telier qu'elle a effondrée.	Douze ouvriers brû- lés ou blessés par les débris de la toi- ture et du four- neau, dont neuf légèrement. Grands dégâts maté- riels.	Imprudence de l'ouvrier chargé de l'alimentation de la chaudière qui a laissé le niveau de l'eau descendre outre mesure, et a alimenté sur des pa- rois sans doute portées au rouge. <i>Observation.</i> (La chaudière n'était point munie du tube indicateur du ni- veau de l'eau.)
28 octobre.	Chapellerie, rue du Temple, n° 31, Paris. P. MM. Boiteau et Dubos.	Petite chaudière calorifère cylindrique, verticale, en cuivre, destinée à fournir la vapeur pour l'appât des chapeaux de feutre. — Longueur = 1 mètre; diamètre = 0 ^m , 45; épais- seur = 1 ^m , 1/4. — Instal- lée depuis une dizaine d'années.	L'explosion a eu lieu quel- que temps avant le mo- ment où l'on allait envoyer la vapeur dans l'écuve. — La tôle s'est déchirée cir- culairement et sur tout le pourtour de l'appareil à 0 ^m , 700 environ du sommet. (La soupape était obstruée. Il n'existait point d'indi- cateur du niveau de l'eau. Il n'y avait pas d'appareil spécial d'alimentation.)	Dégâts matériels peu importants. Com- mencement d'in- cendie par suite de la projection des charbons du foyer.	Imprudence du propriétaire qui se servait d'un appa- reil dont la tôle, n'ayant qu'une épaisseur de 1 ^m , 1/4, n'était pas en état de supporter la pression à laquelle elle a été sou- mise au moment de l'ac- cident.
10 décemb.	Fabrique de tapis à Tourcoing (Nord). P. M. Lorthioir. C. Origine anglaise.	Cylindre sécheur et lisseur en fer blanc, chauffé in- térieurement par la va- peur provenant d'un gé- nérateur timbré à 5 ^m , 5; les feuilles de fer blanc avaient une épaisseur de de 1 millim. Elles étaient soudées entre elles et maintenues à l'aide d'une clouure non rivée. — Lon- gueur = 1 ^m , 085; diamé- tre = 0 ^m , 755.	L'appareil avait fonctionné jusqu'au jour de l'acci- dent à échauffement libre. Ce jour-là le propriétaire ayant voulu supprimer l'é- chappement et fonction- ner sous pression, l'appa- reil a éclaté dès qu'il a été mis en communication avec le générateur. Il s'est ouvert suivant une ligne de clouure longitudinale.	Deux ouvriers de la fabrique griève- ment blessés.	Imprudence du propriétaire qui a fait fonctionner, comme un appareil clos, un appareil destiné à marcher à échauffement libre, et l'a mis en com- munication avec une chaudière où la pression s'élevait très-notablement au-dessus de celle qu'il pouvait supporter.

Bulletin des explosions d'appareils à vapeur arrivées pendant l'année 1868 (Suite).

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement ou l'appareil était placé. P. — Nom du propriétaire de l'appareil. C. — Nom du constructeur de l'appareil.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
19 décemb.	Filature de lin à Lille (Nord). P. MM. Wallaert frères. C. Cyrien et fils, de Manchester.	Appareil réchauffeur de l'eau d'alimentation dit <i>économiseur Green</i> , composé d'un très-grand nombre de tubes en fonte, d'un diamètre d'environ 0 ^m ,10. Les gaz passent autour de ces tubes directement au sortir des fourneaux des chaudières et avant de se rendre à la cheminée. — Cube d'eau contenu = 5 ^m cs,200; surface de chauffe = 200 m. q.; tension de marche = 8 kilog.; épaisseur des tubes = 7 millim.	L'explosion a eu lieu vers six heures du matin, deux minutes avant la reprise du travail dans l'usine. L'appareil qui venait d'être chauffé pendant deux heures sans que l'alimentation fonctionnât, et par suite sans que l'eau y fût renouvelée, était monte trop haut en pression, et le chauffeur venait d'ouvrir les portes du foyer. L'économiseur a été réduit en morceaux presque en entier. La tuyauterie des générateurs proprement dits a été brisée, de sorte que toute la vapeur de l'économiseur et de cinq grandes chaudières a été instantanément lancée dans l'atmosphère.	Trois ouvriers occupés dans un atelier adossé à l'économiseur, tués sous les décombres de cet atelier. Très-grands dégâts matériels.	Il paraît présumable que l'accident est dû au contact subit de parois en fonte à une température relativement élevée avec de l'air froid provenant de l'ouverture des portes du foyer.
21 décemb.	Fabrique de sucre à Montescourt (Aisne). P. M. Poulain.	Chaudière cylindrique en tôle de fer munie de deux bouilleurs — Le bouilleur qui a fait explosion avait 9 ^m ,80 de longueur; 0 ^m ,75 de diamètre; timbre = 5 kilog.; épaisseur = 10 millim. — Installée depuis 1861.	Le bouilleur s'est déchiré longitudinalement près de l'arête inférieure, sur une longueur de 1 ^m ,15 au-dessus de l'antel du foyer. La tôle ne présentait en ce point aucune trace de détérioration; mais sa cassure était grenue et grise, et dans les expériences qui ont été faites, le métal brécédant s'est écroulé en	Le contre-maitre de l'usine mort à la suite de ses brûlures. Le chauffeur gravement blessé.	L'explosion est due à une alteration lente et progressive du métal, résultant soit d'une mauvaise conduite antérieure du feu, soit de défaut de nettoyage du bouilleur à une époque plus ou moins éloignée.

656 BULLETIN DES EXPLOSIONS D'APPAREILS A VAPEUR

RÉSUMÉ.

Nombre total d'explosions	25
Nombre de victimes. { Tués ou morts des suites de leurs blessures.	24
{ Blessés.	33

RÉPARTITION DES ACCIDENTS.

Par nature d'établissements.

Usines métallurgiques (aciérie).	1
Mines.	1
Bateaux remorqueurs.	1
Ateliers mettant en œuvre le coton, la laine et le lin.	6
Sucreries.	2
Papeteries.	2
Fabriques diverses.	10

Par nature d'appareils.

Chaudières cylindriques horizontales avec ou sans bouilleurs.	11
Chaudières cylindriques horizontales à foyer intérieur, non tubulaires.	3
Chaudière cylindrique horizontale à foyer intérieur, tubulaire.	1
Chaudière cylindrique verticale.	1
Divers (Réceptiers de vapeur 4, tuyau de conduite 1, appareil réchauffeur 1, etc.)	7

D'après les causes qui les ont occasionnés.

Défaut de surveillance ou négligence des propriétaires ou agents chargés de l'entretien ou de la conduite de l'appareil.	18
Circonstances fortuites ou concours des circonstances diverses.	2
Causes indéterminées.	3

ARRIVÉES PENDANT L'ANNÉE 1868.

657

NOTE (*)

SUR L'EXPLOSION D'UN APPAREIL RÉCHAUFFEUR DANS UNE FILATURE DE LIN, A LILLE (NORD).

Le 19 décembre 1868, vers six heures du matin, la filature de lin de MM. Wallaert frères, à Lille, a été le théâtre d'un accident considérable.

Un appareil réchauffeur de l'eau d'alimentation, placé à la suite des chaudières, sur le trajet des gaz chauds à la cheminée, a fait explosion. Trois ouvriers ont été tués; l'appareil a volé en éclats, renversant les deux murs entre lesquels il était renfermé, enlevant complètement la toiture de la salle des chaudières, et sur plus de 50 mètres de longueur celle d'un bâtiment à deux étages consacré au peignage. C'est sous les débris de cette dernière toiture et du plancher du premier étage effondré également, qu'on a trouvé les trois victimes, occupées au moment de l'explosion à allumer les gaz de l'atelier. L'explosion a eu lieu quelques instants avant l'entrée des ouvriers; déjà le mécanicien était à son poste, prêtant l'oreille pour mettre en marche au premier coup de cloche qui allait lui donner le signal; on frémit à la pensée que deux minutes plus tard, l'atelier aurait été occupé et que soixante personnes peut-être auraient été ensevelies sous les décombres.

Informé de la catastrophe, M. l'ingénieur ordinaire Matrot s'est aussitôt rendu sur les lieux; il a donc pu, ce même jour et les deux jours suivants, assister aux travaux de déblayement et recueillir toutes les indications matérielles et

(*) (Cette note a été rédigée par ordre de la commission centrale des machines à vapeur, pour être insérée dans les *Annales des Mines et des Ponts et chaussées*.)

tous les témoignages propres à éclairer sur les causes de ce déplorable accident.

Il en a fait l'objet d'un rapport très-circostancié, dont il a adressé une expédition à M. le préfet du Nord, l'autre à M. le procureur impérial à Lille, conformément à l'article 30 du règlement du 25 janvier 1865.

M. le préfet a transmis ce rapport, avec un avis de M. l'ingénieur en chef Declerk, à S. Exc. M. le ministre des travaux publics, qui en a saisi la commission centrale des machines à vapeur.

Celle-ci a considéré que les circonstances principales de l'accident, l'appareil spécial sur lequel il s'est produit, les conclusions de MM. les ingénieurs, celles auxquelles la discussion l'a elle-même conduite, méritaient d'être portées à la connaissance des ingénieurs chargés de la surveillance des appareils à vapeur et des lecteurs des *Annales*.

Elle a chargé son rapporteur de rédiger à cet effet la présente note.

Ainsi qu'il vient d'être dit, l'appareil qui a fait explosion n'est pas le générateur de vapeur, mais bien un appareil réchauffeur spécial, assez employé, paraît-il, dans certains districts manufacturiers de l'Angleterre, d'où il s'est répandu dans le Nord, notamment à Lille.

Il est connu sous le nom d'*économiseur Green*, du nom des constructeurs, MM. Green et fils, de Manchester et de Wakefield. Il existe trois appareils *économiseurs* chez MM. Wallaert frères, dont deux sont établis depuis dix ans, et le troisième, celui-là même qui a occasionné l'accident, l'était depuis trois ans environ.

Ce dernier appareil se composait de trente deux jeux de six tubes verticaux en fonte de 0^m,10 de diamètre, 2^m,76 de longueur et 7 à 8 millimètres d'épaisseur.

Chaque jeu aboutit, par le bas et par le haut, à deux tuyaux, le premier circulaire de 0^m,15 de diamètre, l'autre à section rectangulaire de 0^m,14, sur 0^m,10.

Ces tuyaux sont eux-mêmes implantés sur deux tubes longitudinaux dont l'inférieur reçoit l'eau d'alimentation froide et le supérieur l'envoie chaude aux chaudières.

Le tout constitue un faisceau tubulaire, une sorte de jeu d'orgues, placé dans une chambre d'environ 1^m,25 de largeur, 3 mètres de hauteur et 7^m,50 de longueur. Le bas de cette chambre est de niveau avec le sol du carneau qui y amène les gaz et qui n'a que 1^m,20 de hauteur; la partie supérieure de cette chambre forme donc une sorte de réservoir dans lequel il peut s'accumuler une certaine quantité de gaz ne participant qu'imparfaitement au mouvement d'entraînement lorsque le tirage est réduit par la manœuvre des registres.

La capacité totale de l'économiseur est d'environ 5 mètres cubes et la surface de chauffe de 200 mètres carrés.

On remarque sur les tuyaux ou caisses rectangulaires supérieures dans lesquelles s'emboîtent les tuyaux verticaux, une série de fermetures autoclaves placées à l'aplomb de ces derniers et permettant leur nettoyage; il est à regretter qu'on n'ait pas une disposition semblable pour nettoyer également les tuyaux horizontaux; c'est une très-réelle déféctuosité de l'appareil, qu'il semblerait d'ailleurs facile de corriger.

Enfin, on doit ajouter que par une manœuvre très-simple de registre, on peut à volonté mettre les gaz en communication avec la chambre de l'économiseur, ou bien les envoyer directement à la cheminée, ou bien enfin les répartir dans une proportion quelconque entre les deux trajets qui leur sont offerts.

Dans la règle, chaque soir à la fin de la journée, en même temps qu'on fermait entièrement les registres particuliers des diverses chaudières, on fermait à moitié celui de la chambre de l'économiseur, et on ne le rouvrait en grand que le matin, au moment où l'on mettait la machine en marche et où par conséquent les pompes alimentaires fonc-

tionnaient. De cette manière, pendant l'heure ou les deux heures qui précédaient la reprise du travail le matin, et qu'on employait à pousser de nouveau les feux pour monter en vapeur, l'économiseur n'était point chauffé directement, tant que son eau n'était pas renouvelée par le jeu des pompes alimentaires. Cette marche avait été régulièrement suivie dans la nuit de l'accident. C'est à quatre heures du matin qu'on avait commencé à ranimer les feux, la pression étant alors de 4 atmosphères. A 5 heures 53', le manomètre marquait 5^{atm} $\frac{2}{3}$; C'est à 5 heures 55' que les ouvriers devaient commencer à entrer dans les ateliers, pour être au travail à six heures. — C'est à ce moment que l'explosion se fit entendre. Sur les 192 tuyaux verticaux, à peine une trentaine restèrent-ils en place; les autres furent brisés, en quelque sorte pulvérisés, en produisant les effets destructeurs qui ont été indiqués ci-dessus.

A quoi attribuer cette explosion si soudaine et si générale? Déjà à plusieurs reprises, on avait eu des ruptures accidentelles de quelque tube; mais elles avaient été sans gravité, et l'on pouvait penser que l'appareil, considéré dans son ensemble, formé en quelque sorte d'un grand nombre d'éléments distincts, pouvait être plus ou moins assimilé à ces appareils tubulaires, en faveur desquels on réclame le privilège d'être *inexplosibles*.

On ne peut jamais entendre par là une inexplosibilité absolue, mais seulement cette propriété de localiser en général l'explosion sur un point déterminé de l'appareil, et de lui ôter par conséquent beaucoup de sa gravité.

Mais l'exemple dont nous nous occupons montre que cette localisation peut bien ne pas toujours se faire, et qu'on a alors à redouter l'explosion simultanée de la totalité ou de la majeure partie au moins des éléments distincts qui composent l'appareil.

D'où vient, dans l'espèce, cette explosion presque générale?

Depuis vingt ans l'économiseur de Green fonctionne dans un très-grand nombre d'établissements de France, d'Allemagne et surtout d'Angleterre, et il n'y a point eu d'exemple d'accident de cette gravité.

Aussi, à la nouvelle de l'accident survenu chez MM. Wallaert, M. Green fils s'est-il empressé de se rendre à Lille pour en étudier les causes. Il s'est tout d'abord demandé si cet accident ne pouvait pas s'expliquer, comme il en avait vu un exemple en Angleterre, par une explosion de gaz indépendante de l'appareil.

Il suppose que pendant la nuit, les feux étant couverts, les foyers dégagent beaucoup d'oxyde de carbone. Une certaine quantité de gaz a pu s'accumuler dans la partie supérieure de la chambre de l'économiseur, laquelle, en raison de la disposition ci-dessus décrite, était particulièrement apte à la retenir. Cet oxyde de carbone se sera mélangé avec une certaine quantité d'air introduit soit par les portes des foyers ou les grilles, soit par les interstices qu'offrent les cadres des registres, soit enfin par quelques fissures des maçonneries; un mélange détonant a pu se former ainsi à une température trop basse pour que la combustion pût immédiatement s'opérer. Le matin, quand on a ranimé les feux, la température ne s'est élevée que lentement dans l'économiseur, parce que le registre étant à demi ouvert la totalité des gaz chauds devait se rendre directement à la cheminée par la voie la plus courte.

Cependant la température a dû finir par atteindre un degré suffisant pour que la détonation se produisit, et cette détonation, d'après M. Green, aurait suffi pour amener tous les effets observés.

M. Matrot repousse complètement, dans l'espèce, la théorie de M. Green; il pense, et avec raison, selon moi, que le gaz oxyde de carbone, en supposant qu'il se fût accumulé, comme l'admet M. Green, devait être depuis longtemps balayé, puisqu'il y avait près de deux heures que l'on avait

recommencé à chauffer. A quoi l'on pourrait ajouter avec vraisemblance, qu'une explosion locale, avec les débouchés faciles qu'offraient les carneaux, vers la cheminée d'un côté, vers les foyers de l'autre, aurait eu difficilement des effets aussi désastreux. Il en arrive assez souvent dans les appareils où l'on emploie les gaz des gueulards des hauts fourneaux au chauffage de l'air ou des chaudières des souffleries, et généralement il n'en résulte rien de pareil à ce qui a eu lieu chez MM. Wallaert.

M. Matrot suppose plutôt que les tuyaux verticaux de l'appareil, exposés depuis longtemps à un feu assez vif sans être rafraîchis par une alimentation nouvelle, devaient être partiellement remplis de vapeur, particulièrement les rangées exposées les premières à l'action des gaz chauds. C'est en effet de ce côté que l'explosion s'est fait le plus vivement sentir, et les quelques tuyaux restés intacts sont à l'extrémité opposée de l'appareil. Un des tubes des premières rangées aura cédé; ses éclats projetés violemment sur les tubes voisins les auront brisés à leur tour, et de proche en proche, presque instantanément, la rupture se sera étendue à la presque totalité de l'appareil, sauf sur les parties les plus éloignées, les moins chaudes et en même temps les moins exposées au choc.

Sans donner cette explication comme rigoureusement démontrée, M. Matrot fait remarquer que le raisonnement, d'accord avec l'expérience, montre que l'appareil, installé et manœuvré comme il l'était chez MM. Wallaert, était dangereux, le danger résultant surtout du chauffage intense auquel l'appareil était exposé, quand l'alimentation était suspendue et que par conséquent l'eau n'y était pas renouvelée.

J'ajoute ici que le surchauffage du métal pouvait être grandement facilité si les tubes étaient incrustés. Or nous avons dit que le nettoyage complet en était assez difficile, et l'on sait que, quand on alimente avec des eaux calcaires

ou séléniteuses, et qu'on emploie des réchauffeurs spéciaux, c'est au point de ces réchauffeurs où l'eau atteint la température de la chaudière, 140 à 150 degrés, que les incrustations s'accroissent avec le plus d'abondance.

M. Matrot pense qu'il eût été bon de tenir le registre entièrement fermé, et non à demi fermé, pour ne l'ouvrir en grand qu'au moment où l'on aurait mis la machine en marche. Il a constaté que cette pratique est suivie dans plusieurs établissements du pays.

M. l'ingénieur en chef Declerk s'est préoccupé, dans l'examen auquel il s'est livré sur le rapport de M. l'ingénieur ordinaire, de la nature du métal employé dans la construction de l'appareil.

Il suppose que le chauffeur en manœuvrant les portes des foyers, soit pour le chargement des grilles, soit pour modérer les feux, aura pu lancer subitement dans la chambre de l'économiseur une masse d'air froid, qui sera venue frapper les tubes portés à une température élevée; la fonte, quelle que soit sa qualité, ne se prête pas à ces brusques changements de température; ils ont souvent pour conséquence de la faire casser. L'un des tubes aura cédé, l'eau de l'appareil se sera trouvée libre; projetée brusquement sur les autres tubes très-chauds extérieurement, son effet aura pu s'ajouter à celui du courant d'air froid pour amener des contractions subites qui ont également occasionné leur rupture.

M. Declerk reconnaît qu'en pratique on ne peut empêcher ces manœuvres des chauffeurs; sa conclusion est donc qu'il faudrait proscrire pour l'économiseur, comme on le fait presque universellement pour les générateurs, l'emploi d'un métal aigre, cassant et supportant mal les variations brusques de température; qu'à son avis le danger disparaîtrait si les tuyaux de l'appareil, au lieu d'être en fonte, étaient, comme dans les chaudières tubulaires, en fer ou en cuivre.

Tels sont les faits, et telles sont les observations sur lesquelles la commission centrale des machines à vapeur a été appelée à délibérer.

Sans méconnaître la valeur de l'observation ci-dessus rappelée de M. l'ingénieur en chef, elle a pensé qu'il n'y avait point lieu pour l'administration d'intervenir pour proscrire l'emploi de la fonte dans les appareils dont il s'agit. Ces appareils sont nombreux, fonctionnent depuis longtemps; ils n'ont point, sauf le cas unique qui nous occupe, causé d'accidents graves; on ne peut, à chaque circonstance particulière qui se présente, répondre par une réglementation générale. L'administration entend laisser plus de latitude à l'industrie, et l'on doit même remarquer que dans le règlement du 25 janvier 1865 elle s'est abstenue soigneusement de rien fixer, quant à la nature et à l'épaisseur du métal dont les chaudières doivent être formées, laissant à cet égard toute latitude aux industriels. A plus forte raison cette même latitude doit-elle être appliquée à des appareils tubulaires tels que l'économiseur, qui, en dépit de l'accident du 19 décembre, doivent être regardés comme moins dangereux que des générateurs ordinaires.

Elle a donc unanimement émis l'avis, qu'à l'occasion de cet accident il n'y avait pour l'administration, du moins quant à présent, aucune addition à faire aux règlements en vigueur, et qu'il appartenait exclusivement à la justice de rechercher si, dans les circonstances particulières de l'affaire, il y avait quelque responsabilité engagée, soit au point de vue civil, soit au point de vue correctionnel.

Mais elle a été aussi unanime à penser qu'il résultait de ce malheureux événement certaines indications dont la pratique peut faire son profit et qu'il importait dès lors de faire connaître.

Elles lui paraissent pouvoir être formulées de la manière suivante :

En premier lieu et d'une manière générale, les appareils tubulaires de l'espèce ne peuvent être avec certitude regardés comme absolument *inexplosibles* dans le sens littéral de ce mot. Il peut arriver tel concours de circonstances, où la rupture simultanée d'un grand nombre des éléments dont ces appareils se composent, produira des effets analogues à ceux de l'explosion d'une chaudière ordinaire.

Les moyens de prévenir un semblable accident paraissent être :

1° D'employer des métaux ductiles, tels que la tôle de fer, d'acier ou de cuivre, de préférence à la fonte de fer;

2° De disposer l'appareil de manière que le nettoyage de toutes ses parties intérieures soit facile, ce qui est la condition pour que ce nettoyage ait lieu en effet dans la pratique;

3° De ne point exposer pendant longtemps et d'une manière suivie l'appareil à toute l'action de la chaleur, pendant qu'il peut, faute d'alimentation, ne pas être rafraîchi à l'intérieur, ou même se remplir partiellement de vapeur;

4° Enfin pour entrer dans l'ordre d'idées exposé par M. Green, avoir soin de disposer l'appareil de manière qu'il ne puisse point se former autour de lui de chambre susceptible de se remplir accidentellement d'un mélange de gaz dangereux, ce à quoi l'on parviendra toujours facilement en pratiquant à la partie supérieure de cette chambre un petit évent communiquant soit à la cheminée, soit tout simplement à l'air libre.

On ne peut pas affirmer avec certitude que moyennant l'application plus ou moins complète de ces dispositions on prévendra absolument tout accident (cette certitude n'est pas dans la nature des choses); mais on peut dire du moins qu'on aura paré ainsi aux différentes causes qui ont été signalées comme ayant pu contribuer, pour une part plus ou moins importante, au déplorable accident du 19 décembre.

BULLETIN.

Statistique minérale de l'Angleterre.

ÉTAIN.

La production du Royaume-Uni, en 1867, a été de :

Minerai d'étain.	13.649 tonnes valant.	17.514.244 fr.
Étain.	8.700	20.147.908 —
Plus-value provenant du traitement métallurgique.		2.633.664 —
Soit par tonne de minerai.		492 —
Soit par tonne d'étain.		300 —

Le rendement moyen des minerais a été de 65,6 p. 100.

Des renseignements fournis par la *Stannary court* donnent la production détaillée des mines du Cornouailles et du Devonshire, j'en extrais les chiffres les plus intéressants :

DISTRICTS.	NOMBRE de mines.	NOMS DES MINES.	MINÉRAI.	VALEUR.
CORNOUAILLES			tonnes.	francs.
	1	Providence	389,7	507.432
	1	Balleswidden	284,7	384.258
Ouest	1	Saint-Ives Consols	256,3	340.180
	1	Botallac	202,4	268.039
	20	Autres mines	1.281,0	1.675.925
	24	TOTAUX	2.417,1	3.175.834
Centre-Ouest	1	Dolcoath	847,9	1.163.942
	1	Great Huel Vor United	658,4	929.437
	1	Pendarves United	456,7	631.423
	1	Great Work	302,3	445.172
	1	Carn Brea	316,9	421.710
	1	Huel Basset	292,6	401.268
	1	Trumpet Consols	284,9	379.406
	1	Cook's Kitchen	235,5	322.640
	1	East Pool	321,4	368.528
	1	Huel Uny	220,3	283.437
	54	Autres mines	3.489,4	3.619.271
	64	TOTAUX	7.426,3	9.166.264
Centre-Est et Est	1	Phoenix	357,9	371.506
	1	Charlestown United	247,1	318.294
	9	Autres mines	399,9	531.216
	11	TOTAUX	1.004,9	1.221.016
Divers	15	Autres mines	140,0	182.286
DEVONSHIRE	3		78,4	104.305

Malgré sa forte production l'Angleterre importe encore une quantité considérable d'étain, provenant presque en totalité des îles de la Sonde. C'est ainsi qu'en 1867, l'importation s'est élevée à 5.425 tonnes, dont 4.422 provenant des colonies hollandaises (étain de Banca, étain des Détroits).

Le tableau suivant indique les variations du prix des 1.000 kilogrammes sur le marché de Londres, durant l'année considérée :

PRIX.	ÉTAIN	ÉTAIN	ÉTAIN
	anglais.	de Banca.	des Détroits.
	francs.	francs.	francs.
Moyen	2.278,0	2.275,5	2.169,5
Maximum	2.420,2	2.343,8	2.250,3
Minimum	2.193,3	2.134,0	2.044,3

Exportation.

DESTINATION.	ÉTAIN anglais.	ÉTAIN importé.	FER BLANC.	
			quantité.	Valeur déclarée
	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Francs.
France	1.386	823	3.001	1.869.270
Etats-Unis	931	210	53.011	35.043.514
Amerique anglaise (du Nord)	43	"	2.348	1.629.423
Australie	50	"	1.334	939.149
Russie — ports du Nord	360	20		
Id. Sud	43	3		
Hollande	275	1		
Prusse	214	7		
Turquie	206	"		
Espagne et Canaries	97	32		
Rhône	80	"	19.291	12.533.429
Bresil	67	"		
Portugal, Açores et Madère	51	"		
Italie; Gènes	47	33		
Naples et la Sicile	41	1		
Autres centres	298	109		
Total	4.194	1.329	78.985	52.014.785

CUIVRE.

Production dans le Royaume-Uni.

COMTÉS.	NOMBRE de mines.	MINÉRAI.		QUANTITÉS de cuivre à l'essai (*).
		quantité.	valeur.	
ANGLETERRE ET PAYS DE GALLES.				
		Tonnes	francs.	Tonnes.
Cornouailles	112	88.650	10.433.808	5.995,40
Devonshire	24	31.311	3.649.742	2.054,9
Cumberland	2	77	9.742	6,1
Lancashire	1	1.686	264.359	147,5
Cheshire	1	15.152	415.965	301,1
Shropshire	1	98	19.314	9,5
Staffordshire	1	12	1.815	1,5
Carnarvon	10	978	123.490	69,5
Cardigan	3	155	26.482	16,6
Anglesea	2	7.273	521.992	366,5
Ile de Man	1	400	35.291	33,5
Divers		250	1.066.888	21,0
IRLANDE.				
Cork	2	5.998	1.066.888	592,2
Waterford	1	5.334	970.043	532,5
Wicklow	3	1.039	37.304	48,0
Divers		91	28.996	16,2
Totaux	164	158.544	17.639.283	10.233,5

(* Je n'ai pas besoin de rappeler que la teneur à l'essai des minerais de cuivre est notablement inférieure à la teneur réelle.

Le cuivre produit a une valeur de 20.698.712 francs. La plus-value provenant du traitement métallurgique est ainsi de 3.329.429 francs, soit 21 francs par tonne de minerai, ou 525 francs par tonne de cuivre à l'essai.

J'ajouterai quelques détails relatifs aux deux comtés les plus importants (Cornouailles et Devonshire) et extraits des renseignements fournis par la *Stannary court*.

DISTRICTS.	NOMBRE de mines.	NOMS DES MINES.	MINERAL.	VALEUR.	TENEUR à l'essai.
CORNOUAILLES. Ouest.	4	Mines diverses.	tonnes. 1.433,9	francs. 203.085	5 $\frac{1}{8}$ à 11 $\frac{1}{2}$
		1 Cliford Amalgamated.	12.626,3	1.419.332	6 $\frac{1}{2}$
Centre-Ouest	1	West Seton.	6.399,5	864.935	7 $\frac{1}{2}$
	1	Prosper United.	5.264,7	375.922	4 $\frac{1}{2}$ à 7 $\frac{1}{2}$
	1	Huel Seton	5.035,2	501.966	5 $\frac{1}{2}$
	52	Autres mines.	26.752,1	3.100.897	5 $\frac{1}{4}$ à 16 $\frac{1}{2}$
	56	TOTAUX.	56.077,8	6.263.052	
Centre-Est et Est.	1	South Caradon.	6.035,8	1.276.794	11 $\frac{1}{2}$
	1	Marke Valley.	5.362,6	517.665	5 $\frac{1}{2}$ à 7 $\frac{1}{2}$
	1	East Caradon.	3.284,1	327.090	5 $\frac{1}{2}$ à 9 $\frac{1}{2}$
	18	Autres mines.	9.415,2	1.022.306	5 $\frac{1}{2}$ à 9 $\frac{1}{2}$
	21	TOTAUX.	24.097,7	3.133.855	
DEVONSHIRE.	1	Devon great Consols.	20.118,0	2.391.625	16 $\frac{1}{2}$
	26	Autres mines.	10.324,5	1.128.336	3 $\frac{1}{2}$ à 15 $\frac{1}{2}$
	17	TOTAUX.	30.442,5	3.519.961	

Le tableau suivant donne les variations du prix des 1.000 kilogrammes des trois qualités de cuivre, sur le marché de Londres, en 1867 :

PRIX.	BEST SELECTED.	TOUGH CAKE.	TILE.
	francs.	francs.	francs.
Moyen.	2.044,40	1.978,55	1.978,55
Maximum.	2.208,29	2.133,86	2.133,86
Minimum.	1.860,93	1.847,64	1.847,64

Un mouvement de baisse à très-peu près continu, qui s'est produit depuis le mois de janvier jusqu'au mois de décembre, doit

être attribué à une importation toujours croissante (*), dont voici le détail :

PROVENANCE.	MINE-RAIS.	MATTES.	CUIVRE.		
			brut.	en barres.	plaques et feuilles.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Chili.	11.979	25.912	3.135	14	17.367
Cuba.	7.005	252	"	"	"
Norvège.	6.007	"	"	16	117
Colonnes anglaises du sud de l'Afrique.	5.666	273	39	7	"
Victoria.	5.447	"	760	3	"
Amérique (du Nord) anglaise.	5.182	"	"	6	"
Sud de l'Australie.	4.063	"	2.911	4	7
Divers.	28.608	2.388	2.776	300	2.552
TOTAUX.	73.957	28.825	9.621	350	20.042

D'après les *Mineral statistics*, on peut estimer la teneur moyenne des minerais à 16,25 p. 100 et celle des mattes à 31,25 p. 100.

Aux chiffres précédents, on doit encore ajouter 500 tonnes de cuivre provenant de pyrites importées, lesquelles ne sont pas considérées comme minerais de cuivre proprement dits.

D'après ce qui précède, on voit que les marchés anglais ont été approvisionnés par des cuivres de trois origines différentes, et dans les proportions suivantes en 1867 :

1° Cuivre fabriqué avec des minerais indigènes.	10.233 tonnes.
2° Cuivre fabriqué avec des minerais importés.	20.067 —
3° Cuivre importé.	30.013 —
Total.	60.313 —

(*) Voir, à ce sujet, le Bulletin de la 3^e livraison des *Annales des mines* de 1868, p. 503.

Exportation.

DESTINATIONS.	MÉTAL	FEUILLES, clous, lation.	FILS	MÉTAL OUVRÉ. de toutes sortes	TOTAUX.
	brut.				
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Russie, ports du Nord.	431	890	1	4	1.346
Russie, ports du Sud.	"	192	2	"	195
Suède.	"	181	"	"	181
Norwège.	5	509	"	13	427
Danemark.	66	101	2	6	175
Prusse.	157	158	3	9	327
Hambourg.	538	545	1	11	1.095
Brème.	"	506	1	2	509
Hollande.	1.470	791	2	17	2.283
Belgique.	528	366	3	13	810
Iles de la Manche.	"	144	"	"	144
France.	2.095	1.672	1	214	3.982
Portugal, Açores, Madère.	13	241	"	3	247
Espagne et Canaries.	1	90	2	12	105
Italie : Gènes.	74	749	2	10	875
Italie : Naples et Sicile.	8	200	1	8	217
Illyrie, Croatie, Dalmatie.	"	166	"	2	168
Malte.	3	91	"	4	99
Grèce.	"	71	"	"	71
Turquie.	7	571	"	22	600
Syrie et Palestine.	"	190	"	8	198
Egypte.	10	369	"	7	386
Maurice.	2	115	"	"	117
Indes anglaises continentales.	4.184	14.102	9	26	18.321
Etablissements des detroits.	"	557	"	1	558
Java.	"	251	"	"	251
Iles Philippines.	"	114	2	"	116
Chine et Hong Kong.	2	1.027	"	4	1.033
Australie.	"	467	2	12	485
Amerique anglaise du Nord.	22	328	1	7	358
Indes occidentales : possessions anglaises.	"	137	"	25	164
Indes occidentales : possessions étrangères.	"	253	"	6	259
Etats-Unis : ports de l'Atlantique.	8	87	"	3	98
Etats-Unis : ports du Pacifique.	"	95	"	"	95
Perou.	"	132	"	6	138
Chili.	"	173	"	2	175
Bésil.	"	624	"	1	627
Divers.	6	342	3	30	381
Exportation du cuivre de fabrica- tion anglaise.	9.630	27.542	37	487	37.696
Exportation du cuivre importé.	468	3.310	"	10.855	14.633
Totaux généraux.	10.098	30.852	37	11.342	52.309

PLOMB ET ARGENT.

Production (*).

NOMBRE de mines.	COMTÉS.	MINÉRAL.	PLOMB.	ARGENT.
	ANGLETERRE.	tonnes.	tonnes.	kilog.
	Cornouailles :			
1	Chiverton West.	4.082,3	3.061,6	4.062,617
1	Trelauney Huel.	1.272,3	954,0	1.602,251
1	Mary Ann Huel.	1.048,7	786,0	1.747,801
15	Autres mines.	2.211,7	1.679,0	2.363,498
18	TOTAUX.	8.615,0	6.480,6	9.776,167
3	Devonshire.	803,2	526,6	426,076
3	Somersetshire.	884,0	531,0	52,873
40	Derbyshire.	4.916,8	3.873,0	31,102
2	Staffordshire.	83,1	62,3	"
1	Lancashire.	690,0	489,5	64,070
1	Shropshire :			
7	Snailbeach.	2.441,3	2.010,3	"
7	Autres mines.	2.064,7	1.497,4	"
8	TOTAUX.	4.506,0	3.507,7	"
1	Yorkshire :			
45	East Swaledale.	1.171,0	749,5	"
46	Autres mines.	6.368,2	4.493,4	"
46	TOTAUX.	7.539,2	5.242,9	93,309
1	Cumberland :			
5	Long Cleugh.	1.271,7	953,7	207,637
47	Carrs et Hanging Shaw.	756,3	567,4	123,175
49	Autres mines.	3.654,7	2.692,4	653,734
49	TOTAUX.	5.682,7	4.213,5	961,546
1	Westmoreland :			
4	Greenside.	2.200,0	1.430,0	746,448
5	Autres mines.	218,4	163,5	23,518
5	TOTAUX.	2.418,4	1.593,5	781,966
1	Durham et Northumberland :			
1	Allendale et Weardale.	11.310,0	7.771,0	1.314,992
1	Stoncroft et Greyside.	2.312,0	1.731,0	161,792
1	Wire Gill.	1.987,9	1.490,3	139,025
1	Coldberry.	1.683,5	1.262,6	117,752
1	Derwent Mines.	1.585,7	1.196,8	352,440
20	Autres mines.	3.695,0	2.661,6	329,940
25	TOTAUX.	22.574,1	16.119,3	2.415,941

(*) Les deux dernières colonnes sont calculées d'après la teneur des minerais à l'essai. — L'essai est fait plus spécialement en vue du plomb; d'un autre côté, on sait que la totalité de l'argent contenu n'est pas extrait par les procédés métallurgiques. La dernière colonne n'indique donc exactement ni l'argent réellement contenu, ni l'argent réellement produit.

NOMBRE de mines.	COMTÉS.	MINÉRAI.	PLOMB.	ARGENT.
PAYS DE GALLES.				
<i>Cardiganshire :</i>				
		tonnes.	tonnes.	kilog.
1	Frongoch.	1.586,0	1.205,5	»
1	Darren, East.	915,0	695,5	482,081
1	Cwm-Ystwyth.	833,0	639,0	»
1	Logylas, East.	785,0	589,0	»
1	Cwm-Erlin.	147,0	535,0	526,246
31	Autres mines.	2.972,9	2.202,4	951,613
39	TOTAUX.	7.838,9	5.866,4	1.962,910
<i>Caermathenshire :</i>				
1	Nant-y-Mwyn.	809,0	608,0	110,567
1	Bryn Towy et Nant.	12,9	9,0	1,244
2	TOTAUX.	821,9	617,0	111,811
1	<i>Pembrokeshire</i>	28,0	211,0	67,646
1	<i>Brecknockshire</i>	0,0	4,0	»
1	<i>Merionethshire</i>	25,0	9,0	»
<i>Montgomeryshire :</i>				
1	Dyliffle.	2.161,0	1.653,0	259,702
13	Autres mines.	1.427,0	1.074,5	191,899
14	TOTAUX.	3.588,0	2.727,5	451,601
<i>Denbighshire :</i>				
1	Minera.	5.593,0	4.082,0	654,261
1	Maes-y-Safn.	2.410,0	1.855,0	242,596
12	Autres mines.	981,5	752,5	132,059
14	TOTAUX.	8.984,5	6.689,5	1.028,916
<i>Flintshire :</i>				
2	Talargoch.	2.107,5	1.626,0	576,009
23	Autres mines.	2.094,0	1.581,0	347,720
25	TOTAUX.	4.201,5	3.207,0	923,729
11	<i>Caernarvonshire</i>	303,3	219,7	25,627
<i>Ile de Man :</i>				
1	Laxey.	2.100,0	1.556,0	3.827,567
1	Foxdale.	1.579,0	1.186,0	2.198,133
1	North Laxey.	140,0	94,0	3.115
3	TOTAUX.	3.799,0	2.834,0	6.060,845
IRLANDE.				
1	Luganure.	1.654,0	1.165,8	362,333
3	Autres mines.	188,6	142,2	15,245
4	TOTAUX.	1.842,6	1.308,0	377,578
ÉCOSSE.				
1	Vanlockhead.	1.150,2	830,3	154,732
1	Lead Hills.	1.109,9	772,0	95,918
4	Autres mines.	691,0	505,7	104,783
6	TOTAUX.	2.951,1	2.108,0	355,433
340	Total pour le Royaume-Uni.	98.432,1	68.440,7	25.049,363
	Valeur en francs.	28.951.650	33.437.725	5.385.000

Sous les réserves faites en note de ce tableau, la plus-value provenant du traitement métallurgique a été de 9.871.075 francs, soit 105^f,20 par tonne de minerai ou 144 francs par tonne de plomb.

D'après les chiffres précédents, on voit que la teneur moyenne des minerais de plomb, en Angleterre, a été de 732 kilogrammes de plomb et de 267 grammes d'argent par tonne. Le prix moyen de la tonne de minerai a été de 322^f,84.

Le tableau suivant donne le prix des 1.000 kilogrammes de plomb sur le marché de Londres, en 1867.

PRIX.	SAUMONS.	FEUILLES.	SAUMONS W. B.
Moyen.	484,01	509,96	547,06
Maximum.	496,36	521,11	563,62
Minimum.	472,90	499,12	532,48

Importation.

PROVENANCE.	PLOMB en saumons et feuilles.	MINÉRAI.	MINIUM.	CÉRUSE.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Espagne (ports de l'Atlantique)	9.883	125	»	»
Espagne (ports de la Méditerranée)	25.768	325	»	»
Gibraltar.	1.046	»	»	»
Grèce.	6.545	»	»	»
Italie : Gènes.	»	106	»	»
Italie : île de Sardaigne.	»	5.883	»	»
Italie : Sicile.	»	40	»	»
Hollande.	712	»	69	454
Belgique.	618	1	»	135
Australie occidentale.	1	890	»	»
Australie méridionale.	52	346	»	»
Chili.	190	50	»	»
Divers.	313	290	16	448
TOTAUX.	45.158	9.146	85	1.137

Exportation.

DESTINATION.	PLOMB.		MINIUM.	CÉRUSE.
	on saumons	laminé.		
	tonnes.	tonnes.		
Russie.	2.405	1.409	223	130
France.	2.224	25	111	»
Etats-Unis.	6.731	216	206	2.326
Chine et Hongkong.	4.419	145	16	12
Australie.	961	686	71	597
Bésil.	869	261	82	335
Indes anglaises.	560	689	1.504	296
Singapore.	354	21	8	3
Hambourg.	207	165	176	14
Amérique anglaise du nord.	232	273	102	546
Divers.	764	1.068	1.464	717
Exportation du plomb de fabrication anglaise.	19.726	4.958	3.963	5.026
Exportation de plomb importé.	440		176	52

ZINC.

Production du minerai.

COMTÉS.	QUANTITÉ.	VALEUR.
	tonnes.	francs.
Ile de Man.	5.361	437.923
Dévonshire.	2.375	240.100
Flintshire.	2.301	131.092
Cornouailles.	1.730	106.410
Divers.	1.722	117.975
Totaux.	13.489	1.033.500

Ces minerais correspondent à environ 3.750 tonnes de zinc, ayant une valeur de 1.992.525 francs. La plus-value provenant du traitement métallurgique est ainsi de 958.825 francs, soit 71 francs par tonne de minerai ou 255 francs par tonne de zinc.

Le prix des 1.000 kilogrammes de zinc sur le marché de Londres a subi, en 1867, les variations suivantes :

PRIX.	LINGOTS.	FEUILLES.
Moyen.	527,95	669,97
Maximum.	551,52	694,78
Minimum.	501,70	620,30

Importation.

PROVENANCE.	ZINC.	MINÉRAI.	OXYDE de zinc.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Suède (ports hors de la Baltique).	»	9	»
Norwège.	20	159	»
Prusse.	5.640	»	67
Hambourg.	11.879	2	180
Brême.	13	»	»
Hollande.	5.297	19	255
Belgique.	9.457	17	849
France (ports de l'Océan).	1.259	2.784	356
Portugal.	»	10	»
Espagne (ports de l'Océan).	»	1.428	»
Espagne (ports de la Méditerranée).	»	2.334	»
Italie (île de Sardaigne).	»	5.432	»
Illyrie, Croatie et Dalmatie.	10	»	»
Victoria.	152	»	»
Nouvelle Galles du sud.	»	»	6
Nouvelle Zélande.	7	»	»
Etats-Unis (ports de l'Atlantique).	73	»	335
Etats-Unis (ports du Pacifique).	2	»	»
Divers.	9	»	»
Totaux.	33.818	12.194	2.048

Exportation.

NATURE.	PROVENANCE	
	anglaise.	étrangère.
	tonnes.	tonnes.
Zinc métallique.	7.337	6.782
Minerai.	53	45
Oxyde de zinc.	»	37

Répartition de l'exportation.

DESTINATION.	PROVENANCE.	
	anglaise.	étrangère.
	tonnes.	tonnes.
Indes anglaises.	5.478	5.361
France.	390	517
Russie.	110	15
Turquie.	104	108
Australie.	307	40
Suède.	104	15
Bésil.	128	1

PYRITES DE FER.

Production.

COMTÉS.	QUANTITÉ.	VALEUR.
	tonnes.	francs.
Cornouailles.	3.387	223.032
Devonshire.	778	13.033
Durham et Northumberland.	2.500	47.269
Yorkshire.	3.500	42.857
Lancashire.	2.750	31.510
Pays de Galles.	1.830	24.630
Irlande.	97.143	1.318.105
Totaux.	116.888	1.700.436

La production des comtés de Durham et Northumberland, du Yorkshire et du Lancashire provient en grande partie de lits de pyrite intercalés dans les couches de houille (*coal Brasses*).

L'importation des pyrites étrangères s'est élevée à 108.430 tonnes, chiffre à peu près égal, comme on voit, à celui de la production. Ces pyrites, qui proviennent presque en totalité de l'Espagne (mines de Pomaron et Huerva), sont employées comme minerais de soufre et donnent des résidus quelquefois traités pour cuivre (voir ci-dessus, p. 5).

MINERAIS DIVERS.

NATURE.	QUANTITÉ.	VALEUR.
	tonnes.	francs.
Mineral d'or.	3.211,00	133.000
Mineral d'arsenic.	2.255,00	103.662
Ocres et oxydes de fer.	5.482,00	146.369
Mineral de nickel.	1,85	367
Wolfram.	10,50	1.563
Mineral de manganèse.	807,90	81.478
Total.		466.439

FER.

Production du minerai.

COMTÉS.	NATURE.	QUANTITÉ.	VALEUR	
			totale.	par tonne.
ANGLETERRE.		tonnes.	francs.	francs.
Cornouailles.	Hématite brune.	6.426	50.463	7,85
Devonshire.	Hématite brune.	9.712	75.089	7,70
Somersetshire.	Minerais oxydulés.	500	5.042	10,08
Gloucestershire.	Min. carb. spathiques.	36.875	452.012	12,30
Monmouthshire.	Hématite brune.	156.169	1.771.532	11,30
Herefordshire.	M. carb. des houillères.	341.057	2.169.080	6,40
Wiltshire.	"	"	"	"
Oxfordshire.	Min. oxyd. hydratés.	82.586	832.587	10,12
Northamptonshire.	"	"	"	"
Lincolnshire.	Min. oxyd. hydratés.	416.765	2.626.663	6,30
Shropshire.	Min. oxyd. hydratés.	192.213	1.211.416	6,30
Warwickshire.	M. carb. des houillères.	250.000	1.575.625	6,30
Staffordshire (nord).	M. carb. des houillères.	15.500	97.688	6,27
Staffordshire (sud).	M. carb. des houillères.	250.000	1.575.625	6,30
Derbyshire.	Min. oxyd. hydratés.	544.509	3.774.881	6,93
Northumberland et Durham	M. carb. des houillères.	525.000	3.459.905	6,52
Lancashire.	M. carb. des houillères et peroxyde de fer	350.000	2.205.875	6,30
Cumberland.	M. carb. des houillères et min. carb. spath.	115.700	800.922	7,00
Yorkshire (North Riding).	Hématite rouge.	667.356	8.412.922	12,60
Yorkshire (West Riding).	Hématite brune.	890.566	14.353.613	16,10
Galles du Nord.	Min. oxydulés.	178.227	1.235.592	6,90
ECOSSE.	M. carb. de Cleveland.	2.560.811	18.883.407	7,25
IRLANDE.	M. carb. des houillères.	579.000	3.649.147	6,30
	Hématite brune.	500	3.705	7,41
	M. carb. des houillères.	43.582	301.903	6,90
	Hématite brune.	73.624	545.065	7,41
	M. carb. des houillères.	427.562	2.763.257	6,48
	Blackband.	1.264.800	7.845.352	6,20
	Hématite brune.	5.500	38.117	6,90
	Blackband.	36.446	229.714	6,30
	Min. oxyd. hydratés.	70	440	6,28

Il est intéressant de grouper ensemble les minerais de même nature, pour se rendre compte de leur importance relative :

NATURE.	QUANTITÉ.	VALEUR	
		totale.	moyenne par tonne.
	tonnes.	francs.	francs.
Hématites.	1.809.853	25.249.606	13,90
Minerais oxydulés.	178.727	1.240.634	7,20
Minerais carbonatés spathiques.	36.875	452.012	12,30
Minerais carbonatés des houillères.	4.198.647	26.654.093	6,35
Minerais carbonatés de Cleveland.	2.560.811	18.883.407	7,25
Minerais oxydes hydratés.	1.236.143	8.445.987	6,82
Totaux et moyenne.	10.021.056	80.925.739	8,075

Les importations, relativement très-faibles, n'ont atteint que 86.568 tonnes, sur lesquelles il n'est donné aucune indication de teneur, ni de valeur.

La quantité totale de minéral de fer élaboré dans la grande Bretagne est ainsi de 10.107.624 tonnes. Le tableau suivant donne la distribution par comtés des hauts fourneaux et des usines à fer, ainsi que la production des premiers.

COMTÉS.	FONTE.			FER.			
	Nombre d'usines.	Nombre de hauts fourneaux		PRODUCTION.	Nombre d'usines.	Nombre de fours à puddler.	Nombre de laminoirs.
		existent.	en feu.				
				tonnes.			
ANGLETERRE.							
Northumberland.....	2	18	3	31.027	3	78	8
Cumberland.....	3	18	8 3/5	109.839	3	50	10
Durham.....	11	71	39	477.834	18	719	56
Yorkshire North Riding.....	14	67	50 1/2	640.892	12	400	32
Yorkshire West Riding.....	12	36	25	109.002	22	637	126
Derbyshire.....	14	43	30	160.028	4	114	20
South Staffordshire.....	49	177	91 1/2	515.638	115	1.801	283
North Staffordshire.....	6	35	23	202.332	8	400	39
Shropshire.....	11	29	22	123.604	9	201	36
Lancashire.....	4	25	19	318.801	8	152	32
Northamptonshire.....	4	9	5	25.184	»	»	»
Lincolnshire.....	3	6	5	25.579	»	»	»
Gloucestershire.....	3	10	6	»	»	»	»
Wiltshire.....	1	4	3	71.186	»	»	»
Somersetshire.....	1	2	1	»	1	12	3
GALLES du Nord.....	3	9	5	32.843	3	53	6
GALLES du Sud.							
Fourneaux à anthracite.							
Glamorganshire.....	3	16	6	»	»	»	»
Brecknockshire.....	1	2	2	»	»	»	»
Carmathenshire.....	2	5	2	35.506	1	4	2
Pembrokeshire.....	1	2	1	»	»	»	»
Fourneaux à houille grasse.							
Glamorganshire.....	16	76	49	403.050	17	556	83
Brecknockshire.....	4	15	5	29.443	2	66	4
Monmouthshire.....	5	71	50	418.235	14	459	48
ÉCOSSE.							
Ayrshire.....	8	48	34	»	»	»	»
Lanarkshire.....	14	96	67	»	»	»	»
Fife.....	3	13	3	»	»	»	»
Linlithgowshire.....	1	4	2	1.031.000	14	307	43
Stirlingshire.....	2	7	5	»	»	»	»
Haddingtonshire.....	1	1	1	»	»	»	»
Argyleshire.....	1	1	0	»	»	»	»
Totaux.....	203	913	563 1/2	4.761.023	254	6.009	831

Les prix sur le marché de Londres de 1 000 kilogrammes de fonte des diverses provenances sont résumés dans le tableau suivant :

PIRIX.	PAYS DE GALLES.	ÉCOSSE.	CLEVELAND.
	francs.	francs.	francs.
Moyen.....	103,55	71,62	60,49
Maximum.....	107,84	76,16	60,49
Minimum.....	59,26	68,49	60,49

Si l'on attribue aux minerais importés la valeur moyenne des minerais indigènes, la valeur totale des minerais de fer traités est de 81.644.776 francs. Or, d'après la moyenne générale, la valeur de la fonte produite est de 500.063.462 francs. La plus-value provenant du traitement métallurgique est donc de 218.418.696 francs, soit 21^f,80 par tonne de minéral ou 45^f,75 par tonne de fonte.

Le rendement moyen des minerais est de 47 p. 100.

Le mouvement d'importation est très-faible, il a été en 1867 :

Fer brut, en barres..... 12.226 tonnes valant 1.807.633 francs.

Acier brut..... 1.874 — — 217.713 —

Total..... 14.100 — — 2.025.346 —

Le mouvement d'exportation est, au contraire, extrêmement important ; en voici le détail :

NATURE.	QUANTITÉ.	VALEUR DÉCLARÉE.
	tonnes.	francs.
Fonte et fer brut.....	567.319	41.849.255
Fer en barres.....	301.150	59.474.453
Rails.....	582.420	123.281.497
Fils de fer (télégraphiques exceptés).....	18.697	9.103.570
Fonte moulée.....	80.755	17.078.086
Tôles.....	145.103	45.011.118
Divers.....	110.431	53.987.114
Vieux fer.....	47.533	4.762.471
Acier brut.....	32.526	26.822.281
Totaux.....	1.886.234	381.371.951

M. Robert Hunt ne donne aucune indication sur le lieu de destination des produits exportés.

COMBUSTIBLES MINÉRAUX.

Prix des 1.000 kilog. de houille sur le marché de Londres, en 1867.

PRIX.	NEWCASTLE.			SUNDERLAND.	HARTLEPOOL.
	Walls End.	Wylam.	Hartley.	Eden Main.	W. E. Kelloc.
	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
Moyen	20,84	19,70	20,19	21,33	21,43
Maximum	28,59	22,83	22,28	26,25	23,97
Minimum	18,56	18,56	18,56	18,56	18,56

Production du Royaume-Uni en 1867.

COMTÉS.	NOMBRE de mines.	QUANTITÉ.
		tonnes.
Durham et Northumberland	307	24.807.444
Cumberland	25	1.512.514
Yorkshire	454	9.843.575
Derbyshire	150	4.550.550
Nottinghamshire	24	1.575.000
Leicestershire	11	1.150.000
Warwickshire	15	880.850
Staffordshire et Worcestershire	117	3.747.814
Lancashire	353	12.841.500
Cheshire	39	935.000
Shropshire	62	1.558.500
Gloucestershire et Somersetshire	110	1.975.000
Monmouthshire	92	4.569.500
South Wales	329	9.092.300
North Wales	75	2.371.250
Scotland	481	14.125.943
Ireland	34	125.000
Total	3.256	104.500.480

L'exportation s'est élevée à 10.565.829 tonnes, ayant une valeur déclarée de 138.576.303 francs et réparties de la manière suivante :

DESTINATION.	QUANTITÉ EXPORTÉE.				VALEUR DÉCLARÉE.			
	Houille.	Coke.	Anthracite.	Agglomérés.	Houille.	Coke.	Anthracite.	Agglomérés.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	francs.	francs.	francs.	francs.
Grèce. (Ports du Nord.	449.613	17.626	"	"	5.742.880	335.998	"	"
Ports du Sud.	129.632	607	"	"	1.667.061	8.849	"	"
Suède	255.466	18.433	"	"	3.116.989	340.205	"	"
Norvège	217.423	7.461	"	"	2.475.596	145.437	"	"
Danemark et Islande	535.218	8.392	"	"	6.431.786	160.361	"	"
Prusse	492.789	15.180	"	"	5.312.125	263.242	"	25
Schleswig, Holstein et Lauenbourg	150.177	1.336	"	"	1.646.641	24.555	"	"
Hanovre	68.777	1.419	"	"	778.762	24.177	"	"
Mecklenbourg-Schwerin	50.565	1.180	"	"	514.409	20.672	"	"
Oldenbourg	22.412	851	"	"	240.797	16.514	"	"
Hambourg	637.152	12.569	"	"	7.324.311	236.445	"	"
Bretagne	15.458	95	"	"	252.982	1.740	"	"
Lubeck	25.032	1.380	"	"	301.108	22.513	"	"
Hollande	269.720	3.881	"	4	3.309.878	72.882	"	"
Belgique	159.380	"	"	"	1.839.775	"	"	126
Iles de la Manche	75.888	358	"	36	933.224	6.379	"	605
France	1.971.256	5.231	19.163	14.453	23.417.494	109.159	99.604	207.176
Portugal, Açores, Madère	163.297	2.648	"	"	2.136.850	48.453	"	83.420
Canaries	409.089	99.065	"	43.424	5.784.006	1.804.935	"	642.527
Canariar	102.560	25	"	2	1.461.752	479	"	50
Indes	512.065	13.144	530	25.024	6.547.390	249.604	2.294	373.889
Indes pontificaux	13.234	"	"	3.429	169.562	"	"	54.731
Grèce, Croatie, Dalmatie	55.370	2.094	"	2.094	760.611	32.193	"	33.201
Malte	145.130	664	"	"	2.150.766	13.411	"	"
Grèce	38.040	18.196	"	"	588.530	324.730	"	"
Iles Ionniennes	29.288	990	"	"	412.562	18.655	"	"
Turquie	211.057	870	"	"	2.943.646	14.244	"	"
Roumanie et Moldavie	9.513	"	"	"	145.487	"	"	"
Syrie et Palestine	14.401	"	"	1.036	200.343	"	"	19.588
Égypte	358.018	54.990	"	4.593	4.789.598	1.015.232	"	72.706
Liban	4.530	"	"	"	66.983	"	"	"
Algérie	35.551	66	"	1.006	477.427	1.134	"	16.815
Maroc	856	"	"	"	11.268	"	"	"
Côte occidentale d'Afrique	19.181	"	"	3.266	300.705	"	"	44.597
Iles du Cap-Vert	43.576	"	"	3.947	652.183	"	"	55.941
Ascension	6.744	"	"	"	88.789	"	"	"
Sainte-Hélène	1.755	"	"	51	28.386	"	"	1.588
Possessions anglaises du Sud de l'Afrique	73.672	924	"	470	1.124.542	19.261	"	14.370
Côte orientale d'Afrique	2.646	"	"	"	41.041	"	"	"
Madagascar	121	"	"	"	1.765	"	"	"
Arabie	31.010	20	"	3.468	460.915	630	"	98.848
Aden	115.572	"	"	5.630	1.586.490	"	"	99.377
Mascate	9.821	"	"	"	167.344	"	"	"
Perse	545	"	"	"	13.537	"	"	"
Indes	474.870	35.651	"	12.983	6.578.171	944.846	"	237.906
Indes	80.743	"	"	5.590	1.218.449	"	"	97.941
Indes	86.206	302	"	2.702	1.213.861	8.621	"	51.631
Possessions françaises	1.190	"	"	"	17.496	"	"	"
Indes	358	"	"	"	4.891	"	"	"
Indes	1.100	"	"	"	15.428	"	"	"
Indes	27.793	617	"	"	397.814	17.370	"	"
Indes	806	"	"	"	11.218	"	"	"

Suite du tableau précédent.

DESTINATION.	QUANTITÉ EXPORTÉE.				VALEUR DÉCLARÉE.			
	Houille.	Coke.	Anthracite.	Agglomérés.	Houille.	Coke.	Anthracite.	Agglomérés.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	francs.	francs.	francs.	francs.
Iles Philippines.	3.506	"	"	"	52.185	"	"	"
Chine et Hong Kong.	128.995	880	"	7.038	1.869.094	35.143	"	"
Japon.	8.617	"	"	"	133.084	"	"	"
Australie.	13.370	1.403	"	300	247.169	48.176	"	"
Iles Sandwich.	170	"	"	"	3.605	"	"	"
Nord de l'Amérique. Possessions anglaises.	169.309	1.748	"	"	2.163.547	33.151	"	"
Indes Occidentales. Étrangères.	109.298	132	"	508	1.589.364	3.731	"	"
	375.017	174	"	"	5.126.908	3.705	"	"
Etats-Unis. Ports de l'Atlantique.	108.835	"	"	"	1.903.657	"	"	"
	14.557	"	"	"	265.889	"	"	"
Mexique.	5.961	20	"	"	117.454	504	"	"
Amérique centrale.	158	"	"	"	2.521	"	"	"
Nouvelle-Grenade.	18.286	"	"	350	278.898	"	"	"
Vénézuéla.	429	10	"	"	6.277	252	"	"
Équateur.	18	10	"	"	454	252	"	"
Pérou.	34.783	773	"	1.992	634.435	14.773	"	"
Bolivie.	921	"	"	"	11.849	"	"	"
Chili.	83.354	1.502	"	"	1.097.769	31.386	"	"
Brésil.	207.521	8.758	"	"	3.160.427	176.672	"	"
Uruguay.	124.401	151	"	"	1.900.960	3.277	"	"
Confédération Argentine.	38.193	1.499	"	480	685.082	30.806	"	"
Iles Falkland.	1.194	"	"	"	19.336	"	"	"
Pêcheries de la baleine dans les mers du Nord.	200	"	"	"	2.521	"	"	"
Totaux.	10.052.759	343.326	19.693	150.051	129.154.359	6.637.255	102.100	24.110

Parmi les chiffres précédents, celui qui nous intéresse plus spécialement est relatif à l'exportation en France, s'élevant, comme on l'a vu, à 1.949.483 tonnes, ayant une valeur déclarée de 25.853.453 francs, et réparties comme suit entre les différents ports:

PORTS.	QUANTITÉS	PORTS.	QUANTITÉS
	tonnes.		tonnes.
Abbeville.	1.975	La Tremblade.	597
Arcahon.	850	Landerneau.	3.650
Ars.	338	Launion.	1.412
Auray.	1.013	Le Vivier.	173
Barleur.	90	Les Monnards.	412
Basse-Indre.	3.388	Libourne.	1.226
Bayonne.	21.583	Lorient.	5.167
Beauvoir.	488	Lugon.	3.539
Belle-Isle.	146	Manbert.	216
Benic.	257	Marennes.	200
Billiers.	130	Marans.	2.647
Bordeaux.	195.863	Marseille.	22.032
Boulogne.	99.192	Montaigne.	114
Brest.	19.494	Montique.	462
Caen.	99.551	Morlaix.	4.917
Calais.	69.067	Mortane.	858
Caudebec.	223	Mosselle Bay.	186
Cannes.	180	Nantes.	108.821
Carentan.	2.791	Paimbœuf.	1.250
Cayenne.	818	Paluden.	244
Celle.	909	Paimpol.	662
Chantenay.	400	Perros.	99
Charente.	34.612	Plancol.	140
Château.	180	Pont l'Abbé.	402
Chateaulin.	533	Pontreux.	1.192
Cherbourg.	27.437	Pont Audemer.	4.460
Concarneau.	60	Pont aux Herbes.	3.672
Coneron.	2.629	Pontasval.	110
Conquet.	1.682	Pontorson.	1.747
Contoul.	90	Porcic.	415
Couëron.	249	Port en Bessin.	7.034
Coursesulles.	1.677	Port Lannay.	1.448
Croisic.	963	Port Louis.	500
Crotay.	160	Port Vendres.	151
Dahouet.	203	Pouliguen.	860
Daoulas.	188	Quiberon.	352
Dierpe.	272.650	Quillebœuf.	355
Dives.	416	Quimper.	1.884
Duclair.	590	Redon.	1.095
Douarnenez.	65	Regneville.	10.516
Duellaie.	200	Roche-Bernard.	470
Dulleite.	100	Rochefort.	9.450
Dunkerque.	81.025	Riberon.	903
Erquy.	22	Roscol.	545
Étapes.	416	Rouen.	100.110
Ed.	3.152	Royan.	820
Fécamp.	34.625	Sables.	363
Granville.	9.091	Sables d'Olonne.	3.661
Gravelines.	15.285	Saint-Brieux.	6.209
Harleur.	5.068	Sainte-Croix.	318
Havre (le).	249.543	Saint-Germain.	156
Hennebon.	7.470	Saint-Gilles.	692
Houleur.	55.016	Saint-Malo.	62.000
Indret.	120	Saint-Nazaire.	143.191
Isigny.	6.266	Saint Servan.	1.360
Ile d'Oleron.	80	Saint-Waast.	855
Ile de Ré.	332	Saint-Valery.	7.053
La Bouille.	320	Saint-Valery-sur-Somme.	9.723
La Brault.	170	Toulon.	2.675
La Faon.	120	Treguier.	2.200
La Flotte.	140	Treport.	5.189
La Legue.	140	Trouville.	18.727
La Moule.	1.314	Vannes.	2.289
La Rochelle.	40.877	Ville d'Eu.	101
La Seyne.	239		

ARGILES ET KAOLINS.

Production en 1867.

COMTÉS.	NATURE.	QUANTITÉ.
		tonnes.
Cornouailles	Kaolin	127.000
	Pierre à porcelaine	33.500
Devonshire	Argile réfractaire	1.316
	Kaolin	12.000
Dorsetshire	Argile de Teignmouth	48.962
	Argile à poteries et autres	150.000
Divers	Argiles réfractaires	750.000
	Autres	56.522
	Total	1.179.300

Valeur : 14.865.076 francs.

COMTÉS.	QUANTITÉ.
	tonnes.
<i>Carbonate et sulfate de baryte.</i>	
Shropshire	1.227
Northumberland	4.579
Cumberland	803
Derbyshire	4.500
Total	11.109
Valeur : 196.810 francs.	
<i>Coprolites.</i>	
Cambridgeshire	30.000
Bedfordshire	7.000
Total	37.000
Valeur : 1.772.263 francs.	
<i>Sel.</i>	
Cheshire	1.250.000
Worcestershire	125.250
Irlande	19.689
Total	1.394.939
Valeur : 21.099.838 francs.	
Exportation 724.766 tonnes.	

(Extrait par M. DOUVILLÉ, ingénieur des mines, des Mineral Statistics de M. Robert Hunt.)

Production des mines, des salines et des usines de la Prusse.

Les tableaux suivants résument la production minière et métallurgique de la Prusse.

Le premier donne en regard, pour les années 1866 et 1867, les produits des mines et des salines.

Le second comprend l'ensemble des métaux bruts et des substances diverses manufacturées obtenues en 1867.

Enfin le tableau n° 3 donne la consommation de coke et de charbon de bois faite, dans la même période, par les hauts fourneaux, dont les produits sont inscrits aux trois premières lignes du tableau précédent.

Tableau n° 1. — Production des mines et des salines pendant les années 1866 et 1867.

Nature.	SUBSTANCES MINÉRALES.				NOMBRE			
	Quantité.		Valeur.		de mines.		d'ouvriers.	
	1866.	1867.	1866.	1867.	1866.	1867.	1866.	1867.
	tonnes.	tonnes.	francs.	francs.				
<i>Mines.</i>								
Houille	19.124.300	21.028.555	135.771.037	146.842.271	437	421	94.546	102.773
Lignites	5.100.529	5.513.878	18.295.065	19.628.426	561	540	15.207	14.937
Minérais de fer	2.307.444	2.384.981	18.332.973	19.362.780	1.630	1.405	20.778	23.094
— de zinc	348.825	365.462	9.039.637	9.977.013	67	62	10.254	9.677
— de plomb	167.422	91.563	16.506.345	17.902.102	176	181	15.605	18.923
— de cuivre	157.441	174.641	4.599.956	4.793.253	70	67	5.467	5.893
— d'argent	"	81	"	16.020	"	3	"	"
— de mercure	"	35	"	3.356	"	1	"	5
— de cobalt	"	28	"	61.568	"	2	"	253
— de nickel	"	387	"	37.200	"	4	"	31
— d'arsenic	"	768	"	23.539	"	3	"	57
— d'antimoine	"	44	"	5.428	"	3	"	28
— de manganèse	"	51.639	"	2.010.060	"	109	"	1.914
Pyrites de fer	"	78.191	"	1.655.310	"	14	"	725
Minérais d'alun	"	17.160	"	44.741	"	3	"	106
Chapite	"	1,5	"	750	"	1	"	2
Spath fluor	"	6.030	"	60.319	"	5	"	58
Ardoises	"	"	"	1.128.506	"	326	"	2.586
<i>Salines.</i>								
Sels de potasse bruts ou raffinés	288.393	73.391	8.490.157	8.846.020	40	40	2.521	2.556
Sels de soude bruts ou raffinés		238.434						

Valeur totale pour 1867 : 232.398.662 francs.

Tableau n° 2. — Production des usines en 1867.

PRODUITS.			NOMBRE	
Nature.	Quantité.	Valeur.	d'usines.	des ouvriers employés.
	tonnes.	francs.		
Fonte brute ordinaire.	839.029	74.210.554	158	11.708
Fonte aciéreuse.	70.742	7.583.250	19	753
Fonte moulée en première fusion.	32.897	6.997.988	71	3.700
Fonte moulée en deuxième fusion.	164.824	41.507.940	374	12.433
Fer en barres.	458.946	106.004.467	297	26.364
Tôles.	63.724	18.351.416	54	3.436
Fer blanc.	5.217	3.433.062	7	837
Fil de fer.	50.247	9.706.282	93	2.300
Acier brut.	33.554	10.371.150	61	2.069
Acier fondu.	83.850	59.005.702	26	9.534
Acier raffiné.	4.738	3.191.550	149	569
Zinc brut.	63.781	29.931.000	45	6.254
Blanc de zinc.	2.445	1.453.639	3	27
Zinc laminé.	17.573	9.863.689	10	462
	kilog.			
Or.	2,841	9.461	1	1
Argent.	46.101.546	10.336.106	22	167
Mercure.	537,00	3.356	1	5
	tonnes.			
Pomb brut.	38.741	17.774.295	21	2.021
Plomb laminé.	632	329.410	5	38
Litharges.	4.412	1.916.542	10	1.450
Cuivre brut.	3.724	7.560.934	20	1.334
Cuivre façonné.	2.525	6.461.916	26	395
Laiton.	1.990	4.760.021	53	401
Nickel et composés dérivés.	371	1.448.460	7	102
Smalt.	113	79.939	1	56
Composés arsenicaux.	236	70.709	3	61
Antimoine.	60	58.500	1	4
Alun.	2.882	594.934	7	266
Sulfate de cuivre.	535	310.706	5	13
Sulfate de fer.	3.619	312.847	13	294
Sulfates de fer et de cuivre mélangés.	326	78.202	4	6
Sulfate de zinc.	221	29.411	3	6
Soufre.	178	39.165	4	20
	kilog.			
Cadmium.	30,00	341	1	"
Total.		433.792.484		87.089

Tableau n° 3. — Consommation de combustibles faite par les hauts fourneaux en 1867.

NATURE de la fonte.	Hauts fourneaux en activité.	CONSUMMATION EN					
		coke.		charbon de bois.		charbon de bois et coke.	
		Nombre de hauts fourneaux.	Quantité.	Nombre de hauts fourneaux.	Quantité.	Nombre de hauts fourneaux.	Quantité.
			tonnes.		tonnes.		tonnes.
Fonte brute ordinaire.	194	134	762.105	39	31.218	21	66.917
Fonte aciéreuse.	15	7	54.793	8	10.996	"	4.952
Fonte moulée en 1 ^{re} fusion.	35	1	6.972	27	17.423	7	3.783

(Extrait par M. DOUVILLÉ, ingénieur des mines, de documents adressés le 5 mars 1867, à M. le ministre des affaires étrangères, par M. BENEDETTI, ambassadeur de France en Prusse.)

Exposition de cristaux noirs à Berne; renseignements sur l'origine de leur découverte et sur leur exploitation (*).

On expose en ce moment à Berne une collection de « morions » ou cristal enfumé d'une rare beauté, et qui proviennent de fouilles récemment faites aux alentours du glacier, dit Tiefengletscher, au-dessus de la vallée d'Urseren, sur le territoire du canton d'Uri.

Les spécimens exposés sont en partie destinés au cabinet d'histoire naturelle de Berne et en partie réservés pour la vente à des musées scientifiques de la Suisse et de l'étranger. Ils ont été recueillis par les soins de quelques naturalistes de cette ville, membres du club alpin, M. F. Burki, ancien membre du grand-conseil du canton de Berne, M. Edmond de Fellenberg-Bons-

(*) Cette découverte vient d'être l'objet de deux notices intéressantes dues à M. E. de Fellenberg (*die Krystalhöhle am Tiefengletscher*, et *Chemische Mineralogische Durchsuehung der in der Krystalhöhle gefundenen Bleyglanz masse*).

tetten, et M. Lindt, pharmacien à Berne. C'est à ce dernier que revient d'ailleurs le mérite de la première découverte du gisement de quartz qui a mené sur la trace de ces cristaux.

Pour donner à Votre Excellence une idée de la valeur de ces produits minéralogiques, il me suffira de lui présenter ici une indication sommaire des principaux morceaux qui se font remarquer dans cette collection :

1° Un morion dénommé « Grossvater » (grand-père), pesant 267 livres, haut de 67 centimètres sur 122 centimètres de diamètre;

2° Un autre, dit « der König » (le Roi), de 255 livres, mesurant en hauteur 87 centimètres et en diamètre 100 centimètres;

3° « Karl der Dicke » (Charles le Gros), du poids de 210 livres, haut de 68 centimètres et mesurant à sa base 110 centimètres;

4° « Der Zweispitz-Fellenberg, » pesant 154 livres, long de 32 centimètres et d'une circonférence moyenne de 71 centimètres.

Ce bloc est un *unicum* de l'espèce, en ce qu'il se termine en pointe pyramidale aux deux extrémités, et que sa formation s'est faite sans base fixe, soit à l'état flottant ou de suspension;

5° « Die Zwillinge » (les Jumeaux), dont l'un pèse 125 livres et présente une dimension de 71 centimètres en hauteur sur 77 centimètres de circonférence, et l'autre, de 130 livres, a 72 centimètres de haut et 84 centimètres de diamètre;

6° « Der Präsident » (le Président), pesant 64 livres;

7° « Der Jüngling » (le jeune homme), pesant 56 livres;

8° « Der Arm » (le bras), de 59 livres, etc., etc.

La grotte de Cristal, où a eu lieu l'extraction de ces richesses minéralogiques est située à l'est du pic du Galenstock, sur le bord oriental du glacier « Tiefengletscher, » à peu près à l'endroit marqué sur la carte topographique du général Dufour, au bas de la feuille 13, sur la droite, par la lettre O du mot « Gleschhorn. »

D'après le rapport de M. Lindt, qui a visité de nouveau ces lieux vers la fin de septembre dernier, cette grotte serait aujourd'hui complètement dépouillée et à sec; le sol en est couvert de déblais, et les parois ne présentent plus que le quartz amorphe (wilder quartz) auquel adhéraient les grands morions. L'excavation mesure dans sa plus grande longueur de 18 à 20 pieds, sur une largeur latérale de 12 à 15 pieds et une hauteur de 5 à 6 pieds, qui, sur l'arrière, va en se rétrécissant jusqu'à 2 à 3 pieds. Dans le fond subsistaient encore quelques piliers de quartz, mais à l'exception d'une pièce de 1 quart de livre, M. Lindt n'y trouva plus la moindre trace de cristal à la place originaire.

Voici quelques renseignements sur l'origine de cette intéressante

découverte minéralogique que Votre Excellence voudra bien me permettre de lui communiquer.

Au mois de septembre 1867, M. Lindt, accompagné de son frère et de deux guides, Pierre et André Sulzer, père et fils, de Guttannen, (canton de Berne), remonta le glacier du Rhône dont il franchit la crête (Rhonestock), pour ensuite gagner par le col de Tiefen (Tiefensattel), le Tiefengletscher. Puis il descendit ce glacier jusqu'au pont qui couvre son embouchure près de la maison de refuge située entre la pointe de la Furca et Réalp.

Pendant cette ascension les voyageurs avaient observé un gisement de quartz blanc d'une puissante dimension, et s'élevant en diagonale sur une largeur de 6 à 12 pieds à travers la paroi de granit de la montagne. Mais le temps manquait alors aux voyageurs pour examiner de plus près ce gisement. Ce ne fut que quinze jours plus tard que le jeune André Sulzer, montagnard aussi hardi qu'agile, sachant qu'ordinairement il se rencontre du cristal de roche dans ces sortes de couches minérales, entreprit avec de grands efforts et au péril de sa vie de grimper à cet endroit. Et en effet, il trouva à l'extrémité supérieure du gisement de quartz quelques petits trous ronds d'où il parvint à extraire, en grattant avec le bout recourbé de son bâton, du sable fin et quelques morceaux de cristal de roche noir.

Au retour de cette exploration du fils Sulzer, huit à dix vigoureux montagnards de Guttannen partirent pour le Gletschhorn, pourvus des outils nécessaires, et ils agrandirent au moyen de la mine l'orifice des trous découverts par le fils Sulzer, et qu'ils élargirent par ce moyen jusqu'à former une excavation allant obliquement en pente descendante. Cette caverne était remplie de sable et de déblais, mais parfaitement sèche, et c'est là que l'on trouva gisant à l'état libre dans le sable une masse de cristaux de toute grandeur, jusqu'à des pièces de 2 à 3 quintaux. Après en avoir extrait environ 20 quintaux, les explorateurs reconnurent l'impossibilité de se rendre seuls maîtres de tout ce trésor, et ils rendirent compte à leur commune du résultat de leur exploration. Le village de Guttannen s'en émut tout entier, comme s'il se fût agi de la découverte d'une mine d'or. Tout ce qui était en état de supporter la fatigue se mit en campagne, et pendant quatre ou cinq jours il ne resta d'autres habitants dans le village que le pasteur, l'aubergiste et les femmes.

Une expédition d'environ 70 hommes s'était organisée et elle s'était distribué le travail; la caverne fut complètement vidée, de manière qu'à la fin 10 à 15 hommes purent à la rigueur y passer

la nuit. Les gros morceaux de cristal furent descendus à l'aide de cordes attachées les unes aux autres jusqu'aux glaciers; les petits furent à la hâte lancés tout simplement sur la neige durcie, où ils tombèrent, non sans être quelque peu endommagés à la pointe ou sur les arêtes, puis on charria le tout, soit sur des brancards, soit, les plus pesants, sur des traîneaux, à trois lieues de distance vers la maison de refuge située sur la route de la Furca, et de là en partie dans le Valais, et en partie, par la voie de la Grimsel, à Guttannen, dans le canton de Berne.

L'exploitation entière comprend de 150 à 170 quintaux. Il fallut des efforts énormes pour effectuer ce transport sur un espace d'une lieue et demie, à travers le glacier passablement crevassé du Tiefengletscher et sa moraine, d'un passage presque impraticable, avant d'atteindre les pâturages abrupts qui mènent à la route de la Furca.

Jusqu'à présent les cristaux étaient considérés dans ce pays comme chose sans maître, et appartenant par conséquent au domaine public ou au premier occupant. Aussi les chercheurs de cristaux du Valais et d'Uri, dont le métier est autrement périlleux que celui de braconnier ou même de chasseur de chamois, ont-ils pu se livrer sans le moindre empêchement à l'exploitation des cristaux dans le canton de Berne. Mais à raison de l'importance de cette dernière découverte, la communauté de la vallée d'Urseren se crut fondée à revendiquer un droit régalien sur les produits exploités, et elle pratiqua une saisie-arrêt sur les plus gros morceaux de cristal, qui avaient été provisoirement déposés sur la Furca. Toutefois on réussit à s'entendre en bons voisins, et une concession officielle fut délivrée pour régler à l'avenir le mode d'exploitation.

Il est assez probable que dans ce rayon même, et notamment aux alentours du gisement dont il s'agit, d'autres grottes pourront être découvertes, et peut-être l'extraction qui vient d'avoir lieu n'est-elle qu'un commencement, bien que la caverne de cristal de roche découverte et mise en exploitation sur le piton du Zinkenstock, à la Grimsel, soit jusqu'à présent la mine la plus importante de ce genre.

L'entrée de la grotte en question domine d'environ 100 pieds le glacier sur la paroi à pic et vu d'un massif de granit. Il n'y a que des grimpeurs très-exercés qui puissent y atteindre sans cordages ni aide mutuelle, et la descente en est encore plus périlleuse.

L'exploitation n'a produit jusqu'à présent que des morions du plus beau noir. Or, comme le caprice de la mode affecte de re-

chercher en ce moment les bijoux de cristal brun ou noir, cette découverte n'est pas sans inspirer des espérances de bénéfices aux gens de Guttannen. Alors que le cristal blanc se paye communément 2 francs la livre dans le commerce, le cristal noir vaut environ 6 francs.

Si je suis bien informé, des bijoutiers de Genève, de Paris, et de Nuremberg auraient acheté déjà des fragments de cristaux du Tiefengletscher, que l'on peut taxer de rebut, eu égard à leur volume, ou au moins de pièces d'un choix médiocre. Les cristaux qui ont été acquis pour Genève au prix de 6.000 francs se composent en majeure partie des produits livrés en payement des droits régaliens au Gouvernement du canton d'Uri qui avait réclamé une somme de 1.500 francs pour la concession. Depuis, l'exploitation entière aurait été, dit-on, cédée à forfait pour 8.000 francs à deux spéculateurs; mais il se trouve encore disponible entre les mains de divers habitants de la commune de Guttannen une assez grande quantité de morceaux de cristal noir qui ne sont point sans valeur.

(Lettre adressée le 13 janvier 1869 à M. le ministre des affaires étrangères, par M. de COMINGES-GUITAUD, ambassadeur de France en Suisse.)

Découverte de minerai de fer oligiste dans l'est de l'Écosse.

Les minerais de fer exploités en Écosse appartenaient jusqu'ici exclusivement à l'espèce connue sous le nom de « blackband » (fer carbonaté des houillères). On avait bien constaté en divers points du pays l'existence de minerai de fer oligiste, mais non pas en quantité suffisante pour faire l'objet d'une exploitation régulière, et les usines qui employaient ce minerai devaient le faire venir des comtés anglais.

Il y a quelques mois l'attention d'un des principaux propriétaires du Haddingtonshire fut éveillée par l'apparition fréquente de morceaux d'hématite, ramenés par la charrue à la surface du sol sur certains points des collines de Garleton. Les recherches faites à cette occasion amenèrent la découverte de plusieurs veines de ce minéral. L'un des affleurements a été suivi sur une longueur de 4 à 500 mètres. L'épaisseur est variable et dépasse souvent 8 pieds. Sous le rapport de la qualité, le fer oligiste de Garleton paraît ne

céder en le rien aux meilleures hématites des mines anglaises.

L'importance de cette découverte a été immédiatement saisie par les chefs de plusieurs grandes usines anglaises et écossaises. On assure que des offres nombreuses ont été faites au propriétaire des nouvelles mines, qui en aurait concédé l'exploitation au haut fourneau de Gladsmuir, situé dans leur voisinage.

Il pourrait résulter de ce fait un développement rapide et tout à fait imprévu de la fabrication du fer dans l'est de l'Écosse.

(Extrait d'une note adressée, le 11 février 1869, à M. le ministre des affaires étrangères, par M. LE VICE-CONSUL de France à Edimbourg et à Leith.)

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME QUINZIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

	Pages.
Mémoire sur les filons de Prizbram et de Mies; par MM. <i>Michel Lévy</i> et <i>J. Choulette</i>	129
Tableau minéralogique; par M. <i>Adam</i>	405

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

Note sur quelques points particuliers de la production et du travail de l'acier Bessemer en Styrie et en Carinthie; par M. <i>Clérault</i>	289
Note sur quelques dispositions des hauts fourneaux dans le pays de Siegen; par M. <i>Douville</i>	315
Description de la constitution géologique et des ressources minérales du canton de Vicdessos (troisième partie : industrie métallurgique de l'Ariège); par M. <i>Mussy</i>	32

MÉCANIQUE.

Mémoire sur l'application de la théorie du spiral réglant des montres et des chronomètres à la détermination du coefficient d'élasticité des diverses substances, et à celle de la limite de leurs allongements permanents; par M. <i>Philipps</i>	65
Compte rendu des expériences sur le condenseur éjecteur de M. Alexander Morton; par le professeur <i>Macquorn Rankine</i> (traduit par extraits par M. <i>Combes</i>)	85
Rapport sur l'explosion d'une chaudière à vapeur à Moulins-Lille (Nord); par M. <i>Matrot</i>	111
Application de la mécanique à l'horlogerie; par M. <i>H. Résal</i>	211
Note sur l'explosion d'un appareil réchauffeur dans une filature, à Lille (Nord).	658

OBJETS DIVERS.

	Pages.
Notice sur P. Berthier, membre de l'Institut, inspecteur général des mines; par M. <i>Daubrée</i>	1
Emploi des huiles minérales au chauffage des chaudières des navires à vapeur. Essai fait sur le yacht impérial le <i>Puebla</i> le 18 juin 1868; par M. <i>Dupuy de Lôme</i>	61
Note sur un nouveau mode d'emploi de l'eau dans les appareils de transmission des dépêches par le système atmosphérique; par MM. <i>Worms de Romilly</i> et <i>Ch. Bontemps</i>	95
Discours prononcés aux funérailles de M. Rivot, le 25 février 1869.	203
Bulletin des explosions d'appareils à vapeur arrivées pendant l'année 1868.	627

BULLETIN.

Statistique minérale de l'Angleterre.	647
Production des mines, des salines et des usines de la Prusse.	667
Exposition de cristaux noirs à Berne; renseignements sur l'origine de leur découverte et sur leur exploitation.	669
Découverte de minerai de fer oligiste dans l'est de l'Écosse.	673

ERRATA DU TOME XV.

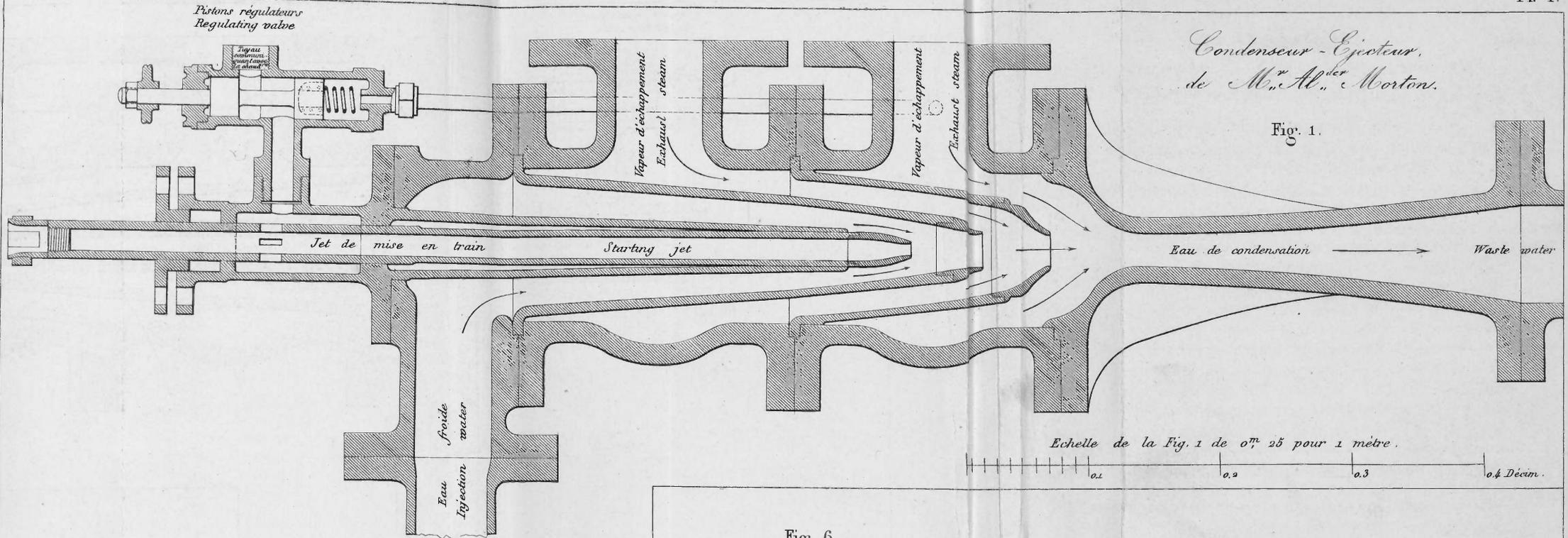
Notice sur P. Berthier :

Page 6, lignes 11 et 21; au lieu de : 1825, lisez 1827.
Page 26, ligne 6; supprimez le mot *grande*, avant *médaille*.

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME QUINZIÈME.

	Pages
Pl. I. <i>Fig. 1 à 5</i> . Condenseur éjecteur de M. A. Morton.	85
<i>Fig. 6 à 11</i> . Transmission des dépêches par le système atmosphérique.	95
Pl. II. Explosion d'une chaudière à Moulins-Lille.	111
Pl. III, IV, V, VI, et VII. <i>Fig. 1</i> . Plans et coupes des filons de Przibram.	129
Pl. VII. <i>Fig. 2 à 9</i> . Acier Bessemer, en Styrie et en Carinthie.	289
Pl. VIII. Hauts fourneaux du pays de Siegen.	313



Condenseur - Ejecteur,
de M. Morton.

Fig. 1.

Echelle de la Fig. 1 de 0^m 25 pour 1 mètre.

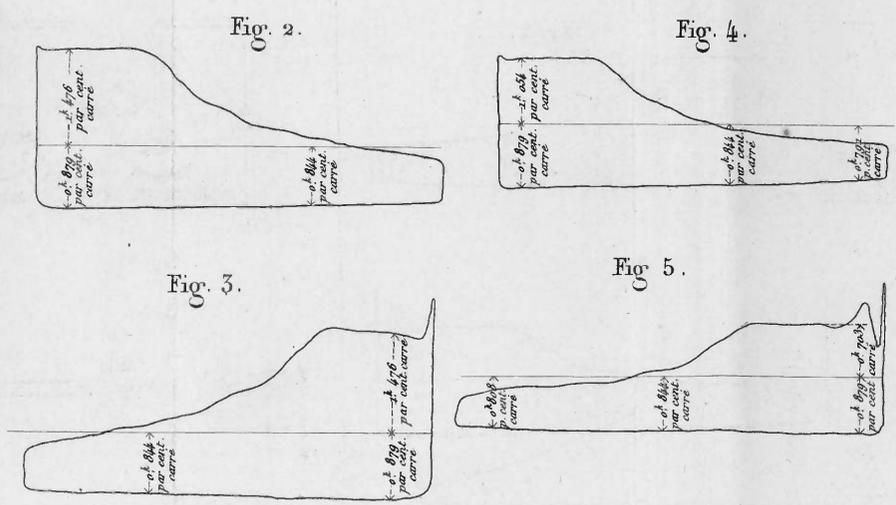


Fig. 2.

Fig. 4.

Fig. 3.

Fig. 5.

Fig. 6.

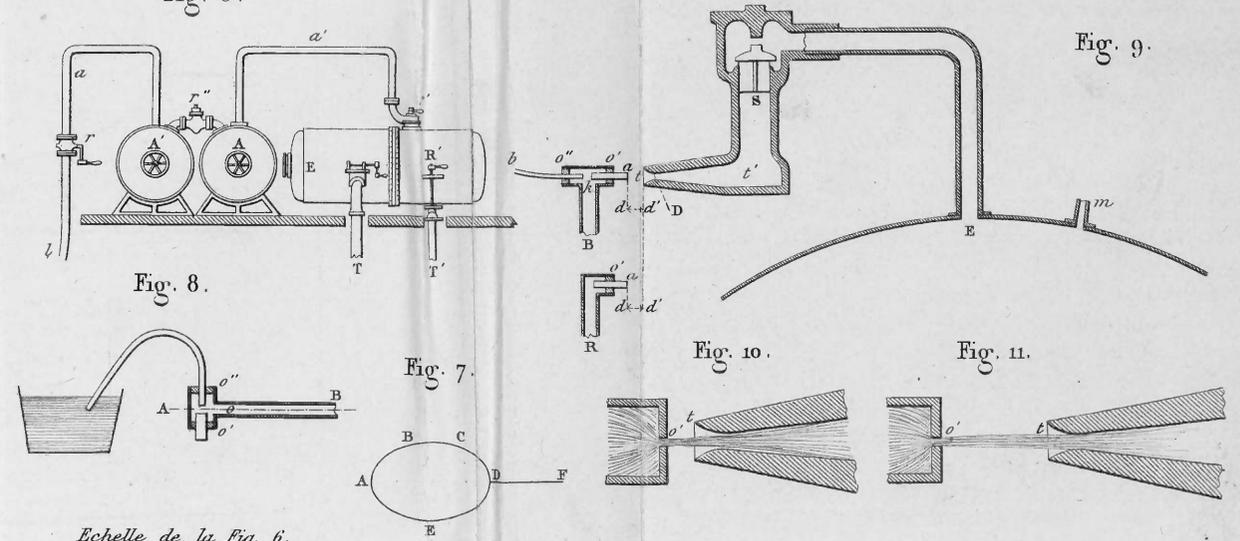


Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 7.

Fig. 10.

Fig. 11.

Echelle de la Fig. 6.
1 2 3 4 5 6 Mètres

Fig. 1. Plan général.

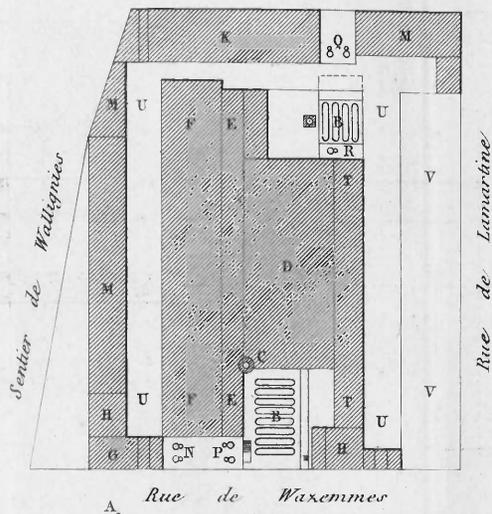
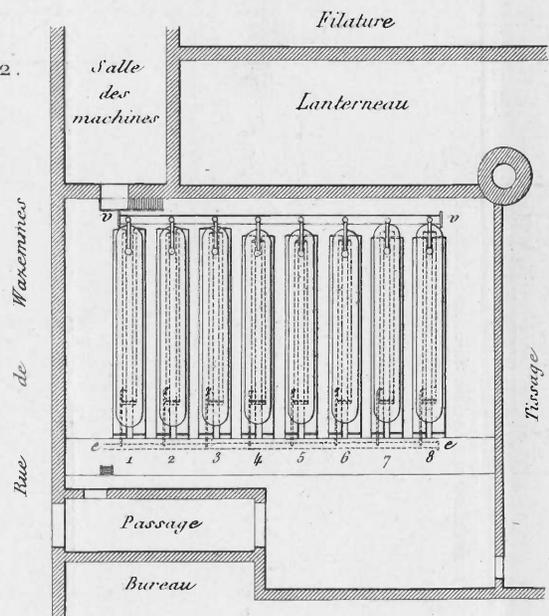


Fig. 2.



Echelle de la Fig. 1, de 0^m 0005 pour 1 mètre
 Echelle de la Fig. 2, de 0^m 0025 pour 1 mètre

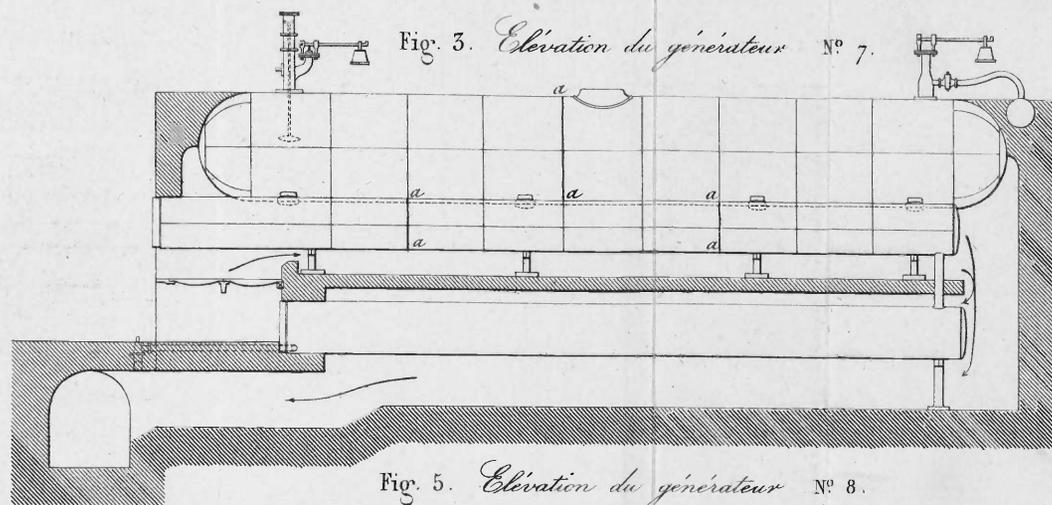


Fig. 4. Coupe transversale du générateur N° 7.

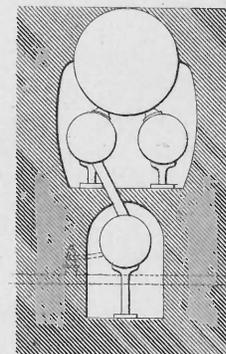
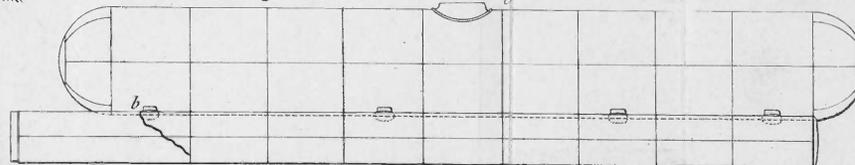


Fig. 5. Elevation du générateur N° 8.



Echelle des Fig. 3 à 5, de 0^m 01. p^r 1 m.
 Echelle des Fig. 6 à 8, de 0^m 02.

Fig. 6.

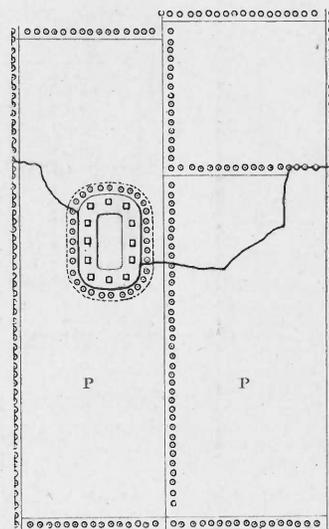


Fig. 7.

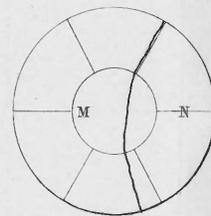


Fig. 9.

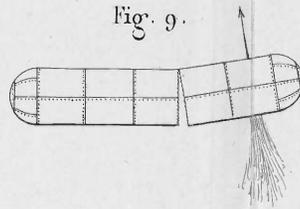


Fig. 8.

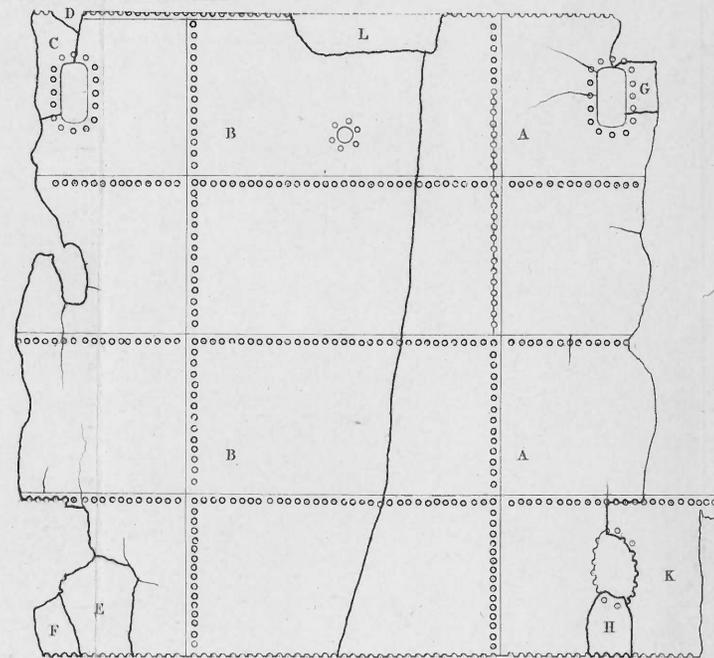


Fig. 1. Plan général des environs de Příbram.

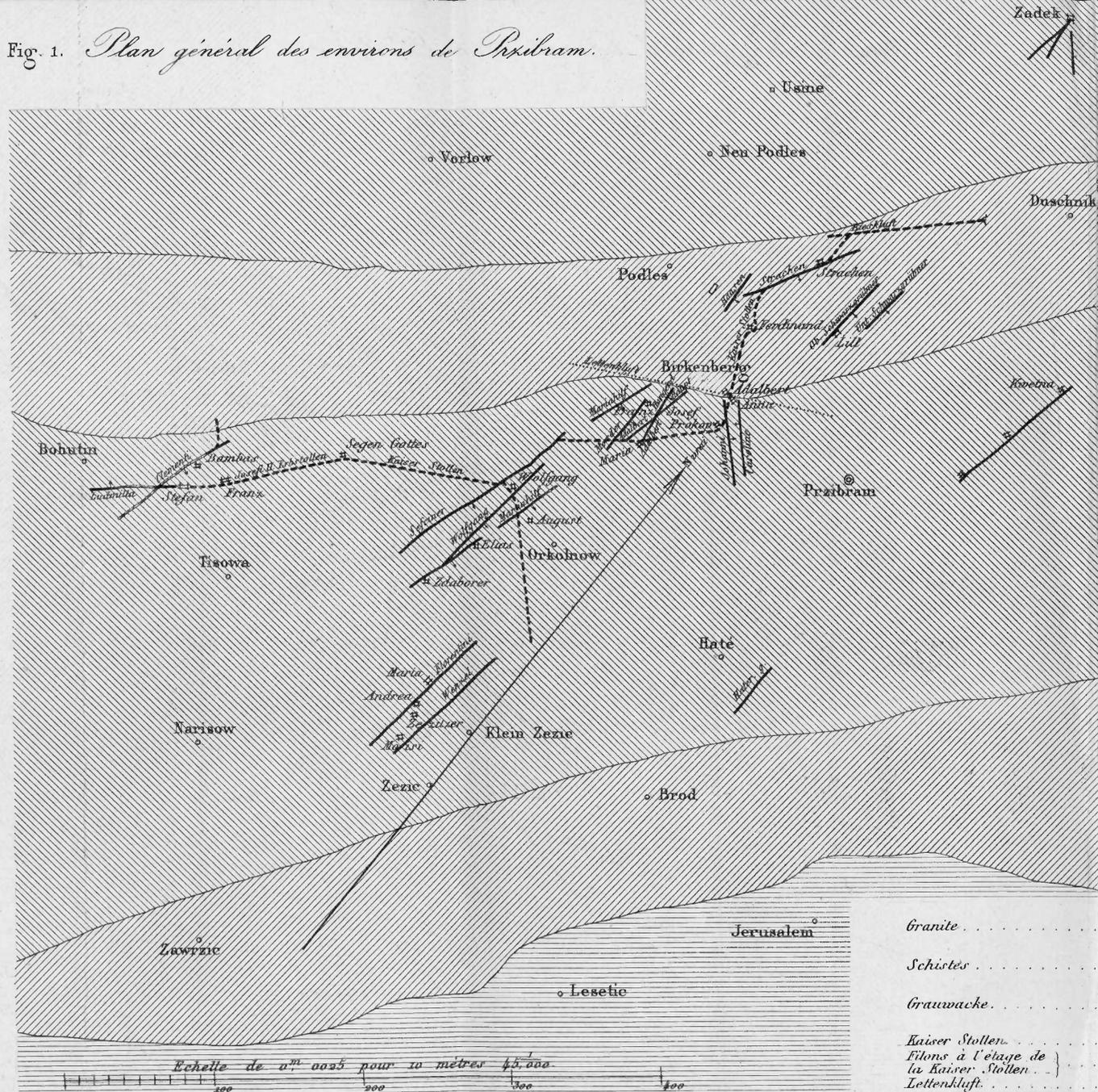
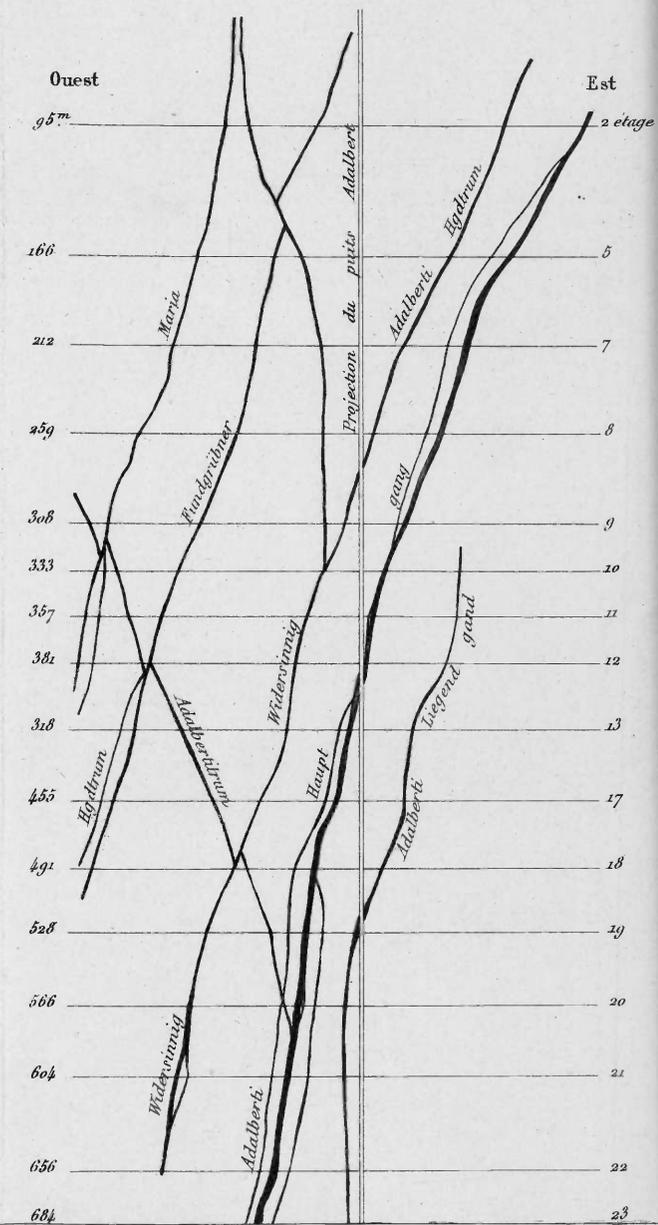
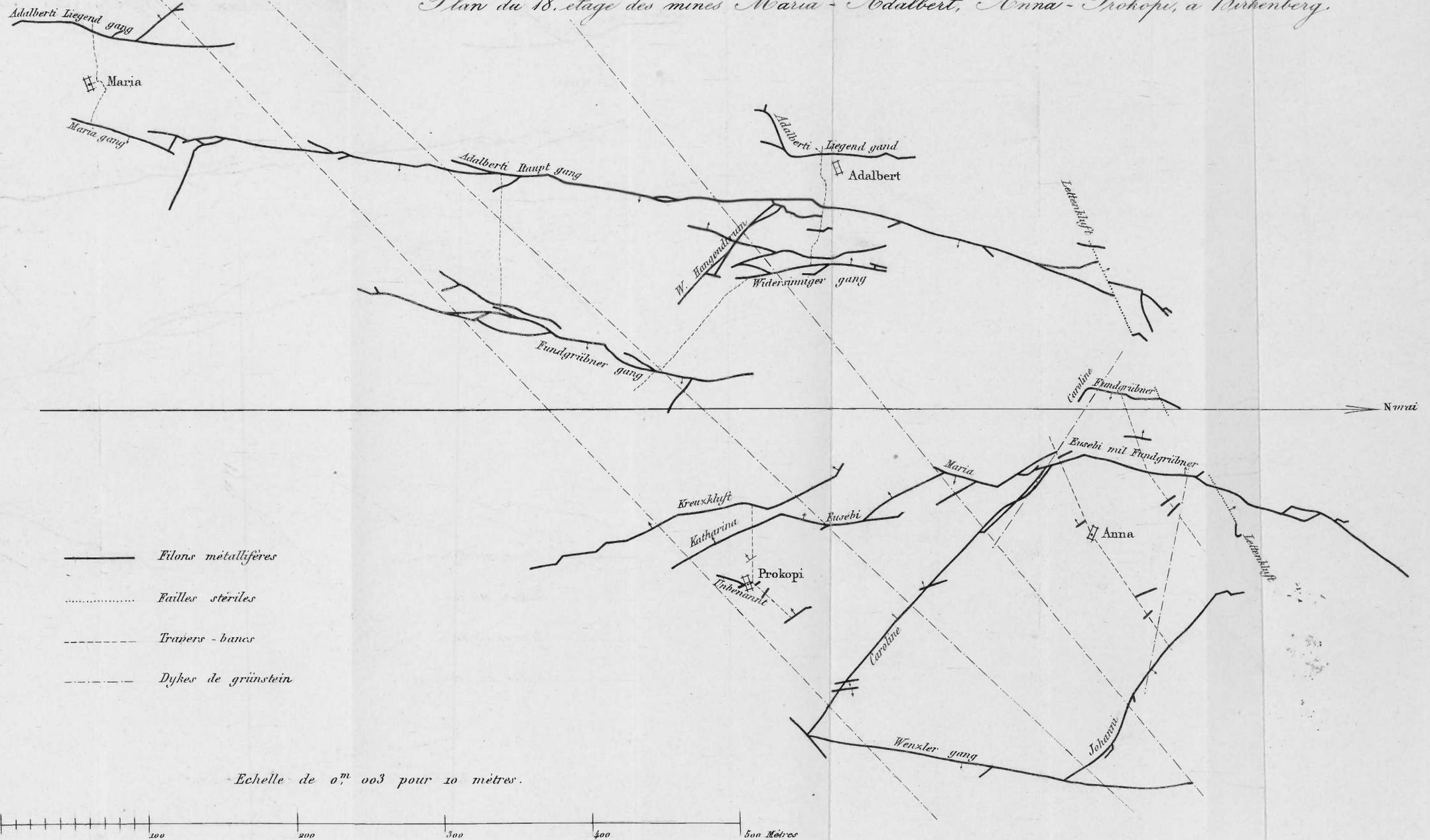


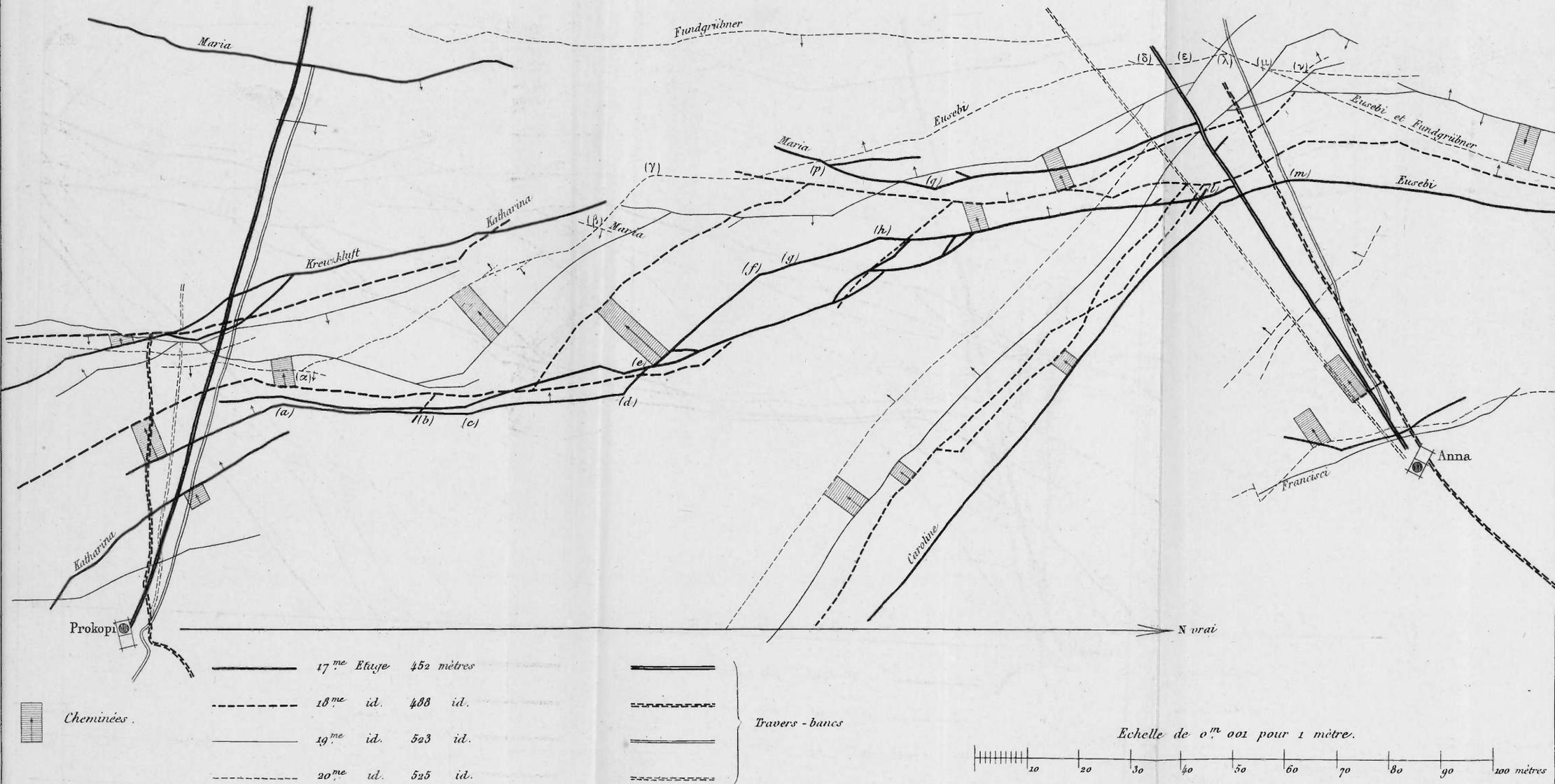
Fig. 2. Coupe verticale des filons du district Maria Adalbert. Echelle de 1/4000



Plan du 18.^e étage des mines Maria-Adalbert, Anna-Prokopi, à Reichenberg.

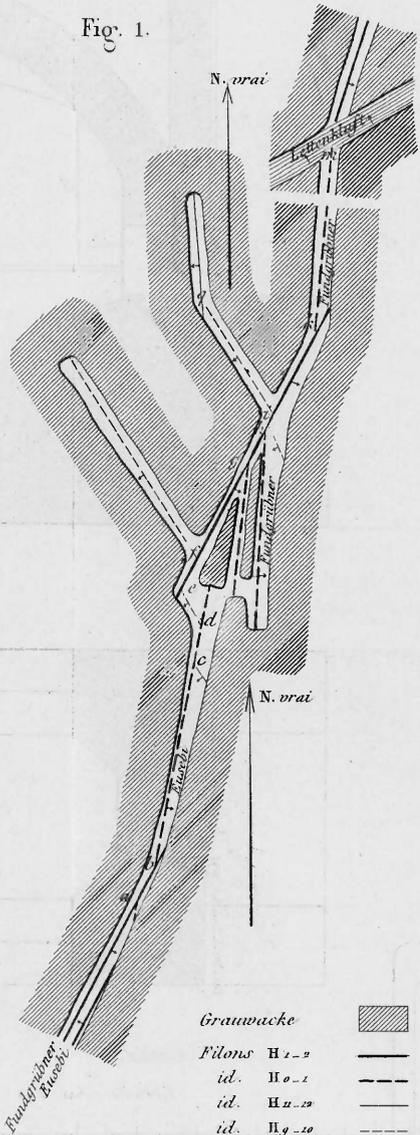


Eusebi, Kreuzkluft, Maria, Fundgrübler et Caroline, du 17.^e au 20.^e étage.



*Fundgrübnen et Eusebi
vers la Lettenkluft
au 20^{ème} étage.*

Fig. 1.



Echelle de 0^m 401 pour 1 mètre

Fig. 2.



Fig. 3.

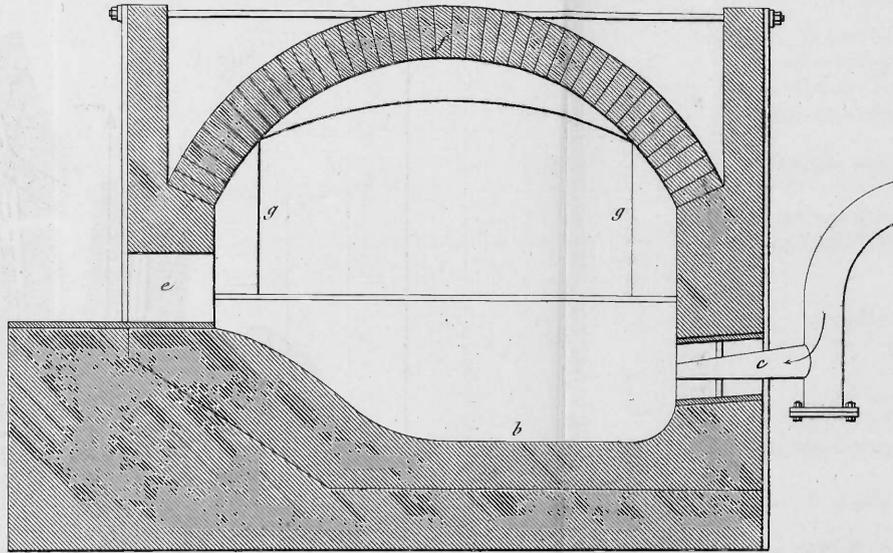
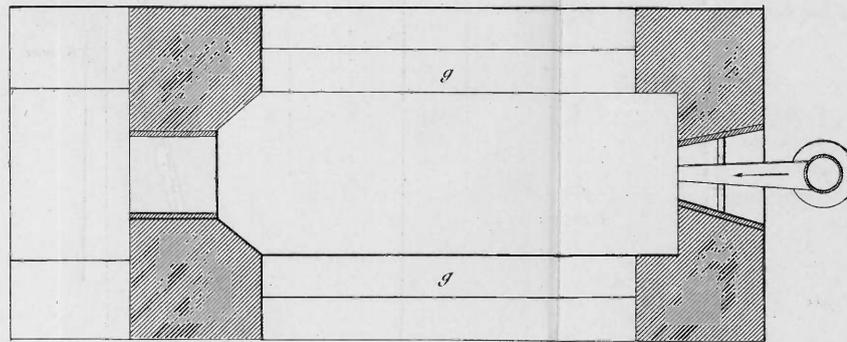


Fig. 4.



Echelle des Fig. 3 et 4 de 0^m 04 pour 1 mètre.



Fig. 5.



Fig. 6.
région verte

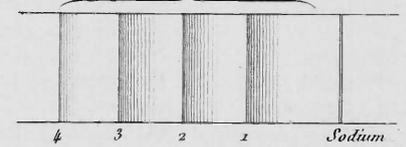


Fig. 7.

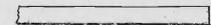


Fig. 8.

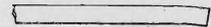


Fig. 9.

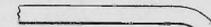


Fig. 10.

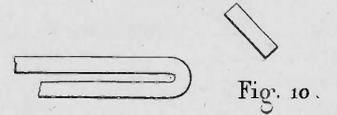
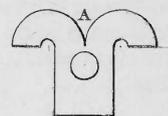


Fig. 11.



Fig. 12.

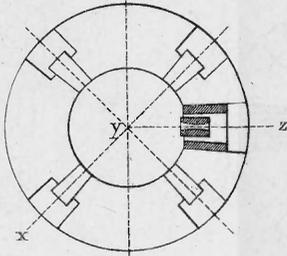


Haut fourneau de la Kainrichshütte.

Fig. 1.

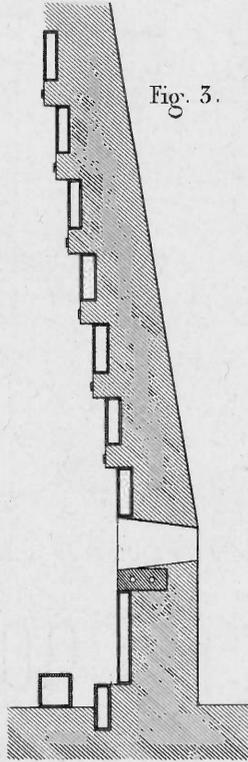
Haut fourneau de Mühlhofen
Coupe verticale xy

Fig. 2.



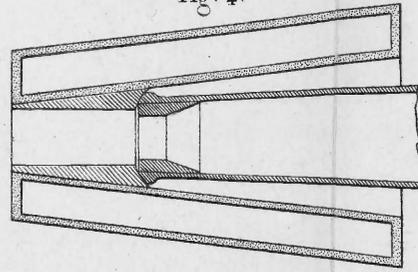
Haut fourneau de la Rolandshütte.

Fig. 3.



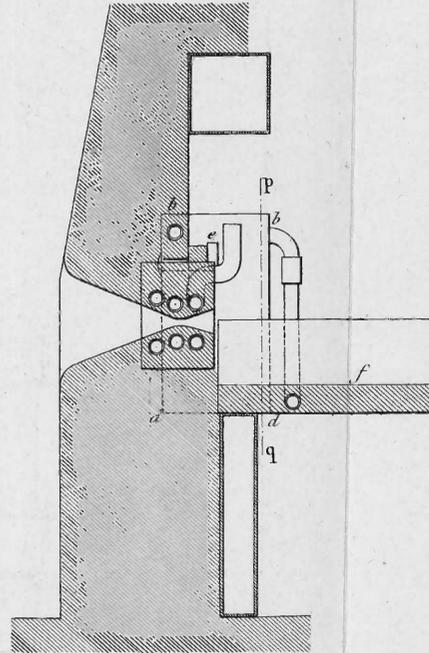
Détail de la buse à l'usine de Kreuthal.

Fig. 4.



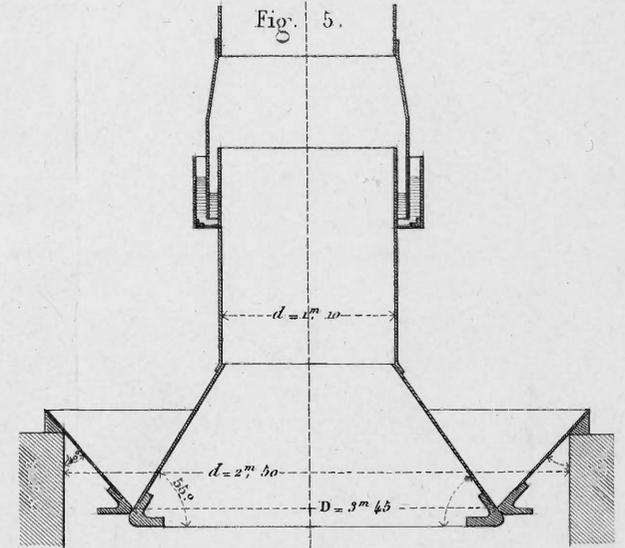
Lürmann's form (Fig. 7 à 10.)

Fig. 7. Coupe verticale.



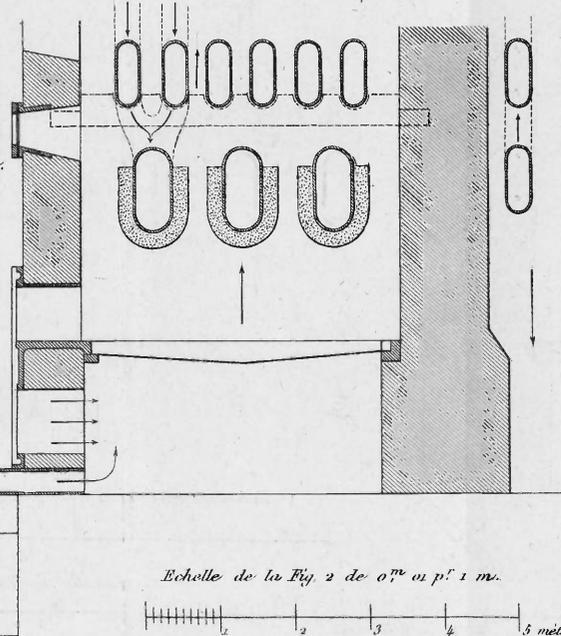
Appareil de chargement et de prise de gaz de l'usine Charlottenhütte.

Fig. 5.

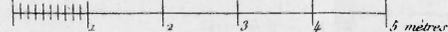


Appareil à chauffer l'air.

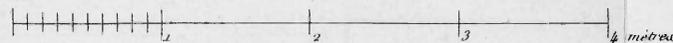
Fig. 6.



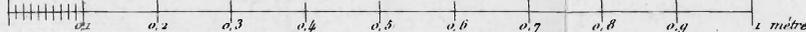
Echelle de la Fig. 2 de 0m 01 p. 1 m.



Echelle des Fig. 1, 3 et 5 de 0m 02 pour 1 mètre



Echelle de la Fig. 4 de 0m 10 pour 1 mètre



Echelle de la Fig. 6 de 0m 333 pour 1 mètre.



Echelle des Fig. 7 à 10 de 0m 05 p. 1 mètre

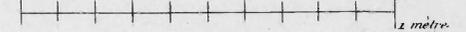
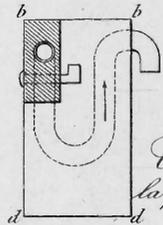


Fig. 8.

Coupe suivant uv.



Coupe suivant pq.
la pièce du milieu enlevée.

Elevation

Fig. 9.

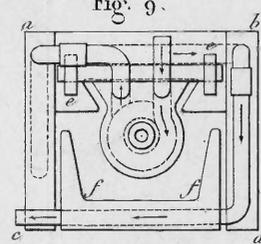


Fig. 10.

