

on fut assuré qu'elle ne contenait point de magnésie.

c. Le muriate de baryte ne troubla pas la dissolution.

d. L'autre moitié de la dissolution *b* fut neutralisée par l'ammoniaque, et l'oxyde de fer précipité par le succinate d'ammoniaque; on chercha en vain dans la liqueur filtrée du manganèse, de la chaux et d'autres substances.

#### Conclusion.

Le minéral désigné ci-dessus est conséquemment un oxyde de fer complet cristallisé en cube: cette combinaison contient, d'après mes dernières recherches, 70,5 de fer et 29,5 d'oxygène.

## A N A L Y S E

### *De quelques Minerais de fer et Produits de fourneau du Creusot.*

Par M. GUENYVEAU, Ingénieur des Mines.

L'USINE du Creusot est une des plus considérables qu'il y ait en France, et l'on ne pourrait peut-être lui en comparer aucune autre chez nos voisins, si la fabrication était portée aussi haut qu'elle pourrait l'être; elle est aussi remarquable par la diversité des travaux qui s'y font, que par la perfection et la grandeur des objets fabriqués.

Pendant le séjour que je fis, au commencement de l'année passée (1807), sur cet établissement avec M. l'Ingénieur des Mines Bouesnel, nous donnâmes une attention particulière au traitement des minerais de fer à la houille carbonisée ou coak; ce procédé qui vient des Anglais, pourrait être mis en usage dans un grand nombre de Départemens renfermant des mines très-abondantes de fer et de houille, si ses avantages étaient mieux démontrés et plus connus. C'est au Creusot qu'on en a fait le premier et jusqu'ici le seul essai; mais les minerais qu'on emploie étant de mauvaise qualité, ainsi qu'on le verra par la suite de ce travail, on ne doit pas être étonné si le succès n'a pas été complet, et on ne peut rien en conclure contre le procédé lui-même. Je vais présenter un certain

nombre de faits, et quelques réflexions qui pourront servir à diriger, dans l'examen, des avantages que l'on peut attendre de l'établissement des fonderies de fer alimentées par la houille carbonisée, et à faire juger des moyens qui peuvent en assurer le succès.

J'ai recueilli les diverses sortes de minerais et de combustibles employés, ainsi que les produits du fourneau, et ils ont été analysés avec soin; c'est après avoir comparé les résultats de ces recherches avec les faits que j'ai observés, que je tâcherai d'apprécier l'influence des principes composans, sur les phénomènes de l'opération de la fonte. Les renseignemens que M. Chardon, propriétaire-associé, et MM. les directeurs Dessertenne et Pernollet, m'ont donné avec la plus grande complaisance, m'ont été d'un grand secours, et si par des motifs imprévus, je n'eusse été obligé de quitter l'établissement plutôt que je ne l'avais présumé, j'aurais pu rassembler un plus grand nombre de faits, et rendre ces recherches plus utiles: j'ai cru cependant que, tout incomplètes qu'elles sont, elles pourraient intéresser quelques personnes, principalement sous le rapport de l'application de la chimie-pratique à la métallurgie.

#### *Houille carbonisée ou Coak.*

La houille du Creusot est en général de bonne qualité, quoiqu'elle contienne souvent des pyrites de fer: celle que l'on retire de la grande couche est collante, et préférée pour faire le coak, à celle qui vient des *Galleries*

(autre mine voisine); celle-ci est plus sèche, et laisse un résidu plus considérable après la combustion.

On distingue deux espèces de coak: la première, faite avec de *gros morceaux* de houille, ordinairement tirés de la grande couche et carbonisés à l'air libre, est la meilleure; la seconde comprend le coak fait dans des fourneaux particuliers avec de petits morceaux de houille; ce coak est plus pesant et plus difficile à brûler que le précédent; il n'est jamais employé seul dans le haut fourneau, mais toujours mélangé avec l'autre, dans une proportion déterminée.

#### 1°. *Coak provenant de la carbonisation de la houille en gros morceaux.*

Je fis bouillir pendant une heure de l'acide nitro-muriatique concentré sur 20 grammes de coak pulvérisé: la dissolution de muriate de baryte précipita de la liqueur filtrée, 0<sup>sr</sup>,3 de sulfate de baryte, qui contiennent 0<sup>sr</sup>,042 de soufre, et indiquent environ *trois millièmes de soufre* dans ce coak.

J'ai fait brûler sous la moufle 10 grammes de coak réduit en poussière, et placés dans une petite capsule de porcelaine; la combustion s'est opérée de la même manière que celle du charbon de bois, avec une flamme bleuâtre à peine sensible et dans un tems assez court: le résidu était gris rougeâtre et pesait 0<sup>sr</sup>,27, environ 3 centièmes du coak employé. J'y ai reconnu la présence de la chaux, de l'alumine et de la silice; il y avait aussi un peu d'oxyde de fer.

J'aurais bien désiré savoir s'il se trouve du phosphore dans ce combustible ; mais comme la quantité qu'on peut y supposer est fort petite, il aurait fallu opérer sur un poids beaucoup plus considérable que celui que j'avais à ma disposition. Cependant la chimie offrant des moyens de reconnaître et d'apprécier de très-petites quantités d'acide phosphorique, je ne doute point qu'en traitant 80 ou 100 grammes de houille ou de coak pulvérisé, par l'acide nitro-muriatique et à plusieurs reprises, on n'en enlève tout le phosphore converti en acide phosphorique, et que si ce coak en contient une quantité sensible, on ne puisse la déterminer par ce procédé. Enfin si l'on recherchait aussi l'acide phosphorique dans le résidu de la combustion, de 200 ou 300 grammes, on pourrait connaître d'une manière certaine, si une espèce de houille ou de coak donnée, contient du phosphore et en quelle proportion.

Composition pour 100 parties,

Résidu terreux. . . . .	3
Soufre. . . . .	0,3
Charbon. . . . .	96,7
	<hr/>
	100,0

Si tout le coak provenant des gros morceaux de houille, ressemble à celui que j'ai examiné, c'est un des meilleurs combustibles fossiles que l'on puisse trouver.

2°. Coak provenant de la houille en petits morceaux.

Ce coak est regardé comme d'une qualité inférieure à celle du précédent ; cela peut tenir à la composition de la houille, et aussi à ce que les petits morceaux de ce combustible se mêlent avec des débris et de la terre, dont il est difficile de les distinguer et de les séparer.

15 grammes de ce coak brûlés sous la moufle, ont laissé un résidu de 1<sup>er</sup>,73, ou 11,5 pour 100 ; la combustion a été assez lente ; le résidu était rougeâtre, et contenait beaucoup d'oxyde de fer : l'analyse m'a fait connaître que sur 100 parties il y avait, 7 de *silice*, 3 d'*alumine*, 27 de *chaux*, et 60,5 d'oxyde rouge de fer.

Le coak contient donc pour 100 parties,

Silice. . . . .	0,77
Alumine. . . . .	0,33
Chaux. . . . .	3,00
Oxyde de fer. . . . .	6,66
Charbon. . . . .	89,24
	<hr/>
	100,00

La composition du coak est sans doute variable, et la proportion du fer qui vient probablement des pyrites qui se trouvent dans ce combustible, doit l'être encore davantage, mais cela ne doit pas empêcher de remarquer, que parmi les principes terreux, c'est la *chaux* qui domine : Lampadius, qui a fait beaucoup d'expériences sur diverses espèces de houilles (*Recueil des Mémoires sur la Chimie*), indique



la *chaux* et l'*alumine*, comme parties composantes, dominantes dans les résidus de la combustion de la houille; tandis que la *silice* ne s'y trouve qu'en très-petite quantité : j'insiste sur cet objet, parce qu'on fera voir par la suite, que l'addition de ces terres (la chaux et l'alumine) est nuisible à la fonte des minerais que l'on traite au coak, et que par conséquent le combustible qui contient le plus de ces substances, doit être le moins avantageux, indépendamment de ce qu'il est plus difficile à brûler.

#### *Minerais.*

On fond au Creusot trois sortes de minerais de fer; le *minerai de Chalancey*, assez pauvre et réputé de mauvaise qualité, est fondu avec du coak dans un fourneau de 13 mètres de hauteur, et dont les principales dimensions sont telles que M. Baillet les a données dans le *Journal des Mines*, n°. 16, page 18. Le *minerai de Riminy*, quelquefois désigné sous le nom de *mine froide*, est ajouté au précédent dans une proportion qui ne varie que lorsque le fourneau éprouve quelque dérangement intérieur; il est encore plus pauvre que celui de Chalancey, et peut donner du fer de bonne qualité. On n'emploie aucune substance terreuse pour faciliter la fusion de ces minerais. La *fonte* qui en provient n'a pas assez de ténacité pour servir à faire des canons; on la coule en lest de vaisseau.

La troisième espèce de mine de fer employée au Creusot, vient de Franche-Comté; c'est de la *mine de fer en grains* assez riche, et donnant

une fonte excellente, soit pour être convertie en fer, soit pour la fabrication des canons; ce minerai est fondu au charbon de bois dans un fourneau de 7<sup>m</sup>, 13 de hauteur: sa composition est vraisemblablement la même que celle des minerais de même espèce, analysés par M. Vauquelin. (*Journal des Mines*, tom, 20, p. 381).

#### 1°. *Minerai de Chalancey.*

On distingue deux variétés de ce minerai, l'une en morceaux plus ou moins gros, et composant la plus grande partie de ce qu'on emploie, l'autre est désignée sous le nom de *mine lavée*; je ne parlerai que de la première variété, la seule que j'aie analysée.

La mine de Chalancey est une mine en grains extrêmement petits, agglutinés fortement ensemble, et que l'on pourrait prendre, au premier coup-d'œil, pour une mine de fer oxydé en masse. Elle se trouve à une petite profondeur, en couches comprises entre des bancs de pierre calcaire. Le lieu de l'exploitation est très-proche du village de Couches, et à plus de trois lieues des fonderies. Ce minerai ne paraît pas très-homogène, et quelques parties d'un même morceau se trouvent souvent n'être que du carbonate de chaux coloré par un peu d'oxyde de fer: la quantité de fer qu'il contient me paraît aussi très-variable. Je ne me suis point attendu, d'après toutes ces considérations, à obtenir par l'analyse d'un seul échantillon, des résultats qui pussent représenter la *composition moyenne* des minerais et autres substance examinés, mais seulement des données sur leur

composition générale qui, quoique moins exactes, sont cependant précieuses, et suffiront pour donner l'explication d'un grand nombre de phénomènes.

L'essai, par la voie sèche, avec partie et demie de verre de borax, a donné,

Fonte de fer. . . . 15 pour 100

Les acides dissolvent ce minerai avec une vive effervescence : il perd 30 pour 100 de son poids, par la calcination, ce que l'on doit attribuer, pour la plus grande partie, au dégagement de l'acide carbonique ; sa couleur rouge jaunâtre passe au rouge brun dans cette opération.

Parties constituantes pour 100 :

Silice. . . . .	5,50
Alumine. . . . .	1,00
Chaux. . . . .	31,00
Oxyde rouge de fer. . . . .	29,00
Point de manganèse. . . . .	»
Point de chrome . . . . .	»
Phosphore. . . . .	0,21
Eau et acide carbonique. . . . .	30,00
Perte. . . . .	3,29
	<hr/>
	100,00

Quoique ce minerai soit bien de la même espèce, et vraisemblablement de la même formation que les mines en grains, je n'y ai point trouvé de chrome, non plus que dans la fonte qui en provient. J'ai aussi donné beaucoup de soins à la recherche du phosphore, afin de m'assurer si la présence de cette substance dans le minerai, et par suite dans la fonte, devait

être comptée comme une des causes de la mauvaise qualité de celle-ci : quoique la proportion de *deux millièmes* paraisse bien petite, je la crois suffisante pour avoir une grande influence sur la qualité de la fonte, parce qu'elle s'accumule dans ce produit, et que vu le peu de richesse du minerai, il faut en fondre une grande quantité pour obtenir un quintal de cette fonte ; il est encore possible que l'échantillon que j'ai analysé en contienne moins que d'autres ; cette conjecture serait même très-fondée, si ce phosphore existait dans les minerais à l'état de phosphate de fer, et était proportionnel à la quantité de fer ; car l'essai par la voie sèche ne m'a donné que 15 pour 100, tandis que le produit en grand est de près de 25.

2°. *Minerai de Riminy*, mine froide.

Il y a peu d'usines à fer dans lesquelles on ne donne le nom de *mine froide* à quelque espèce de minerai ; on peut supposer que cela signifie mine difficile à fondre (1), dans le plus grand nombre des cas ; mais il n'est pas impossible que cette dénomination ait été donnée à quelques-uns de ceux dont la présence dans

(1) Dans ce sens, il existe une grande quantité de mines froides : vraisemblablement toutes celles que les maîtres de forge rejettent à cause de cette qualité, n'ont été réputées difficiles à fondre ou même infusibles, que parce qu'on n'a pu y parvenir en essayant de les traiter avec les substances qu'on ajoute dans le pays à d'autres minerais, ou bien parce qu'en les mêlant avec ces autres minerais, le fourneau aura éprouvé quelque dérangement. De pareils essais ne suffisent

le fourneau empêchait les parois de celui-ci d'être attaquées et brûlées, suivant l'expression des fondeurs : on verra que cette supposition n'est point sans fondement, à l'égard du minerai de Riminy.

Ce minerai est en masses compactes et assez dur ; il ne présente point un assemblage de petits grains, et diffère en cela du précédent. Je ne connais rien de relatif à son gisement. On le regarde comme très-pauvre, mais donnant un fer de bonne qualité ; il n'est employé que pour aider la fusion de celui de Chalancey, et rétablir le fourneau lorsqu'il est embarrassé.

Parties constituantes pour 100.

Silice. . . . .	68,6
Alumine. . . . .	1,0
Une trace de chaux. . . . .	»
Une trace de manganèse. . . . .	»
Oxyde rouge de fer. . . . .	22,6
Eau et acide carbonique. . . . .	7,0
Perte. . . . .	0,8
	100,0

point pour décider qu'un minerai ne peut être fondu avec avantage, lorsqu'il est riche et ne contient aucun principe nuisible à la qualité du fer ; il s'ensuit seulement qu'on n'a pas trouvé les substances terreuses qu'il convient d'ajouter pour en faciliter la fusion. L'analyse chimique des minerais ou bien la connaissance de leur composition, résultant de celle de l'espèce minérale à laquelle ils appartiennent, lorsque cette espèce est bien déterminée, peuvent seules guider dans les recherches de cette nature et en assurer le succès ; car il n'existe point de substance terreuse qui ne puisse se fondre à la température ordinaire des fourneaux, avec une ou deux autres terres dont la nature et la proportion soient convenables.

Je n'y ai point recherché le chrome ni le phosphore.

Avant de comparer ces deux minerais, dont l'un est composé de chaux et d'oxyde de fer, et l'autre de silice et d'oxyde de fer, nous allons passer à l'examen des scories qui résultent de leur fusion.

1°. *Scories qui coulent quand le fourneau va bien.*

Cette scorie est blanche ou grisâtre, quelquefois d'un vert très-foncé ; elle est ordinairement opaque, sur-tout lorsqu'elle est de couleur blanche. L'échantillon soumis à l'analyse était un mélange de parties blanches et grises.

M. Bouesnel y a trouvé,

Silice. . . . .	49,6
Chaux. . . . .	30,0
Alumine. . . . .	15,0
Oxyde rouge de fer . . . . .	3,0
Point de manganèse . . . . .	»
Point de chrome. . . . .	»
	97,6

Il est permis de croire que tous les laitiers formés quand le fourneau n'éprouve aucun dérangement, sont composés des mêmes principes et à peu près dans les mêmes proportions ; on peut même conjecturer que ces proportions sont celles qui forment *la combinaison la plus favorable à l'opération de la fonte* des minerais de fer qu'on emploie, puisque tous les essais que l'on fait sur un fourneau en feu tendent à ce but.



En comparant le résultat de l'analyse précédente, avec celui d'une analyse que j'ai faite du laitier formé dans le fourneau de Geislautern, quand l'opération va bien, on est conduit à penser qu'il existe réellement des proportions dans lesquelles les mêmes terres doivent se trouver dans un fourneau, pour que la fonte des minerais de fer se fasse avec économie et succès.

Laitier du fourneau de Geislautern en verre assez transparent :

Silice. . . . .	49
Chaux. . . . .	30
Alumine. . . . .	15
Oxyde rouge de fer. . . . .	3
Oxyde de manganèse. . . . .	1
Une trace de cuivre. . . . .	»
	98,0

La coïncidence est si parfaite qu'on peut être tenté de l'attribuer au hasard; mais elle est aussi tellement remarquable, qu'on ne peut s'empêcher de croire que la proportion des principes terreux, qui a été déterminée par des essais faits dans l'un des fourneaux, ne se rapproche beaucoup de celle qui a été trouvée de la même manière dans l'autre (1). Au reste, il faudrait un grand nombre de faits analogues pour donner à cette conjecture toute la solidité que son importance réclamerait.

(1) Les minerais employés à Geislautern, sont des mines de fer argileuse, auxquelles on ajoute de la castine ou pierre calcaire.

2<sup>o</sup>. *Scories du haut fourneau du Creusot, quand la fonte ne va pas bien.*

Cette scorie est mal vitrifiée, très-poreuse, presque noire: elle ne contenait pas de grenailles de fonte, et je ne la regarde pas comme des plus mauvaises que l'on retire du fourneau. Quand les scories sont pâteuses et que le fourneau est engorgé, la fonte est blanche et beaucoup moins fluide qu'à l'ordinaire.

J'ai trouvé,

Silice. . . . .	39,5
Chaux. . . . .	35,6
Alumine. . . . .	18,0
Oxyde rouge de fer. . . . .	3,0
Une trace de manganèse. . . . .	»
	96,1

Quoique les principes de cette espèce de laitier soient les mêmes que ceux du précédent, les proportions sont sensiblement différentes; on peut sur-tout remarquer que la silice y est en moindre quantité, tandis que les deux autres terres y sont au contraire en plus forte proportion.

Les causes qui tendent à déranger la marche d'un fourneau, sont assez nombreuses, et il est souvent difficile de découvrir celle qui a le plus d'influence: une diminution dans la quantité d'air fournie par les machines soufflantes, une variation dans le combustible, et sur-tout dans les mélanges terreux, suffisent pour que les laitiers deviennent pâteux, et que le fourneau s'engorge; quelle que soit la cause

du dérangement d'un fourneau, soit que la température ou la fusibilité des mélanges diminuent, on cherche toujours à former une combinaison terreuse plus fusible que celle qui y existe déjà, et le remède le plus usité consiste à ajouter quelque substance terreuse, ou quelque espèce particulière de minerai qu'on a reconnu par expérience, propre à faciliter la fusion des autres. Au Creusot le minerai de Chalancey contient une très-grande quantité de chaux, et on le mélange, en certaine proportion, avec celui de Riminy qui contient beaucoup de silice et de l'alumine (1), de manière à former un laitier fusible à la température ordinaire du fourneau; il paraît que l'addition de la silice est indispensable; et que lorsque sa proportion diminue, la scorie perd de sa fluidité; c'est du moins ce que prouve l'analyse de celle n°. 2. Quand on connaît la composition de ces minerais, il est facile de comprendre combien l'emploi d'un coak qui contient beaucoup de substances terreuses (tel que celui n°. 2), et particulièrement de la chaux et de l'alumine, doit être nuisible à la fonte, en diminuant la fusibilité du mélange par la surabondance de ces terres.

Lorsque le haut fourneau du Creusot est embarrassé, non-seulement les laitiers deviennent pâteux, mais la tuyère (qui est en argile) est

(1) La proportion d'alumine trouvée dans les minerais, ne répond point du tout à celle qui est dans les scories; je soupçonne que c'est celui de Riminy qui en contient ordinairement plus qu'il n'y en avait dans l'échantillon que j'ai analysé.

corrodée

corrodée et brûlée: il me parut d'abord fort difficile d'expliquer ce phénomène; mais en réfléchissant sur l'action que les matières contenues dans un fourneau, doivent nécessairement avoir sur ses parois, je présurai que ces substances se vitrifieraient avec les terres qui composent ces parois, en exerçant sur elles une certaine affinité, et que cela n'avait pas lieu, lorsque la proportion des élémens terreux était telle, que les affinités étaient satisfaites, et que toutes les terres se saturaient réciproquement à la température du fourneau. Cette conjecture se tournera en certitude, si l'on observe qu'on rétablit la fluidité des scories, en augmentant la proportion de *mine froide* qui contient 60 centièmes de *silice*, et qu'alors la tuyère, dont l'argile contient aussi 80 pour 100 de la même terre, n'éprouve plus aucune altération. Il est évident que le laitier, dont la fusion est très-difficile, parce que la silice est en trop petite proportion, tend à se combiner avec cette terre, et détruit les parois du fourneau dans lesquelles elle se trouve, tandis que lorsque les laitiers en sont saturés (eu égard à la température) les parois ne peuvent plus être endommagées. C'est une condition essentielle de tout mélange terreux introduit dans un fourneau, de n'exercer qu'une action très-faible ou à peu près nulle, sur les substances dont les parois sont composées; mais il est facile de remplir cette condition après quelques essais, et l'on peut dire que les minerais que certains maîtres de forge rebutent, parce qu'ils détruisent leur fourneau, pourraient être employés;

Volume 22.

G g



soit en changeant la nature des parois, soit en cherchant à établir une proportion convenable entre les terres qui doivent former les laitiers. Il suit encore de ces faits, que le choix des matériaux qui doivent servir à construire l'intérieur des fourneaux est, jusqu'à un certain point, dépendant de la nature des minerais, et qu'il ne suffit pas qu'ils soient infusibles par eux-mêmes. On emploie dans quelques usines la chaux carbonatée pour faire les ouvrages des fourneaux ; je crois qu'on ne pourrait pas l'adopter pour toute espèce de minerais, et par exemple, pour ceux qui sont très-argileux, du moins sans de grandes précautions : en général on doit choisir des matériaux tels que, lorsque la fonte se dérange, les laitiers ne puissent rétablir leur fluidité aux dépens des parois du fourneau.

Toutes ces observations tendent à prouver que l'art de fondre les mines de fer dans les hauts fourneaux, se réduit à trouver des mélanges terreux, tels qu'à la température à laquelle ils doivent se trouver exposés, ils forment des laitiers qui aient une fluidité convenable et n'attaquent point les parois du fourneau, à entretenir constamment la température au même degré, et enfin à savoir remédier aux accidens qui résultent des variations inévitables dans la composition des minerais et des combustibles.

## 3°. Fonte de fer.

L'analyse de cette fonte, très-remarquable par sa mauvaise qualité, m'a paru devoir donner des résultats intéressans, et le grand nombre d'expériences que j'ai faites, ne me laisse guère de doutes sur les proportions de ses composans, si ce n'est peut-être sur celle du charbon, qu'il est toujours difficile d'apprécier avec exactitude.

La cassure de cette fonte est grise, à très-petits grains et un peu terne : elle est très-fragile, et susceptible d'être réduite en poussière. Elle est douce à la lime et prend très-bien les formes au moulage.

Parties composantes. Pour 100.

Silice. . . . .	3,5
Alumine. . . . .	0,8
Chaux. . . . .	0,5
Soufre. . . . .	0,3
Phosphore. . . . .	0,75 (1)
Charbon. . . . .	2,10
Trace de mangan. . . . .	»
Point de chrome. . . . .	»
Fer métallique. . . . .	93,15
	<hr/>
	100,00

(1) J'ai trouvé, dans une première expérience, 0<sup>sr</sup>,4 de phosphate de chaux pour 10 grammes de fonte ; dans une seconde 0<sup>sr</sup>,33 : la moyenne est 0<sup>sr</sup>,36, qui contiennent, d'après les expériences de M. Berthier, 0<sup>sr</sup>,075 de phosphore.

La grande quantité de phosphore contenue dans cette fonte, suffit bien pour expliquer sa fragilité, et l'on peut croire que le soufre qu'elle contient n'a pas une grande influence sur cette propriété; il n'en est pas de même des substances terreuses qui s'y trouvent dans une proportion assez considérable, et je crois qu'elles doivent contribuer à rendre la fonte cassante; cependant cela seul ne pourrait empêcher qu'on n'en fît des canons, parce que toutes ces substances doivent se séparer facilement du fer, dans la refonte au fourneau à réverbère.

Je pense avec le directeur de la fonderie du Creusot, que la mauvaise qualité de la fonte, c'est-à-dire, son défaut de ténacité, qui empêche qu'on ne l'emploie à la fabrication des canons, tient uniquement à la nature du minerai, et point du tout au procédé, ni au combustible. On a fondu avec du coak de la mine en grains de Franche-Comté, qui donne de très-bonne fonte quand on la traite au charbon de bois; celle qu'on obtint fut employée à faire un canon auquel on fit subir toutes sortes d'épreuves; il y résista parfaitement, et l'on demeura convaincu qu'en fondant avec le coak un minerai de bonne qualité, on obtiendra de la fonte propre à la fabrication de toutes sortes d'objets moulés. Malgré cet essai, on n'a jamais livré de canons coulés avec de la fonte obtenue avec le coak; on n'emploie jamais que celle de Franche-Comté, ou bien de la fonte provenant du minerai de ce pays, fondu au charbon de bois sur l'établissement;

n'en ayant point trouvé parmi les échantillons que j'ai rapportés, je n'en ai pas fait l'analyse; mais j'y suppléerai jusqu'à un certain point, en donnant les parties composantes d'une fonte qui a été envoyée au Conseil des Mines par l'inspection de l'artillerie, comme étant très-propre à la fabrication des canons. J'ignore d'ailleurs de quelle usine elle vient, et si elle a été refondue au fourneau à réverbère.

Cette fonte est grise et lamelleuse dans sa cassure; elle est malléable sous le marteau, et paraît fort difficile à casser; elle est très-douce à la lime.

J'ai y trouvé,

	Pour 100.
Silice. . . . .	0,54
Une trace d'alumine. . . . .	»
Phosphore. . . . .	0,27 (1)
Point de soufre. . . . .	»
Charbon. . . . .	2,40
Un peu de chrome. . . . .	»
Fer métallique. . . . .	96,79
	100,00

J'ai été étonné de trouver autant de phosphore dans une fonte regardée comme très-propre à faire des canons; il faut croire que

---

(1) Dans une première expérience, 10 grammes de fonte m'ont donné 0<sup>sr</sup>,11 de phosphate de chaux; une autre 0<sup>sr</sup>,23 pour 15 grammes. La moyenne 0<sup>sr</sup>,13 indique 0<sup>sr</sup>,027 de phosphore.

cette proportion , qui aurait certainement de l'influence sur la qualité du fer , est encore trop petite pour rendre la fonte fragile. J'ai cherché à apprécier aussi le chrôme qui y est contenu , et que je crus d'abord en quantité susceptible d'être dosée ; mais plusieurs expériences m'ont convaincu qu'il n'y en avait pas un millième du poids de la fonte.

## M É M O I R E

*Sur la manière de connaître et comparer la force des chevaux.*

Par M. REGNIER (1).

LORSQU'ON commença à employer le dynamomètre pour connaître et comparer la force des chevaux , on attachait l'instrument à un point fixe , comme on le voit par les figures qui ont été gravées dans les Journaux de l'École Polytechnique et des Mines.

Mais l'expérience a démontré que les résultats étaient souvent irréguliers , soit par les secousses de l'animal soumis à l'épreuve , soit par les contre-coups qui portaient l'aiguille sur le cadran à un degré plus élevé que celui qui devait faire connaître la valeur de l'action du cheval.

Pour parer à cet inconvénient , on a imaginé d'accrocher le dynamomètre à une corde tendue sur un arc en bois de frêne ( voyez la *pl. VIII* ), composé de six planches posées

(1) Ce Mémoire fait suite à celui que nous avons déjà inséré dans ce recueil , N<sup>o</sup>. 97 , et dans lequel on s'est attaché à décrire le dynamomètre de M. Regnier , avec d'autant plus de soins , que l'expérience a démontré que dans beaucoup de circonstances cet ingénieux instrument est susceptible de conduire à des résultats , dont la connaissance ne peut manquer d'être utile à l'art des mines.