

Analyse du fer / par M. Torb. Bergman ... ; traduite en françois avec des notes & un appendice, & suivie de quatre mémoires sur la métallurgie; par M. Grignon.

Contributors

Bergman, Torbern, 1735-1784.
Grignon, Pierre Clément, 1723-1784.
Beugnet, Jean, -1803.

Publication/Creation

A Paris : Chez Méquignon ..., 1783.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/snyht8gp>

License and attribution

This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.



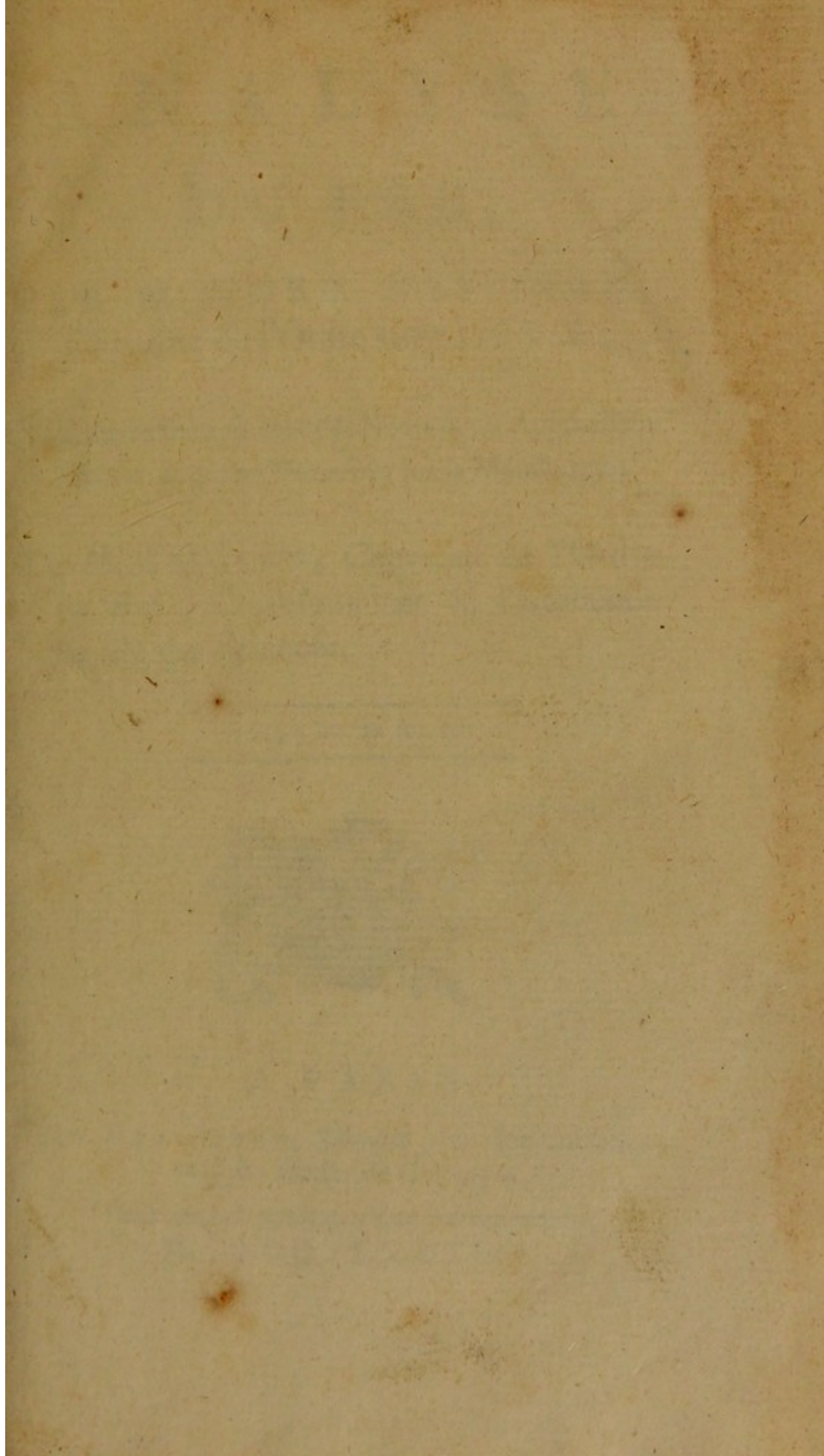
Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>

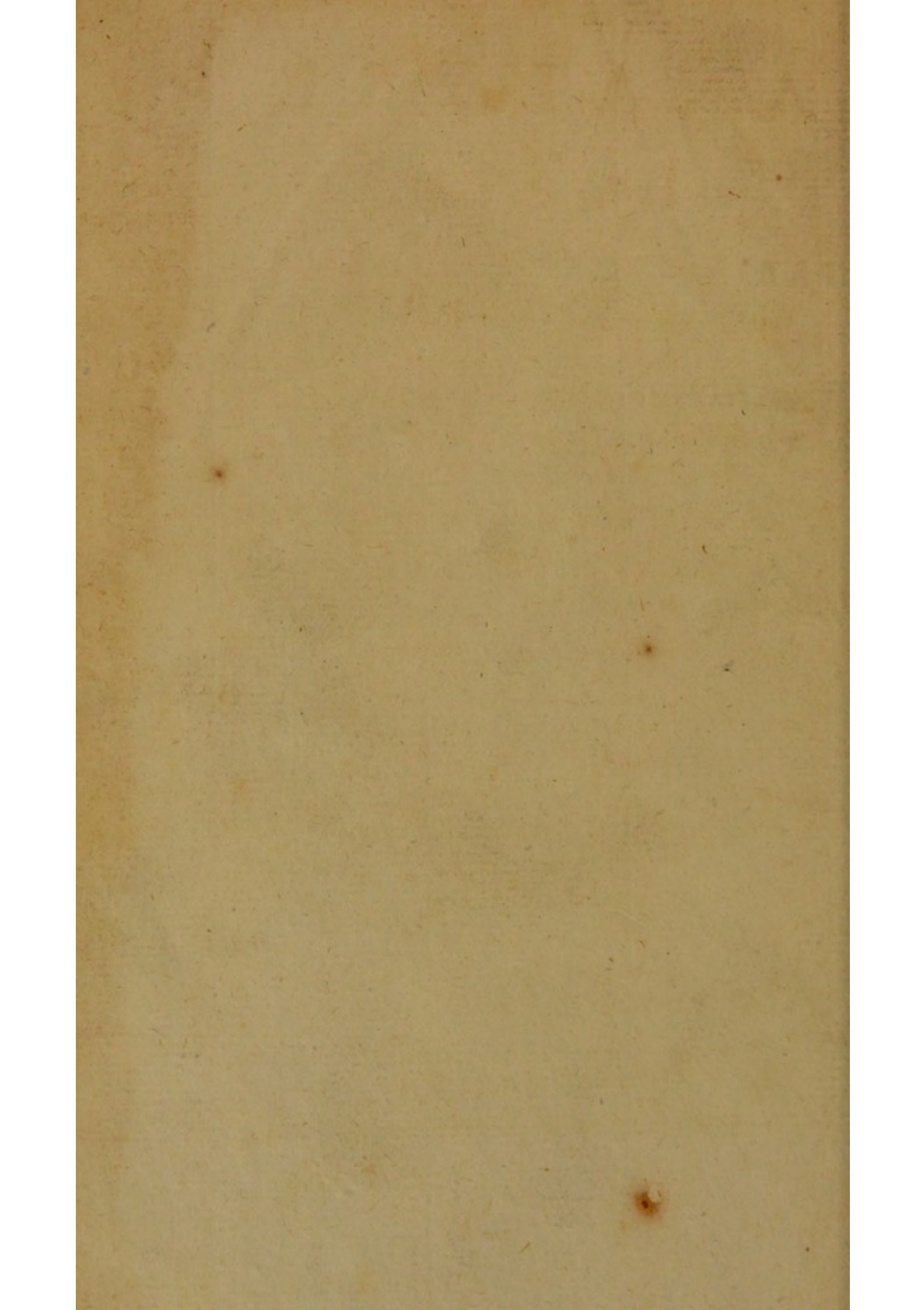






13380/B





4230

ANALYSE DU FER,

PAR M. TORB. BERGMAN,
Chevalier de l'Ordre Royal de Vasa;

Traduite en françois avec des Notes & un Appendice,
& suivie de quatre Mémoires sur la Métallurgie;

Par M. GRIGNON, Chevalier de l'Ordre
du Roi, Correspondant de l'Académie
royale des Sciences.

Prix, 3 liv. 12 fols br.



A PARIS.

Chez MÉQUIGNON, Libraire, rue des Cordeliers,
près des Ecoles de Chirurgie.

M. DCC. LXXXIII.

ALTA

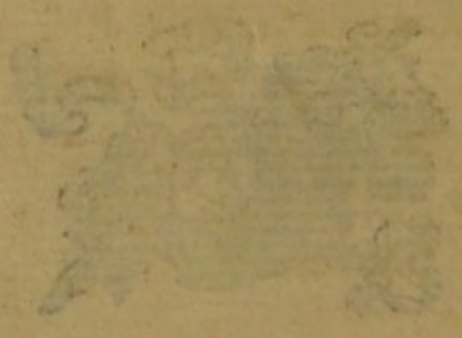
1870

TO THE EDITOR OF THE ALTA

Dear Sir,

I have the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 10th inst.

and in reply to inform you that the same has been forwarded to the proper authorities.



Yours faithfully,

W. D. C. LXXIII

W. D. C. LXXIII

P R É F A C E.

ETANT à Montpellier, dans l'automne de 1781, je reçus une lettre datée de Stockolm, du 13 novembre, de M. Stokenstrom, Assesseur du College Royal des mines, & Directeur-général du Roi, pour les forges à fer, en Suède.

Ce favant, dont j'ai fait la connoissance à Paris, dans un voyage qu'il fit en France en 1779, me mandoit que M. Bergman, rendu aux vœux ardens de ses amis, venoit de publier sur l'Analyse du Fer, une dissertation digne de la célébrité de son auteur & de l'accueil des favans; » que M. Bergman, dans » cet Ouvrage, démontreroit évidemment par » des expériences, que la fonte différoit du » fer malléable, par une portion de *Molyb-* » *dène*; qu'ainsi convertir la fonte en fer forgé, » c'est la priver de cette matière, & y substituer de la chaleur qui, selon la théorie de » M. Bergman, entre comme élément constitutif dans tous les corps: que cette découverte remarquable avoit été suivie d'une » autre encore plus glorieuse pour M. Bergman, qui la lui avoit communiquée depuis

» peu de jours, & qu'il avoit assez de con-
» fiance dans son récit pour me la commu-
» niquer, quoique M. Bergman *n'ait pas en-*
» *core publié son essai*. Ce savant avoit trouvé
» la cause de la *fragilité* du fer cassant à froid,
» par la dissolution d'une mine, ou même
» d'un régule de fer de cette espèce, par une
» précipitation d'une dissolution quelconque,
» lesquels donnent un précipité blanc : c'étoit
» une poudre qui se précipitoit de la chaux
» du fer, & qui avoit les propriétés suivan-
» tes. Elle est blanche, c'est un caractère
» différent de la chaux du fer; calcinée, elle
» n'est pas attirable à l'aimant; traitée au feu
» avec quelques matières phlogistiques, elle
» donne un régule très-cassant & bien plus
» fusible que la fonte de fer; *ce régule n'est*
» *pas attirable à l'aimant*. Sa pesanteur spéci-
» fique est cependant presque la même que
» celle du fer avec lequel il se fond très-aisé-
» ment; & ce qui est très-remarquable, c'est
» qu'il le rend tout de suite très-cassant & fra-
» gile, & que M. Bergman n'a pu obtenir
» cette poudre blanche d'aucun autre fer qui
» n'est pas cassant à froid. Enfin, si ces hy-
» pothèses sont évidemment constatées, que
» je dois sentir quels éclaircissemens la Chi-
» mie & la Métallurgie en tireront. «

La célébrité justement méritée de M. Ber-

gman, la nature de la matière qu'il traite, la confiance que je dois à M. Stockenström avec lequel je suis lié par l'estime, l'amitié & l'analogie des travaux, me firent naître le plus grand desir de connoître plus particulièrement la dissertation de M. Bergman. Mes occupations me retinrent dans différentes Provinces, jusqu'au mois d'avril dernier. En arrivant à Paris, je cherchai inutilement dans la librairie, un exemplaire de la dissertation de M. Bergman.

J'appris que ce Savant, correspondant de l'Académie des Sciences de Paris, avoit adressé à cette Compagnie, son Ouvrage dont M. Bertholet lui avoit rendu compte, & l'avoit encore entre les mains; effectivement, M. Bertholet me le remit en mai dernier.

J'aurois fort désiré pouvoir me procurer le rapport de M. Bertholet, pour connoître & profiter du jugement que l'Académie avoit porté de cet Ouvrage; mais, quoique l'Auteur m'eut assuré qu'il étoit imprimé dans le Journal des Savans, je ne le trouvai nulle part.

En 1778, en faisant l'Analyse des mines spathiques de fer des montagnes d'Allevard en Dauphiné, j'avois obtenu par la dissolu-

tion dans l'acide vitriolique & dans l'acide nitreux précipité par l'alkali fixe, un sédiment blanc flottant long-temps avant de se déposer.

L'espèce de mine, appelée *Rive*, m'a donné constamment ce sédiment; & je n'en ai point obtenu de l'espèce de mine appelée *Maillat*. Ce dernier donne un fer très-doux; & l'autre un très-bon acier, lorsqu'il est préparé avec art: l'un & l'autre donnent du fer & de l'acier par des procédés différens.

Je ne pouvois reconnoître dans cette poudre blanche obtenue du précipité desséché, la propriété de produire la fragilité des fers cassans à froid; parce que tous les fers que l'on fait en Dauphiné, sont très-doux & très-nerveux; qualité qui leur est transmise par la nature du procédé que l'on emploie & qui est analogue au caractère du minéral.

J'étois même éloigné de soupçonner dans cette poudre, cette propriété; parce que j'étois dans le sentiment dans lequel je persiste, que la fragilité à froid de certain fer, ne procède que de la matière de la chaleur en excédance; & que la ductilité parfaite procède du phlogistique réuni à la matière de la chaleur au point d'une parfaite saturation & par pénétration.

J'avois donc lieu d'être très-impatient de connoître l'Ouvrage de M. Bergman, de méditer ses nombreuses expériences, & de m'imbiber profondément de ses principes.

Une première lecture rapide n'a servi qu'à me faire connoître l'immensité du travail de M. Bergman, qui a su concentrer dans quelques pages, le détail, l'analyse, les résultats & les conséquences de 273 expériences, toutes instituées avec un but direct, une sagacité étonnante, un ordre, une précision mathématique, suivies enfin avec une patience & un courage que le seul amour de la vérité & de la gloire peuvent inspirer à son auteur.

Je relus l'Analyse du fer de M. Bergman, la plume à la main; je fis des notes: bientôt elles s'accumulèrent au point d'être presque aussi volumineuses que le texte. Si je voulois me concentrer, je devenois obscur, & je m'apperçus que je faisois l'extrait de l'extrait d'un travail immense. Je me déterminai à traduire la totalité, persuadé que par ce travail je viendrois à bout de mieux saisir & d'entendre tous les principes fondamentaux de la doctrine de l'auteur. Mon but se bor-
noit à mon utilité particulière.

Mais réfléchissant ensuite que cet Ouvrage, indépendamment de la doctrine qu'il renfer-

moit, contenoit des faits du plus grand intérêt, & des observations lumineuses sur la nature & les propriétés du fer, j'ai cru rendre un service à ma Patrie, en lui présentant sous son idiome naturel l'ouvrage d'un savant étranger, qui, quoiqu'il soit écrit en latin, pourroit n'être ni lu, ni entendu du plus grand nombre des personnes auxquelles il peut être de la plus grande utilité.

Beaucoup d'excellens Chimistes ont négligé la langue latine, & n'ont pas moins formé de grands hommes. L'on peut apprendre la Métallurgie & les Mathématiques en françois; & beaucoup de maîtres de forges & de braves militaires qui sont entrés dès leur plus tendre jeunesse au service de l'artillerie, sont savans sans entendre Cicéron ni Démosthène.

L'on fait combien le Corps Royal d'artillerie réunit de bons officiers très-versés dans l'art des forges, de la fonte des bouches à feu, & de tout le travail des arsenaux de la guerre.

Pour faire des progrès plus rapides dans ces connoissances nécessaires, & procéder plus régulièrement & avec connoissance de cause, tant dans les opérations des forges, des arsenaux & des manufactures d'armes, que dans l'examen des objets soumis à leur

inspection; il est bon que les Commissaires connoissent à fond les principes constitutifs des matières qu'ils emploient. Ce motif est un des plus puissans qui me détermine à publier cette traduction, dont j'ai développé la théorie par des notes distribuées dans le corps de l'ouvrage, & par des observations particulières réunies dans l'Appendice qui suit cette traduction.

Animé du même zèle que M. Bergman, & cherchant avec la même candeur la vérité nue, je passe sur le peu de mérite & de considération qui résultent de la traduction matérielle d'un ouvrage, pour m'attacher au char de cet homme célèbre, même dans son pays,

J'ai laissé subsister dans le texte, l'ordre & l'enchaînement des matières, les poids & mesures de Suède, en indiquant seulement les rapports: je me suis attaché à rendre strictement la pensée de l'auteur; j'y ai même sacrifié l'élégance du style: quoiqu'elle ne soit qu'un foible accessoire dans des ouvrages scientifiques, elle a toujours droit de plaire au lecteur, & de l'attacher à suivre l'auteur avec plus d'attention & de persévérance. Mais indépendamment des notes, j'ai réuni à la fin de la traduction dans l'Appendice, presque toutes les expériences de M. Bergman,

je les ai concentrées dans des tableaux, pour que d'un coup d'œil l'on puisse juger les rapports & les disparités. J'ai eu l'attention de réduire le poids & la mesure de Suède, à ceux de France. J'ai analysé les résultats, & en ai tiré des conséquences, pour démontrer les fondemens de ma théorie de la matière du feu & du phlogistique, desquels dépendent les diverses sortes de variétés du fer.

Si je paroiss en opposition de sentiment à cet égard avec M. Bergman, je me félicite d'avoir un adversaire aussi illustre; mais je crois qu'il sera facile, non-seulement de nous juger, mais de nous concilier sur cette opposition; car M. Bergman connoît, démontre & assure que la matière du feu, & le phlogistique en doses différentes, occasionnent des changemens très-notables. Je reconnois qu'il y a dans le fer des matières étrangères, accidentelles qui peuvent être analogues à la plombagine, à la manganaise & à la matière filiceuse, qui ont paru telles à M. Bergman, d'après ses expériences; ces matières étrangères & d'autres qui peuvent toutes accidentellement exister dans le fer, sont des accessoires étrangers, même inutiles; puisque M. Bergman dit lui-même, qu'elles peuvent n'y pas toujours exister, & qu'elles ne sont pas nécessaires à l'existence du métal: il s'ex-

prime ainsi dans le premier paragraphe de la Section VIII.

» Il est nécessaire de rechercher & d'exa-
» miner les principales substances hétérogè-
» nes qui accompagnent souvent notre métal,
» (le fer), ou que l'on prétend qui lui sont
» unies, lesquelles ne sont point du nombre
» de ses parties constitutives, quoiqu'elles
» puissent influencer sur ses propriétés... telles
» sont la manganèse, la plombagine, &c.

Dans la Section IX, cet auteur ne reconnoît que deux principes immédiats du fer, qui sont une terre particulière & le phlogistique; j'y ajoute la matière de la chaleur: mais comme M. Bergman divise le phlogistique, qu'il appelle ailleurs principes subtiles, en phlogistique coagulant & en phlogistique réducteur; qu'il reconnoît ce phlogistique coagulant, pour être la matière de la chaleur; nous sommes donc très d'accord sur ce point.

Il ne s'agit que de décider si la fusibilité de la fonte de fer, l'infusibilité & la ductilité du fer doux, la propriété de l'acier de durcir à la trempe & d'y prendre plus de volume, si le défaut du fer cassant à chaud, & celui du fer cassant à froid; si tous ces accidens enfin procèdent de la différente modification

des molécules du fer, imprégnées en plus ou en moins, soit de la matière de la chaleur, soit du phlogistique, selon mon sentiment; ou si ces accidens dépendent de la matière filiceuse ou plutôt talqueuse, de la plombagine ou de la molybdène que M. Bergman y a trouvée, ou de substances approchantes de ces matières: car M. Bergman dit qu'il n'ose pas prononcer sur leurs parties constitutives, & qu'elles ressembleraient seulement à la plombagine & à la manganaise. Quant à la matière blanche à laquelle M. Bergman attribue la fragilité du fer cassant à froid, ce savant ne la décrit que par ses propriétés extérieures, sans une analyse qui puisse en démontrer l'essence.

Au surplus, j'ai trouvé abondamment de cette matière blanche, par l'analyse de la mine dite *Rive*, du genre des mines spathiques, & avec lesquelles on fait de bon acier & du fer très-doux en procédant convenablement; d'ailleurs il est si facile de rendre doux le fer le plus cassant à froid, qu'un tour de main suffit. La propriété du fer cassant à froid, ne procède donc point d'un précipité blanc qui ne tient sa couleur que de l'abondance de la matière de la chaleur, & de la privation du phlogistique & du magnétisme. L'amiante ferrugineuse est une matière très-

blanche , dénuée totalement du magnétisme & du phlogistique, principe générateur des couleurs , & contenant de la matière de la chaleur qui détruit toutes les couleurs naturelles & artificielles.

Le diamant réfléchit des couleurs éclatantes , parce qu'il contient du phlogistique qui le rend brûlant.

Le cristallin de roche n'en réfléchit point , parce qu'il ne contient que de la matière de la chaleur sans phlogistique ; il ne brûle pas comme les variétés du diamant.

D'après ce court exposé , le travail de M. Bergman , mes observations distribuées dans le cours de l'ouvrage & celles réunies dans l'Appendice, il est facile de nous juger, & de décider si , sans avoir égard aux matières métalliques ou terreuses étrangères qui peuvent contribuer à la propriété de la variété infinie de chaque fer en son genre , le plus ou le moins de la matière du feu & du phlogistique est le seul principe déterminant la propriété fondante, ductile , cassante à chaud ou à froid ; ou si ces accidens dépendent du mélange additionnel de la plombagine & de la manganaise suivant M. Bergman.

Ce savant a une théorie profonde , des connoissances de la plus grande étendue ; c'est un

judicieux appréciateur. Je ne peux opposer à tant de prérogatives, qu'une longue habitude de manier la matière du fer, des principes de physique pratique, & le vif desir de faire des découvertes utiles aux arts & à la société.

J'aurois publié plus tôt cette traduction, si je n'avois été obligé de l'interrompre pour un voyage dans les mines du Limousin, & pour plusieurs ouvrages qui m'ont été demandés.

Je vais reprendre le traité de l'acier, pour y donner la dernière main; il y a plus de trois ans qu'il est commencé; j'y ai établi dès ce temps, ma théorie fondée sur la matière de la chaleur & du phlogistique, du feu fixe & du feu volatil. J'en ai dit deux mots dans un Mémoire qui vient d'être imprimé dans le Journal de Physique du mois de sept. 1782, & dont le Gouvernement a fait tirer des exemplaires, sur les expériences que j'ai faites pour déterminer quelles sont les variétés de fer que fournissent nos Provinces, qui ont le plus de propriété à être convertis en acier, & dans lequel je n'ai pas cru devoir m'étendre sur cet objet, mais seulement d'en indiquer un aperçu.

Je pense qu'il est nécessaire que je fasse connoître ici mes idées sur le feu perma-

nent dans les corps , & le phlogistique qui est un feu volatil qui s'en sépare.

Les Savants ne sont pas d'accord sur la dénomination de ces deux formes du feu. Ils appellent le premier , matière de la chaleur , feu principe , feu élémentaire , phlogistique coagulant , & quelquefois feu fixe. Je considère ce feu permanent dans les corps , & qui ne peut en être dégagé que par des chocs violents , comme le feu fixe par essence. Je pense même qu'il ne doit pas être nommé autrement.

Le feu auquel Stahl a donné le nom de *Phlogiston* , que les Chimistes François de son école ont francisé , par le mot *phlogistique* , a été nommé ou défini , feu fixe , feu fixé par l'air , matière grasse , phlogistique revivifiant , soufre des métaux , principe inflammable ; en sorte que ces deux substances sont également appelées , feu fixe , ou fixé , ce qui jette beaucoup d'obscurité dans les écrits des Savants qui emploient le même terme pour exprimer deux éléments distincts & qui agissent différemment.

Sans rejeter le terme de phlogistique , qui par son origine radicale , exprime assez bien la nature de la chose , je pense qu'on doit le nommer feu volatil ; parce qu'il l'est en

effet , & par opposition au feu fixe dont il diffère ; afin de déterminer des idées précises sur ces deux substances qui ont chacune une manière d'être , & des modifications différentes.

Il n'est pas plus extraordinaire de distinguer le feu, en feu fixe & en feu volatil, que l'alkali ; puisqu'ils ont l'un & l'autre ces deux propriétés accessoires, quoiqu'ils soient identiques , chacun dans son essence.

L'alkali n'est rendu fixe que par son intime union avec une terre vitrescible qui lui communique sa fixité. L'alkali volatil n'est tel, que parce qu'il est combiné avec l'air & le feu qui lui donnent de la volatilité.

Il en est de même du feu ; le feu fixe , qui est celui qui reste inhérent au métal , après sa calcination , n'est rendu fixe , que par sa forte liaison avec la base terreuse élémentaire du métal. Cette union résiste à l'effet ordinaire du feu en action , & accompagne la terre métallique jusques dans sa vitrification ; au lieu que le phlogistique ou le feu volatil abandonne le métal auquel il étoit uni ; lorsque la calcination , soit sèche , soit humide , dégage l'air avec lequel il étoit combiné ; & cet air l'entraînant avec lui , le rend volatil , ou plutôt ces deux éléments

par leur élasticité reprennent leurs propriétés essentielles.

L'on peut donc, sans commettre un barbarisme en Chimie & en Métallurgie, appeler proprement feu volatil, ce que les Chimistes entendent par phlogistique, terme dont je me sers constamment dans cette traduction, tant pour me conformer à l'énoncé de M. Bergman, que pour ne point choquer l'oreille par un néologisme qui seroit cependant moins révoltant qu'alkali Prussien, sel microscopique, & autres qui ne donnent aucune idée de la nature des substances qu'ils désignent, & qui tiennent de l'amphigouri & de l'afféterie qui doivent être bannis des Sciences.

Je joins à cette Traduction, quatre Mémoires que j'ai lus à l'Académie des Sciences, qui peuvent être utiles aux progrès des Arts.

Dans le premier, je propose les moyens de perfectionner le travail des Ancres de Marine.

Dans le second, je m'occupe des moyens de perfectionner les travaux des Fonderies des Mines.

Le troisième contient des observations sur l'Action réciproque que l'Eau & le Feu ont l'un sur l'autre.

Et le quatrième, est celui sur la Cémentation dont l'édition est épuisée, & que le Public a désiré.

Le Lecteur doit être prévenu que les Lettres majuscules qui sont placées au commencement des paragraphes, sont les cotes du texte latin, auxquelles M. Bergman renvoie quelquefois.

Les Astérisques (*), indiquent les notes de l'Auteur.

Les Notes du Traducteur sont indiquées par des Lettres Majuscules répandues dans le discours ou à la fin des paragraphes.





DISSERTATION CHIMIQUE DE L'ANALYSE DU FER.

SECTION PREMIERE.

Des Variétés du Fer.

LES Arts en général font usage du fer dans trois états différens , savoir ; le fer cru , (en suédois *Tackjarn*), le fer battu (*Stangjarn*), & l'acier.

Le fer cru , ou la fonte de fer moulée sous diverses formes , se prête à une infinité de nos usages (A).

(A) Quoique nous ayons démontré dans nos Mémoires de Physique sur le fer , (pag. 60), que la mine de fer réduite par la fusion en une substance métallique , devoit porter le nom de matte de fer , ou de fonte de fer , ou enfin de

Le fer battu, ou rendu ductile par une seconde opération, corroyé avec art sous le marteau, prend entre les mains des ouvriers, mille formes utiles à nos besoins.

Enfin, le fer sous le nom d'*acier*, possède dans un degré éminent, la solidité, l'élasticité & la dureté; il est doué encore d'autres propriétés qui le rendent plus précieux que les deux variétés précédentes, & fournit aux Arts une matière merveilleuse & propre à exercer la fécondité de leur génie. Au surplus, en quelque état que soit le fer, il est susceptible d'éprouver des altérations qui en font varier à l'infini, la qualité & la propriété.

La différence que l'on apperçoit dans la qualité de la fonte de fer, ne dépend pas seulement du caractère des mines dont elle procède : la forme

fer cru : cependant nous voyons que tous les auteurs qui en parlent, même l'Académie, donnent à cette fonte le nom très-impropre de *fer fondu*, ou de *fer de fonte*, termes qui présentent des idées opposées à la nature de la fonte; car la fonte de fer n'est point du fer fondu, il n'en existe point en état métallique; ce n'est pas du fer de fonte, puisqu'elle est préparée avec la mine, & que le fer ductile qui a été préparé avec de la fonte dans les affineries, pourroit seul porter ce nom, comme on dit *acier de fonte*, c'est-à-dire, préparé avec la fonte, ou *acier naturel*, pour le distinguer de l'*acier préparé* avec le fer ductile.

Certains auteurs appellent la fonte de fer, *fer de gueuse* : ce terme est aussi impropre, puisque le mot *gueuse*, n'exprime que la forme sous laquelle la fonte est moulée. C'est un prisme triangulaire : on en moule pour l'usage des affineries des forges, en gueuses, en guises, en saumons, en floss, & pour les arts, sous toutes les formes possibles : quelqu'un qui diroit, *fonte de pilastre*, ne seroit entendu de personne; *fonte de gueuse*, n'est pas un terme plus propre.

Nous emploierons dans cette traduction le terme de *fer cru* pour exprimer la fonte de fer, afin de nous rapprocher de M. de Bergman; de celui de *fer battu* ou *ductile*, pour le fer proprement dit,

& les dimensions des fourneaux de fonderie , la quantité & l'essence des charbons que l'on emploie à sa fusion , l'état des soufflets , la force , l'abondance & la direction de leur vent , sont autant de causes qui influent sur la qualité de la fonte : les seules proportions différentes du charbon & du minerai que l'on jette ensemble dans le fourneau , produisent des fontes de caractères différens , que l'on distingue par des termes appropriés qui caractérisent les degrés de leur pureté.

L'on distingue donc le fer cru qui est surchargé de phlogistique (en suédois , *Nodfatt*) ; le fer cru qui est doué d'une juste proportion de phlogistique , (en suédois , *Fullfatt* , *Lagom-malmdt*) ; enfin , le fer cru qui manque d'une quantité suffisante de phlogistique , (en suédois , *Bardsfatt* , *Sattjarn*) : nous négligeons d'autres distinctions plus ou moins essentielles & remarquables , & sans nous y arrêter , nous passons à d'autres objets (B).

(B) Cette distinction que fait M. Bergman des différentes sortes de fontes de fer , est purement physique & théorique : il est nécessaire de mettre nos lecteurs à portée de l'entendre par les termes de pratique.

Le fer cru est le premier produit de la mine de fer , traitée dans les hauts fourneaux de fonderie des forges ; c'est ce que l'on appelle simplement fonte. Cette fonte varie dans sa qualité ; sa couleur annonce en général son caractère ; on la distingue en fonte noire , grise & blanche.

La fonte *surchargée de phlogistique* , est la fonte noire , c'est-à-dire , celle qui est d'un gris très-foncé : elle est souvent limailleuse ; elle procède d'une surabondance du feu , c'est-à-dire , du charbon employé relativement à la quantité de minerai à fondre.

La fonte *douée d'une quantité suffisante de phlogistique* , est la fonte grise : c'est la plus parfaite , & la plus propre pour servir dans les Arts , & pour être convertie , soit en fer , soit en acier ; elle procède de la juste proportion du charbon , & du minerai introduit dans le fourneau : les parties élémén-

Pour que la fonte puisse devenir malléable, il faut la soumettre de nouveau au feu, l'y affiner, & l'y pétrir avec art, afin d'en obtenir beaucoup de bon fer, avec le moins de frais possible.

Indépendamment du caractère des fontes, les dimensions des affineries, la qualité & la quantité des charbons, l'énergie & l'inclinaison du vent, sont des causes à considérer, dont chacune produit des variétés infinies dans la qualité du fer; & quand même il n'en résulteroit pas, le seul régime du feu, & la méthode d'opérer, suffiroient pour en faire naître un grand nombre.

Les méthodes de fabriquer le fer, qui sont le plus en usage en Suède, se réduisent à deux; l'une à la vallone ou à la françoise, (en suédois, *Vallonsmide*) (C), l'autre à l'allemande, (en suédois, *Tysksmide*) (D). Cependant, il y en a une troisième qui par-

taires sont saturées du phlogistique, au point nécessaire de lui conserver sa fusibilité.

La fonte pauvre en phlogistique, est celle qui est blanche; elle procède d'une trop faible quantité de charbon, employée relativement à celle du minerai: cette fonte ne peut se mouler parfaitement; elle donne ordinairement des fers cassans, & de mauvais aciers.

(C) La méthode vallone est celle par laquelle on affine la fonte dans un feu appelé *affinerie plate*, pour ensuite le chauffer, & le suer dans un autre feu appelé *chaufferie volante*, ou feu extenseur, parce qu'on tire le fer de ce feu pour le porter au marteau, afin de l'y corroyer & de l'étirer.

(D) Par la méthode allemande, on affine & l'on chauffe le fer dans un même feu que l'on nomme *renardière*.

Nous avons en France encore deux autres méthodes; l'une à la Catalane, par laquelle on combine dans le même feu les trois opérations de la fabrication du fer, c'est-à-dire, la fusion du minerai, l'affinage de la fonte, & le suage du fer.

L'autre méthode se nomme à l'Italienne; l'on en fait usage dans le Dauphiné, où l'on fond le minerai dans de hauts fourneaux: la fonte en provenant, est refondue & réduite en

ticipe plus ou moins des deux autres. L'on a abandonné presqu'entièrement d'anciens procédés, l'un par lequel on faisoit de petits lopins que l'on nommoit (en suédois , *Osmundf-smide*), & l'autre usité par des payfans montagnards qui faisoient de gro es masses que l'on nommoit (en suédois , *Buth*, *Buth-smide*) & plus ordinairement (*Rannsmide*), à cause de la célérité du travail; parce qu'en un jour ou deux au plus , on tiroit le minerai , & on en forgeoit le fer.

Il n'y a plus lieu d'être surpris si le fer , qui par lui-même étant un métal disposé à éprouver tant de changemens , paroît différer si essentiellement par la dureté , la ductilité , la tenacité & l'élasticité ; mais l'opposition de caractère la plus digne d'attention , & que nous devons faire remarquer , est celle-ci : l'on trouve du fer très-ductile étant froid ; mais , lorsqu'il est chaud , il se brise sous le marteau ; on le nomme fer cassant à chaud , (en suédois , *Rodbrackt*) : un autre fer étant chauffé à propos , est très-docile au forgeage , mais , lorsqu'il est froid , il se gerce , se fend & se brise ; on le nomme fer cassant à froid , (en suédois , *Kallbrackt*) : enfin , une troisième espèce paroît également ductile , soit qu'il soit chaud , soit qu'il soit froid ; on l'appelle fer doux ductile , (en suédois , *Smidigt*) (E).

L'acier dans sa préparation , reproduit une nou-

mazelle que l'on affine & fait *pâtir* dans un autre feu , lequel sert ensuite à avaler , corroyer & suer le fer , avant de l'étirer.

(E) Ces trois variétés ne sont pas les seules que le fer présente ; il y en a une quatrième qui est cassante à chaud & à froid : je connois plusieurs mines en France qui en produisent , elles sont rarement exploitées : il y en a en Bourgogne , en Champagne , & dans le Barois ; l'acier est sujet à casser à froid & à chaud. Il eût été à desirer que M. Bergman eût soumis à ses expériences cette sorte de fer dont il parle , (exp. 208), en citant les fers qui sont imprégnés d'arsenic.

velle foule de variétés qui procèdent non-seulement de la matière que l'on se propose de convertir, & qui est susceptible des différences de caractère que nous avons fait observer plus haut, mais encore des divers procédés que l'on emploie. En général, l'acier se prépare, ou par la fusion, ou par la cémentation; le premier se nomme acier naturel, (en suédois, *Smeltstal*); l'autre acier artificiel, (en suédois, *Bransfal*) : mais de quelque espèce qu'il soit, on lui a assigné tant de noms différens qui procèdent de la diversité de sa matière première, ou du genre de procédé employé à sa préparation, ou de l'usage auquel une propriété particulière le rend plus propre, que nous croyons pouvoir nous dispenser de les rapporter ici, avec d'autant plus de raison que cette longue énumération seroit fastidieuse & inutile, si nous n'y ajoutions pas la description des procédés. Et en effet, à quoi nous serviroit de rapporter ici des dénominations qui sont si originales, & souvent si absurdes, données à l'acier par le vulgaire des ouvriers, lorsque nous ne faisons encore que d'articuler légèrement ses différentes variétés, & qu'à peine les appercevons-nous au bord de l'horizon (F) & dans le lointain ?

Le fer est sans doute le seul métal dont le caractère soit aussi inconstant : l'on n'apperceveroit pas un si

(F) L'on ne doit pas toujours rejeter les expressions triviales & grossières des ouvriers ; leurs idées rétrécies dans un petit cercle d'expressions, les oblige de forger des mots pour exprimer à leur manière, ce qu'ils sentent sous la lime & le marteau, qui sont pour eux des organes secondaires & extérieurs. Ils imitent souvent les Sauvages qui appellent le fer par un terme qui, en leur langage, signifie *pesant*.

Je balbutie quelquefois avec les ouvriers, pour donner à mes idées une force d'attraction analogue aux leurs, pour pouvoir les saisir & les clarifier ensuite ; j'ai plus appris avec eux, en leur servant de compagnon, que de maître.

grand nombre de différences dans ses propriétés , si quelque portion plus ou moins abondante de métal étranger ne s'amalgameoit avec lui , nonobstant la variété de ses mines , de leur matrice , & celle des procédés par lesquels on retire par la fusion ce qu'elles contiennent de métal : il faut cependant être juste , & avouer que cette inconstance souvent si fâcheuse , est la base & la principale source d'une infinité d'usages qui n'auroient pas lieu , si les principales qualités du fer , telles que la dureté , la tenacité , la ductilité & l'élasticité , étoient toujours réunies & soutenues au même degré d'intensité ; la propriété du fer seroit alors circonscrite dans une sphère rétrécie : mais tandis que d'un côté , la réunion de ces quatre propriétés forme une série de nuances infinies de différentes qualités ; de l'autre , diverses combinaisons de substances de différentes natures réunies , offre un vaste champ à l'industrie , pour y déployer toute sa sagacité , & avec tant d'avantages , que l'on peut dire que le fer est un polymorphe , un Protée qui se présente sous tant de formes , que seul il tient lieu de plusieurs métaux (G).

(G) La réflexion de M. Bergman est si bien fondée , que je ne puis me dispenser de la développer.

Les fers les plus cassans à froid , sont les plus propres à faire le clou à ardoise ; tels ceux de Moyeuve dans le pays Messin , & ceux de Bretagne.

Les fers de roche de Champagne , sont les plus propres aux bandages de voiture , parce qu'ils sont fermes & durs , ils résistent au choc & au frottement.

Les chevilles de marine exigent un fer qui ne plie ni ne casse , ainsi que la grosse clouterie ; tels ceux du Rouffillon , du Dauphiné & du Limousin.

Les fers de la basse-Champagne , du Languedoc , de la Normandie , qui sont à grain & légèrement cassans , sont d'un bon usage pour la moyenne clouterie , parce qu'ils soudent facilement , & font une belle pointe.

Le fer est non-seulement précieux par ses éminentes qualités, mais souvent encore il surpasse en valeur tous les autres métaux, l'or même qui est à si haut prix : une livre de fer simplement tirée en fil, centuple le prix du fer brut ; lorsqu'il est employé dans le mécanisme des montres, il augmente de plus de 70 mille fois sa valeur ; & il excède son prix de 1,600,000 fois dans la composition de ces chefs-d'œuvres des Arts qui fixent notre admiration (*). (H).

Les nations civilisées, qui préfèrent souvent l'art & le fini à l'utilité de l'ouvrage, ne sont pas les seules qui mettent le fer à si haut prix ; les Sauvages & les Barbares qui manquent de ce précieux métal, le

Il faut des fers nerveux & bien étoffés pour contenir les assemblages de l'Architecture, & former les essieux de voiture ; tels ceux d'Alsace, de la haute-Lorraine & du Berry.

Les ouvrages d'embellissement & de luxe, demandent des fers doux, homogènes, d'une pâte bien liée, & d'une étoffe unie ; tels que les meilleurs de Franche-Comté, & quelques veines de roche en Champagne.

Les tréfileries ne peuvent employer que des fers doux, & dont l'étoffe soit supérieure à la pâte ; l'Alsace, la Franche-Comté & le haut-Langrois, fabriquent des fers de cette qualité, lorsqu'on apporte de l'attention à leur fabrication.

Les armes à feu exigent un fer d'une pâte homogène, & d'une étoffe bien liée, ferme au marteau & à la lime, sans aigreur, un peu de grain avec beaucoup de nerf gris, pour qu'ils soudent bien. Le Luxembourg françois, le Dauphiné, le Limousin, en fournissent de très-bons à cet usage ; & quelques autres Provinces, lorsque la qualité de la mine & l'attention dans la fabrication concourent de concert à donner au fer cette propriété.

(*) Discours de M. Ekstrom, à l'Académie royale des sciences de Stockholm.

(H) Cette préexcellence que l'auteur attribue au fer sur tous les autres métaux, & le haut prix auquel il le porte, pourroient paroître exagérés ; cependant je connois des choses très-approchantes, sans vouloir garantir l'enthousiasme de M. Ekstrom.

préfèrent à tous les autres ; ils exposent même souvent leur vie pour voler , ou enlever de force un clou ; ce fait est confirmé par plusieurs voyageurs (J).

SECTION I I.

De la Recherche des causes de la variété des Qualités du Fer.

QUOIQ'IL y ait lieu de croire que le fer ait été connu & travaillé presque depuis le commencement du monde , cependant rien de plus obscur encore que nos connoissances actuelles sur la nature de ses parties intimes ; & il nous paroît que l'innombrable variété de ses propriétés tient à des causes couvertes encore d'un voile très-épais (L).

Il faut d'abord en général chercher les causes des variations du fer , ou dans un corps étranger qui peut n'y pas être , sans avoir égard à l'essence du fer , ou dans la variété des proportions de ses principes constitutifs.

Le nombre des corps hétérogènes qui peuvent être combinés avec notre métal , est immense ; mais ce n'est pas une raison de leur attribuer à chacun en par-

(J) Le célèbre & malheureux capitaine Cook nous assure que les Sauvages se précipitoient à l'envi dans la mer , pour aller chercher au fond de ses abymes quelques vieux cloux qu'il y jettoit ; quelquefois il en distribuoit avec économie , pour cimenter des traités d'alliance , & pour procurer des rafraîchissemens à son équipage , parce que le fer n'est point encore sorti du sein de la nature , dans ces régions sauvages où il a eu l'art & la noble hardiesse de pénétrer.

(L) Les Marbres d'Oxford fixent à l'an 1432 avant l'ère chrétienne , les premiers rudimens de l'art de fabriquer le fer , d'après Eusèbe , Clément d'Alexandrie , Strabon , Diodore de Sicile , Hésiode & Plin ; il y a lieu de croire qu'il remonte plus haut.

ticulier l'effet des causes que nous cherchons : l'on doit plus particulièrement suspecter ceux qui se trouvent souvent combinés avec les minerais ; du nombre de ces derniers sont le soufre & la plumbagine qui lui est analogue ; parmi les métaux, l'arsenic, quelquefois le zinc , & presque toujours la manganaise (M) : n'est-il pas à propos par des expériences convenables de tenter à découvrir , s'il y a une ou plusieurs de ces substances combinées dans le fer , & ensuite rechercher quels effets il en peut résulter (N) ?

La composition intime du fer n'a pas encore été mise en évidence : nous sommes donc obligés de recourir à l'analogie pour diriger nos nouvelles tentatives. Nous savons que l'arsenic est composé d'un acide particulier qui lui est propre , lequel combiné avec une certaine dose de phlogistique , forme une masse concrète qui est l'arsenic blanc. Or, si l'on unit à cette substance coagulée , une portion déterminée du principe inflammable , on la réduira en un régule qui aura toutes les propriétés d'un demi-métal (O). Des

(M) Je me fers ici du terme de manganaise , au lieu de magnésie , pour éviter l'équivoque de dénomination , avec la magnésie , ou terre magnésienne qui n'a aucun rapport avec le fer , ni avec la manganaise ou savon des verreries , en latin *magnesia*.

(N) Il y a plusieurs autres métaux combinés avec les mines de fer , & qui peuvent contribuer à son altération : le cuivre est abondant dans certaines mines de fer spathique des Alpes & des Pyrénées ; le plomb , dans une mine de Coatzacoatz en Bretagne ; quelques veines de Berry , de Pontoise , contiennent de l'or. L'argent & le plomb se trouvent combinés avec le fer à Houelgouate en Bretagne. L'on soupçonne des mines de fer antimoniales dans l'Auvergne , le Limousin & le Nivernois : presque toutes les mines de fer de France , contiennent du zinc , sur-tout les mines secondaires & d'alluvion.

(O) Puisque M. Bergman tire une induction par analogie , qu'il me soit permis d'en tirer une autre. Si l'arsenic blanc est une concrétion résultante de l'union d'un acide avec le phlo-

expériences, tant d'analyse que de synthèse, ont fait connoître la réunion de ces principes de l'arsenic : il ne résulte pas de-là, que l'on doive conclure avec exactitude, que chaque espèce de métal soit le résultat d'un acide radical uni au phlogistique, ou pour mieux dire, que les chaux des métaux soient des acides particuliers concrets par l'effet du phlogistique ; cette manière de raisonner feroit très-dangereuse : il faut donc apporter la plus grande circonspection dans la recherche des opérations de la nature, & ne s'exposer dans les sentiers obscurs qui conduisent à son sanctuaire, qu'avec le fil d'Ariane, jusqu'à ce que les conjectures que l'on peut faire, puissent être détruites ou confirmées par des expériences exactes & précises. Cependant dans le cas présent, il se présente à l'idée une probabilité singulière ; les métaux en perdant leur phlogistique, se réduisent tous en une poudre semblable qui est une terre fusible & très-pésante ; s'ils recouvrent par quelques moyens leur phlogistique, ils reparoissent de nouveau avec toutes leurs propriétés métalliques antécédentes. Est-ce que l'on

gistique, ayant la propriété de se sublimer, l'arsenic a jusqu'alors une parfaite analogie avec le soufre commun, tant par sa constitution, que par sa propriété volatile : mais l'arsenic blanc traité par le feu avec le phlogistique réducteur, donne un régule métallique ; ce que l'on n'a pu encore tirer du soufre ; voilà une différence : il y en a encore une autre qui est que le soufre se dissout dans les huiles, c'est un sel bitumineux : l'arsenic se dissout dans l'eau, c'est un sel, & un sel métallique : il faut donc qu'il entre dans la composition de l'arsenic, une terre métallique qui est l'excipient de l'acide & du phlogistique.

Le soufre laisse après sa combustion, une matière brune & noirâtre peu abondante : ce résidu pourroit être une terre ferrugineuse ; on pourroit s'en assurer, en traitant en grand cette matière que l'on trouveroit abondamment dans les manufactures d'huile de vitriol, dans lesquelles on prépare cet acide avec le soufre. Que l'on me passe ces doutes, jusqu'après la démonstration.

ne peut pas compter sur une grande analogie entre ces différentes chaux métalliques ? Dans toutes , le phlogistique est le même ; la seule variété des acides qui les sature , constitue les différences spécifiques des métaux : aucuns des phénomènes cités jusqu'ici ne répugne ; au contraire , plusieurs présentent des rapports.

Quoique la Chimie n'ait pu encore découvrir la nature des acides métalliques , excepté celui de l'arsenic , nous restons ferme dans nos idées ; car la liaison du phlogistique coagulant peut être si intime & si forte , que les moyens que l'on a employés jusqu'alors , n'ont encore pu la rompre , & qu'elle résistera encore des siècles aux efforts de l'Art. Cette portion de phlogistique qui restitue aux chaux leur état métallique , s'en sépare pour l'ordinaire facilement : cependant cette liaison est si inégale qu'il en résulte la division des métaux en nobles ou parfaits , & en métaux obscurs ou imparfaits : s'il y a une différence si évidente dans le principe nécessaire pour opérer la réduction d'un métal , pourquoi n'y en auroit-il pas une dans la portion coagulante (P) ?

(P) Il doit y avoir nécessairement une différence essentielle entre le phlogistique coagulant , & le phlogistique réducteur , puisqu'ils n'ont pas les mêmes propriétés. Ce sont deux êtres invisibles & insensibles ; on n'a pu les séparer purs jusqu'alors des substances qui les contiennent.

L'air inflammable n'est point le phlogistique réducteur , mais un air chargé de phlogistique , comme le charbon est un corps dense , chargé de phlogistique. On réunit le phlogistique réducteur aux substances qui en sont dépourvues , & on l'enlève à celles qui en sont douées en quantité suffisante , ou en surabondance par des doubles ou triples affinités , soit par la voie sèche , soit par la voie humide.

Le mot phlogistique est trop généralisé ; & mille gens l'emploient , sans le connoître ni l'entendre.

Le phlogistique & la chaleur peuvent exister & agir l'un sans l'autre ; ce sont deux parties constitutives , & en même

Maintenant, appliquons au fer cette théorie que nous regardons comme très-probable, afin qu'elle serve de base aux nouvelles expériences qui doivent confirmer nos hypothèses, ou les détruire radicalement. Occupons-nous d'abord du phlogistique revivifiant; sa quantité ne peut-elle pas varier dans le fer? S'il peut y avoir de la variation, il faut scruter à fond quel effet elle produit dans les différentes circonstances; après avoir fixé ces limites, il sera nécessaire de passer à l'examen du phlogistique coagulant, tenter de le séparer de sa base, jusqu'à ce qu'enfin on en obtienne un acide pur radical; & ensuite examiner avec soin la quantité produite de cet acide, & quelles en sont les propriétés.

Au surplus, tous les corps de la nature contiennent une portion quelconque de la matière de la chaleur qui leur est fortement adhérente, ce qui est facile à démontrer particulièrement dans les métaux.

La dose de cette chaleur n'est-elle pas différente dans le fer, à raison de ses différentes situations? Il convient de déterminer par des expériences cette variété, & d'en reconnoître les effets.

temps des propriétés du feu. La chaleur est le principe du feu; le feu fixe uni à la terre constitutive des corps, & le phlogistique qui est le feu combiné avec de l'air fixe, en est l'aliment: la chaleur du soleil contient la chaleur principe, sans phlogistique, ainsi que la chaux & les alkalis caustiques: le phlogistique uni à l'air ou à l'eau, contient le moins de chaleur possible; lorsque ces deux substances sont en contact, il y a aussitôt embrasement & déflagration, souvent fulguration.

Le Courier de l'Europe du mois de juillet, rapporte une expérience de M. Priestley, par laquelle ce savant revivifie la chaux de plomb, au moyen de l'air inflammable enflammé par la chaleur solaire, d'où il conclut que l'air inflammable est le phlogistique. Cette conclusion ne porte pas le caractère de la conviction, parce que l'expérience n'est pas démonstrative, quoique l'effet en soit vrai. Le phlogistique est un prin-

Jusqu'ici nous avons effleuré, seulement comme il convenoit, les principales matières pour servir d'esquisse à celles qui doivent suivre : quoique nous exposions bien des expériences, il en reste encore bien d'autres à faire ; cependant il ne sera peut-être pas inutile de publier ces fragmens, qui, quoiqu'alors imparfaits & tronqués, pourront déterminer d'autres savans à courir la même carrière. Ce travail n'est pas moins utile qu'il est pénible & épineux ; il exige les loisirs de plusieurs années qui lui soient uniquement consacrés ; & outre un appareil complet d'instrumens nécessaires, il faut y apporter un génie propre à inventer & à exécuter avec sagacité les expériences qui peuvent jeter un grand jour sur cet objet ; il faut un homme infatigable dans ses recherches, qui soit exact & presté à saisir & à déterminer les différens phénomènes qui se présentent ; enfin, lent & sobre dans ses conclusions, si quelque importante découverte lui fait appercevoir la vérité.

cipe secondaire inflammable, qui est susceptible de s'unir avec tous les corps & les élémens : l'eau chargée de phlogistique revivifie les chaux métalliques, comme l'air qui en est saturé : l'air inflammable est donc de l'air chargé de phlogistique, & non le phlogistique lui-même pur.

L'on pourroit appeler ce que M. Bergman nomme le *materia caloris*, phlogistique coagulant, le feu fixe, le feu rendu fixe par sa combinaison avec la terre élémentaire ; & le phlogistique réducteur pourroit se nommer le feu volatil, ou rendu volatil par son union avec l'air fixe, lequel se sépare des corps par l'intermède de l'air atmosphérique qui prend sa place dans les chaux métalliques. Voyez la Préface.

(Q) M. Bergman s'est peint d'après nature à la fin de ce paragraphe ; quiconque voudra suivre ce savant dans la même carrière, doit avoir comme lui ce sentiment vif de l'amour de la vérité, qui est toujours fécond en moyens ; cette sublime candeur qui inspire la confiance ; ce tact délicat qui saisit tout à sa place ; enfin cette circonspection lente & froide dans les jugemens.

SECTION III.

De la Recherche de la quantité du Phlogistique réducteur, par la voie humide.

POUR détruire toute ambiguïté, quoique nous nous soyons déjà expliqué assez clairement, nous croyons devoir prévenir en termes formels, que nous entendons par *phlogistique réducteur*, cette portion dont la soustraction fait perdre entièrement la forme à un métal, lequel est alors soluble dans les acides, sans produire aucun fluide aériforme, & laquelle étant restituée au métal, lui rend toutes ses propriétés métalliques.

Nous attribuons tout ce qui reste d'inflammable à la portion coagulante; à moins qu'il n'existe quelque corps étranger inhérent, qui soit imbu du même principe subtil.

Pour parvenir à connoître cette quantité de phlogistique avec plus de précision, nous ne nous sommes pas contenté de suivre une seule route, nous en avons pratiqué diverses autres qui pouvoient nous conduire au même but.

Il est connu (*) que les métaux perdent, lors de leur dissolution dans les acides, leur phlogistique réducteur, lequel forme des fluides aériformes de diverses natures suivant les circonstances. L'acide vitriolique & le muriatique en dissolvant le fer, produisent de l'air que l'on appelle ordinairement inflammable: on nomme nitreux, celui qui résulte de la dissolution du fer dans l'acide du nitre.

(*) Opuscul. de M. Bergman, vol. II. pag. 354.

Comme ces fluides aériformes conservent le phlogistique qui entre dans leur composition, nous avons jugé que le volume de ce fluide inflammable produit, étoit proportionnel aux quantités, même par rapport au principe inflammable, ce qui est parfaitement d'accord avec le résultat des expériences que nous allons détailler.

(A) Voici la manière de procéder. L'on prend un matras de verre qui ait un petit col, l'on y adapte un tube contourné en , dont l'une des extrémités doit être usée à l'émeri, pour qu'étant adaptée, elle scelle exactement de toutes parts : on introduit le matras dans un vase de cuivre muni d'un couvercle percé de façon qu'il contienne & affujettisse solidement le col du matras, & que l'ouverture libre du tube puisse entrer dans l'ouverture d'une bouteille renversée, pleine d'eau, & suspendue à une distance convenable dans un vase posé dessous, de façon que l'orifice soit au-dessous de la surface de l'eau (R).

L'appareil étant monté, l'on introduit de l'eau dans le vase de cuivre, & on excite le feu jusqu'à l'ébullition de l'eau ; on jette ensuite dans le matras, un quintal de fer réduit en poudre, soit par l'effet de la lime ou du marteau, suivant sa situation & son caractère ; on affermit le col au couvercle du bain-marie, & l'on ajoute une quantité d'acide nécessaire, pour dissoudre le quintal de fer ; à l'instant l'on adapte le tube contourné, laissant libre l'extrémité qui est déjà fixée à l'orifice du récipient : enfin, l'on plonge avec précaution le matras dans l'eau du vaisseau de cuivre ; on y adapte son couvercle. Ces précautions prises,

(R) Cet appareil est du genre de ceux que l'on appelle pneumato-chimiques ; il eût été à désirer que l'auteur l'eût fait graver. Ce sont de vrais aréomètres. Il paroît que l'appareil que décrit M. Bergman, seroit susceptible de perfection.

l'on

l'on fait bouillir l'eau , & l'on continue de la tenir en ébullition , tout le temps qu'il passe de l'air dans le récipient , & ce , particulièrement pour empêcher que l'eau du récipient n'entre dans le matras , ce qui arriveroit si la chaleur se ralentissoit.

Dans toutes les expériences , j'ai employé une mesure égale d'acide vitriolique , ce que j'ai observé aussi avec les autres acides , dans les expériences qui seront ensuite rapportées.

Comme je me suis servi dans toutes les expériences du même appareil , & que j'ai employé toujours le même degré de chaleur , les résultats ont toujours été les mêmes & uniques , comme cela doit être ; la quantité du fer seule a varié.

Nous avons réduit le volume des fluides aériformes , en pouces cubes calculés par les décimales ; chaque pouce cube contenant deux loths d'eau pure.

Le matras avec son tube contenoit $8 \frac{1}{2}$ loths d'eau , ou $4 \frac{1}{4}$ pouces cubes : l'ayant exposé vide dans l'eau bouillante , il a poussé dans le récipient $1 \frac{1}{4}$ pouce cube d'air seulement ; le même étant exposé à la même chaleur , & contenant 2 loths d'eau , ou un pouce cube , qui est le volume répondant à peu près à celui de la dissolution , il a donné à cause des vapeurs , 3 pouces d'air dans le récipient , lesquels sont à soustraire de tous les produits aériens , ce que l'on a observé dans les calculs des tableaux suivans (S).

(S) Il est nécessaire de donner les rapports des mesures de Suède avec celles de France , pour pouvoir apprécier au juste les résultats des expériences de M. Bergman , & afin de connoître le volume des matières employées & celui des produits.

Rien n'est plus vague & plus incertain que ce que plusieurs auteurs ont écrit à ce sujet. Voici un rapport plus précis.

Le pied-de-roi du châtelet de Paris se divise d'abord en douze décimales , pouces & lignes , dont chacune se subdivise en décimales , points ou parties ; il en contient 1440.

(B) Nous avons commencé nos expériences avec l'acide vitriolique, vulgairement appelé dans le com-

Le pied de Suède se divise tout en décimales; il contient 10 pouces, chaque pouce 10 lignes, & chaque ligne se divise en 10 points; il contient 1000 parties ou points suédois qui diffèrent des points du pied-de-roi.

Le pied de Suède contient 10 pouces, 11 lignes, 6 points du pied-de-roi, & ces deux mesures sont en rapport, comme $1,317 :: 1,440$.

Le pied carré de Suède contient $122 \frac{2}{3}$ pouces du pied-de-roi, & sont en rapport comme $122 \frac{2}{3} :: 144$.

Le pied cube de Suède contient $1,346 \frac{49}{120}$ pouces du pied-de-roi, & est en rapport avec ce dernier, comme $1,346 \frac{49}{120} :: 1,728$.

Mais, comme le pouce du pied de Suède est plus long que celui du pied-de-roi, qu'ils sont en rapport entr'eux comme $120 :: 131 \frac{6}{10}$, 100 pouces cubes de Suède équivalent $120 \frac{1}{4} \times \frac{60}{14400}$:

On peut prendre par approximation le pouce cube dont M. Bergman a fait usage dans ses expériences, pour $\frac{6}{5}$ de celui de Paris.

Il est nécessaire de donner aussi le rapport du poids du Suède avec celui de Paris.

Comme M. Bergman s'est servi de loths pour peser les liqueurs qu'il a employées, je suis fondé à croire que ce savant s'est servi de la livre appelée en suédois *viethualic-vigt*, poids des comestibles, qui est la petite livre d'un usage ordinaire.

Cette livre se divise en 32 loths; au lieu que la livre de pharmacie se divise en onces, terme dont l'auteur ne s'est servi nulle part.

La livre de vivres est composée de deux marcs, le marc de seize loths, chaque loth de deux quintins; le quintin se subdivise en fractions de son entier: la livre au total contient 8,848 grains ou *as* suédois.

Cette livre contient du poids de marc de Paris, 13 onces, 7 gros, 8 grains, au total 8,000 grains: ainsi le loth qui contient $276 \frac{1}{2}$ grains de Suède, n'en contient que 250 de Paris, ce qui les met en rapport, ainsi que la livre :: 500 :: 553; en sorte que l'on peut prendre le quintal dont M. Bergman a fait usage pour $90 \frac{2}{3}$ grains de Paris, qui est la plus grande approximation qui ne diffère de la réalité que de $\frac{19}{8000}$.

merce, huile de vitriol, telle qu'on la vend : elle a été mêlée avec le quadruple de son poids d'eau distillée; son poids spécifique étoit 1,129.

La première colonne de la table suivante indique le nombre de pouces cubes de l'air tiré d'un quintal de fer, avec la diminution indiquée plus haut.

La seconde colonne marque le nombre des minutes qui se sont écoulées, jusqu'au moment auquel il n'est plus passé d'air dans le récipient.

N ^{os.} des Expér.	Variétés du Fer.	Pouces cubiques d'Air.	Min.
1 ^{re} .	Fer crud surchargé de phlogistique, provenant du grand fourneau de Leuffstad, dans la province de Roslagie, a donné.....	43	45.
2 ^e .	Fer crud saturé d'une juste dose de phlogistique, provenant du même fourneau de Leuffstad, a donné.....	39,5	45.
3 ^e .	Fer forgé ductile du même lieu de Leuffstad.....	50	15.
4 ^e .	Fer ductile provenant de la même fonte, & fait dans un creuset par l'expérience (94).....	51	25.
5 ^e .	Fer crud d'Akerby.....	38	50.
6 ^e .	Fer forgé d'Akerby, procédant du précédent.....	48	15.
7 ^e .	Fer crud provenant du fourneau d'Ullfors.....	41	45.
8 ^e .	Fer forgé fabriqué dans la même forge.....	50	15.
9 ^e .	Lemême avec une double dose d'acide vitriolique.....	50	15.
10 ^e .	Lemême dissous à la simple chaleur de digestion.....	50	
11 ^e .	Fer forgé d'Osterby.....	48	15.

Nos. de Expér.	Variétés du Fer.	Pouces cubiques d'Air.	Min.
12 ^e .	Acier cimenté, provenant du fer d'Osterby, trempé & recuit pour qu'il puisse se limer.....	46...	10.
13 ^e .	Le même chauffé, battu sous le mar- teau en lames minces, trempé & pulvérisé.....	46...	30.
14 ^e .	Fer crud tiré du fourneau de Forf- mark.....	40...	55.
15 ^e .	Fer forgé de Forfmark.....	51...	15.
16 ^e .	Acier corroyé, trempé & recuit, tiré du même fet.....	48...	10.

Toutes les variétés de fer citées jusqu'au N^o. 16, proviennent des mines qui sont fréquentes dans la province de Dannemora, & fabriquées à la méthode françoise : ces fers sont préférés à tous les autres de Suède, & sont connus sous le nom générique de fer d'Oregrund (*).

(*) Ce fer provenant des mines de Dannemora, s'exportoit autrefois par Oregrund; & quoique aujourd'hui cette ville n'en fasse plus le commerce depuis 1638, ces fers ont conservé l'épithète d'Oregrund (T).

(T) Je connois particulièrement la qualité de ces fers d'Oregrund, par l'usage qu'en fait la manufacture de Nerouville pour les convertir en acier. Les Anglois les accaparent par un Traité qui se renouvelle tous les cinq ans. Je préviens les savans qui voudroient répéter les expériences de M. Bergman avec ces mêmes fers, qu'ils sont marqués de caractères distinctifs : tels qu'une L enfermée dans un cercle ; une L & un P ne formant qu'un seul caractère couronné ; deux O O appelés les deux boulets, & le G enfermé dans un cercle. Ces fers se vendent actuellement à Stockholm, huit rixdales le chiffund qui pèse 275 liv. poids de marc de Paris ; c'est 16 liv. 6 s. le quintal, non compris le fret & les droits.

Les fers timbrés d'autres caractères, sont d'une qualité inférieure.

Nos. des Expér.	Variétés du Fer.	Pouces cubiques d'Alr.	Min.
17 ^e .	Fer crud de Brattfors en Vermeland, a donné.....	41....	20.
18 ^e .	Fer forgé à l'Allemande, procédant des fontes de Brattfors.....	51....	10.
19 ^e .	Fer natif de Sibérie.....	36....	240.
20 ^e .	Fer crud surchargé de phlogistique d'Hallefors en Suderma- nie.....	48....	15.
21 ^e .	Même F. refondu dans un creuset.....	43....	45.
22 ^e .	Acier cimenté d'Angleterre, re- fondu sans avoir égard à la ductilité.....	45....	12.
23 ^e .	Acier cimenté par M. Quist.....	46....	6.
24 ^e .	Fer crud procedant des mines de Dingelvik , fréquentes dans la Dalie , lesquelles sont chargées de manga- naïse.....	41....	90.
25 ^e .	Acier préparé avec le fer crud pré- cédent.....	47....	15.
26 ^e .	Fer forgé cassant à chaud , préparé dans la paroisse de Nor- berke.....	48....	10.
27 ^e .	Fer forgé cassant à froid , préparé dans la paroisse de Gran- gen.....	51....	8.
28 ^e .	Fer crud du fourneau d'Hufaby dans le Smoland.....	48....	30.
29 ^e .	Fer forgé provenant du fer crud d'Hu- faby.....	50....	6.
30 ^e .	Acier cimenté , procédant du fer précédent.....	44....	25.
31 ^e .	Fer forgé cassant à froid , de Braas, dans le Smoland , du petit fourneau hongrois.....	52....	25.

N ^{os} . des Expér.	Variétés du Fer.	Pouces cubiques d'Air.	Min.
32 ^e	Fer forgé cassant à froid, de Braas, rendu malléable & ductile au moyen de la pierre calcaire (*).	48	20.
33 ^e	Fer forgé fondu de nouveau dans un creuset avec de la chaux de fer, & qui ne s'est pas moins trouvé cassant à froid (Expér. 100).	52	20.

(*) L'assesseur du collège métallique, noble J. A. Stockenström (V), nous a communiqué une suite d'expériences très-importantes qu'il a faites l'été dernier à Braas dans le Smoland : les mines de marais de ce canton, traitées dans les grands fourneaux, ne produisent que des fers cassants à froid. M. Stockenström, croyant qu'il étoit possible de pouvoir tirer de ces mines des fers ductiles par la simple fusion, fit construire un fourneau de 8 pieds de hauteur, semblable à ceux que les Hongrois nomment *Blau-ugn*. Ayant répété plusieurs expériences, ce savant a remarqué,

1^o. Que ces mines traitées par la simple fusion, sans aucune addition, donnent un fer cassant à froid ; tel que celui rapporté dans l'expérience (31).

2^o. Qu'ayant ajouté $\frac{1}{8}$ de pierre calcaire grise mêlée d'un peu de quartz, il a obtenu un fer ductile, tel celui de l'expérience (32).

3^o. Que les batitures qui tombent pendant le forgéage du fer & que l'on nomme *Hameselack*, en suédois *Hammarflagg* fondues sans chaux, & réduites en fer, ont donné un fer cassant à froid.

4^o. Que dans tous les fondages faits avec ou sans pierre calcaire, il y avoit une perte considérable sur le poids, & qui étoit de $\frac{50}{100}$ au fondage, & de $\frac{28}{100}$ dans la réduction des batitures dont on a fait usage, quoique le minerai ait perdu $\frac{30}{100}$ au grillage : il est évident que ces pertes relatives aux matériaux employés & au produit, méritent la plus sérieuse attention.

(V) M. Stockenström cité par M. Bergman, est le même dont il est fait mention dans la Préface.

(C) Plusieurs de ces expériences ont été répétées avec l'acide du sel marin, dont la pesanteur spécifique étoit 1,155. Nous en ajouterons encore d'autres, sur-tout sur la fin de la récapitulation.

Nous avons employé un quintal de fer dans les expériences détaillées dans le tableau suivant comme dans le précédent, ce qui a lieu aussi pour le sub-séquent (Y).

5°. Qu'un quintal de mine qui donnoit 24 liv. de fer cassant à froid, ne donnoit que 18 liv. de fer ductile (X).

(X) On voit par les observations de M. Stockenström, combien il est avantageux d'employer la castine (pierre calcaire) dans la fusion des mines de fer; qu'elle sert non-seulement de fondant aux mines, particulièrement à celles qui sont argileuses ou quartzeuses, mais même qu'elle est un correctif qui donne de la qualité à la fonte, & qu'elle augmente le produit du minerai par la parfaite fusion qu'elle procure; mais il faut que cette castine soit employée en juste dose, de sorte qu'elle ne rende pas les laitiers pâteux & gluans, & qu'elle n'absorbe pas une portion de la chaleur du charbon employé.

Il est des mines d'alluvion qui sont combinées avec la matière calcaire, qui n'en ont pas besoin; d'autres qui en contiennent beaucoup trop, que l'on est obligé de corriger par de l'argile.

Le bleu & le blanc sont des couleurs, dans les laitiers, qui annoncent une surabondance de matière calcaire.

(Y) L'on doit entendre par quintal 100 parties réelles d'un tout idéal & abstrait d'une matière quelconque: cette méthode docimastique de calculer, convient à tous les pays, & se fait entendre généralement.

Ici le quintal est de 100 grains suédois, dont chaque unité représente une livre fictive, & peut se rapporter à une livre réelle. Ces 100 grains n'en font que $90 \frac{2}{3}$ poids de marc.

Dans la suite de cette traduction, je rapporterai toutes ces expériences réduites au poids de marc & au ponce cube du pied-de-roi.

Nos. des Expér.	Qualité des Fers.	Pouces cubiques d'Acier	Min.
34 ^e .	Fonte surchargée de phlogistique de Leuffstad , a donné....	43	40.
35 ^e .	Fonte avec une juste combinaison de phlogistique prove- nant du même fourneau.	39,5	30.
36 ^e .	Fer forgé de Leuffstad.....	50	10.
37 ^e .	Fonte d'Akerby.....	38	30.
38 ^e .	Fer forgé d'Akerby.....	48	10.
39 ^e .	Fonte d'Ullfors.....	41	25.
40 ^e .	Fer forgé d'Ullfors.....	50	10.
41 ^e .	Fer forgé d'Osterby.....	48	10.
42 ^e .	Acier trempé d'Osterby.....	46	20.
43 ^e .	Acier recuit d'Osterby.....	46	5.
44 ^e .	Fonte de Forsmarck.....	40	25.
45 ^e .	Fer forgé de Forsmarck.....	51	10.
46 ^e .	Acier de Forsmarck.....	48	5.
47 ^e .	Fonte de Brattfors.....	41	10.
48 ^e .	Fer battu de Brattfors.....	51	10.
49 ^e .	Fer natif de Sibérie.....	49	70.
50 ^e .	Fonte surchargée de phlogistique d'Hallefors , a donné....	48	10.
51 ^e .	Fonte id. refondu dans un creuset..	43	45.
52 ^e .	Acier Anglois.....	45	5.
53 ^e .	Acier préparé par M. Quist.....	46	4.
54 ^e .	Acier procédant du fer d'Ingelvik.	47	10.
55 ^e .	Fer forgé de Norberk.....	48	10.
56 ^e .	Fer forgé de Grangen.....	51	4.
57 ^e .	Fonte d'Hufaby.....	48	45.
58 ^e .	Fer battu d'Hufaby.....	50	4.
59 ^e .	Acier procédant du fer d'Hufaby.	44	20.
60 ^e .	Fer forgé de Braas , cassant à froid..	52	4.
61 ^e .	Fer forgé de Braas , ductile.....	48	8.
62 ^e .	Fer forgé fondu & rendu ductile par la poudre de charbon , (expér. 107.).....	45	45.
63 ^e .	Fonte refondue avec du verre , (expér. 115.).....	45	50.
64 ^e .	Fonte refondue avec du plomb calciné , (expér. 110.)..	43	120.

(D) Nous avons procédé aux mêmes expériences & de la même manière en employant l'acide nitreux dont la pesanteur spécifique étoit 1,230 (Y Y).

N ^{os.} des Expér.	Qualité des Fers.	Pouces cubiques d'Air.	Min.
65 ^e .	Fonte surchargée de phlogistique du fourneau de Leuf- sttad, a produit d'air nitreux.....	33	....
66 ^e .	Fonte avec une juste combinaison de phlogistique de Leuf- stade.....	29	....
67 ^e .	Fer forgé de Leuffstad.....	28	....
68 ^e .	Fonte d'Ullfors.....	30	....
69 ^e .	Fer forgé d'Ullfors.....	30	....
70 ^e .	Fonte d'Akerby.....	26	....
71 ^e .	Fer forgé d'Akerby, en ayant mis un quintal dans le matras tiède, & ensuite ayant fait bouillir l'eau du bain marie.....	29	....
72 ^e .	Le même mis en limaille dans le ma- tras un peu plus chaud....	20	....
73 ^e .	Le même en limaille mise dans le ma- tras exposé à l'eau bouil- lante.....	15	....
74 ^e .	Fer forgé d'Osterby, réduit en limaille mis dans le matras pen- dant qu'on le plongeait dans l'eau bouillante.....	18	....
75 ^e .	Fer forgé d'Osterby, réduit en li- maille & mis dans le ma- tras pendant qu'on le plongeait dans l'eau tiède,	24	....

(YY) M. Bergman n'a point désigné dans le tableau sui-
vant des dissolutions dans l'acide nitreux, les durées en mi-
nutes, ce qui auroit pu jeter beaucoup de jour sur ce genre
d'expériences : probablement que les difficultés que présente
l'acide nitreux, ne lui ont pas permis de les porter à cette
précision qui lui est si ordinaire.

N ^{os} . des Exper.	Variétés du Fer.	Pouces cubiques d'Air.	Min.
76 ^e .	Fonte furchargée de phlogistique d'Hallefors, mise dans le matras, pendant qu'on le plongeait dans l'eau tiède & ensuite poussée à l'ébullition.....	33	...
77 ^e .	La même pendant qu'on plongeait le matras dans l'eau un peu plus chaude.....	30	...
78 ^e .	La même pendant que le matras étoit exposé à l'eau bouillante.....	28	...
79 ^e .	Fonte pauvre de phlogistique d'Hallefors, mise dans le matras exposée à l'eau tiède.....	34	...
80 ^e .	La même à l'eau un peu plus chaude.....	32	...
81 ^e .	Fer forgé cassant à chaud de Norrbeck, exposé à l'eau chaude.....	19	...
82 ^e .	Le même exposé à l'eau bouillante.....	14	...
83 ^e .	Fonte d'Hufaby produisant des fers cassans à froid.....	34	...
84 ^e .	Acier préparé avec le fer d'Hufaby, exposé à l'eau tiède.....	32	...
85 ^e .	Le même exposé à l'eau un peu plus chaude.....	30	...

(E) Essayons à présent de déterminer par la voie de la précipitation, combien le fer dans ces différens états contient de phlogistique réducteur; nous avons détaillé ailleurs les difficultés que l'on éprouve en se servant de l'acide nitreux (*).

La quantité de phlogistique que nous avons tiré du fer par le moyen de l'acide vitriolique dans une seule expérience rapportée dans le même ouvrage, est trop peu considérable; il faut donc y suppléer ici, & voici la manière d'y procéder.

(*) *Dissertatio de phlogisti in metallis diversa quantitate.*

J'ai fait dissoudre de l'argent de coupelle dans l'esprit de nitre jusqu'à parfaite saturation, je l'ai précipité avec du tartre vitriolé ; chaque quintal de ce précipité contenoit d'argent 66,7 liv. docimastiques, ce qui s'est démontré tant par la précipitation que par la réduction.

86°. EXPÉR. L'on prend un quintal d'argent vitriolisé, on le dissout dans environ six pouces cubes d'eau distillée ; l'on y jette quelques gouttes d'acide vitriolique, non pas pour déterminer la précipitation qui peut se faire sans cet intermede, mais pour empêcher la poudre martiale de déposer : ensuite on plonge un petit morceau de fer d'Osterby, pesant 130 liv. bien nettoyé ; le vaisseau reste exposé à une chaleur de digestion, jusqu'à ce que la liqueur ne puisse être troublée par un grain de sel marin : lorsque la liqueur est à ce point, on retire le morceau de fer, l'on trouve alors qu'il a perdu 19,5 liv. environ : d'où il faut conclure qu'il faut 19,5 liv. de fer d'Osterby pour précipiter 66,7 liv. d'argent (Z).

87°. EXP. J'ai répété cette expérience avec un autre quintal d'argent vitriolisé ; mais au lieu de fer d'Osterby, j'ai employé celui de Grangen, dont 17,9 liv. justes ont suffi pour opérer la précipitation de l'argent.

88°. EXP. Un quintal d'argent vitriolisé a exigé 20 liv. d'acier d'Osterby pour compléter sa précipitation.

89°. EXP. La même quantité d'argent vitriolisé a été précipitée par 19,2 liv. de fonte de fer d'Husaby.

(Z) Pour l'intelligence du résultat de cette expérience, il faut considérer le dernier chiffre séparé d'une virgule comme exprimant autant de parties de la valeur des deux précédens, c'est-à-dire que 19,5 expriment 19 liv. $\frac{5}{10}$ & que 100 livres d'argent vitriolisé contiennent 66 $\frac{7}{10}$ liv. d'argent, & le surplus d'acide qui a été absorbé par 19 $\frac{5}{10}$ liv. de fer.

SECTION IV.

Corollaires déduits des Expériences précédentes.

SI l'on veut prendre la peine de comparer les expériences que nous venons de présenter & d'en peser les résultats, l'on verra avec évidence.

(A) Que l'acide vitriolique & celui de sel marin ont produit avec un poids égal de fer un volume d'air inflammable parfaitement égal, mais dans des espaces de temps très-inégaux; enforte que le premier agit bien plus lentement, qu'il exige quelquefois plus du double de temps. Nous pensons d'abord que cette différence procède en partie de la division inégale du corps à dissoudre, & en partie du premier menstrue qui est plus fluide. Cependant l'un & l'autre de ces acides produisent la même quantité de phlogistique, quelle que soit la quantité du dissolvant, pourvu qu'on l'emploie en suffisante quantité (exper. 8 & 9). Et c'est sans doute pour cette raison que le principe inflammable confère d'abord son caractère pour la génération de cet air. Le fer natif de Sibérie, en cédant difficilement au dissolvant, paroît se distinguer par un caractère particulier: il a fallu quatre heures de dissolution favorisée par une forte ébullition, pour en tirer 36 pouces cubes d'air. L'acide marin a agi d'abord avec plus d'activité; car dans les premières 30 minutes il en est sorti 30 pouces cubes, & dans les 60 minutes suivantes, il n'en est sorti que 19 pouces cubes.

Nous avons eu occasion d'observer la même lenteur dans diverses autres substances naturelles; peut-être qu'il existe dans différens morceaux de fer de Si-

bilité des variétés dans les dispositions à cette expérience, variétés que personne paroît n'avoir encore observées.

L'on trouve dans la collection des Mémoires de l'Académie d'Upsal, une seule expérience par laquelle il est démontré que ce fer dissous dans de l'esprit de sel exhala une odeur forte de foie de soufre ; mais dans le surplus de ces Mémoires l'on ne trouve nulle trace de ce dont il s'agit.

Il n'en est pas de même de l'esprit nitreux : le succès de son action est si dépendant des plus petites circonstances, qu'il est très-difficile d'obtenir le même résultat en opérant avec le même appareil & avec les mêmes quantités de matières.

Comme nous avons obtenu par l'acide vitriolique & par l'acide marin le même volume d'air (n°. 8), soit que leur dissolution ait été favorisée par une chaleur d'ébullition ou simplement de digestion, nous attendions d'abord le même résultat de l'acide nitreux ; mais au contraire nous avons eu lieu d'observer que le volume d'air produit, diminueoit non-seulement par l'effet de l'eau fortement échauffée, mais encore lorsque la dissolution n'agissoit que sur les surfaces (expér. 71. 85). ; ce qui est d'autant plus surprenant, que c'est dans ces momens que l'effet a coutume d'être plus actif dans les dissolutions avec les autres acides. Au surplus, il paroît évident par ce qui vient d'être cité, que l'acide nitreux est le moins propre à conduire au but auquel nous nous proposons d'atteindre, & qu'il faut remettre à un autre moment à examiner la nature de ses effets.

(B) Le phlogistique réducteur est-il en volume proportionnel avec l'air inflammable tiré ? Voilà le fondement de la première méthode que nous avons présentée pour les mesurer exactement.

Afin d'approfondir cette question, nous avons

tenté la précipitation de plusieurs espèces de fer, & nous y avons apperçu de l'accord; car $66 \frac{7}{10}$ livres d'argent ont été réduites par 19,5 liv. de fer d'Osterby, & seulement avec 17,9 liv. de fer de Grangen.

Si, d'après ces données, on veut par le calcul connoître combien un quintal de chacun de ces deux fers contient de phlogistique, en fixant à 100 le quintal d'argent, l'on trouvera 342 pour le fer d'Osterby, & 373 pour celui de Grangen; or le premier produit 48 pouces cubes d'air, & le second 51, il doit résulter la formule suivante, $48 : 51 :: 342 : 373$. Ce qui se trouve aussi à très-peu près. Car en effet, le quatrième terme est 363 auquel il manque 10 parties, même une seulement, si la dernière raison s'exprime par des décimales (A).

Les deux expériences suivantes s'accordent de même: car dans un quintal de fonte d'Hufaby, il y a 347 parties (expér. 89), & dans l'acier d'Osterby, il y en a 333 (expér. 88). Or le premier donne 48 pouces d'air inflammable, (expér. 28), & le second 46 pouces, (expér. 12), donc $48 : 46 :: 347 : 333$ doivent être égaux. Mais le dernier terme proportionnel est rigoureusement 332,5 qui ne diffère pas d'une demi-partie intégrale, & il est difficile d'espérer par les diverses manières de calculer, de trouver des rapports aussi concordans.

Nous concluons de-là, qu'il y a dans un pouce cube d'air inflammable, à peu près autant de phlogistique qu'il y en a dans 2,17 d'acier d'Osterby, 2,08 de fonte d'Hufaby, 2,08 de fer forgé d'Osterby, & 1,96 de fer de Grangen.

(C) La fonte produite par la fusion de la même

(A) Il s'est glissé une légère erreur dans le calcul du produit de fer du Grangen; qui ne doit être que 372 au lieu de 373, ce qui donne la formule suivante; $48 : 51 :: 342 : 372$. Le dernier terme devrait donner 363,2.

mine, ne contient pas toujours la même quantité d'air inflammable, & elle en contient d'autant moins, que l'on aura moins employé de charbon pour sa réduction. La première & la seconde table présentent plusieurs expériences qui constatent ce fait (B).

(D) Le terme le plus foible de ces proportions du principe inflammable contenu dans la bonne fonte, est 38, & le plus haut est 48. Il faut cependant avouer

(B) Quoique la proposition de l'Auteur soit fondée, nous croyons devoir observer que ce n'est pas toujours la quantité proportionnelle du charbon employé dans la réduction des mines de fer, qui sature plus ou moins de phlogistique la fonte qui en procède: c'est le concours de plusieurs causes qui tendent à appliquer plus ou moins exactement le principe inflammable du charbon introduit dans le fourneau, aux molécules ferreuses du minerai: car il y a bien des fondeurs qui usant les mêmes mines & les mêmes charbons en proportions identiques, font des fontes grises ou riches en phlogistique, tandis que d'autres en font de blanches ou pauvres.

Mais l'on peut dire que la fonte de fer est d'autant plus saturée de principe inflammable, que les molécules ferreuses de la mine ont été en contact plus immédiat & plus continué avec le principe inflammable, à mesure qu'il se dégage du charbon. Le minerai du fer peut entrer en fusion avec une foible dose de principe inflammable; mais la fonte qui en provient est blanche, fragile & d'une moindre pesanteur spécifique; une plus forte dose de phlogistique réducteur & qui atteint le point d'une juste saturation, donne à la fonte de fer son degré de métallité, la solidité, un grain fin & gris, & un poids spécifique plus fort. Une plus forte dose du principe réducteur, décompose la fonte en partie. Mais la fonte grise tenue en bain long-temps, sans être en contact avec le phlogistique, prend encore de la densité & un poids spécifique plus fort.

Voici d'après les expériences de M. le Comte de Buffon, le poids spécifique du pied cube de ses différentes fontes.

Fonte blanche épaisse..... 457.

Fonte blanche fluide..... 462.

Fonte grise..... 485.

Fonte plus grise tenue long-temps en bain..... 512.

Il y a près d' $\frac{1}{10}$ de différence de l'une à l'autre.

ingénument , que le dernier terme nous paroît très-variable. Nous n'avons pu nous procurer de fonte d'Hallefors , que des parcelles tirées de l'intérieur des canons fondus à Hallefors ; & ces limailles ont été mêlées sans doute de particules d'acier provenant du foret (D). C'est pourquoi il faut rejeter cette expérience comme étant incertaine , enforte que 43 est le plus haut terme des sept autres. La fonte qui produit du fer cassant à froid , donne 48 pouces cubiques. Il ne nous a pas encore été possible de soumettre à nos expériences le fer provenant de la fonte d'Hallefors , qui n'a pas le défaut de donner du fer cassant à froid.

(E) La variation dans les différens genres d'acier, marche entre 45 & 48 , & celui qui a été préparé avec du fer cassant à froid , descend à 44.

(F) La variation du fer doux va de 48 à 51. Nous n'avons pu faire qu'une épreuve du fer cassant à chaud , lequel donne par le procédé décrit , 48 qui est le terme le plus bas du bon fer ; mais nous avons eu trois variations du fer cassant à froid qui a atteint le plus haut point du fer doux de 50 & 51 , & même la troisième le surpasse , puisqu'il est monté jusqu'à 52 , (dans l'expér. 31).

(G) Il résulte de la réunion des trois faits que nous venons de rapprocher , que la fonte de fer

(D) L'on ne doit pas avoir plus de confiance dans les limailles faites par la lime , que dans celles faites par le forêt , puisque les limes grainent par le frottement , & perdent *leur fleur* en terme d'ouvrier , lorsqu'elles ont une taille fine & élevée ; & il est certain qu'il y a plus de parcelles d'acier dans la limaille de fer faite avec la lime , que dans celle faite avec le forêt ce qui me fait conjecturer que le motif qui a fait rejeter le produit de cette expérience , n'est pas fondé suffisamment : mais il n'étoit pas favorable au but de l'auteur ; voilà le vrai motif.

contient

contient la moindre portion de phlogistique ; l'acier, la moyenne ; & le fer forgé , la plus considérable.

Mais avant de donner cette conclusion comme certaine , il est nécessaire de s'assurer s'il n'existe pas dans le fer modifié dans ces différens états , quelque matière étrangère plus ou moins abondante , qui lâche dans la dissolution plus ou moins de parties inflammables. La suite nous apprendra ce que nous devons connoître à cet égard , (à la section VIII). Mais en attendant , il suffit d'avoir indiqué que toutes les fois où il est parlé de la quantité du phlogistique contenu dans le fer , on ne doit avoir égard qu'à celle qui est particulièrement propre à ses molécules. Car la portion du principe inflammable qui est inhérente à la plombagine , ou à d'autres matières étrangères , peut n'être pas liée avec la base du fer , sauf la nature du métal.

SECTION V.

De la Recherche de la quantité du phlogistique réducteur par la voie sèche.

Nous avons fait un grand nombre d'expériences pour connoître s'il étoit possible , par la voie sèche , de découvrir la quantité de phlogistique ; mais nous n'avons pu encore imaginer une méthode certaine pour en déterminer la juste mesure , ce qui nous oblige de la fixer par des à-peu-près en plus ou en moins.

Nous allons décrire nos expériences , & nous les diviserons suivant la diversité qui est résultée de nos différentes opérations , en retranchant un grand nombre d'autres qui nous ont paru , ou peu concluantes , ou ne répandre aucune lumière.

Dans les expériences suivantes, l'on a procédé par la fusion, afin de connoître d'abord si la fonte contient plus de phlogistique, que le fer.

90^e. EXP. 200 liv. de fonte surchargée de phlogistique provenant d'Hallefors avec 50 liv. d'hématite noire décrite par Cronstedt, ont été exposées dans un creuset clos pendant 25 min. à un feu vif excité par un très-gros soufflet; il en est résulté un régule pesant 201 $\frac{1}{2}$ liv. couvert de scories noirâtres qui formoient le tiers ou le quart du total. Ce régule applati à coups de marteau, s'étendoit en lame circulaire de 6 lignes de diamètre, avant qu'elle se gerçât dans ses bords.

Le nombre de minutes marquées dans l'expérience précédente, indique la durée du tems pendant lequel le creuset a été exposé au feu excité par le vent d'un soufflet; ce qui doit s'entendre pour toutes les opérations suivantes.

91^e. EXP. 200 liv. de la même fonte d'Hallefors avec 50 liv. de chaux martiale précipitée du vitriol & rougie ensuite dans un creuset; cette chaux avoit acquis une couleur noirâtre, elle étoit attirable à l'aimant. Après une fusion de 20 minutes, il en est résulté un régule pesant 206 liv. couvert d'une moindre quantité de scories que dans l'expérience précédente.

Ce régule étoit si ductile, qu'il s'est laissé étendre en une lame de 9 lignes de diamètre, sans que l'on remarquât à ses bords la moindre gerçure.

92^e. EXP. 200 liv. de fonte de Leuffstad, douée d'une quantité suffisante de phlogistique, 50 liv. d'hématite noire (de la 90^e. Exp.) exposée dans un creuset pendant 15 minutes, ont donné un régule pesant 168 liv. Mais l'on appercevoit une multitude infinie de très-petits globules adhérens aux surfaces du creuset & de son couvercle; accident qui

provient sans doute du renversement du creuset qui avoit éparpillé le mélange : le régule cédoit avec peine à la percussion du marteau, mais les globules réguliers, tant ceux qui étoient obscurcis par un enduit de scories noires, que ceux qui en étoient dépouillés & brillans, étoient tous d'une admirable ductilité (C). Les scories étoient à demi transparentes, d'une couleur verdâtre, & tiquetées de taches rouges.

93^e. EXP. 200 liv. de la même fonte de Leufstad, avec 50 liv. de chaux de mars préparée comme dans (l'Exp. 90^e), exposée au feu dans un creuset clos pendant 15 minutes, ont donné 222 liv. de régule, ayant la même ductilité que celui produit par (l'Exp. 91^e) : les scories étoient demi-transparentes & d'une couleur verdâtre.

Les quatre expériences précédentes ont été faites dans l'ordre qu'elles sont décrites, & de façon qu'en

(C) Les globules qui étoient adhérens au creuset & à son couvercle, & qui étoient plus ductiles que le régule, ne procédoient pas du renversement accidentel du creuset, mais d'une effervescence, d'une ébullition qui se manifeste toujours lors de la combinaison de deux matières métalliques qui n'ont pas un rapport intime, & que l'on fond ensemble dans un creuset quelconque, ce qui n'arrive pas lorsque les deux métaux se combinent par pénétration & par un rapport plus immédiat. J'ai eu lieu d'observer souvent ce phénomène, soit dans des opérations purement chimiques, soit dans les fourneaux de fonderie des forges où cet accident fait déflager la tuyère, bouillir le bain, soulève les laitiers & trouble l'opération.

Les globules plus ductiles que le régule, provenoient de la fonte seule de Leufstad, purifiés par une refonte, & élancés contre les parois du creuset, dans l'instant du commencement du mélange de l'hématite plus dure à fondre que la fonte de fer, & contenant des principes étrangers.

Cette ébullition & ces globules ne sont point des signes de volatilisation.

enlevant du feu un creuset, l'on replacoit sur le champ celui qui devoit lui succéder : ce dont nous croyons devoir prévenir le lecteur, pour qu'il puisse juger d'une certaine manière de l'intensité & de l'accroissement de la chaleur du foyer.

94^e. EXP. 200 liv. de fonte de Leuffstad avec 50 liv. de crocus martial extrait du fer battu par la calcination & insensible à l'aimant, après un feu de fusion de 15 minutes, ont produit un régule pesant 210 liv. s'étendant sur un diamètre de 9 lignes, sans que ses bords éprouvent aucunes gerçures. Une goutte d'acide vitriolique versée sur une de ses surfaces, polie à la lime, a laissé après quelques minutes une tache blanche que la lotion n'a pas enlevée.

M. Rinman dans les actes de l'Académie de Stockholm, année 1774, nous apprend que l'acide nitreux imprime une couche noire à l'acier & blanchit le fer ; enforte qu'une seule goutte d'acide nitreux suffit pour fournir un moyen sûr & prompt de connoître les différentes variétés de l'état du fer (D).

95^e. EXP. 200 liv. de fonte de Leuffstad avec 50 liv. de safran de mars préparé à Dylte, après 20 minutes, ont donné 196 liv. de régule peu malléable, des scories verdâtres ayant un éclat métallique. Ce régule qui cédoit à la lime, a été obscurci

(D) Il y a très-long-tems que je me sers de l'acide nitreux pour observer la constitution de la pâte d'un acier sur la surface duquel on apperçoit des veines ferreuses. Si vous mettez une lame d'acier polie, tel un rasoir, un couteau ou autre pièce, dans l'acide nitreux affoibli du double de son poids d'eau, cet acide dissout plus activement l'acier que le fer, enforte qu'il se forme des sillons, des cavités & des éminences. Le champ de l'acier s'approfondit, & le fer est faillant & blanc ; tandis que l'acier est d'une couleur grise foncée. Il faut écurer la pièce après l'effet de la dissolution & la bien caver, pour saisir plus parfaitement les différences.

par l'effet de l'acide nitreux ; & ayant été soumis à la dissolution bouillante dans l'acide vitriolique , il s'en est précipité une poudre noire qui n'a pas cédé au dissolvant.

96^e. EXP. 400 liv. de safran de mars fait avec le fer de Dylte, placé dans un creuset avec de la poudre de charbon & un peu de borax , après un feu de fusion de 20 minutes , a donné une matière pyriteuse pesant 68 liv. d'une couleur hépatique ; d'où il paroît constant que ce safran de mars contenoit du soufre : les scories étoient opaques , d'une couleur cendrée & verdâtre.

97^e. EXP. Afin d'avoir un point fixe d'une juste comparaison , nous avons fondu du même fer de Leufftad, seul , sans aucun intermède. 200 liv. de fonte exposée pendant 20 minutes dans un creuset clos à un feu de fusion , ont donné 196 de régule noir peu ductile , & dont la cassure montrait de petites lames brillantes ; il ne cédoit à la lime qu'avec une forte de résistance. L'acide nitreux a imprimé sur sa surface polie une tache obscure : ayant été chauffé comme il convient, il est devenu très-ductile, & après la trempe il a montré un beau grain du meilleur acier : il n'y a eu aucunes scories.

Ce régule soumis à la dissolution bouillante de l'acide vitriolique , a déposé une poudre noire (E).

98^e. EXP. 200 liv. de la même fonte exposée au feu de fusion pendant 20 minutes, dans un creuset dont le couvercle n'étoit pas luté , ont produit un régule pesant 194 liv. absolument semblable au précédent.

(E) Un mélange de trois parties de plomb & d'une de mercure , fondus ensemble & soumis à la dissolution dans l'acide vitriolique aidée de la chaleur de l'eau bouillante , laisse précipiter de même une poudre d'un gris foncé rembruni.

Un petit morceau de ce régule soumis à la dissolution bouillante de l'acide vitriolique, a déposé un peu de poudre noire.

99^e. EXP. 200 liv. de la même fonte exposée à un feu de fusion dans un creuset découvert, du genre de ceux que l'on nomme tute, ont donné 198 liv. de régule qui étoit plus ductile que les deux précédens, mais paroissant à la fracture rembruni & comme fuligineux. Il cédoit à la lime; sa surface étoit blanche, tiquetée d'une infinité de petits points bruns qui l'obscurcissoient. L'acide nitreux lui imprimoit une tache noire: après la dissolution dans l'acide vitriolique, il laissoit en arrière une substance légère, spongieuse, brune, de la même forme & du même volume que le morceau de régule employé (E E).

100^e. EXP. Voulant connoître ce que le safran de mars produiroit sur le fer cassant à froid, nous avons pris 200 liv. de celui de Braas, cité dans l'exp. 31, avec 50 liv. de chaux martiale (Exp. 91); les ayant exposés au feu de fusion pendant 15 minutes, il en est résulté 180 liv. de régule exactement fondu, & montrant à sa surface une cristallisation très-déliée.

Ce régule étoit peu ductile, blanc à la fracture; le centre de sa masse étoit composé de grains angu-

(E E) Les trois expériences, 97, 98 & 99, démontrent toute la théorie de l'acier. Il suffit pour faire passer la fonte de fer à l'état d'acier plus ou moins parfait, de la pénétrer de la matière du feu principe, de la chaleur, en écartant toute communication avec le phlogistique en action; c'est-à-dire du charbon brûlant, & de l'air soit atmosphérique libre, soit celui poussé par un soufflet. Aussi voit-on que la fonte refondue dans un creuset clos, exp. 97, & dans un couvert, exp. 98, est passée à l'état aciéreuse; tandis que celle qui a été fondue avec le contact du phlogistique, exp. 99, est passée en partie à l'état ductile, & l'autre partie s'est décomposée.

leux & de lames très-minces disposées sur les contours : ayant été rougi au feu, il a acquis de la ductilité ; la trempe lui a donné une dureté qui ne l'empêchoit pas de céder à l'action de la lime.

101^e. EXP. De 200 liv. du même fer avec 100 liv. de la même chaux martiale, il est résulté un régule pesant 155 liv. qui étoit un peu ductile à froid, mais nullement lorsqu'il étoit chaud : il n'a point pris de dureté à la trempe.

102 EXP. 200 liv. de fer cru d'Hufaby, & 50 liv. de chaux du même fer de Braas, exposés pendant 20 minutes dans un creuset luté, ont produit un régule bien moulé, & en outre beaucoup de globules régulins attachés aux surfaces du creuset & de son couvercle (F). Ce régule chaud ou froid se brisoit également sous le marteau ; mais chauffé seulement de couleur de cerise, il a acquis un peu de ductilité ; les globules froids cédoient légèrement à la percussion du marteau : mais, quant à leurs autres propriétés, elles ont éprouvé les mêmes effets que ceux dont il est question dans les deux expériences suivantes.

103^e. EXP. 200 liv. de la même fonte mêlée avec 50 liv. de fer de Norberk, ont donné un régule pe-

(F) Même observation que dans la note précédente (C), pag. 35, & pour les expériences suivantes. Mon observation est confirmée par l'expérience 104, pag. 40 dans laquelle M. Bergman ayant fondu un régule de fonte de fer d'Osterby, avec de la chaux martiale provenant du même fer, il n'y a point eu de grenailles ; parce que ces deux substances étant congénères, se sont pénétrées sans dissolution & sans trouble.

Cependant il y a eu des grenailles dans l'expérience 102, dans la fusion de la fonte d'Hufaby avec de la chaux du même fer ; mais ces globules étoient plus ductiles que le régule, ce qui prouve qu'elles étoient produites au moment auquel la chaux a commencé à s'unir à la fonte en bain.

fant à peine 100 liv. avec des globules distribués comme dans l'expérience précédente. Ce régule étoit cassant à froid ; mais rougi au feu , il acquéroit plus de ductilité que le précédent , ayant le caractère de l'acier. Les globules réunis ayant été fondus sans aucun intermède , n'ont donné aucune apparence de volatilisation , mais des signes frappans de fragilité.

104^e. EXP. 200 liv. de la même fonte avec 50 liv. de chaux de fer d'Osterby, ont produit le même effet ; non seulement le creuset qui contenoit la matière étoit enduit d'une couleur rembrunie , mais même l'autre creuset qui , comme dans les deux précédentes expériences , étoit posé dessus pour lui servir de couvercle. Ce régule fondu de nouveau avec une chaux martiale produite du même fer , est resté entièrement au fond du creuset *sans donner de grenailles*.

105^e. EXP. 200 liv. de la même fonte sans intermède , traitée de la même manière que les précédentes , ont produit 197 liv. de régule qui n'a donné aucun signe de volatilisation.

Avant de passer plus loin , nous pensons qu'il est utile de rechercher comment le fer ductile obtenu par les précédentes expériences , peut acquérir une seconde fois la fragilité.

106^e. EXP. 201 $\frac{1}{2}$ liv. de fer de la 90^e. expérience forgé mince, avec 50 liv. de plombagine, exposés ensemble au feu de fusion pendant 20 minutes dans un creuset luté , ont produit 190 liv. de régule d'une couleur cendreuse , ayant des cavités rembrunies ; l'on observoit à sa surface de petites stries verticillées. Ce régule étoit dur , brisant sous le marteau , d'un blanc cendré à la fracture comme à la surface , & l'on observoit une cristallisation ; il cédoit à la lime ; une goutte d'acide vitriolique y imprimoit une tache brune , laissoit une petite quantité de poudre noire dans la dissolution bouillante avec l'acide vitriolique , & la trempe lui donnoit un grain d'acier.

107°. EXP. 206 liv. de régule applati de l'expérience 91, mêlé avec de la poudre de charbon, & traité au surplus comme le précédent, ont donné après 18 minutes de feu de fusion un bouton globuleux pesant 204 liv. Sa surface étoit comme brûlée, éclatoit au premier coup de marteau, éprouvant les mêmes accidens que le précédent avec l'acide nitreux & le vitriolique : mais ayant été rougi au feu, il se laissoit forger facilement, prenoit à la trempe la dureté & le caractère de l'acier.

108°. EXP. 221 liv. de régule applati de l'expérience 93, exposées seules pendant 15 minutes dans un creuset luté, ont résisté au feu de fusion. Sa couleur est devenue obscure, ses surfaces se sont hérissées de petites pustules (G). Mais au surplus, il étoit aussi ductile qu'auparavant. L'acide nitreux l'a blanchi comme tout fer forgé, & s'est dissous dans l'acide vitriolique sans presque aucun résidu.

109°. EXP. Un petit morceau du régule précédent pesant 72 liv., a résisté constamment à un feu de fusion poussé avec violence pendant une demi-heure, & n'a pas perdu de sa ductilité (H).

(G) Ces petites pustules ont été occasionnées par un peu d'air interposé dans l'étoffe du fer, ce qui arrive à la tôle, au fer noir & à celui que l'on cimente. Les ouvriers appellent *moines*, ces tubercules.

(H) Ces deux expériences de M. Bergman, confirment le principe incontestable que nous avons établi dans nos Mémoires de Physique sur le fer, que le fer ductile est infusible dans un creuset clos & sans intermède.

Lorsque le fer est exposé au feu avec le contact des charbons ou avec des substances salines, telle le soufre, le plâtre, &c. alors il subit une fusion qui le décompose ; il n'est plus qu'en scories vitrifiées. Cependant plusieurs auteurs modernes, & qui méritent la célébrité dont ils jouissent, prétendent qu'ils fondent le fer ; je dis qu'ils le décomposent.

Actuellement cherchons le genre d'altération que les matières hétérogènes peuvent produire dans la fonte de fer. Commençons par en choisir un grand nombre dans le plomb calciné.

110°. EXP. 200 liv. de fonte de Leufstad, avec 142 liv. de chaux de plomb vitrifiée & pulvérisée depuis peu, crainte qu'elle ne soit imbuë de quelques particules d'acide aérien, ont été exposées ensemble à un feu de fusion pendant 18 minutes dans un creuset clos. Ayant cassé le creuset, il s'est trouvé deux sortes de régule : un de plomb occupoit le fond, & celui de fer le couvroit. Mais ils étoient si bien séparés l'un de l'autre, que l'on pouvoit constater très-exactement leurs poids respectifs (H H). Il y avoit peu de scories d'une couleur noire. Le régule de fer se brisoit sous le marteau, montrait à sa fracture un tissu lamelleux d'une couleur cendrée, cédoit à la lime, recevant la tache brune par l'acide nitreux, déposant dans l'acide vitriolique une poudre noire qui résistoit à l'action de l'acide marin.

111°. EXP. 200 liv. de la même fonte traitée de même avec 350 liv. de chaux de plomb nouvelle, a donné un résultat absolument semblable quant au caractère du régule qui en est résulté. Mais, afin de reconnoître si la fragilité du fer provenoit de quelques minicules de plomb qui se feroient incorporées, nous en avons fait dissoudre un petit morceau dans de l'acide marin. Cette dissolution n'a point été troublée par l'acide vitriolique. Le régule de plomb pesoit 262 liv. Le couvercle du creuset étoit enduit d'une portion de litharge sublimée.

(H H) L'auteur a omis de donner le poids respectif de ces deux régules, & celui du fer de l'expérience 111°. Cette attention eût été nécessaire pour connoître à peu près la quantité de fer qu'il avoit fallu pour revivifier la chaux de plomb.

L'un & l'autre régules produits par les expériences 110 & 111, se brisoient sous le marteau; quoiqu'ils aient été rougis auparavant, leur fracture, & la dureté qu'ils prenoient à la trempe, annonçoient un caractère d'acier (1).

Il est nécessaire de s'assurer si la fonte de fer acquiert des perfections par le mélange de la manganèse calcinée, puisqu'il est connu que la chaux fait avidement le phlogistique.

112^e. EXP. 200 liv. de fonte avec 50 liv. de manganèse noire, soumises pendant 20 minutes au feu de fusion dans un creuset clos, ont produit un régule cassant, pesant 190 liv. couvert de scories roussâtres & spongieuses. Ce régule doux à la lime, a été taché par l'impression de l'acide nitreux, & a laissé une poudre noire intacte dans l'acide vitriolique.

113^e. EXP. 200 liv. de la même fonte, & 100 liv. de manganèse noire traitées de la même manière pendant 15 minutes, ont produit 185 liv. d'un régule bien moulé, couvert de scories transparentes, verdâtres & spongieuses. Ce régule obéissoit légèrement au marteau, cédoit à la lime, montrait à sa cassure un grain un peu lamelleux de couleur cendrée, étoit taché en brun par l'acide nitreux: rougi au feu, il acquéroit une grande ductilité, & prenoit à la trempe le caractère d'acier.

(1) Tous les ouvriers conviennent que la vapeur du plomb rend le fer très-cassant & l'empêche de souder. On peut même tirer des expériences 110 & 111 une induction qui confirme cette opinion, & M. Bergman l'annonce, (page 59). Quoique l'acide vitriolique n'ait pas troublé la dissolution faite dans l'acide marin, l'on ne peut conclure que la fragilité de ces deux régules ne procède de l'effet du plomb qui peut fort bien n'y pas être en état de métal, mais dans une situation indissoluble, & en si petite quantité, qu'elle peut devenir insensible, sur-tout dans un essai si peu volumineux.

114^e. EXP. 200 liv. de fonte de Braas, venant du fer cassant à froid, 100 liv. de manganaïse noire traitée de même pendant 15 minutes, ont donné 182 liv. de régule très-fragile & d'une contexture grainée; mais, comme le précédent, il a pris de la ductilité au recuit, & forgeoit également à chaud & à froid. La trempe ne l'a point durci.

Dans les expériences suivantes, nous ferons connoître les effets du verre sur le fer.

115^e. EXP. 200 liv. de fonte de Leuffstad avec 100 liv. de verre-cristal fondus ensemble pendant 15 minutes, ont produit 198 liv. de régule, dont la surface étoit couverte entièrement d'une cristallisation disposée en rayons parallèles, croisés par d'autres rayons parallèles, dont la plupart étoient disposés à angle droit. Ce régule se brisoit au premier coup de marteau; il étoit intérieurement d'une couleur cendrée, & légèrement lamelleux, se laissoit entamer par la lime. L'acide nitreux le brunissoit, & celui de vitriol le dissolvoit sans presque aucun résidu; il reprenoit de la ductilité au recuit, & la trempe lui donnoit le caractère du meilleur acier anglois (II).

La partie des scories qui posoient sur le régule, étoient brunes & compactes, & celles du dessus étoient jaunâtres & spongieuses.

Comme l'on emploie souvent la pierre calcaire pour aider la fusion en grand, nous allons tenter de connoître quel effet elle produit dans le creuset.

(II) Dans les forges qui travaillent en acier naturel, on emploie du quartz pour clarifier la mazelle en fusion, afin de précipiter l'acier, & lui donner de la qualité. Le quartz est un verre naturel, plus dense que le verre ou cristall artificiel. Ces deux substances ont beaucoup de rapport, & par leurs principes constitutifs, & par leurs effets. Il n'est donc pas étonnant que le verre fondu avec la fonte de fer ductile l'ait converti en bon acier.

116^e. EXP. 200 liv. de fonte de Leuffstad, avec 67 liv. de craie calcinée, exposées ensemble pendant 25 minutes au feu de fusion dans un creuset luté, ont donné un régule pesant 191 liv. bien fondu, dur, fragile, intérieurement d'un gris blanc & lamelleux. Les scories étoient vitreuses, d'une couleur verdâtre rembrunie. Ce régule recuit au couleur de cerise, devenoit un tant soit peu malléable; mais chauffé blanc, il éclatoit sous le marteau, ayant au surplus le caractère de l'acier.

117^e. EXP. 200 liv. de la même fonte, avec $33\frac{1}{2}$ l. de craie calcinée, & autant de quartz en poudre, traités de même pendant 20 minutes, ont donné 192 l. de régule qui étoit un peu plus ductile que le précédent, mais d'une nature acièreuse, car il montrait les mêmes symptômes que le précédent n^o. 115; ce que nous croyons inutile de répéter ici, & dans les expériences suivantes.

118^e. EXP. L'expérience 116^e. répétée dans un creuset dont le couvercle n'étoit pas luté, a donné en 20 minutes 168 liv. d'un régule mal fondu, qui avoit cependant un peu de ductilité.

119^e. EXP. L'expérience 117^e. répétée de même dans un creuset dont le couvercle n'étoit pas luté, a donné en 15 minutes une masse granuleuse & mal fondue, laquelle a été inutilement soumise une seconde fois au feu pendant une demi-heure. L'on séparoit facilement à coups de marteau les grains les uns des autres, & chacun d'eux étoit singulièrement ductile (L).

(L) Le résultat de ces deux essais seroit totalement contraire à l'expérience qui ne peut souffrir de contradiction, si une circonstance ne donnoit pas lieu à le déterminer.

Il est de principe que la matière calcaire adoucit la fonte de fer; qu'elle adoucit aussi le fer forgé; qu'elle empêche la con-

Nous observons que dans les deux dernières expériences, la chaleur du feu a été un peu moins intense que dans les précédentes. Car, afin qu'il n'entrât dans le creuset aucune molécule charbonneuse qui auroit pu donner lieu à des erreurs, le creuset contenant la matière, étoit recouvert d'un autre creuset renversé, & n'étoit point couvert de charbon comme dans les expériences pour lesquelles on a fait usage de creuset dont le couvercle étoit luté; en sorte que la quantité de charbon dans le foyer étant moindre que dans les autres expériences, il en résultoit une moindre chaleur.

version du fer forgé en acier; qu'elle diminue la vivacité d'un acier supersaturé, même qu'elle le ramène à l'état de fer.

Cependant les régules qui sont provenus de la fonte de Leuflad qui est douce, & donne un fer ductile à chaud & à froid, se sont trouvés aigris & avoir acquis une qualité acie-reuse par le mélange de la terre calcaire dans des creusets clos & lutés, parce qu'alors la pierre calcaire calcinée n'a pu exhiler l'*acidum pingue* de Meyer, *materia caloris* qu'elle contient, qui entre en combinaison avec le régule. Ceci est confirmé par le résultat des expériences 120 & 121.

Au surplus, nous devons observer ici que la terre calcaire produit deux effets différens sur le fer, suivant l'état de celle que l'on emploie.

La pierre calcaire crue rend le fer cassant à chaud, & lorsqu'elle se réduit en chaux, elle le l'adoucit. En voici la preuve. Quand dans les forges on veut donner de la ductilité aux fers cassans à froid, on jette de la castine qui est une pierre calcaire, dans les affineries. Alors la première pièce que l'on fait, donne ordinairement un fer cassant à chaud, qui forge très-difficilement; mais les pièces subséquentes se forgent bien, & le fer en est ductile; c'est pourquoi je conseille d'employer du lait de chaux pour mouiller le feu, au lieu d'employer la castine crue. Celle que l'on emploie dans la fusion du minerai est décomposée avant de parvenir à la tuyère. Alors, comme elle est très-avide de la matière de la chaleur, elle saisit celle dont la surabondance aigrit le fer.

120°. EXP. 200 liv. de fer forgé de Braas, cassant à froid, mêlé avec 25 liv. de craie calcinée, exposées au feu de fusion dans un creuset clos pendant 15 minutes, ont produit 191 $\frac{1}{2}$ liv. de régule dur, d'une contexture granuleuse, des scories compactes & noires. Ce régule rougi a acquis de la ductilité, mais point de dureté à la trempe.

121°. EXP. 200 liv. du même fer, avec 50 liv. de craie calcinée, traitée de même, ont donné des scories noires, & 192 liv. de régule peu ductile, qui étant rougi, le devenoit un peu plus.

122°. EXP. De 200 liv. du même fer, avec 100 l. de craie calcinée, traités de même, il est résulté 191 liv. de régule avec des scories brillantes & vertes. Ce régule étoit un peu ductile, les parties intérieures étoient lamelleuses & disposées verticalement; rougi au feu, il prenoit de la ductilité; mais il a conservé après la trempe son premier caractère, sans acquérir plus de dureté.

123°. EXP. De 200 liv. du même fer, avec 25 l. de pierre calcaire crue, traités dans un creuset sans être luté, avec son couvercle pendant 15 minutes, il est résulté 164 liv. de régule un peu plus ductile que les précédens. Ayant été rougi au feu, il a montré un peu de fragilité; les scories ont été noires.

Nous avons aussi voulu connoître l'effet du soufre sur le fer cassant à froid.

124°. EXP. Nous avons mis 200 liv. de fer dans un creuset. Lorsqu'il a été bien rouge, nous y avons ajouté du soufre à plusieurs reprises, & la masse a été mise en fusion. Le fer sulfureux qui en est résulté, étoit d'un brun noirâtre; ayant été calciné & ensuite mêlé avec de la poudre de charbon, en peu de temps il a été réduit en état de métal. Ce régule étoit cassant, ayant intérieurement l'œil de la fonte, cédoit avec peine à la lime, noircissoit par l'effet de

l'acide nitreux ; étant chauffé rouge , il reprenoit un peu de ductilité, durcissoit à la trempe, & avoit la cassure de l'acier.

Nous avons fait l'expérience suivante , afin de connoître s'il est possible de corriger un fer cassant à froid, avec un fer cassant à chaud.

125^e. EXP. Un quintal de fer de Norrberk , avec autant de fer de Braas mis ensemble avec de la poudre de charbon dans un creuset, ont été fondus en 15 minutes. Il en est résulté 208 liv. de régule de couleur grise , hérissé de rugosités brillantes , indépendamment de plusieurs globules qui étoient agglutinées ; quoique ces globules aient été en contact avec les charbons , elles cédoient au marteau ; mais le régule principal rompoit au premier coup. Dans sa fracture la partie supérieure étoit plus obscure & rembrunie que l'inférieure ; il se limoit facilement ; l'acide nitreux le noircissoit : chauffé au feu , il n'a forgé ni rouge ni blanc , ainsi que fait la fonte (LL).

126^e. EXP. Un quintal de chaux martiale préparée avec du fer cassant à froid , mêlée avec de la poudre de charbon , sans autre intermède , poussée au feu

(LL) M. Bergman n'annonce point dans cette expérience 125 , si c'est de la fonte de Norrberk & de Braas , ou du fer battudont il s'est servi ; & il y a apparence que c'est de la fonte , puisqu'il y a eu fusion , car le fer ne fond point avec de la poudre de charbon dont il a fait usage ; & comme le régule qui en est provenu ne forgeoit ni rouge ni blanc , il y a grande apparence que le principe qui rend les fers cassans à chaud , passe facilement dans ceux qui sont cassans à froid , & leur communique le même vice. Il paroît par l'excédent du poids des deux quintaux de fer employés , qui ont donné 208 liv. de régule , que le charbon mis comme intermède , est entré en combinaison avec la partie du régule principal ; tandis que les globules produites par l'effervescence de la dissolution , se sont chargées d'une portion de phlogistique qui leur a procuré un peu de ductilité.

dans

un creuset, a produit 60 liv. de régule cassant, cédant à la lime, l'intérieur étoit brun & traversé de linéamens métalliques brillans & maillés; l'acide nitreux a rembruni ses surfaces polies à la lime : au surplus il paroissoit tenir de la nature de la fonte, car, après avoir été rougi, il n'a pu se forger, ni prendre une dureté remarquable (A).

127^e. EXP. Afin de connoître plus exactement l'effet du soufre sur le fer cassant à froid, j'ai mis 83 liv. de régule produit par l'expérience 124, avec 21 liv. de chaux de fer doux, dans un creuset exposé pendant 15 minutes au feu de fusion. Le régule qui en est résulté pesoit 53 liv., il étoit cellulaire, blanc, excessivement fragile, paroissant cristallisé dans sa fracture, cédant facilement à la lime; l'acide nitreux le brunissoit; chauffé rouge il étoit plus ductile que dans la 124^e. expérience; prenoit à la trempe de la dureté & le caractère de l'acier. Les globules qui étoient épars étoient ductiles, & les scories d'une couleur jaune rembrunie.

Nous allons voir ce que la chaux d'un fer vicieux produit sur du fer de bonne qualité.

128^e. EXP. 200 liv. de fonte de Leuffstad, avec 50 liv. de chaux de fer de Braas, cassant à froid, traitées à l'ordinaire, ont produit 204 liv. de régule

(A) Il est aisé de voir dans cette expérience 126, qu'indépendamment de la matière de la chaleur, l'acide resté combiné avec la chaux de fer, a rendu intraitable à chaud les fers cassans à froid. Cette propriété que l'acide qui se combine avec le phlogistique des charbons, a de rendre les fers cassans, s'est encore démontrée dans le résultat de l'expérience 127.

Mais dans la pratique des forges, cet effet est encore bien plus sensible: lorsque les charbons, soit de bois, soit de houille, sont mélangés de parties pyriteuses, le fer que l'on fabrique avec ces charbons est excessivement cassant à chaud, & souvent à froid.

qui étoit peu ductile à froid, mais à chaud se forgeoit supérieurement ; il avoit tout le caractère de l'acier.

129^e. EXP. 200 liv. de la même fonte avec 50 liv. de chaux de fer cassant à chaud, ont produit 208 liv. de régule. Ce régule a été divisé en deux parties ; l'une forgée à froid s'est réduite avec la plus grande facilité en une lame très-mince ; l'autre partie rougie au feu a été fourmée au marteau, mais elle a éprouvé plusieurs gerçures avant d'avoir acquis l'étendue de la lame battue à froid. Il ne faut donc que quelques livres de mauvais fer, pour détériorer 200 l. de bon.

(B) Nous avons tenté plusieurs expériences par la voie de la cémentation dans laquelle nous avons employé différentes matières, telles que la plombagine, la terre calcaire calcinée au point seulement d'être encore susceptible d'une légère effervescence avec les acides ; enfin la chaux noire de manganèse.

Nous avons choisi dans les principales variétés du fer, des morceaux que nous avons introduits dans de petites bouteilles avec les diverses poudres de cémentation. Ces bouteilles ont été placées dans des creusets remplis de craie en poudre, & enfin ces creusets ont été exposés à la chaleur d'un four de potier ; le feu a duré 15 heures : dans les six dernières, tout ce que contenoit le fourneau étoit blanc de chaleur : lorsque les bouteilles ont été retirées & refroidies, nous avons procédé à l'examen de ce qu'elles contenoient, dont suit le détail (M).

130^e. EXP. La fonte de Leuflad cémentée avec la plombagine, n'a augmenté ni diminué de poids. Le morceau s'étant égaré après en avoir reconnu le poids,

(M) Les bouteilles employées aux opérations de la cémentation, ont dû être converties en porcelaine vitreuse, au moins à l'extérieur qui étoit en contact avec la craie.

il ne nous a pas été possible d'en faire un examen ultérieur plus étendu.

131^e. EXP. Un morceau de la même fonte cimentée avec la terre calcaire, a acquis au-delà du centième du poids qu'il avoit avant. Elle étoit couverte d'une croûte calcinée, laquelle pouvoit se détacher en écailles attirables à l'aimant. Le noyau étoit un peu ductile, & prenoit de la dureté à la trempe.

132^e. EXP. La même fonte cimentée avec la chaux noire de manganaïse, a augmenté d'un demi-centième de son poids. Elle étoit enveloppée comme la précédente d'une écorce calcinée & attirable; le noyau étoit de la fonte pure, ni ductile, ni dure à la trempe.

133^e. EXP. Le fer forgé de Leuffstad, cimenté avec la plombagine, a conservé son poids juste. Il avoit à l'extérieur l'œil de la plombagine; mais il étoit ductile, très-limable, blanchissoit avec l'acide nitreux. La petite écorce qui l'enveloppoit, & dont à peine on pouvoit appercevoir l'épaisseur, ressembloit à la plombagine, mais elle étoit sensible à l'aimant. Le noyau avoit le caractère du fer forgé.

134^e. EXP. Le même fer forgé, cimenté avec la terre calcaire, a augmenté d'un centième de son poids. Il étoit entouré d'une croûte attirable à l'aimant. Le noyau cassé a montré dans le contour, la contexture du fer forgé, & le centre, celle de l'acier.

135^e. EXP. Le même fer forgé, cimenté avec la chaux noire de manganaïse, a augmenté à-peu-près de la centième partie de son poids.

Le marteau en a détaché une croûte fragile & attirable à l'aimant; laquelle limée avec beaucoup de ménagement avoit l'éclat métallique, mais d'une couleur rembrunie. Le noyau se limoit, blanchissoit à l'eau forte, & étoit véritablement du bon fer ductile.

136^e. EXP. L'acier d'Osterby, cimenté avec la

plombagine, a conservé son poids. Il étoit couvert d'une corticule semblable à de la plombagine, mais attirable à l'aimant. Le noyau avoit conservé toutes les propriétés de l'acier.

137^e. EXP. Le même acier cimenté avec la terre calcaire, avoit acquis un accroissement du centième de son poids. La croûte extérieure avoit pris une couleur rouge, le noyau n'avoit perdu aucun caractère de l'acier.

Un morceau d'acier placé avec de la manganaïse, s'est perdu par accident dans le four.

138^e. EXP. Du fer battu de Norrberk cassant à chaud, cimenté avec la plombagine, a augmenté près de la moitié du centième de son poids; son écorce extérieure étoit semblable à celle de l'expérience 133. Le noyau étoit devenu très-ductile, tant à chaud qu'à froid; mais il étoit converti en acier.

139^e. EXP. Le même fer cimenté avec la terre calcaire, a acquis un centième de son poids. La croûte extérieure étoit semblable à celle du N^o. 134. Le noyau étoit très-ductile, tant à chaud qu'à froid.

140^e. EXP. Le même avec la chaux noire de manganaïse, a acquis au-de là du centième de son poids; la partie extérieure étoit calcinée & attirable à l'aimant. Le noyau étoit singulièrement ductile à froid & à chaud.

141^e. EXP. Le fer forgé de Grangen cassant à froid, cimenté avec la plombagine, a augmenté au plus du quart du centième de son poids. Sa croûte étoit attirable & avoit l'extérieur de la plombagine; le caractère du fer n'avoit pas changé, il étoit resté ductile à chaud & cassant à froid.

142^e. EXP. Le même dans la terre calcaire, à peine avoit acquis quelque chose au-de là de son poids, & le caractère du fer étoit resté le même.

143^e. EXP. Le même traité avec la chaux noire

de manganèse , n'avoit gagné que la moitié du centième de son poids , & le caractère du fer étoit resté le même.

SECTION V I.

*Corollaires déduits des Expériences précédentes
par la voie sèche.*

L'ON peut tirer des expériences rapportées dans la section précédente , un grand nombre de conséquences qui semblent se présenter naturellement , & nous en tirerons plusieurs autres de celles qui seront rapportées dans la suite.

(A) La fonte de bonne qualité , c'est-à-dire celle qui est douée d'une portion suffisante de phlogistique, se change en acier par la seule fusion , soit dans un creuset couvert N°. 97 , soit dans un creuset ouvert N°. 98. La même mutation arrive avec la terre calcaire, expériences 116 & 117, ou avec la chaux noire de manganèse , N°. 113 , enfin avec le verre cristallin , N°. 115.

L'addition de plomb calciné produit du fer qui est presque dans un état mitoyen entre la fonte & l'acier, expériences 64 , 110 & 111. Sa fragilité remarquable doit s'attribuer au plomb , quoique nous n'ayons pu encore en appercevoir aucun vertige. L'expérience journalière a démontré aux ferronniers , qu'une parcelle de plomb dans leur forge , rend cassant le fer qu'ils y chauffent.

L'acier qui est résulté de nos expériences , n'a pas été d'une égale perfection dans tous les cas ; mais celui qui a été fait avec la substance vitreuse , a remporté la palme par sa fragilité , l'égalité de son grain ,

l'abondance de son phlogistique ; enforte qu'il est presque égal à l'acier Anglois que l'on appelle vulgairement acier fondu.

La fonte de bonne qualité, fondue louablement avec de la chaux de fer de bonne qualité, passe à l'état de fer forgé, N°. 90 & 64. Mais avec de la chaux martiale provenant d'un fer cassant à chaud, elle contracte ce défaut, N°. 129 : & si on la traite avec la chaux martiale d'un fer cassant à froid, il en résulte un bon acier, N°. 128.

La fonte d'Hufaby, qui produit du fer cassant à froid, a présenté plusieurs phénomènes singuliers de volatilisation (M). Mais il n'a point été corrigé par la chaux de fer cassant à froid, N°. 102 avec la chaux du fer cassant à chaud. Elle a acquis le caractère de l'acier N°. 103. La même fonte traitée avec la chaux de fer doux a donné un régule qui prenoit de la dureté à la trempe, mais qui étoit excessivement fragile, N°. 104.

La fonte de fer n'éprouve presque aucun changement lorsqu'elle est cimentée avec la plombagine, N°. 130, ou avec la chaux noire de manganaïse, N°. 132. Mais la terre calcaire la fait approcher de la qualité du fer forgé, N°. 131. (N).

(B) Le fer forgé ductile, cimenté avec la poudre de charbon, N°. 107, ou fondu avec la plombagie, N°. 104, acquiert la propriété de l'acier.

Le caractère du fer forgé cassant à froid, change très-peu. Fondu avec la chaux martiale, & ensuite

(M) Même observation que dans la note (C), page 35.

(N) La terre calcaire a adouci la fonte & l'a rapprochée de l'état du fer ductile. Ceci confirme ce que nous avons fait observer dans la note (L) page 45, & semble contredire le résultat des expériences 116 & 117. Mais nous avons donné les raisons de cette disparité.

chauffé cerise, il étoit très-ductile, & même un peu après avoir été refroidi, N°. 100; mais fondu avec une plus forte dose de chaux martiale, il a paru acquérir le défaut de casser à chaud, N°. 101. La chaux noire de manganèse l'a un peu amélioré, N°. 114. Mais la terre calcaire lui a conservé la qualité primitive de cassant à froid, N°. 120 & 123. Cette même espèce de fer cassant à froid, combiné avec le soufre, ensuite calciné & réduit, fondu de nouveau avec la chaux de fer doux, a pris la nature de l'acier, N°. 127.

Il n'est rien résulté de la cémentation faite des fers cassans à froid, avec la plombagine, N°. 141., la chaux noire de manganèse, N°. 143, & la pierre à chaux, N°. 142.

(D) Le fer cassant à chaud n'a point été amélioré par le fer cassant à froid, ni ce dernier par le premier.

La cémentation avec la plombagine N°. 138, avec la terre calcaire N°. 139, & avec la chaux noire de manganèse, N°. 140, a paru enlever le défaut du fer cassant à chaud; mais ce qui est digne d'être remarqué, c'est que la chaux de ce fer communique sa fragilité au fer doux & le rend cassant, étant chauffé rouge, N°. 129.

(E) L'acier n'a point changé de nature dans la cémentation avec la plombagine, N°. 136, ni avec la terre calcaire, N°. 137 (O).

(F) Tâchons actuellement de découvrir, autant qu'il sera en notre pouvoir, les causes de ces phénomènes. Nous observons d'abord que l'abondance du phlogistique décroît ou augmente suivant les circon-

(O) Si l'acier avoit été cémenté plus long-temps avec la terre calcaire, il seroit redevenu fer ductile. J'en ai fait l'expérience en grand. Je n'ai jamais éprouvé la plombagine pour produire cet effet.

tances , & toujours en raison des différentes mutations qu'éprouve le fer, & cette variété ne passe pas les limites déjà observées ; enforte que la fonte de fer qui donne par quintal $39\frac{1}{2}$ pouces cubes d'air inflammable, N°. 2 , ensuite rendu ductile par le moyen de la chaux martiale, en donne encore 51 pouces, N°. 4 : mais fondu encore de nouveau avec la poudre de charbon , elle prend la nature d'acier , & fournit alors 45 pouces cubes d'air , N°. 62 ; de même la fonte refondue avec de la chaux de plomb, donne 43 pouces d'air inflammable, N°. 64 , & avec le verre 45 pouces , N°. 63.

Pour ce qui concerne la matière de la chaleur élémentaire inhérente (P) , sa quantité varie suivant les divers états du fer, (section VII), (C). Enforte que le fer suivant les circonstances dans quelques opérations perd quelque portion de sa chaleur, & souvent plus qu'il n'en communique.

Au surplus, ce qui sera rapporté à la Section IX, nous fera connoître les principes constitutifs du fer dans quelque état qu'il soit , & la disproportion qui regne entre eux. Au reste, le fer ductile ne contient presque aucune portion de plombagine ; mais il réunit une bien plus grande quantité , tant de la matière de la chaleur élémentaire , que du principe inflammable.

L'acier doué d'une moindre dose de ces deux derniers élémens , l'est de beaucoup plus de plombagine. La fonte de fer surchargée de plombagine , possède une bien moindre dose de phlogistique & de la matière de la chaleur.

Pour pouvoir amener la fonte de fer à l'état de

(P) Cette chaleur inhérente est ce que l'auteur appelle phlogistique coagulant , & que j'appelle feu fixe combiné avec la terre élémentaire du métal.

fer ductile , il est nécessaire de lui enlever la plombagine , ou de décomposer celle qu'elle contient , & en même temps de lui fournir une plus forte dose des principes subtils (Q).

Cette opération s'exécute dans les foyers des forges par un feu très-intense & animé par un vent puissant. Ces deux agents défunissent les principes de

(Q) Nous ne pouvons nous dispenser d'observer ici qu'il ne suffit pas , pour affiner la fonte de fer , & l'amener à l'état de métal ductile , de lui enlever la plombagine que M. Bergman prétend qu'elle contient exclusivement à toute autre substance métallique , & lui fournir une plus forte dose de principes subtils , c'est-à-dire , du principe coagulant & du réducteur. La fonte de fer contient d'autres substances que le travail en grand démontre , & qui échappent aux essais à petite dose.

Si l'on examine une affinerie de forge avec des vues d'analyse , on apperçoit au dessus de la tuyère des groupes d'une matière de diverses couleurs , grise , jaune , rouge , brune & noire. Si on analyse cette substance , on trouve qu'elle fait de la gélée avec l'acide vitriolique , & du laiton avec le cuivre de rosette ; donc elle contient du zinc qui ne peut provenir que de la fonte soumise à l'affinage. Lorsque cette opération n'est pas exécutée avec assez d'art , tout le zinc ne se détruit pas , il en passe une partie combinée avec l'élément du fer dans les barres , & on l'y retrouve en analysant ce fer avec le vitriol martial.

Si le zinc est composé des parties élémentaires de la plombagine , ce dont je ne suis pas convaincu , l'énoncé de l'auteur seroit plus fondé.

Pour réduire la fonte de fer par l'affinage à l'état de fer , il suffit de rapprocher les parties élémentaires , & de les mettre en contact immédiat , & pour ce , d'écarter & de détruire tout ce qui s'oppose à ce rapprochement , & la saturer du principe métallisant quel qu'il soit , mais qui procède du feu mis en action.

Outre les substances métalliques étrangères que la fonte de fer contient , elle est chargée du principe aciérant. Car la fonte est un acier hétérogène , elle en a la propriété de durcir à la trempe , la fragilité , & souvent le grain.

la plombagine qui font l'acide aérien, & le phlogistique dont elle est composée (section VIII, D). (R). L'acide aérien s'envole, & le phlogistique, si je ne me trompe, s'accroche aux molécules du fer. On peut faire cette objection. Pourquoi la fonte environnée d'une immense quantité de charbon, ne reçoit-elle de phlogistique que la dose qui lui est suffisante pour lui donner la ductilité ? Nous répondrons.

La plombagine est une espèce de soufre composé d'acide saturé de phlogistique ; or, pour que les métaux puissent s'unir avec du soufre commun, il faut nécessairement qu'ils lâchent une portion de leur phlogistique ; il ne se peut faire de liaison nulle part autrement. N'est-il donc pas permis de conjecturer qu'il en est de même de la plombagine ? & certainement l'expérience le démontre : car nous ne trouvons aucune fonte sans plombagine, aucune dont les molécules ferreuses soient douées par elles-mêmes de cette abondance de phlogistique qui leur est nécessaire pour parvenir à l'état de fer ductile qui en procède (S), quantité qui varie suivant l'état où se

(R) La lettre (D) indique le paragraphe VIII du texte de l'auteur, coté de cette lettre.

(S) Si l'on tient long-temps de la fonte de fer exposée à une chaleur qui soit seulement capable de la faire rougir, sans communication immédiate avec le feu en action ; ou si on la cimente avec de la chaux éteinte, elle se convertit en fer ductile en la chauffant seulement ; conséquemment les molécules de fer de la fonte sont donc douées d'une quantité suffisante de phlogistique pour devenir ductiles. Les différences qu'elle présente dans les dissolutions ne doivent être imputées qu'aux matières étrangères qu'elle contient.

Rien ne nous démontre dans les travaux en grand, des indications que la plombagine soit la seule substance unie à la fonte de fer en si grande abondance, pour croire que le déchet que la fonte éprouve dans sa conversion en fer par le procédé

trouve le fer. Au surplus la dose du principe inflammable qui est uni au fer dans ses divers états, soit cru, soit forgé, ne paroît pas être déterminée par un terme rigoureux. Mais cette quantité varie dans une latitude plus ou moins étendue (section IV). (G), soit que cela dépende, comme il paroît en effet vraisemblable, des circonstances qui accompagnent le procédé, ou de la nature des molécules du fer, qui diffèrent entre elles de quelque manière (T). Quoiqu'il soit hors de doute que l'on peut, par un procédé convenable, détruire à l'air libre la plombagine qui est inhérente au fer (V), il n'est pas si facile de concevoir comment

de l'affinage, doit être attribué à la présence seule de la plombagine.

Je suis bien persuadé que le déchet qu'éprouve la fonte à l'affinage, lequel va quelquefois à $\frac{6}{10}$, ne doit pas être attribué totalement à la quantité de matières étrangères départies par l'affinage; puisque je sais que l'on peut convertir de la fonte en fer avec un $\frac{1}{6}$ de déchet par un procédé, tandis que par un autre il y en a $\frac{1}{3}$ en employant les mêmes fontes, les mêmes charbons & les mêmes ouvriers, que d'ailleurs les laitiers d'affinerie contiennent souvent 30 liv. de fer par quintal.

Il eût été à désirer que M. Bergman eût opéré à plus grandes doses, & qu'il eût vu lui-même de près & de très-près les travaux en grand. Les produits sont bien différens, lorsque l'on opère sur des minucules, ou que l'on procède sur des masses. Je l'ai éprouvé dernièrement.

Je faisois l'essai docimastique de plusieurs sortes de mines, particulièrement d'une galène de plomb en octaèdre: sur deux onces, je n'y trouvois que 65 liv. au quintal. Je répétois l'essai sur 8 liv. réelles poids de marc, & j'obtins 70 liv. par quintal, du même minéral, avec les mêmes fondans & en mêmes proportions respectives.

(T) Je ne pense pas que les molécules du fer puissent différer entre elles, lorsqu'elles sont pures & de bon aloi; elles sont unes comme le fer, mais leur titre peut varier par le mélange. Voyez mon Mémoire sur l'unité du fer.

(V) Il eût été à désirer que l'auteur eût indiqué le procédé

la fonte contenue dans un creuset scellé hermétiquement, puisse en être dépouillé par la simple addition de chaux martiale. Il est nécessaire de remarquer ici que pour que la chaux martiale puisse absorber l'acide aérien, & pour que cela réussisse complètement dans nos expériences, il faut que la chaux de fer touche intimement toutes les parties ferreuses de la fonte de fer réduite en limaille. Alors, tant au moment de l'incandescence qu'à l'instant de la fusion, la chaux martiale saisit la partie aérienne de la plombagine; tandis que les molécules ferreuses cherchent à se saturer du phlogistique qui étoit uni à son acide. C'est par cette double attraction que s'opère la décomposition de la plombagine. Alors le fer s'enrichit de la substance inflammable; & s'il en reste quelque portion au-delà de la saturation, le superflu sert à la réduction d'une partie de la chaux martiale. Mais pour mettre cette vérité dans toute son évidence, nous allons exposer les problèmes les plus difficiles à résoudre, que présentent nos essais.

200 liv. de fonte de Leuflad, avec 50 liv. de chaux martiale, ont donné 222 liv. de régule ductile N°. 93. Ces 200 liv. de fonte contiennent 6,6 de plombagine (section VIII). (D, N°. 342), dont chaque liv. décompose parfaitement environ 5 liv. de nitre: or le fer de Leuflad n'alkalise pas moitié de ce poids de nitre. Une partie de plombagine contient donc autant de phlogistique, que 10 parties de fer, & 6,6 de plombagine, autant que 66 de fer.

Au surplus, (section III. n°. 2), il est démontré

par lequel on peut détruire la plombagine inhérente au fer: à l'air libre, les surfaces du fer peuvent se décomposer par le contact de l'air combiné avec tout ce qui s'y unit dans l'atmosphère; mais il ne pénètre jamais dans l'intérieur des masses, sans le secours d'un agent plus puissant.

par nos antécédentes expositions, qu'un quintal de fer de Leuffstad, contient 39,5 pouces cubes d'air inflammable, & que le régule ductile qui en est provenu a donné 51 pouces cubes d'air (section III. n°. 4) par quintal; ce qui démontre qu'il y a une différence en produit d'air inflammable entre la fonte & le fer, de $11 \frac{1}{10}$ pouces cubes, & dans cette expérience 23 pouces cubes (X).

Voyons actuellement si la quantité de phlogistique contenue dans 6,6 liv. de plombagine, suffit pour opérer la réduction de 22 liv. de chaux martiale, en suppléant à la différence qui se trouve. Nous avons dit que $6 \frac{6}{10}$ de plombagine pouvoit revivifier 66 liv. de chaux martiale. Si on diminue 22 de 66, reste 44.

Auparavant nous avons démontré que dans un pouce cube d'air inflammable il résidoit autant de

(X) Rien de plus ingénieux que le développement que l'auteur donne ici des expériences qu'il a faites pour découvrir la quantité de phlogistique qui est contenue dans le fer & dans la fonte. Mais comme il avance que la plombagine contient dix fois autant de phlogistique que le fer, & que la fonte de fer contient par quintal communément $3 \frac{3}{10}$ liv. de plombagine, au lieu que le fer ductile n'en contient que $\frac{5}{10}$, ne pourroit-on pas inférer de-là, contre le sentiment de l'auteur & contre le fait, que la fonte de fer contient plus de phlogistique que le fer, quoiqu'il paroisse le contraire par l'air inflammable produit de la dissolution respective de la fonte & du fer? Mais le produit d'air inflammable en volume, ne peut à ce que je pense, donner une juste mesure du phlogistique contenu dans les corps soumis à des dissolutions. Tous les corps contiennent de l'air, & tous ne contiennent pas du phlogistique réducteur. L'air inflammable peut contenir sous le même volume, plus ou moins de phlogistique. Aussi voyons-nous que différens airs inflammables détonnent & brûlent plus ou moins, suivant que cet air est plus ou moins chargé de phlogistique. Celui tiré du fer forgé, contient par pouce cube autant de phlogistique, qu'il y en a dans deux grains suédois de fer, d'après les expériences de M. Bergman,

phlogistique qu'il y en a d'uni à 2 liv. de fer forgé (section IV. B). C'est pourquoi la quantité de phlogistique qui est contenue dans 44 liv. de fer, répond à 22 pouces cubes d'air inflammable. Il ne nous en manque donc qu'une ponce cube ; mais il faut observer que pour calciner une partie de fer il faut un peu moins de moitié de son poids de nitre. Nous croyons qu'il est difficile de s'attendre à une démonstration plus complète.

Puisque dans les expériences Nos. 90, 91 & 92, les parties de chaux martiale qui ont été réduites, ont été si foibles, il faut tirer des circonstances sans doute des inductions sur le plus ou le moins de la matière inflammable qui a pu se dissiper sans produire d'effet.

Dans l'exploitation des mines de fer, même dans les essais docimaftiques qui se font dans des creusets dont les couvercles sont scellés exactement, jamais la totalité des parties métalliques n'est réduite en métal, quoiqu'il y ait surabondance de phlogistique (A)

Nous traiterons ailleurs du mauvais fer, tant de celui cassant à chaud, que de celui cassant à froid.

(A) Dans les travaux en grand des fourneaux des forges, lorsque les opérations sont bien conduites, il est très-ordinaire que le minerai lâche tout ce qu'il contient de métallique, à très-peu de chose près, qui peut plutôt être détruit que resté en arrière. Il n'en est pas de même dans les essais docimaftiques. Le minerai ne reçoit qu'un feu secondaire ou intermédiaire. On est obligé de substituer le phlogistique par un corps interposé, de multiplier les fondans, ce qui met la portioncule de minerai & de métal en contact avec des surfaces immenses qui tendent à diminuer le produit. D'ailleurs, ou la chaleur n'est pas assez puissante, ou elle est destructive par son volume & par son intensité. Ces causes concourent à rendre les essais docimaftiques très-incertains pour la réduction des mines, particulièrement de celles de fer.

Nous rapporterons alors les expériences que nous avons déjà citées, & d'autres qui suivent & qui ont rapport à l'une & l'autre de ces espèces de fer. Nous ne nous occupons dans ce moment que du fer doux de bonne qualité.

Ayant examiné jusqu'ici le fer dans les deux extrêmes de sa situation, nous éprouverons moins de difficultés en traitant l'acier qui est le fer dans son état mitoyen.

Nous connoissons déjà l'acier par la voie de l'analyse : quoique les procédés que l'on emploie dans la préparation diffèrent beaucoup entr'eux, ils doivent tous se réunir dans un point qui est de lier étroitement les molécules, & de les saturer d'une juste dose du principe inflammable & de plombagine (section IX (B).

Pendant que l'on fond, que l'on chauffe & que l'on forge l'acier à plusieurs reprises dans le cours de sa fabrication, il est facile de sentir qu'il doit en résulter les effets que nous cherchons à connoître. Car les masses d'acier étant plus petites, exposées à une chaleur plus intense, & animées avec un vent plus actif que les masses de fer que l'on se propose seulement de rendre ductile, sont conséquemment plus exposées à l'action de l'air (C).

(B) La plombagine n'est nullement nécessaire à l'acier ; au contraire, elle ne peut concourir qu'à en désunir l'étoffe & à la rendre cendreuse.

(C) L'auteur, pour étayer son sentiment sur la formation de la plombagine, rappelle ici sommairement ce qui se passe dans le travail de l'acier, & prétend que l'air extérieur & le vent du soufflet ayant plus d'action sur l'acier en raison des surfaces, contribuent à former la plombagine, & à convertir le fer ou la fonte en acier. Mais voici des faits de pratique que je mets en opposition. Pour faire de l'acier, il suffit de donner à la fonte & au fer un degré violent de chaleur, & de les pri-

L'on ne doit point s'attendre à un changement aussi parfait en opérant dans un creuset clos ; cependant l'acier s'y forme même par la fusion de la fonte de fer sans aucune addition, (n°. 97), ou avec le

ver du contact de l'air & de celui des corps brûlans qui dans cet état fourniroient du phlogistique ; & pour y parvenir dans les aciéries , les catins ou creusets des foyers sont très-profonds ; on a soin que le bain de fonte ou de mazelle, ou enfin les lopins soient toujours couverts d'un laitier très-fluide & abondant, en sorte que l'acier qui se forme n'ait nul contact, ni avec l'air extérieur , ni avec le vent du soufflet, ni avec le charbon brûlant.

Le mécanisme de la cémentation est fondé sur le même principe. Le fer est encaissé dans de grands creusets, il est entouré de poudre de charbon & autres substances analogues qui ne sont point dans l'état brûlans , mais seulement en incandescence, sans aucune communication avec l'air extérieur ; & quand par accident il se fait une ouverture au creuset de cémentation pendant l'opération, alors la poudre de cémentation brûle, & le fer reste fer dans cet endroit ; c'est ce que l'on appelle du fer éventé.

Si l'on expose à l'air libre un morceau d'acier chauffé suant, sans être couvert d'un vernis d'herbus, de paille, d'acier ou de sable fondus, il étincelle de toutes parts & se décompose. Voici un fait plus concluant encore. En 1778, travaillant en Dauphiné, je pris 18 liv. d'acier naturel forgé en barreau de 10 à 11 lignes, je le cassai & le placai au milieu d'un tas de charbon exposé au vent de la tuyère ; je lui donnai chaud assez de temps pour en faire un lopin relevé & avalé avec le ringard. Lorsque tous les morceaux furent réunis en une masse, je le fis corroyer & étirer sous le martinet ; lorsqu'il fut froid je le fis casser & l'examinai. Il ployoit & étoit redevenu fer. A peine y avoit-il quelques veines légères d'acier ; tandis que dans le même foyer on faisoit au dessous au fond du creuset, de l'acier qui n'avoit aucun contact avec l'air, ni atmosphérique, ni du soufflet. S'il faut de l'air pour faire de la plombagine, il n'en faut point pour faire de l'acier &, pas plus de phlogistique, mais de la matière de la chaleur. Le verre en fournit beaucoup. Le verre & l'acier sont deux substances très-analogues. Je développerai cette analogie dans un autre ouvrage.

seul verre, (n°. 115). Si donc la simple fusion est capable de détruire la plus grande partie de la plombagine, nous ne devons plus être étonnés que cette destruction s'opère par l'interméde de la terre calcaire, (n°. 116 & 117), ou avec la manganèse pulvérisée (n°. 113).

Mais il nous reste sur le surplus, la difficulté la moins aisée à résoudre, & qui s'apperoit au premier coup d'œil. En cimentant du fer ductile avec de la poudre de charbon, on en obtient de l'acier, (n°. 107). Le même traité avec la plombagine, retourne en fer crud. Alors le principe générateur & celui qui a le plus d'affinité, se sépare. C'est pourquoi nous croyons qu'il est important de détruire l'opinion presque générale qui admet dans l'acier une plus grande quantité de phlogistique que dans le fer. L'analyse nous a démontré clairement que l'acier contient très-peu de principe inflammable, (section IV. E), que le fer ductile n'admet qu'une minicule de plombagine dans sa composition, que l'acier dissous dans l'acide vitriolique laisse un résidu insoluble assez notable, (section VIII. D).

Examinons au surplus, si avec le phlogistique que l'on ajoute dans ces circonstances, il se trouve lié avec une assez grande portion d'acide aérien qui puisse pendant la fusion se combiner avec le fer & enlever la portion de phlogistique qu'il faut soustraire, afin qu'il résulte de la plombagine qui puisse minéraliser le fer.

L'on peut faire de l'acier avec la fonte de fer & avec le fer forgé. Dans le premier cas, il faut détruire une portion de la plombagine pour que les molécules ferreuses soient saturées suffisamment de phlogistique. Dans le second cas, il faut combiner le surplus du phlogistique avec l'acide aérien, assez exactement pour que ces mêmes particules ferreuses en soient les plus pauvres possible. Ces points de saturation sont si pré-

cis, que l'acier trempé, & le même recuit au feu, donnent l'un & l'autre la même quantité d'air inflammable, (n^{os}. 12 & 13).

Il est certain que l'effet de la cémentation varie en raison de l'abondance ou de la disette du phlogistique contenu dans le ciment. Cependant l'expérience nous a appris que dans l'un & l'autre cas il y a une portion de principe inflammable qui se dissipe : car de petits morceaux de fer soumis à nos expériences & enveloppés de plombagine, (n^o. 133), ou de terre calcaire, ou enfin de manganaise, (n^{os}. 134 & 135), se sont également couverts d'un enduit très-foible il est vrai (Y). De-là nous sommes en droit de con-

(Y) De ce que le fer cimenté avec la pierre calcaire, la plombagine & la manganaise, ait perdu une portion de son phlogistique au point de former une croûte extérieure fragile & en décomposition, il ne faut pas conclure que le fer perde de son phlogistique pour être converti en acier par la cémentation, puisque la pierre calcaire est une substance très-avide de la matière de la chaleur, & que l'on peut parvenir à décomposer l'acier par la cémentation avec la pierre calcaire ; & il est vraisemblable que la plombagine & la manganaise employées pour cimenter le fer, produisent le même effet. Mais il n'en est pas de même, si l'on emploie la poudre de charbon de bois, ou toute autre matière animale charbonneuse. Le fer ne souffre aucune décomposition extérieure ; il ne perd rien, au contraire il acquiert un accroissement considérable de poids & de volume. L'accroissement du volume est d' $\frac{1}{14}$ & celui du poids est d' $\frac{1}{76}$ du total ; & il seroit plus considérable si l'on y ajoutoit le poids de l'air qui forme les ampoules & celui de l'eau que le fer peut contenir & qui en sont expulsés. Mais ces deux objets ne peuvent se calculer.

M. Bergman dans l'expérience 107, en cimentant le fer avec la poudre de charbon, a eu une diminution de près d' $\frac{1}{100}$. Mais c'est que ce fer avoit été traité auparavant avec la plombagine dont la poudre de charbon a détruit l'effet, & que les résultats de la docimastie sur des minicules, sont bien différents des travaux des arts qui travaillent sur des masses de 60 à

clure que la poudre de charbon qui environne le fer ductile dans un vase clos & exposé à un feu durable poussé presque au degré de fusion, peut fournir une quantité quelconque d'air qui, se combinant avec le surplus du phlogistique, forme de la plombagine qui s'unit à l'agrégation du fer, mais qui ne peut prévenir qu'imparfaitement une sorte de dessiccation ou de déphlogistication intérieure : d'où il résulte que l'acier étant dissous dans l'acide vitriolique, dépose des parties brûlées inaccessibles à ce même acide, mais qui sont solubles dans l'acide marin. N'est-ce pas la privation de ces parties brûlées séparées par la fusion qui rend l'acier Anglois si supérieur, sans avoir égard au caractère particulier de l'acier ? Il est donc évident qu'il faut que le fer perde une portion de son phlogistique, avant d'être converti en acier (Z).

80 milliers réels dans une seule opération. L'augmentation du poids & du volume de fer converti en acier par la cémentation composée de matières charbonneuses, procède nécessairement d'une substance introduite. Je suis bien persuadé que ce n'est pas du phlogistique, puisque pour que le charbon transmette son phlogistique à un métal quelconque avec lequel il est en contact, il faut que ce charbon se décompose : or la poudre de charbon ne paroît subir aucune décomposition. Le charbon ne peut brûler, si le phlogistique qu'il contient ne se combine avec l'air. La même poudre de charbon sert plusieurs fois successivement à l'opération. C'est donc une autre substance non-seulement qui produit le volume & le poids additionnels, & qui change l'organisation du fer & le décompose en acier. Elle ne peut procéder que de la matière de la chaleur, du feu fixe qui n'est point du phlogistique, lequel n'agit que sur les surfaces, au lieu que le principe de la chaleur pénètre intimement les corps les plus denses, comme la lumière pénètre les corps diaphanes. Il faut donc chercher d'autres causes que la plombagine introduite dans le fer pour en former l'acier.

(Z) L'acier fondu d'Angleterre n'est point supérieur à l'acier corroyé. Quant à la pâte, elle est dans l'un & dans l'autre de la même qualité. Mais l'étoffe de l'acier fondu est beau-

Le fer cémenté avec la plombagine , conserve sa ductilité (n°. 133). Lorsqu'il l'est avec la terre calcaire, il

coup plus parfaite que celle de l'acier corroyé , parce que la fusion sépare tous les corps hétérogènes qui forment dans l'acier corroyé une solution de continuité.

Ces matières procèdent de l'affinage primitif du fer. La cémentation ne peut les en séparer, ni détruire les pailles , les travers , les gercures ni les cendrures , & ce sont en plus grande partie ces cendrures qui se déposent dans l'acide vitriolique.

Il ne paroît pas que le fer dans la cémentation puisse perdre de son phlogistique pour passer à l'état d'acier , puisqu'il est privé du contact de l'air sans lequel il n'y a point de déphlogistication , si ce n'est dans les acides. L'acier n'est point en contact avec des substances qui en sont privées & avides : au contraire , il est entouré de matières charboneuses qui en sont douées d'une grande dose , & qui ne le perdent pas , puisqu'elles ne sont point dans un état brûlant, mais seulement incandescent. L'on sait que le charbon peut être tenu très-long-temps incandescent dans un vaisseau clos , sans qu'il se décompose ; enfin, qu'il est ardent , sans qu'il perde son phlogistique. Le fer en passant à l'état d'acier , ne perd ni n'acquiert de phlogistique. Il y a donc lieu de penser que c'est uniquement le principe du feu , la matière de la chaleur qui se combine avec les parties constitutives du fer pour en former l'acier ; de même que c'est cette matière qui est la base de la composition du verre , & le verre & l'acier ont beaucoup d'analogie. L'acier n'est donc que du fer super-saturé du principe de la chaleur qui n'est pas du phlogistique , car ce dernier est un composé d'air & de feu dissous l'un par l'autre , lequel peut s'unir à l'air atmosphérique , à l'air principe & à l'eau.

Voici un fait qui pourra jeter du jour sur cette matière. Si l'on prend une barre de fer , qu'on la coupe en deux parties , que l'on en laisse une dans son état naturel , & que l'on fasse subir à l'autre la cémentation seulement sans la corroyer ni la tremper , c'est-à-dire en état d'acier-poule ; que l'on casse ensuite ces deux parties , chacune en deux autres , & que l'on frotte l'une contre l'autre par les angles , celles de même état , fer contre fer , acier contre acier , l'on verra , sur-tout dans l'obscurité , sortir des traînées de feu étincelant très-considérables de l'acier , & aucunes du fer , quoiqu'ils ne soient guères plus durs l'un que l'autre. Ce qui prouve l'abondance de la matière du feu dans l'acier & peu dans le fer.

acquiert dans son intérieur la nature d'acier (n°. 134). Ces deux faits nous désignent suffisamment que pour former de la plombagine, il n'est pas nécessaire qu'il vienne de l'extérieur des parties inflammables; mais la portion superflue qui réside dans le fer ductile, se combine avec l'acide aérien pour engendrer la plombagine, & ce, dans un ciment dans lequel on n'a point encore trouvé de cet acide combiné. En fondant du fer crud avec de la plombagine, il en résulte un régule qui est très-proche de l'état de l'acier, (n°. 106). Ce qui arrive à peine par la voie de la cémentation, à moins qu'il ne soit nécessaire d'une incandescence plus prolongée qu'elle ne l'a été dans nos expériences.

La nature d'acier qui ne s'est montrée que dans le milieu des morceaux de fer cimenté, exige une double explication: ou la cémentation a commencé par le centre en se portant par gradation au dehors, & alors elle n'étoit pas parvenue jusqu'aux parties extérieures; ou, & ce qui est vraisemblable, le morceau a été d'abord totalement converti en acier, & ensuite la croûte étant formée, le fer a commencé par le dehors à récupérer sa ductilité (A).

(A) Il seroit bien étonnant, si la plombagine est le principe aciérant du fer, que le fer de Leuflstad cimenté avec cette matière, expér. 133, n'ait pas acquis la propriété de l'acier. Il faut donc que la plombagine soit plutôt comme la terre calcaire, une substance absorbante de ce principe aciérant; & en effet, M. Bergman nous démontre que la fonte de fer étant refondue dans des vaisseaux clos, acquiert par cette refonte la qualité d'acier; ainsi, ce n'est point à la plombagine que le régule de l'expérience 106 doit la propriété d'acier qu'il a montrée; c'est au contraire à la plombagine & à la terre calcaire qu'est due la conversion en fer des parties extérieures des fers cimentés & qui avoient commencé par être totalement convertis en acier pendant les premières heures de l'opération:

Il est hors de doute que nos expériences par la cémentation, auroient répandu un bien plus grand jour sur l'objet de nos recherches, s'il nous eût été possible de nous procurer une chaleur beaucoup plus continuée, & des vaisseaux clos plus exactement.

SECTION VII.

De la quantité de la matière de la chaleur contenue dans le fer.

L'ON ne peut guères douter que la chaleur & les phénomènes qu'elle présente n'aient pour principe une matière particulière; du moins il est très-difficile, en prenant la chaleur pour l'effet du mouvement intestin des parties constitutives des corps qui la renferment, d'expliquer comment un grand incendie peut devoir son origine à une foible étincelle, ce qui n'est pas rare.

L'expérience nous apprend tous les jours que la communication du mouvement en diminuant fait des progrès; le feu au contraire, abandonné à lui-même, en s'accroissant, se propage autant qu'il n'a pas besoin d'aliment convenable, (A).

L'on trouve sans doute une différence de mouvement entre une première étincelle & une maison, ou

mais pendant la suite de l'opération, à mesure que la chaleur a dénaturé & la plombagine & la pierre calcaire, ces substances ont absorbé le principe aciérant, & ont fait passer l'acier à l'état de fer en agissant de la circonférence au centre.

(A) Je pense que l'auteur auroit dû développer un peu plus ces deux propositions contraires du mouvement & du feu, qui ne paroîtront pas claires ni convaincantes à plusieurs des lecteurs.

une ville embrâsée ; c'est pourquoi, l'effet est aussi surprenant qu'il surpasse cette cause. Nous supprimons d'autres argumens, parce que ce n'est pas ici le lieu de donner une démonstration complète de notre sentiment.

Nous pensons de même qu'il y a dans quelque espèce de substance que ce soit, plus ou moins de la matière de la chaleur qui est étroitement retenue par la force de l'attraction, de façon que tant qu'elle reste dans cet état de captivité, elle n'a pas la faculté d'échauffer ; mais lorsque quelque cause rompt les entraves, elle recouvre sur le champ & exerce sa faculté, presque de la même manière qu'un acide qui n'est pas sensible dans les sels neutres parfaits, se fait sentir avec énergie lorsqu'il est libre.

La quantité de cette matière de la chaleur, offre des diversités très-remarquables, qui font varier l'état de plusieurs corps, au point que le même qui est solide actuellement, deviendra liquide dans un autre moment ; qu'il peut même acquérir la fluidité (*).

Les phénomènes qui ont accompagné nos expériences, prouvent que dans quelque état que soient les corps, ils doivent être doués d'une abondance déterminée & respective de cette matière, soit que l'on ait égard à la mobilité mutuelle de leurs molécules, soit à la qualité qui les rend dissimilaires ; l'on doit entendre par cette abondance, la chaleur spécifique. Car en effet, elle accompagne toujours le caractère de tel corps que ce soit. Mais la grande difficulté est de pouvoir la déterminer.

Nous connoissons les excellentes expériences qui ont été faites à ce sujet de notre temps ; mais nous

(*) Les anciens ont observé, & les modernes ont négligé la différence qui distingue le liquide qui conserve son niveau, du fluide ; tel la fumée & les vapeurs que l'on ne peut contenir.

avouons ingénument que les méthodes proposées pour y parvenir, non-seulement nous ont paru incertaines, mais même fausses, (si nous ne nous trompons pas). Nous pourrions dans d'autres momens nous occuper de leur discussion.

Pendant que nos expériences fondamentales faisoient des progrès vers leur perfection, & que les dissolutions se complétoient, afin de connoître si le fer en état de fonte d'acier, ou de fer battu, contenoit la même portion de chaleur spécifique, nous avons examiné avec attention, par le thermomètre, le degré de chaleur qui naît des dissolutions du métal resté un jour complet avec le dissolvant dans le même degré de température. Nous n'admettons pas ce moyen ni comme sûr, ni facile; mais nous avons été obligé de l'adopter, faute de meilleur. Voici l'esquisse de ce qui s'est passé, tel que nous le concevons.

Le dissolvant écarte l'assemblage de l'aggrégation des molécules; il se forme alors d'autres unions. Si la chaleur des nouveaux composés est plus forte que celle des corps désunis, nécessairement le terme de la chaleur diminue dans les parties voisines; alors le thermomètre reste stationnaire. Si le degré de chaleur est moindre au contraire, il ne subsiste plus de différence, & les parties voisines s'échauffent, d'où il résulte l'ascension du thermomètre; si enfin les nouveaux composés n'exigent précisément que le même degré de chaleur, ce qui arrive très-rarement, alors le thermomètre n'éprouve aucune variation. Une juste dose ou approchante de la matière de la chaleur, s'attache aux plus petites molécules d'un corps, comme nous l'avons dit, jusqu'à ce qu'une attraction plus forte désunisse cette aggrégation.

Si l'on considère que tous les corps sont perméables à la chaleur, & avec le célèbre Newton, que moitié au moins du volume de l'or le plus pesant des

métaux, est composé de pores invisibles, que l'interposition de ce métal ne dérange aucunement l'écoulement du magnétisme. On ne trouvera rien de discordant dans l'admission de pareils écoulemens atmosphériques des molécules primitives, même dans l'état de solidité des corps. Ces mêmes molécules séparées l'une de l'autre par une abondance suffisante de chaleur, s'accroissant à l'entour par l'effet de l'augmentation du contact, elles entassent une plus grande quantité de la matière de la chaleur, leur mobilité augmente, elle procure alors la liquidité; & lorsqu'elles sont pénétrées encore d'une plus grande portion de chaleur, il en résulte enfin une fluidité vaporeuse.

Il paroît évident par ce qui vient d'être dit, que la différence de la quantité de la matière de la chaleur peut être reconnue par la marche du thermomètre, ayant égard à la température du lieu. Cette chaleur suivant les circonstances, & par l'effet du dissolvant, peut être retenue ou mise en liberté, & on peut le remarquer d'autant plus exactement, que la dissolution s'opérera plus promptement sans le secours d'une chaleur étrangère; & quand même l'accroissement ou le décroissement ne s'opéreroit que très-lentement, il est cependant possible que cette chaleur soit réabsorbée ou dissipée, sans que l'on observe une variation notable dans le thermomètre.

Qu'il me soit permis de rendre ceci plus clair par un exemple que j'ai déjà proposé & expliqué dans un autre ouvrage (*).

Si l'on jette un sel neutre quelconque pulvérisé dans l'eau, & que l'on place sous la solution le globe d'un thermomètre; on verra descendre la colonne de mercure, parce que le premier état de la liquidité exige plus de chaleur, qu'elle n'a perdu de solidité.

(*) Opuscles de M. Bergman, Vol. 1. Pag. 234, 236.

Les petites molécules séparées l'une de l'autre, augmentent leurs forces attractives en raison de leur bien plus grandes surfaces. L'on apperçoit également que lorsqu'une grande masse de cristaux se condense, les surfaces se contractent, le contact diminue, & conséquemment la puissance attractive, d'où il arrive que la matière de la chaleur étant séparée, le mercure du thermomètre monte plus ou moins. Il y a cependant de la différence dans la gradation du thermomètre, suivant la diversité du caractère des sels; & souvent on ne peut l'observer, si ce n'est dans des circonstances favorables.

Mais passons aux expériences qui doivent servir à éclairer notre proposition.

(B) Dans toutes nos expériences nous avons employé le même poids, tant du dissolvant que du corps à dissoudre, & nous les avons laissés ensemble avec l'appareil des vaisseaux pendant un jour complet. Lorsque le fer pulvérisé ou limé étoit placé, l'on versoit l'acide, & l'on plongeoit le globe du thermomètre, marquant avec un soin scrupuleux l'ascension du thermomètre; en même temps l'on examinoit & l'on tenoit note de la température du lieu marqué par un autre thermomètre. L'acide vitriolique agissoit avec tant de lenteur, lorsqu'il n'étoit aidé par aucune chaleur extérieure, qu'à peine a-t-il atteint un ou deux degrés. L'acide marin a donné des signes d'une chaleur un peu plus forte, mais nullement suffisante; mais l'acide nitreux a produit des effets remarquables, soulevant la liqueur avec effervescence (A).

(A) Le fer se dissout totalement dans les trois acides minéraux, dans des périodes de temps différentes, & les précipités que l'on en obtient, sont également des chaux dépouillées du phlogistique réducteur. Si l'acide nitreux produit une plus grande chaleur, c'est qu'il est plus avide du phlogistique du

Afin de distinguer les degrés de la forte intumescence d'une manière fixe , nous désignons par 4 la plus forte élévation jusqu'au bord supérieur du vase : par 3 celle qui est montée aux trois-quarts ; par 2 celle qui est à moitié ; enfin par 1 celle qui n'est parvenue qu'au tiers du vase. Le mélange occupoit environ le quart de la capacité du vaisseau.

Nous nous sommes servi du même acide nitreux que nous avons employé (section III. D). Mais seulement moitié de la mesure , parce que nous n'employons qu'un demi-quintal de fer ; car une double quantité excitant une double chaleur , il eût fallu une échelle de graduation bien plus étendue.

La table suivante n'indique que les effets de l'acide nitreux.

La 1^{re}. colonne marque la température du laboratoire.

La 2^e. le plus haut degré de chaleur.

La 3^e. la différence qu'il y a entre ces deux termes.

La 4^e. la plus forte élévation de l'intumescence de la liqueur (B).

fer , & son action rapide occasionne une chaleur très-forte , & infiniment plus sensible que celle occasionnée par l'acide vitriolique & l'acide marin. Mais ce degré de chaleur produite par la dissolution , doit-elle être la mesure de la matière de la chaleur inhérente au fer ? Je pense que ces expériences sont insuffisantes pour le démontrer ; mais elles peuvent donner des degrés de comparaison entre les divers états du fer , ce qui est très-intéressant à connoître.

(B) Les + de ce tableau marquent , suivant l'usage suivi en Suède , les degrés ascendants au dessus du terme 0 du thermomètre dont la graduation est déterminée par 100 ; au lieu que le thermomètre de Reaumur , d'un usage plus général en France , est gradué par 80 , depuis 0 , le terme de la glace , jusqu'à celui de l'eau bouillante. Dans l'appendix j'ai réduit la gradation de la chaleur suivant le thermomètre de Reaumur dans la proportion , comme 80 :: 100,

N ^{os.} des Expé- rienc	Sortes de Fer.	Tempéra- ture du Labora- toire.	Chaleur. Degrés ascen- dans.	Diffé- rence.	Intu- mes- cence.
144.	Fer crud de Leuffstad, sur- chargé de phlogistique.	+ 11.	+ 37.	26.	2.
145.	Le même.	+ 2.	+ 28.	26.	2.
146.	Fer crud de Leuffstad, doué d'une quantité suffisante de phlogistique.	+ 11.	+ 21.	10.	1.
147.	Le même.	+ 5.	+ 15.	10.	1.
148.	Fer forgé de Leuffstad.	+ 11.	+ 72.	61.	4.
149.	Fer forgé d'Osterby.	+ 11.	+ 79.	68.	4.
150.	Acier d'Osterby.	+ 13.	+ 63.	50.	4.
151.	Fer crud de Forsmark.	+ 14.	+ 24.	10.	1.
152.	Fer forgé de Forsmark.	+ 14.	+ 81.	67.	4.
153.	Acier de Forsmark.	+ 14.	+ 60.	46.	4.
154.	Fonte de Brattfors.	+ 14.	+ 33.	19.	2.
155.	Fer battu de Brattfors.	+ 14.	+ 75.	61.	4.
156.	Acier Anglois dont il a été déjà beaucoup ques- tion.	+ 13.	+ 70.	57.	4.
157.	Acier prépa. par M. Quist.	+ 13.	+ 65.	52.	4.
158.	Fonte d'Hallefors, sur- chargée de phlogistique.	+ 13.	+ 39.	26.	3.
159.	Fonte d'Hallefors pauvre en phlogistique.	+ 13.	+ 30.	17.	2.
160.	Acier fait avec le fer de Dalie, chargé de man- ganaise.	+ 14.	+ 56.	42.	4.
261.	Fer forgé de Norrberk, cassant à chaud.	+ 14.	+ 79.	65.	4.
162.	Fer battu de Grangen, cassant à froid.	+ 14.	+ 81.	67.	4.
163.	Du même, 25 liv. docu- mentaires.	+ 14.	+ 48.	34.	4.
164.	Fonte d'Hufaby.	+ 13.	+ 34.	21.	2.
165.	Fer forgé avec la même fonte de Braas, cassant à froid.	+ 15.	+ 77.	62.	4.
166.	Le même fondu dans un creuset avec moitié de son poids de chaux, exp. N ^o . 122.	+ 12.	+ 85.	73.	4.

N ^o s. des Expé- rienc	Sortes de Fer.	Tempé- rature du Labora- toire.	Chaleur. Degrés ascen- dans.	Diffé- rence.	Intu- mes- cence
167.	Le même rendu ductile en le fondant avec la terre calcaire.....	+15.	+77.	62.	4.
168.	Acier fait avec le fer cas- sant à froid de Braas..	+13.	+50.	37.	2.
169.	Acier fait avec le verre, N ^o . 115.....	+13.	+66.	53.	4.
170.	Acier formé par la seule fusion, N ^o . 97.....	+13.	+56.	43.	3.
171.	Æthiops martial totale- ment attirable, acheté dans une pharmacie....	+14.	+14,5	0,5.	0.
172.	Craie calcaire, exacte- ment lavée & séchée, 50 liv.....	+14	+20.	6.	2.
173.	La même calcinée com- plètement non éteinte, 50 liv.....	+14.	+84.	70.	.....

(G) Si l'on fait attention aux différens phénomènes que présentent les expériences que nous venons de citer, on verra clairement que chaque état de fer est circonscrit, respectivement à la chaleur élémentaire qu'il renferme; en sorte que le fer crud a donné 10 degrés de chaleur au plus bas terme, & 26 au plus haut. Parmi sept variétés de fonte, celles qui étoient pauvres en phlogistique se sont réunies vers le plus bas terme, celles qui étoient riches en principe inflammable, & celles qui donnent des fers cassans à froid, se sont approchées du terme le plus élevé.

Six genres d'acier ont produit une plus forte chaleur, dont le moindre degré a été 37, & le plus haut n'a pas surpassé 57.

Cette table contient neuf essais faits avec le fer battu qui se renferme dans un cercle de variations,

bien plus concentré que les deux sortes précédentes, quoique les espèces en soient plus nombreuses; mais en général le degré de chaleur n'a pas été au dessous de 61, & ne s'est pas élevé au dessus de 68.

Le fer natif de Sibérie a donné une dissolution si indolente, qu'elle n'a pu produire presque aucune chaleur. Ce fer est d'un caractère si mauvais, qu'il n'annonce pas lui-même la chaleur qu'il renferme, (A).

Au surplus, toutes choses égales, nous voyons que le double du poids du fer produit une chaleur double, n^{os}. 162 & 163 (B). Qu'une seconde chaleur n'occasionne pas un plus grand degré de chaleur, qu'elle reste la même & qu'elle est égale à celle que l'état du métal produit ordinairement, (expér. 156, 157, 169 & 170), que le fer cassant à froid s'écarte un peu des limites, (expér. 166).

Il est important cependant de remarquer que le même degré de chaleur se manifeste, quoique la température du lieu où se font les expériences varie, (n^{os}. 144 & 147).

(A) Le fer de Sibérie donne si peu de chaleur, que M. Bergman ne l'a pas placé dans son Tableau en comparaison avec les fontes, aciers & fers. L'observation de cet auteur me confirme dans ce que j'ai dit de ce prétendu fer natif, dans mes Mémoires de Physique sur le fer, & ailleurs.

(B) Cette proposition ne peut s'étendre à des masses considérables, parce qu'alors, d'après ce principe, la chaleur monteroit au degré de la fusion, ce qui n'est pas vraisemblable, & ce qui ne peut arriver dans les fluides humides; même l'état du fer soumis à la dissolution, peut contribuer à l'intensité de la chaleur; car un morceau de fer du poids de 100 grains, n'occasionnera pas autant de chaleur dans sa dissolution, que le même poids du même fer réduit en limaille, parce que la limaille présente plus de surface au dissolvant, & l'action du dernier est alors simultanée, plus vive & plus considérable.

Or, comme dans nos expériences il n'y a eu d'autre variété que celle du caractère du fer, nous devons conclure que toutes les différences que nous avons observées, en procèdent. Les deux dernières expériences faites avec la terre calcaire, n^{os} 172 & 173, sont seulement des points de comparaison simplement ajoutés (*).

SECTION VIII.

Des Matières hétérogènes inhérentes au fer.

IL est nécessaire de rechercher & d'examiner les principales substances hétérogènes qui accompagnent souvent notre métal, ou que l'on prétend qui lui sont unies, lesquelles ne sont point du nombre de ses parties constitutives, quoiqu'elles puissent influencer sur ses propriétés particulières.

Telles sont la manganèse, l'arsenic, le zinc, la plombagine, l'acide du soufre. Nous examinerons ces substances, chacune séparément.

(A) Pour distinguer plus facilement la manganèse, s'il y en a, nous avons employé le moyen que nous avons déjà communiqué ailleurs depuis long-temps, (*), (B). Nous n'en avons point trouvé jusqu'alors de plus certain.

(*) Dans la Page XII. de l'introduction du 1^{er}. Volume de mes Opuscules, il s'est glissé une erreur qui procède de la trop foible portion employée, & d'un thermomètre trop peu sensible.

(*) Opuscules, Vol. II. Pag. 225.

(B) Je restitue ici le passage indiqué par M. Bergman.

« Prenez un poids donné de fer que vous soupçonnez contenir de la manganèse, dissolvez-le avec excès d'acide nitreux,

L'on met dans un creuset exposé au feu, un peu de mine de fer, ou des parcelles de ce métal; lorsque le creuset est bien blanc de chaleur, on ajoute le quintuple du poids de nitre purifié: la détonnation étant finie, le creuset retiré & refroidi, l'on apperçoit souvent au bord supérieur du creuset une pellicule verte ou de couleur bleu-verdâtre; ces couleurs annoncent

» faites évaporer jusqu'à ficcité, même jusqu'à incandescence.
 » Pesez le résidu, délayez-le ensuite dans de nouvel acide nitreux, & ajoutez-y un petit morceau de sucre. Si le fer contient de la manganèse, vous le reconnoîtrez en quelques heures, en saturant l'acide avec de l'alkali fixe aéré; vous obtiendrez une chaux blanche que vous séparerez facilement, & c'est tout ce qui est contenu dans le fer dissous. Décantez la liqueur privée de manganèse, faites-la évaporer à ficcité & même jusqu'à faire rougir le résidu, constatez-en le poids, la différence de pesanteur du résidu exprimera la quantité de manganèse calcinée. Ces résultats étant connus, il vous sera facile de déterminer la partie du poids de la masse réguline calcinée qui répond à celui de la manganèse, puisque cette masse augmente de $\frac{32}{100}$ par la calcination. Connoissant le poids de la chaux blanche obtenue par l'intermède de l'alkali aéré, il vous sera facile de fixer le poids du régule de manganèse qu'elle contient, puisqu'il est prouvé par l'expérience que 180 parties de cette chaux blanche, représentent 100 parties de manganèse.

J'observe que cette chaux blanche obtenue d'une dissolution de la première chaux du fer, par l'acide nitreux, donne du bleu de Prusse, lorsqu'on la traite avec l'alkali phlogistique; ce qui dénote qu'elle contient quelque portion de fer entraîné par l'acide nitreux. Il seroit donc préférable de traiter cette première chaux avec l'acide du vinaigre qui dissout la chaux de manganèse, & agit bien plus insensiblement sur celle du fer que l'acide nitreux; ce dont M. Bergman convient, page 86 de cette dissertation.

Au surplus, je dois prévenir qu'il est bien à craindre que cette manière de procéder n'altère l'essence des choses, & conséquemment que les résultats de ces sortes d'expériences ne produisent que des probabilités encore bien éloignées de la conviction.

annoncent qu'il y a de la manganèse. Si les apparences sont faibles, ajoutez-y une autre dose de nitre égale à la première, par ce moyen vous en découvrirez le plus faible atome.

Il faut éloigner avec soin toute communication avec la poudre de charbon & les cendres.

Voici les motifs qui déterminent cette manière de procéder. La manganèse calcinée & fondue avec du nitre, donne une couleur bleue; mais lorsqu'il y a du fer uni, le bleu dégénère en vert dont l'intensité est en raison de la quantité de la chaux de fer (*) (B).

Nous avons soumis à de nouveaux essais les différentes variétés éprouvées jusqu'alors, & quoique nous n'y ayons employé que trois liv. docimastiques

(*) Opuscules, Vol. II. pag. 220.

(B) Dans les fourneaux des fonderies des forges, les laitiers vitreux qui furnagent la fonte de fer & qui s'écoulent spontanément des fourneaux sur la dame, ont des couleurs différentes qui procèdent non-seulement du caractère des minerais ou des matières étrangères qui leur sont unies, mais encore que le degré de fusibilité & de combinaison du minerai & du charbon font varier. Dans certaines provinces de France, ces laitiers sont généralement verts, dans d'autres bleus, dans d'autres lilas, améthistes; presque tous ceux des mines d'alluvion sont d'une couleur verte plus ou moins intense, lorsque l'on fait de la fonte blanche ou mêlée. Cette couleur verte se détruit & passe à l'améthiste, lorsque l'on fait de la fonte grise, parce qu'alors la proportion du minerai est moindre relativement à la quantité du charbon, qu'en conséquence la masse de chaleur est supérieure, & que la fusion est plus complète. Ce même laitier est noir lorsque l'on fait de la mauvaise fonte, & qu'une portion de minerai fondu passe dans le laitier sans être métallisé. Si M. Bergman eût poussé la fusion dans les essais long-temps après l'effervescence qui soulève les scories, il eût sans doute obtenu la couleur améthiste, couleur que les verriers blanchissent avec la manganèse qui est leur *savon*. Nous observons encore que les alkalis purs fixés donnent des couleurs tantôt vertes & tantôt bleues.

de chacune, cependant les succès que nous en avons obtenus, prouveront combien cette voie de procéder est excellente & démonstrative.

Afin d'éviter des descriptions prolixes, nous prenons pour premier objet de comparaison le fer d'Eisenert, lequel nous avons trouvé contenir $\frac{30}{100}$ de manganèse par le même procédé décrit ailleurs (**).

174^e. EXP. Après la première détonnation avec le salpêtre, le fer d'Eisenert avoit enduit tout le creuset d'une pellicule de couleur verte intense.

Dans la seconde détonnation, à peine cette couleur a-t-elle changé, si ce n'est qu'elle est devenue plus foncée (C).

175^e. EXP. Le fer crud de Leuffstad surchargé de phlogistique, après la première détonnation, n'a donné qu'un foible indice de couleur verte; mais après la seconde, la couleur s'est manifestée & même fortement développée.

(**) Opuscules Vol. II. Pag. 228.

(C) M. Bergman n'a point mis dans cet ouvrage le fer d'Eisenert dont il parle, en comparaison avec les autres sortes dans les dissolutions, pour connoître la quantité inflammable qu'il contient. Si cet auteur n'étoit aussi digne de foi, on pourroit suspecter le produit de l'expérience qu'il cite, par laquelle il dit avoir démontré que le fer d'Eisenert contient $\frac{30}{100}$ de manganèse. Comment un métal combiné de près d'un tiers de substance étrangère si peu susceptible de passer à l'état métallique, tel que la manganèse, peut-il être susceptible lui-même des caractères de la métallité? L'on tire, il est vrai, un régule de la manganèse, mais ce n'est point un métal ductile.

J'ai traduit *Ferrum Eisenertense*, fer d'Eisenert, dans l'acception que M. Bergman a paru le prendre, quoique cet adjectif semble annoncer seulement une mine, une glebe de fer. *Eisen*, fer *Erthz*, mine, glebe, terre, comme on dit *Eisenstein*, pierre de fer qui porte le nom d'Eisenert, comme il y a *Insula ferri* îles de fer, *Argentorum*, ville d'argent, Strasbourg, Argentièrre, &c. Je n'ai pas eu d'occasion de me procurer des éclaircissements sur ce mot, qui est sans doute celui d'une forge.

176^e. EXP. La fonte de Leuffstad douée d'une quantité suffisante de phlogistique, n'a donné d'abord aucun signe sensible de couleur verte ; mais après la seconde projection de nitre , l'on a apperçu une légère couleur bleue-verdâtre.

177^e. EXP. Le fer battu de Leuffstad a donné les mêmes résultats que dans la précédente expérience.

178^e. EXP. Le fer crud d'Akerby a verdi lui-même à la première projection : à peine cette couleur se faisoit-elle appercevoir aux parois du creuset ; mais à la seconde projection , tout l'intérieur du creuset étoit teint d'une couleur bleue.

179^e. EXP. Le fer battu d'Akerby , dès la première projection , a verdi , ainsi que les surfaces du creuset.

180^e. EXP. La fonte d'Hallefors , de même a coloré en vert les parois du creuset.

181^e. EXP. Le fer battu d'Hallefors, n'a produit d'abord aucun vestige de manganaïse , ensuite il s'est comporté comme le précédent.

182^e. EXP. Le fer battu d'Osterby , a donné les mêmes résultats que la fonte d'Akerby.

183^e. EXP. L'acier d'Osterby a produit les mêmes effets.

184^e. EXP. Le fer crud de Forsmark , a montré après la première projection une couleur verte distincte, qui a un peu augmenté à la seconde.

185^e. EXP. Le fer forgé de Forsmark, s'est montré de même.

186^e. EXP. L'acier de Forsmark, a donné une couleur plus foible.

187^e. EXP. La fonte de Brattefors , de même que celle de Forsmark.

188^e. EXP. Le fer battu de Brattefors, comme celui d'Hallefors.

189^e. EXP. La fonte d'Hallefors surchargée de

phlogistique, n'a d'abord donné aucun indice de couleur verte, mais ensuite une très-distincte.

190^e. EXP. La fonte d'Hallefors pauvre en phlogistique, a donné les mêmes résultats.

191^e. EXP. Le fer natif de Sibérie, à la première détonnation, n'a montré que quelques apparences de vert; mais à la seconde, il s'en est développé une très-belle.

192^e. EXP. Le fer de Norrberk cassant à froid, n'a pas verdi d'abord, mais ensuite très-distinctement.

193^e. EXP. L'acier d'Angleterre a verdi à la première projection, les côtés du creuset l'étoient peu; mais cependant à la seconde, ils ont été teints de la même couleur.

194^e. EXP. L'acier préparé par M. Quist, a produit le même effet, mais la couleur verte a acquis un peu d'intensité.

195^e. EXP. L'acier fait avec le fer de Dalie, comme le précédent.

196^e. EXP. Le fer crud d'Hufaby, a donné de prime abord la couleur verte.

197^e. EXP. Le fer battu provenant du fer d'Hufaby cassant à froid, n'a produit du vert qu'à la seconde projection.

198^e. EXP. L'acier préparé avec le même fer s'est comporté comme le précédent.

199^e. EXP. Le fer battu de Braas cassant à froid, a produit d'abord un peu de vert, & plus ensuite.

200^e. EXP. Le même fer rendu malléable par l'addition de la terre calcaire, a verdi les parois du creuset plus distinctement dès la première projection.

201^e. EXP. La manganèse dissoute dans l'acide vitriolique ainsi que dans le nitreux, & dépouillée du cuivre par le moyen du zinc, donnoit d'abord une couleur verte très-exaltée.

202^e. EXP. La limaille de cuivre a donné presque le même résultat.

Après avoir réfléchi sur les produits de ces essais, l'on doit conclure que toutes les variétés de fer que nous avons essayées, contiennent de la manganaise ; & si l'on peut mettre au nombre de celles-ci d'autres expériences , quoiqu'elles aient été pratiquées d'une autre manière , l'on pourra tirer une conjecture probable qui est que le fer n'est jamais , ou du moins très-rarement purgé de la manganaise. Le défaut de ductilité du fer , soit dans son état d'incandescence , soit au degré de la température ordinaire , ne doit point être attribué à l'absence de la manganaise , ni assurer qu'une plus grande quantité de manganaise réunie au fer , ne peut s'opposer à la ductilité, n°. 174, ni jamais la seconder , n°. 175 , 176 , 178 , 180 , 184 , 187 , 196.

Si quelqu'un pensoit que l'on dût attribuer au cuivre cette couleur verte , il faudroit qu'il en supposât dans toutes les espèces que nous avons essayées. Mais, si nous ne nous trompons pas , ce seroit sans fondement. Il n'est pas douteux que deux métaux peuvent être colorés de la même manière par l'effet du nitre , & différer par toutes leurs autres propriétés. Le fer & le cuivre donnent l'un & l'autre un verre rouge ; cependant ces deux métaux diffèrent entre eux.

Il est bien vrai que la manganaise contient presque toujours du cuivre ; mais ce cuivre qui lui est étranger ayant été séparé par le zinc , la manganaise pure qui résulte de ce départ colore le nitre comme auparavant, n°. 201.

C'est à juste titre que nous posons en fait que la portion de manganaise qui est unie au fer , fait au moins $\frac{3}{100}$ généralement de sa masse , puisque le fer d'Eisenert qui est le meilleur de tous en contient cette quantité (D). Pour pouvoir estimer au juste la quan-

(D) Voyez la note (C) page 82 , relativement à la manganaise.

tité de matière colorante extraite, il faut le concours d'un grand nombre d'expériences, car il y a des petites variations qui échappent à l'œil de l'observateur le plus attentif, la pureté du nitre, sont des causes qui secondent, ou même s'opposent à l'appréciation juste des résultats; mais comme dans les précédentes expériences la fonte a moins donné de couleur verte que le fer battu, n^{os}. 178, 179, il faut donc trouver une autre méthode de déterminer cette quantité plus exactement.

Le vinaigre distillé dissout la chaux noire de la manganaïse, & ne dissout pas celle du fer (*).

203^e. Exp. Un quintal de fer d'Osterby, parfaitement calciné au feu, a été mis en digestion avec du vinaigre distillé en quantité suffisante, pendant plusieurs jours, à une chaleur convenable. L'alkali fixe aéré a précipité la dissolution sous la forme d'une chaux blanche, laquelle étant desséchée, a pesé à peine une livre, répondant environ à moitié du poids du régule de la manganaïse.

204^e. Exp. Un quintal de fer de Norrberk cassant à chaud, traité de même, a donné à peu près la même quantité de manganaïse de couleur bronzée.

205^e. Exp. Même poids de fer de Braas cassant à froid, a donné par le même procédé, presque 5 liv. de précipité martial qui a verdi un peu avec le nitre. L'alkali phlogistique a donné beaucoup de bleu de Prusse (DD). Ce même alkali dans les précédentes

(*) Opuscles de M. Bergman, Vol. Pag. 219, 453.

(DD) L'auteur annonce avant de faire ces expériences, que le vinaigre distillé ne dissout pas la chaux de fer, mais bien celle de la manganaïse. Cependant dans l'expérience 245 le précipité de la dissolution de la chaux du fer de Braas, a donné du bleu de Prusse; conséquemment il contenoit du fer. Ces expériences faites avec le vinaigre distillé, ne donnent donc pas le seul précipité de la manganaïse.

expériences, avoit à peine tiré quelques teintes bleues des précipités.

(B) Il est généralement connu que l'arsenic nuit au fer, lui donne de la fragilité; qu'il est très-difficile de l'en séparer. Mais cela ne suffit pas pour lui attribuer la cause de la fragilité à froid. Pour répandre des lumières sur ce point, nous avons cru devoir recourir aux mines.

Celle qui se trouve dans la paroisse de Grangen, & dont le nom vulgaire se tire des pléyades, produit un fer cassant à froid au suprême degré; & cela est si notoire, que son usage en est prohibé. Ce minéral est composé de deux matières, l'une grainue, insensible à l'aimant; l'autre est spathique, sous la forme de noyaux de différens volumes, elles sont entremêlées. Nous les avons analysées séparément.

206^e. EXP. Un quintal de mine grainue a été rôtie à l'ordinaire sur un petit plateau. Pendant la calcination, elle n'a exhalé aucune odeur arsenicale, pas même pendant que l'on ajoutoit sur cette mine ardente de la poudre de charbon, qui est un moyen très-efficace pour découvrir la substance arsenicale. Mais pour qu'il ne se glisse aucune erreur, il faut avoir soin d'examiner la poudre de charbon, car il arrive souvent qu'étant seule exposée au feu, il en émane une odeur d'ail qui n'est point équivoque.

207^e. EXP. Il est résulté les mêmes effets en éprouvant la mine spathique comme la grainue de Grangen.

208^e. EXP. Nous avons procédé de même avec le fer de Grangen, sans qu'il ait donné aucun signe d'arsenic. La fragilité de ce fer ne procède donc point d'un principe arsenical. Cependant dans les travaux en grand des forges où l'on fabrique des fers tarés de ce vice, l'on n'en apperçoit pas toujours des indices. Tous les fers qui sont imprégnés d'arsenic, sont toujours fragiles, soit à chaud, soit à froid (D).

(C) Nous ne révoquons point en doute qu'il y ait des mines qui contiennent du zinc, telles celles d'Aix-la-Chapelle & d'autres. Mais nous n'osons affirmer que le zinc soit la cause générale de la fragilité du fer à froid, comme plusieurs modernes le prétendent. Le zinc se combine difficilement avec le fer par la fusion, & quand même cette union auroit lieu, le zinc se volatiliferoit bientôt de lui-même. L'expérience le démontre (E).

Le fer n'est pas toujours cassant à froid dans les mines qui abondent en zinc qui se démontre tant par la couleur de la flamme qui sort par l'orifice supérieur du fourneau, que par la croûte de cadmie abondante qui s'y forme (*).

(D) D'après cette observation de M. Bergman, il y a donc des fers imbus du principe arsenical & des fers cassans à chaud & à froid. Il eût été très-utile pour la connoissance complète de l'analyse du fer, que ce savant eût fait quelques expériences sur les fers qui sont tarés du vice arsenical, lequel peut être si inhérent par la combinaison du régule d'arsenic avec l'élément du fer, qu'il ne développe aucune odeur d'ail. Le cuivre mêlé de diverses substances, élude tous les efforts de la chimie pour colorer en bleu les alkalis volatils, ce qui a été démontré par M. Cadet de l'Académie des sciences, dans son analyse de la terre du borax.

(E) Voyez la note Q, pag. 57, relativement au zinc

(*) Nob. A. Stockenström nous a cité de semblables exemples. Il a vu dans la forge qui est située près d'Aix-la-Chapelle, couler des marteaux pour forger le fer, qui pouvoient servir à cet usage pendant quatre mois. De même, dans le territoire voisin de Luxembourg, il a vu fabriquer avec des mines tenant du zinc, du fer qui n'étoit nullement cassant à froid (F).

(F) L'observation de l'Auteur, & celle de M. Stockenström, ne peuvent être révoquées en doute. Mais voici des faits qui éclaircissent ce point de Physique métallurgique.

Les mines de fer de Bretagne, sont généralement chargées de

Dans les fourneaux de Suède où l'on réduit les mines qui produisent des fers cassans à froid, on n'ap-

zinc, elles sont très-fusibles. Les fontes qui en procèdent sont des plus résistantes, & les fers sont généralement cassans à froid.

Les marteaux de fonte qui se coulent & dont on fait usage dans les forges de cette province, pèsent de 1000 à 1200 liv. Ils forgent communément quatre milliers de fer par jour, frappant de 90 à 110 coups par minutes, & durent 3, 4, 6, 7. & 8 mois, quelquefois un an.

Les enclumes coulées de la même fonte, durent 2, 3 & 4 ans au Stock. Cependant les fers qui sont fabriqués avec ces fontes d'une constitution si solide, sont très-cassans à froid.

Dans les forges de la basse Champagne, dans les environs de S. Dizier, les mines d'alluvion que l'on y traite, sont très-chargées de zinc. Les fontes qu'elles produisent sont très-fluides & très-résistantes, tant en moulerie & sableries, que pour des enclumes & des marteaux. Ces marteaux pèsent de 7 à 800 liv., frappent de 90 à 120 coups par minutes, forgent trois milliers de fer par jour, & durent plusieurs mois.

J'ai fait forger 700 milliers de fer avec un seul marteau de fonte, dans cette province. Les enclumes durent plusieurs années. J'en ai eu qui sont restées 3, 4, & 5 ans dans le Stock. Les fers sont moins cassans que ceux de Bretagne, mais sont du genre de ceux qui sont cassans à froid.

Dans la même province, dans les forges de Beze où l'on fabrique de très-bon fer avec des mines en pisolites peu chargées de zinc, ainsi que dans les forges circonvoisines de la Franche-Comté, les fontes sont si fragiles, que les marteaux qui sont du même poids que dans les environs de S. Dizier, ne durent que 8 à 15 jours, un mois au plus, & les enclumes de 1 à 3 mois.

L'on peut conclure de ces faits, que la ténacité du fer ne dépend pas de celle des fontes, & que leur fragilité ne passe pas dans les fers qui en procèdent, puisqu'au contraire ce sont les fontes les plus fragiles qui produisent dans ces forges les meilleurs fers.

Que le zinc est intimement uni aux molécules ferreuses dans la fonte de fer, puisqu'il en résulte une masse dont l'agrégation se définit difficilement par les chocs les plus violens & les plus continus. Le zinc passe dans la pâte du fer, lorsqu'il n'en est pas dépouillé par l'affinage. En voici la preuve. En Bretagne on travaille à la vallone, en affinerie proprement dite & en chaufferie. L'on y housse plus que l'on n'avale. On relève peu, & en 20 à 22 minutes on fait une pièce qui produit une barre de 45 à 50 liv. d'un mauvais fer qui brûle comme le bois. En Limousin au contraire, on ne fait en deux heures à la renardière, qu'une pièce de 35 à 40 liv.; il en résulte un fer ferme, dur au feu & au marteau, & purgé du zinc que contenoit la fonte; & peut-être que le fer doit en plus grande partie au zinc sa propriété de brûler à la manière des corps combustibles, bien moins facilement cependant que le zinc pur.

perçoit aucun vestige de zinc, quoique ce métal ne puisse que très-difficilement se cacher, en si petite quantité qu'il soit. Au surplus, les expériences n^{os}. 247 & 248, sont une barrière contre les doutes que l'on pourroit élever, & qui prouvent qu'il n'y a aucune partie de zinc dans toutes les variétés que nous avons essayées, & qui sont cassantes à froid au suprême degré (G).

(D) Nous avons amassé les résidus insolubles du fer dans l'acide vitriolique : après les avoir bien lavés & séchés, nous en avons examiné le poids & les propriétés. Nous avons fait dissoudre dans l'acide vitriolique deux ou trois quintaux de chaque espèce de fer indifféremment pris. Afin d'avoir une partie de résidu assez notable, & pour la plus grande facilité des comparaisons, nous avons établi nos calculs sur les parties centésimales. Voici le résultat de notre travail.

(G) Il eût été à desirer que l'auteur, en procédant dans les deux expériences 247, 248, pour découvrir s'il y avoit un métal étranger uni au fer cassant à chaud & à celui cassant à froid, eût traité par la voie de la réduction les précipités qu'il a obtenus au moyen de l'alkali fixe des dissolutions par l'acide nitreux, afin de comparer le poids du bouton de retour avec le poids du fer dissous; car le fer & le zinc se dissolvent également bien dans l'acide nitreux, se précipitent de même par l'alkali fixe. Mais dans la calcination & la réduction du précipité, le zinc n'auroit pas manqué de se détruire au moins en plus grande partie, & la différence du poids auroit indiqué à peu près le poids du zinc combiné. De même qu'il m'est arrivé en faisant dissoudre une combinaison d'une partie de mercure avec trois parties de plomb dans l'acide nitreux, la masse s'est parfaitement bien dissoute, elle a été précipitée par l'alkali fixe, le précipité ayant été séché & traité par la réduction, je n'ai retiré que le plomb, le mercure s'étoit dissipé. Mais la vraie méthode de reconnoître la présence du zinc dans le fer, est de le traiter avec le vitriol de mars.

209 ^e . EXP. Fonte surchargée de phlogistique de Leuffstad, le quintal a laissé.	Liv. docimastiques.
.	.4,0.
210 ^e . EXP. Fonte saturée de phlogistique.	.3,3.
211 ^e . EXP. Fer battu provenant de la même fonte.	.0,3.
212 ^e . EXP. Acier provenant du fer d'Osterby	.0,6.
213 ^e . EXP. Le même seulement battu.	.0,1.
214 ^e . EXP. Fonte d'Ullefors.	.2,0.
215 ^e . EXP. Fer battu procédant de la fonte d'Ullefors.	.0,1.
216 ^e . EXP. Fonte d'Akerby.	.2,6.
217 ^e . EXP. Fer battu d'Akerby.	.0,5.
218 ^e . EXP. Fonte de Forsmark.	.3,0.
219 ^e . EXP. Acier de Forsmark.	.0,5.
220 ^e . EXP. Fer de Forsmark.	.0,1.
221 ^e . EXP. Fonte d'Hallefors, surchargée de phlogistique.	.5,3.
222 ^e . EXP. Fonte d'Hallefors, pauvre en phlogistique.	.4,3.
223 ^e . EXP. Acier anglois.	.0,4.
224 ^e . EXP. Acier préparé par M. Quist.	.0,6.
225 ^e . EXP. Fer natif de Sibérie.	.0,1.
226 ^e . EXP. Fonte de Brattfors.	.2,5.
227 ^e . EXP. Fer battu de Brattfors.	.0,3.
228 ^e . EXP. Acier fait avec le fer de Dalie.	.0,5.
229 ^e . EXP. Fer battu de Norrberck, cassant à chaud.	.6,7.
230 ^e . EXP. Fonte d'Husaby, cassante à froid	
231 ^e . EXP. Acier d'Husaby.	.1,7.
232 ^e . EXP. Fer forgé d'Husaby.	.0,6.
233 ^e . EXP. Fer forgé de Grangen, cassant à froid.	.0,1.

Ces expériences démontrent clairement que la fonte de fer donne le résidu le plus considérable, & celle qui est plus riche en phlogistique, en donne plus

que celle qui en est pauvre ; que l'acier en a donné beaucoup moins que le fer crud ; enfin que le fer battu laisse bien peu de résidu indissoluble, & quelquefois presque aucun.

Le résidu du fer crud a l'extérieur écailleux, le glissant de la plombagine, & comme elle, il salit par le frottement.

234^e. EXP. Un quintal de ce résidu mis sous la moufle d'un fourneau de docimastie, bien ardent, blanchit d'abord, & perd plus ou moins de son poids. Cette perte cependant ne surpasse jamais la moitié. La poudre qui reste, paroît être de la nature du *silice*.

235^e. EXP. Un quintal du même résidu détonné avec le nitre, en alkalise le quintuple de son poids ; c'est-à-dire, soustraction faite de la partie siliceuse ; le surplus n'est privé de son phlogistique qu'avec dix parties de nitre. Si l'on fait cette opération avec un appareil pneumatique, on en retire environ 50 pouces cubiques d'acide aérien.

236^e. EXP. Un demi-quintal de ce résidu mis en ébullition dans l'acide marin, n'y a souffert aucune altération.

237^e. EXP. Un quintal de ce résidu mêlé avec un poids égal de chaux martiale dans un creuset clos pendant 15 minutes, & exposé au feu excité par un soufflet, donne 30 liv. de régule, produit que l'on obtient avec la plombagine ordinaire (H).

(H) M. Bergman pose en fait qu'une partie de plombagine contient autant de phlogistique réducteur, que dix parties de fer ; & cependant un quintal du résidu de fer dans l'acide vitriolique, que l'auteur assure être analogue à la plombagine, n'a pu réduire & revivifier en fer que 30 liv. de fer calciné, ce qui n'équivaut qu'à trois liv. de plombagine, & les 97 autres n'ont donc eu aucune action sur les 74 liv. restantes de la chaux de fer, qui doivent contenir plus de $\frac{3}{10}$ de métal.

Ces expériences nous ayant mis à découvert la manière d'être de ce résidu tiré de la fonte de fer, il paroît qu'outre la partie filiceuse, il contient une substance semblable à tous égards à la plombagine ordinaire, & même qu'elle est composée d'un acide aérien & de phlogistique (*).

Le résidu d'un quintal d'acier va au plus à une demi-liv.; il n'atteint jamais la liv. entière, excepté celui de l'acier préparé avec le fer cassant à froid.

Afin de connoître le caractère de ce résidu, nous avons d'abord essayé celui qui se tire de la dissolution de l'acier anglois. Mais neuf quintaux ne nous ont fourni que 3,6 liv. quantité trop petite pour pouvoir être soumise à de justes démonstrations, mais cependant qui a suffi pour en annoncer le caractère.

238^e. EXP. Une petite portion de ce résidu calciné sous la moufle du fourneau de docimasia, a laissé un résidu blanc & filiceux.

239^e. EXP. Une portioncule jetée dans le quintuple de son poids de nitre fondu, a détonné avec impétuosité; mais il restoit encore quelque chose de noir, ce qui indiquoit qu'il y auroit eu besoin d'une plus grande quantité de nitre, si ces foibles restes eussent pu détonner avec le nitre, mais en vain nous l'avons tenté.

240^e. EXP. Une petite portion mise dans l'acide marin, ne s'y est pas dissoute.

Toutes les propriétés de ce résidu démontrent plus

(*) D. Cronstedt dans sa minéralogie, §. 154, réunit deux minéraux qui diffèrent beaucoup entr'eux en raison de leur composition. L'un cité sous la lettre A, est lamelleux. Il est formé par l'union d'une terre métallique quelconque, avec le soufre ordinaire que l'on nomme molybdene. L'autre est une espèce de soufre composé de l'acide aérien uni au phlogistique. Ce dernier se nomme plombagine. Cronstedt. Actes de Stockholm 1778, 1779, 1781.

que suffisamment la présence de la plombagine semblable à celle qui porte communément ce nom. Mais nous n'osons rien affurer quant à la nature & aux proportions de ses parties constitutives, attendu que la modicité des parcelles de cette matière ne nous a pas permis de faire des essais assez justes pour les déterminer.

Le résidu que donne le fer battu, est en si petite quantité, que nous n'en avons pu tirer de quelques quintaux une quantité suffisante pour pouvoir en faire l'analyse.

Le fer cassant à froid est celui qui en donne une plus grande quantité, ce qui nous a permis de faire trois expériences pour en connoître le caractère (A).

241^e. EXP. Une petite portion du résidu produit par cette qualité de fer, a détonné avec le nitre fondu.

242^e. EXP. Une autre partie calcinée a laissé un résidu filiceux.

243^e. EXP. Une autre partie exposée dans de l'acide marin bouillant, y est restée intacte.

(E) L'on attribue communément à l'acide du soufre la cause de la fragilité du fer cassant à chaud (B).

(A) Pour connoître si le résidu que laisse le fer cassant à froid dans la dissolution par l'acide vitriolique, est la vraie cause de la fragilité de cette sorte de fer, il eût fallu traiter par la réduction la chaux de fer précipitée de cette dissolution, & voir si le régule en procédant auroit ou acquis de la ductilité, ou s'il seroit resté cassant à froid. Ce qui est arrivé dans l'expérience 228 avec la fonte d'Hufaby.

(B) Nos ouvriers nomment rouverain, le fer qui a le défaut de casser à chaud. Il est très-exigeant au forgéage, difficile à fuser, à souder & à étamper. Une grande partie des fers d'Espagne a ce défaut. Dans les forges de Buffon, lorsque l'on use d'une mine en pois qui est enlachée dans des masses calcaires, & combinée avec de petits cailloux de calcédoine,

Le fer qui est taré de ce vice dans un haut degré, se distingue facilement par les gerçures & les fentes que lui imprime la percussion du marteau. Inutilement on l'expose en vente, & l'on n'en achète que malgré soi. Nous avons cependant eu la facilité de nous procurer la variété de cette espèce de fer qui se fabrique dans la paroisse de Norrberk, & nous analysons en même temps le fer ductile & le cassant à froid. Voici ce qui en est résulté.

244^e. EXP. J'ai mis à dissoudre du fer de Norrberk, cassant à chaud, dans de l'acide marin bien pur; j'ai ajouté quelques gouttes de *terre pesante salée* (A), dissoute dans de l'eau distillée. La liqueur n'a pas troublé & même n'a rien déposé pendant un jour complet, ce qui seroit sûrement arrivé, s'il y eût eu un seul quart de grain de matière à déposer.

245^e. EXP. La même expérience faite avec le fer cassant à froid de Braas, a présenté le même phénomène.

245^e. EXP. Ayant répété le même procédé avec le fer ductile d'Osterby, nous avons eu le même succès.

(F) Afin de connoître si les fers cassans à chaud & ceux cassans à froid contiennent quelques parties étrangères, nous avons entrepris ce travail de la manière suivante.

247^e. EXP. Nous avons dissous exactement un quintal de fer de Braas, cassant à froid, dans l'acide nitreux bien pur. La liqueur a été précipitée par l'alkali fixe

le fer que l'on en fabrique est rouverain; tandis que celui que l'on fait avec de petites mines d'alluvion, dans la même forge, est ou ductile à froid & à chaud, ou médiocrement cassant à froid, suivant que les ouvriers prennent plus ou moins d'attention dans les opérations de la fabrication.

(A) Liqueur tirée du spath calciné,

de tartre purifié. Le précipité exactement lavé & séché a été poussé à un feu très-vif dans un creuset. Cette chaux a été de nouveau mise en digestion avec l'acide nitreux pendant quelques jours à un moyen degré de température, & sans que l'on y touchât, afin que ce qui pouvoit être soluble fût saisi par le nouvel acide nitreux; mais ni l'alkali de tartre, ni le phlogistique n'ont rien précipité, excepté une portion de la chaux de fer: d'où nous concluons que ce fer ne contient aucunes parties terrestres, ou métalliques étrangères qui soient solubles par l'acide nitreux.

Ayant fait crySTALLISER la liqueur restante après la précipitation, nous en avons retiré du nitre procédant de l'alkali végétal.

Ayant ensuite saturé avec le vinaigre, nous avons séparé les deux sels par le moyen de l'esprit de vin; & après avoir examiné soigneusement ces résultats, nous n'avons trouvé que du nitre & de la terre foliée de tartre, l'un & l'autre distincts & très-purs. Ce procédé ne nous a donc démontré aucune partie d'acide étrangère contenue dans le fer.

248^e. EXP. Nous avons traité de même un quintal de fer cassant à chaud: le précipité ayant été desséché & long-temps exposé à la calcination, a été soumis à l'action de l'acide nitreux; mais nous n'avons rien découvert d'étranger qui fût soluble ni dans la chaux précipitée de la première dissolution, ni dans la liqueur restante après la précipitation.

249^e. EXP. Nous avons précipité par l'alkali phlogistique une dissolution de fonte d'Husaby dans un acide. 228 liv. de ce précipité ayant été mêlé avec de la poudre de charbon dans un creuset clos exposé au feu de fusion, ont produit $39\frac{1}{2}$ l. de régule fragile, lequel ayant été refondu avec le quart de son poids de chaux martiale provenant de bon fer, a recouvré son premier poids & son caractère de fonte de fer.

SECTION

SECTION IX.

Des Principes immédiats du fer.

DE l'examen attentif & particulier de tous les phénomènes que nous avons rapportés, il résulte que le fer par sa manière d'être, est un métal qui diffère des autres à bien des égards ; mais cependant, qu'il s'en rapproche généralement par ses parties constitutives, dont les deux les plus immédiates sont une terre particulière & le phlogistique.

Puisque l'on peut extraire de quelque fer que ce soit de l'air inflammable, & même à volume égal, en employant divers acides, je suis très-porté à présumer qu'il procède de cet acide aérien renfermé dans ce métal. Les pierres calcaires & plusieurs autres matières contiennent de cet acide aérien : mais si cette présomption étoit fondée sur un principe solide, il devroit en résulter que tout acide en attaquant le fer, devroit produire de l'air inflammable. Le contraire cependant est démontré par l'expérience ; car l'acide de l'arsenic dissout le fer sans produire aucun fluide élastique, lequel au lieu de détruire le phlogistique, se réunit avec une portion du dissolvant pour régénérer l'arsenic blanc.

L'acide nitreux ne tire pas non plus d'air inflammable, mais il produit un autre fluide aérien connu sous le nom d'air nitreux. L'on peut cependant opposer que cet acide attaque avec une si violente activité les corps inflammables, qu'il peut arriver que ce même air inflammable soit détruit par l'effet de la dissolution ; mais il est prouvé suffisamment par d'autres expériences, que l'acide nitreux le plus concentré ne peut en aucune manière changer l'air inflammable

qui n'est point développé par l'effet des dissolutions , ou seulement mis en liberté , mais qui est réellement & effectivement produit.

Au surplus , voulant reconnoître si tout air inflammable étoit de même caractère ; nous nous en sommes procuré du pur , dont nous avons rempli des bouteilles égales contenant chacune 6 pouces cubes (A) , afin de l'examiner.

250^e. EXP. Ayant approché la flamme d'une bougie de l'orifice d'une bouteille remplie d'air inflammable procédant du fer battu de Norrberk cassant à chaud , il s'est enflammé avec une sorte d'explosion ; il en sortoit une flamme jaunâtre qui a consumé tout l'air dans le moment ; car ayant approché de nouveau la flamme d'une bougie , il n'a plus reparu aucun signe d'inflammation.

251^e. EXP. L'air inflammable tiré du fer battu de Braas cassant à froid , s'est comporté de même ; mais la première déflagration passée comme un éclair , a laissé une portion qui s'est de nouveau enflammée , & est restée ardente pendant environ deux minutes , donnant une flamme foible & jaunâtre dont la base à l'orifice de la bouteille , étoit teinte d'une couleur bleue.

252^e. EXP. La fonte de fer de Leuffstad saturée de phlogistique , a produit un air qui a donné avec explosion une flamme jaunâtre , laquelle s'est éteinte aussi-tôt , mais s'est de nouveau enflammée par l'approche de la bougie. Elle a brûlé alors pendant deux minutes , en donnant une foible déflagration rougeâtre & scintillante.

253^e. EXP. L'air inflammable tiré du fer battu de Leuffstad , a produit les mêmes effets ; mais la seconde flamme tiroit plus sur le jaune.

(A) 7,2. pouces du pied-de-roi.

254^e. EXP. L'air produit par l'acier Anglois, s'est enflammé la première fois comme celui tiré du fer battu de Leuffstad; la seconde flamme étoit foible & bleue, elle a duré environ deux minutes.

Ces expériences prouvent des différences, dont la plus remarquable est celle qui résulte du fer cassant à chaud.

(B) Les causes des variations du fer, procèdent non-seulement des proportions de ses principes constitutifs, mais souvent aussi d'autres matières qui lui sont unies sans une absolue nécessité, même qui peuvent s'en séparer; & en effet, quelquefois le fer n'en contient pas. Quoique cela soit ainsi, ces matières hétérogènes ont néanmoins un si grand rapport aux divers états de notre métal, que lorsqu'elles en sont séparées, elles subissent un changement total; c'est pourquoi il ne fera peut-être pas inutile de faire connoître ici les limites de leur variation d'après le résultat de nos expériences; enfin nous ajouterons les gravités spécifiques de certaines variations que nous avons fournies auparavant à la balance hydrostatique.

F E R C R U D.

Le quintal produit

Principes.	moins.	plus.
Matière siliceuse.	1,0.	3,4.
Plombagine.	1,0.	3,3.
Manganaise.	0,5.	30,0.
Fer.	97,5.	63,3.

Qui contiennent autant de phlogistique que d'air inflammable, dont elles donnent de pouces cubes. 28. .48.

La matière de la chaleur élémentaire qu'elle renferme, répond aux degrés du thermomètre. 20. .52.

La gravité spécifique du fer crud de Leuffstad
superfaturé de phlogistique, est de 8,062 (K),
& celui qui ne contient qu'une juste dose de
phlogistique. 7,759.

A C I E R.

Le quintal contient

Principes.	moins.	plus.
Matière filiceuse.	0,3.	0,9.
Plombagine.	0,2.	0,8.
Manganaïse.	0,5.	30,0.
Fer.	90,0.	63,3.

Qui contiennent autant de phlogistique
que de pouces cubes d'air inflammable
qu'elles produisent. 44. . 48.

La matière de la chaleur élémentaire
répond aux degrés du thermomètre. . . 74. . 114.

La gravité spécifique de l'acier d'Hufaby. 7,002.

Celui du Sieur Quist. 7,643.

De l'acier Anglois. 7,775.

De Forfmark. 7,727.

D'Osterby. 7,784.

Le même trempé. 7,693.

Tous les autres aciers avoient été détrempés par le
recuit.

(K) Il s'est glissé une erreur dans les chiffres qui désignent la
pesanteur spécifique de la fonte noire portée à 8,062 . &
de la grise portée à 7,759 qui est beaucoup plus forte que celle
de l'acier & des différentes espèces de fer & , de même pour
la pesanteur spécifique de l'acier d'Hufaby qui n'est portée
qu'à 7,002; tandis que l'acier Anglois est à 7,775. Dans l'ap-
pendix je redresserai cette erreur qui est probablement typo-
graphique.

(D) FER BATTU ductile.

Le quintal produit

Principes.	moins.	plus.
Matière filiceuse.	0,05.	0,3.
Plombagine.	0,05.	0,2.
Manganaise.	0,50.	30,0.
Fer.	99,40.	69,5.

Qui sont douées d'autant de phlogistique que d'air inflammable dont elles produisent de pouces cubes. 48. . . 51.

La matière de la chaleur élémentaire, degrés. 102. . 136.

La gravité spécifique est ,

Du fer de Brattfors.	7,798.
De celui de Leuffstad.	7,754.
De celui d'Osterby.	7,827.
De celui de Braas.	7,751.

(E) FER BATTU cassant à chaud.

Le quintal produit.

Principes.	Poids unique proportionnel.
Matière filiceuse,	0,8. .
Plombagine.	0,7. .
Manganaise.	0,5. .
Fer.	98,0. .

Qui réunissent autant de phlogistique que d'air inflammable, dont elles produisent de pouces cubes. 48.

La matière de la chaleur élémentaire, degrés. 130.

La gravité spécifique du fer de Norrberk, cassant à froid. 7,753.

(F) F E R B A T T U cassant à froid.

Le quintal produit

Principes.	moins.	plus.
Matière siliceuse.	0,05.	0,3.
Plombagine.. . . .	0,05.	0,3.
Manganaise.	0,5.	4,0.
Fer.	99,40.	95,4.

Dans lesquelles le phlogistique réducteur équivaut à l'air inflammable qu'elles contiennent , & dont elles donnent de pouces cubes. 50. . . 52.

La matière de la chaleur élémentaire , fait monter le thermomètre à . . . 122...134.

La gravité spécifique est du fer de Braas cassant à froid est. 7,792.

Du même ductile. 7,751.

De celui d'Husaby. 7,791.

(G) Ce devrait être ici le lieu d'examiner quelle est l'influence de chaque espèce de matière qui entre dans la composition du fer sur ses différentes qualités; mais pour remplir cet objet avec un succès complet, il est nécessaire de faire encore différentes sortes d'expériences.

Cependant il nous suffit ici d'effleurer légèrement les effets les plus remarquables. Voyons d'abord d'où résulte la différence des trois états de ce métal.

Le fer crud contient une plus grande quantité de chacune des matières hétérogènes que les autres sortes , d'où procède un ensemble des parties plus fragiles. La quantité de phlogistique varie un peu , & cependant , de façon que lorsqu'il est plus abondant, il se trouve une plus forte dose de plombagine, laquelle

alors paroît également donner de la souplesse & retarder la fusion (L).

Le fer en état d'acier, est très voisin de celui du fer crud ; il contient cependant beaucoup moins de parties hétérogènes que le fer crud ; mais beaucoup plus que le fer battu ductile.

L'acier est plus riche que le fer crud, en matière de chaleur élémentaire & en principe inflammable. Il paroît que la plombagine est un principe nécessaire au fer dans ces deux états, mais dans des proportions différentes & déterminées pour chacun ; & c'est cette plombagine, si nous ne nous trompons, qui est la cause de la couleur rembrunie que les acides impriment tant sur le fer crud que sur l'acier, & plus particulièrement l'acide nitreux ; car après l'érosion du métal par cet acide, on apperçoit à sa surface une couche légère de plombagine. Mais au surplus, la dureté que ce métal acquiert par l'immersion subite dans l'eau, lorsqu'il est plus ou moins chauffé, paroît provenir d'une dose modérée de la plombagine ; car la trempe augmente peu la dureté du fer ductile, un peu plus celle du fer crud, & celle de l'acier au très-haut degré (M). Mais il nous faut réunir en dernier

(L) J'ai éprouvé plusieurs fois une très-grande difficulté en voulant fondre de l'acier dans des creusets de molybdène.

(M) Le fer cassant à froid prend beaucoup de dureté à la trempe qui l'aigrit & le découvre blanc ; au lieu que le fer doux ne prend pas une dureté bien sensible. Ces deux propriétés distinctes ont élevé une contestation entre des Physiciens de sentimens contraires. Les uns soutiennent que le fer ne prend pas de dureté à la trempe, d'autres affirment que la trempe durcit le fer un peu moins que l'acier. Ils ont tous raison, mais ils ne s'entendent pas entr'eux, faute d'examiner la nature du fer qu'ils emploient. Le fer cassant à froid, participe des qualités du fer & de celles de l'acier ; c'est un acier imparfait, ce qui lui fait prendre de la dureté à la trempe. La fonte en prend considérablement ; j'en ai vu faire des outils tranchans.

reçoit le concours de plusieurs expériences pour découvrir le mécanisme de cette opération.

Qu'un corps ardent prenne de la roideur par un refroidissement subit, & que des particules dilatées par le feu se figent pour ainsi dire dans le moment, sous le volume qu'elles avoient auparavant, cela nous paroît très-probable, & la gravité spécifique plus foible dans l'acier durci par la trempe, que dans celui qui est ramolli, dénote l'expansion du volume; mais comment expliquer qu'une demi-centième partie de plombagine puisse seule produire une si grande différence? c'est le nœud gordien qui nous offre des difficultés difficiles à résoudre (N).

Il paroît que l'élasticité dépend en général de l'union d'une dose déterminée du principe inflammable & de la matière de la chaleur élémentaire; du moins la nature des choses confirme ce sentiment dans plusieurs cas; ainsi l'acide vitriolique en ébullition, produit de certaines vapeurs élastiques qui se résolvent en liqueur par le froid. Si l'on ajoute à cet acide vitriolique en ébullition, un peu de matière inflammable, il produit sur le champ une très-grande abondance d'air élastique qui reste dans cet état. Il en est

(N) M. Bergman avoue ici avec candeur qu'il est bien difficile de se persuader qu'une si petite portioncule de plombagine supposée dans l'acier, puisse produire tous les phénomènes que présente le fer dans cet état. Le nœud gordien, selon moi, n'est pas difficile à résoudre, car sans m'arrêter aux résultats des nombreuses expériences que ce savant a faites pour découvrir les principes constitutifs de l'acier, & ne parlant que d'après ma propre expérience dans des travaux en grand, je suis persuadé que ce n'est que l'augmentation du principe de la chaleur qui constitue l'acier, c'est-à-dire qui convertit le fer en acier sans augmenter la dose de phlogistique nécessaire à la ductilité. Je développerai cet argument plus au long & à la suite de cette traduction, & dans un autre ouvrage. L'expérience & les faits feront les fondemens de sa démonstration.

de même de l'acide nitreux ; mais lorsqu'il a été privé par l'ébullition de la portion d'air élastique qu'il contient ordinairement , ensuite sans le secours du phlogistique & de la chaleur , il ne produit plus d'air élastique persistant en cet état : l'acide muriatique en produit constamment par le secours seul de la chaleur , parce que la matière inflammable fait une partie de ses principes constitutifs.

L'acier qui est doué de l'élasticité dans un degré éminent , contient cependant moins que le fer de principe inflammable & de matière de la chaleur élémentaire : ce qui nous démontre que , pour que ce métal possède l'élasticité dans un haut degré , il faut que ces deux principes y soient réunis dans une juste proportion plutôt que d'y être avec excès. Dans toute la nature , les causes sont pareillement circonscrites & déterminées.

Les superficies d'une lame polie échauffée par gradation , se couvre de diverses couleurs relatives au degré de chaleur qu'elle éprouve. Ces couleurs sont sans doute l'effet de la légère calcination qui prend successivement de l'accroissement.

Le fer ductile particulièrement, peut être appelé fer pur ; & quoiqu'il soit fort chargé de la matière de la chaleur élémentaire & du phlogistique, cependant il résiste à la fusion avec bien plus d'opiniâtreté que les deux précédentes variations (A) , ce qui nous donne une nouvelle preuve évidente de l'importance des proportions. Il en est de même de la ductilité qui augmente dans

(A) La matière de la chaleur est le principe de la fusibilité des métaux, & le phlogistique celui de leur ductilité. L'acier est plus fusible que le fer, parce qu'il contient une bien plus grande dose de la chaleur élémentaire que le fer , & il est ductile parce qu'il a une juste dose de phlogistique. Le phlogistique constitue le nerf du fer , la chaleur forme le grain de l'acier.

divers états du fer, en raison de l'augmentation du phlogistique & de la matière de la chaleur jusqu'à un certain point, au-delà duquel l'augmentation de ces principes produit la fragilité dans le fer cassant à froid (exp. 31), qui a été rendu ductile par l'effet de la terre calcaire; & au lieu de 52 pouces cubiques d'air inflammable, il n'en a plus donné que 48 (exp. 32). La matière de la chaleur reste invariable, malgré que le fer change de caractère, ce qui est très-digne de remarque (exp. 165, 167).

Approfondissons davantage la nature du fer vicieux. Prenons d'abord le fer cassant à chaud : ce fer étant froid & la plupart du temps chauffé cerise, se laisse forger, limer & plier facilement; mais lorsqu'il éprouve une chaude blanche, il se rompt & se brise. Sa fracture est filamenteuse : sa superficie étant limée, bleuit & contracte facilement la rouille. Les ustensilles de cuisine qui sont coulés avec la fonte dont ces fers ont été produits, noircissent les alimens que l'on y fait cuire, & repandent l'odeur des poêles (M). Lorsque ce fer est chauffé blanc, il s'en échappe plus fréquemment & plus abondamment des étincelles que du fer de bonne qualité. Le vice du fer cassant à chaud ne se corrige pas par le contraire du fer cassant à froid, (exp. 125); ni par la calcination, (exp. 129). La cémentation paroît néanmoins le corriger un peu; cependant il faut avouer que le vice du fer de Norrberk est moins re-

(M) Les mêmes mines de fer produisent une fonte blanche qui noircit les alimens que l'on fait cuire dans les ustensiles de cuisine qui en sont formés, & une fonte grise qui n'a point ce défaut, ce qui vient du plus ou moins de liaison & de proportion de la matière de la chaleur & du phlogistique qui sont entrées dans la composition de la fonte & qui l'ont amenée à un plus grand degré de pureté. L'on fait du fer doux, du cassant à froid avec des fontes qui noircissent les alimens, sur-tout les légumineux, suivant le procédé que l'on emploie.

marquable après cette opération. Le caractère du fer cassant à chaud, ne dérive pas totalement de l'acide du soufre, (expérience 244), ni des proportions des substances hétérogènes ou des principes constitutifs; mais elle procède, à ce qu'il semble, de la qualité du phlogistique détérioré par quelque cause. La différence de l'inflammation de l'air qu'il produit, nous indique cette cause (exp. 250), ainsi que la manière de se comporter avec le soufre & l'eau (exp. 261), la mauvaise odeur qu'elle exhale, les étincelles qui s'en échappent, & le reste. Il est de plus notoire, que le fer de bonne qualité devient cassant à chaud par l'effet des charbons mal cuits dont on se sert dans la fabrication (M).

Le fer cassant à froid, se forge également bien, soit qu'il soit chauffé rouge ou blanc. Lorsqu'il est limé, il présente une couleur argentine, & résiste bien à la rouille (N). Il paroît grenu à la fracture; il

(M) L'observation de M. Bergman est appuyée par l'expérience relativement au charbon qui n'a pas reçu le point nécessaire à son degré de parfaite cuisson dans les forêts & qui produit des fers vicieux, même les charbons trop nouveaux cuits apportent des variations nuisibles dans les travaux des forges. Les vapeurs qui émanent d'un charbon mal-constitué, sont bien plus nuisibles que celles qui sont produites par des charbons bien préparés & repassés. Les forgerons disent qu'un charbon mal-cuit *n'est pas de nature*; pour lui donner son degré de perfection, il est nécessaire lorsqu'une charbonnière ne fume plus, de faire repasser le feu par toutes les masses de charbon qu'elle contient, au moyen des événements; c'est ce que l'on nomme rougissage.

(N) Un très-grand usage de voir des masses de fer dans toutes sortes de situation, m'a démontré que le fer cassant à froid est infiniment plus susceptible de la rouille que le fer doux; & lorsque je jette un coup d'œil sur un magasin rempli de fer qui a été exposé aux vicissitudes de l'atmosphère, je distingue

ne perd point sa fragilité lorsqu'il est fondu avec le quart de son poids de chaux martiale préparée avec du bon fer (exp. 100), & fondu avec moitié de son poids de cette même chaux martiale, il paroît acquérir de la fragilité à chaud (exp. 101). Le fer crud de cette nature avec la chaux martiale préparée avec telle espèce de fer que ce soit, présente les phénomènes d'une surprenante volatilisation (exp. 102 104), (N).

(L) Il acquiert de la qualité étant fondu avec la pierre calcaire calcinée dans le fourneau à la hongroise (pag. 11. note), ce qui n'a pas lieu dans un creuset (exp. 120, 123) : traité avec le soufre, il passe à l'état d'acier (exp. 124). De même, lorsqu'il a été calciné & ensuite fondu avec du fer de bonne qualité, (exp. 128), la cémentation ne le change pas (exp. 141 143). Réduit en bleu de Prusse, & revivifié ensuite, il conserve son caractère (exp. 249). La cause originaire de ces diverses qualités, est couverte d'épaisses ténèbres (O).

les qualités par le coup-d'œil. Le fer cassant à froid, produit une rouille farineuse abondante, le fer doux une rouille dense & fondue.

(N) Voyez la note (C), pag. 35.

(O) Le fer cassant à froid est généralement acièreux plus ou moins. Sa contexture est grainue comme l'acier corroyé & trempé, souvent lammelleuse comme l'acier-poule non trempé. Il durcit à la trempe & s'y découvre comme l'acier. Il contient beaucoup de la matière de la chaleur, & peu de phlogistique mal combiné.

Le fer cassant à chaud est superfaturé de phlogistique, & contient moins de la matière de la chaleur. Dans le fer doux, la combinaison de la matière de la chaleur & du phlogistique, sont au point de la saturation & d'une juste combinaison.

L'acier est superfaturé de la matière de la chaleur avec la dose du phlogistique nécessaire à la parfaite ductilité.

La proportion du phlogistique produit sans doute quelque effet (exp. 31, 32) ; mais si nous ne nous trompons pas, la principale cause réside dans la chaux martiale d'une nature particulière qui existe dans le fer, & que nous ferons bientôt connoître par les expériences 264, 266.

SECTION X.

De la Chaux du Fer.

JUSQU'A présent nous avons recherché les principes immédiats du fer. Nous allons rapporter succinctement combien nous avons acquis de connoissances sur cet objet par la décomposition & la réduction en chaux. Ce qui nous a paru d'abord mériter une sérieuse attention, c'est l'action particulière que l'eau a sur notre métal. L'acide vitriolique concentré ne dissout pas le fer sans addition d'eau, laquelle seule le réduit en poudre lorsqu'il y reste long-temps submergé; elle seconde aussi l'action du soufre sur la limaille de fer; en sorte que non-seulement le mélange s'échauffe considérablement, mais même exhale de la fumée & s'enflamme.

Ces phénomènes n'indiquent-ils pas qu'il y a un principe salin & radical, sur-tout un acide caché qui a de l'affinité avec l'eau, & la met en action ? Mais analysons-en les effets avec plus d'exactitude.

255^e. EXP. Huit quintaux de limaille de fer d'Os-

L'acier supersaturé avec excès de la matière de la chaleur, est intraitable. On peut lui enlever graduellement cette surabondance sans diminuer ni augmenter la portion de phlogistique nécessaire à sa ductilité. Ces opérations se font tous les jours dans les travaux en grand; il ne faut ni acides, ni alkali.

terby, humectés de quelques gouttes d'eau, ont fait monter le thermomètre du 10^e au 17^e degré, ce qui prouve sans doute une action réciproque (P).

256^e. EXP. Sur trois quintaux de la même limaille mise sur une soucoupe de porcelaine, j'ai versé de

(P) Le fer a de la saveur, & cette propriété est un des moyens que j'emploie pour en connoître la qualité. L'habitude & l'attention m'ont acquis un degré de sensation qui n'est point équivoque. Mais il n'est pas nécessaire de recourir à des sels, comme je l'ai cru autrefois, pour démontrer l'effet de l'action de l'eau sur le fer, & la chaleur qui résulte du mélange d'eau avec la limaille. L'eau attire la chaleur avec une force d'attraction étonnante, & en est un des meilleurs conducteurs. L'eau dont on humecte la limaille de fer, seule ou combinée avec le soufre, saisit la matière de la chaleur, rompt toutes les cellules ou pores qui la renferment, & désunit par ce moyen l'aggrégation des corps qui la contiennent. Elle a moins d'action sur le phlogistique, elle ne le détruit que par le concours de l'air ou des sels qui en produisent. L'eau mêlée avec la limaille de fer dans l'expérience 255, qui a donné de la chaleur, & celle qui enflamme le soufre, mêlée avec le fer, agit dans cette occasion comme dans l'extinction de la chaux calcaire, avec moins d'activité, il est vrai; parce que l'aggrégation de la pierre calcaire est bien plus perméable à l'eau que celle du fer qui ne laisse de prise à l'eau que par les surfaces.

L'atténuation du fer par l'eau qui le réduit en *æthiops martial*, procède du même effet. Mais comme il y a alors de l'eau en surabondance, la chaleur est intérieure au volume de l'eau. Il ne peut y avoir d'incandescence, & le fer privé d'une grande partie de la matière de la chaleur, conserve son phlogistique qui n'a pu être détruit ni par l'air, ni par le feu en action.

Si l'on soutenoit la présence d'un sel quelconque dans le fer, d'où procède sa saveur & l'action de l'eau, je dirois que ce sel est une combinaison d'air & de matière du feu, à laquelle il faut rapporter uniquement l'action de l'eau sur le fer, la chaleur qui en résulte, & l'augmentation de poids de l'exp. 256.

La matière de la chaleur est la cause des saveurs, elle donne de la causticité aux sels, & rend leur liqueur-mère incristallisable. Leur déliquescence n'est que la suite des rapports d'affinité & d'attraction de l'eau avec la matière de la chaleur.

l'eau qui s'est évaporée insensiblement à une température moyenne; la masse séchée a été triturée avec un pilon d'agate, & humectée de nouveau. Cette opération a été répétée pendant 60 jours consécutifs. Après ce terme, la limaille réduite en poudre noire étoit encore fortement attirable à l'aimant. L'on apercevoit quelques portioncules réduites en ocre jaune qui n'étoient point attirables. Le poids du total étoit alors de 371 liv. ce qui donne 23,7 d'augmentation par quintal.

257^e. EXP. L'on a mis 185 liv. docimaftiques de la même limaille, avec 688 liv. d'eau dans une petite cucurbite qui contenoit 3200 liv. d'eau revenant à 4 pouces cubes. Un petit tube étoit adapté exactement à l'orifice de la cucurbite, & il étoit recourbé de façon que son autre bout entroit dans un autre tube plein de mercure, & dont l'ouverture plongeoit dans du mercure. Cet appareil étoit disposé dans une température moyenne. Le troisième jour le mercure commença à s'élever dans le tuyau, & le remplir jusques aux $\frac{2}{3}$. Mais le jour suivant après plusieurs différentes oscillations, il n'occupa plus que le tiers du tube, & il y resta stationnaire deux mois entiers. Pendant ce temps, l'on observoit une sorte de calcination qui se manifestoit par des particules ocracées. Après les deux mois écoulés, l'on a filtré l'eau par un papier, & cette eau ayant été éprouvée, elle n'a nullement changé la couleur du tournesol.

L'alkali phlogistiqué, ni la teinture de noix de galle n'y ont fait paroître aucun signe de la présence du fer (A). La limaille réunie & séchée, pesoit 182 liv.

(A) Peut être que si l'on eût agité cette eau avec de l'air phlogistiqué, que la noix de galle auroit donné la couleur pourpre, violette ou noire. Le phlogistique ne se déplace que par l'impulsion de l'air atmosphérique, ou celui extrait des substances.

elle formoit une poudre noire attirable à l'aimant, mêlée d'environ 3 liv. de parcelles ocreuses. L'on appercevoit aux parois de la cucurbite quelques taches ocracées qui y étoient adhérentes.

Ces expériences prouvent que l'eau dans un vaisseau clos n'est pas sans action sur le fer ; mais que l'air enfermé avec l'eau, a éprouvé une condensation d'environ $\frac{1}{500}$; car le premier volume d'air étoit égal à 2528 liv. d'eau, & le second à 2523 liv.

258^e. EXP. Trente-deux quintaux de fer crud d'Hallefors superfaturé de phlogistique, mêlés avec 32 quintaux de soufre & 4 quintaux d'eau chaude, ont été placés sur une assiette de porcelaine. Au bout de trois minutes, ce mélange exhaloit une fumée très-visible qui cessa après 45 minutes de durée. La superficie de la matière étoit rembrunie.

259^e. EXP. Pareille quantité de limaille de fer crud d'Husaby, traitée de la même manière, a produit le même effet avec un peu plus de chaleur.

260^e. EXP. Le même poids de limaille de fer battu d'Osterby, a produit après 15 minutes une fumée qui a duré cinq quarts d'heure. La chaleur a commencé à décroître après 45 minutes. La masse étant refroidie, étoit d'un jaune rembruni.

261^e. EXP. Un poids égal de limaille de fer battu de Norrberk cassant à chaud, au bout de 12 minutes, a fait paroître de la fumée qui a été sensible pendant plus de cinq quarts d'heure. Le *maximum* de la chaleur n'a commencé à décroître que long-temps après la 45^e minute. La masse étoit noirâtre au dehors.

262^e. EXP. Même poids de limaille de fer battu de Braas cassant à froid, a exhalé d'abord de la fumée qui a continué 75 minutes. Le plus haut degré de la chaleur a été après 45 minutes. La masse étoit d'un jaune rembruni.

Dans chacune de ces expériences qui se faisoient ensemble

ensemble & dans le même lieu. Les masses se crevaient ; mais aucune n'a produit de flamme, même celle qui exigeoit au moins une livre de fer.

Ces expériences présentent une différence graduée, mais elles ne tournent pas à l'avantage de notre projet. Nous voulons détruire l'atteinte qu'elles nous portent en suivant une autre route.

(B) L'on fait que le fer battu dissous dans l'acide vitriolique produit le vitriol dans lequel les molécules ferrugineuses sont privées du principe inflammable réducteur. Lorsque l'on dissout de nouveau ce vitriol, & que la dissolution est exposée dans un grand vase à l'air libre, l'on voit bientôt que la liqueur toute limpide qu'elle étoit, est troublée par des particules ochreuses, & cet effet dure jusqu'à ce que la liqueur soit parvenue par plusieurs cristallisations répétées à ne plus donner de cristaux. Cette cause est expliquée ailleurs (*).

Il découle de ce fait un exemple très-lumineux d'une déphlogistification poussée au dernier terme.

L'exemple suivant fera connoître ce qu'il arrive dans un vaisseau clos, par le secours de la chaleur à l'eau bouillante.

263^e. EXP. Quatre quintaux de vitriol d'une belle cristallisation ayant été dissous dans de l'eau, nous en avons rempli le globe de l'appareil ci-devant décrit, lequel ayant été exposé à une chaleur de 100 degrés, a enlevé à la liqueur moitié à-peu-près de son poids : ensuite l'autre moitié a été soutenue pendant un quart d'heure à l'ébullition. Cependant la liqueur n'a plus fourni d'air, que la portion que contient ordinairement l'eau distillée, & cet air n'étoit nullement inflammable. La liqueur s'est troublée par de l'ochre

(*) Opuscul. Vol. 1. Pag. 172.

qui s'est déposée avec abondance lorsqu'elle a été en repos. Il s'est déposé de la dissolution du vitriol un pareil sédiment jaunâtre sans le secours de l'ébullition, mais seulement au 70 & 80 degré de chaleur ; dans ce cas, il se sépare peu de chose de la dissolution. Il est donc bien évident que cette déphlogistication peut s'opérer sans le secours de l'air par le seul effet de la chaleur, & qu'elle ne produit aucune partie d'air inflammable (R).

L'on connoît suffisamment ce qui résulte de la dissolution du fer battu de bonne qualité, précipitée par l'intermède de l'alkali. Celle du fer cassant à chaud, produit les mêmes accidens ; mais la dissolution du fer cassant à froid, se montre avec un caractère différent.

264^e. EXP. Si l'on dissout dans l'acide vitriolique du fer battu cassant à froid, que l'on expose le vase contenant la solution, à l'air libre, après quelques heures, l'on appercevera des molécules blanches qui troubleront la liqueur, & se déposeront insensiblement. Il faut séparer d'abord ce sédiment qui sera suivi d'un autre qui tirera sur le jaune. L'on accélérera cette séparation par l'effet du feu.

265^e. EXP. Ce sédiment bien lavé & séché, conserve sa blancheur. Voici sa manière d'être par la voie humide. Lorsqu'on le met dans les acides vitriolique, nitreux, muriatique, arsénical, & même peut-être avec tous les autres, il occasionne une légère effervescence ; il se précipite de nouveau par l'effet de l'alkali

(R) Il n'est pas étonnant qu'une solution de vitriol de mars n'ait pas donné d'air inflammable, qui ne se produit que dans la dissolution du fer par les acides. Cette séparation du phlogistique a été faite dans la composition du vitriol par la dissolution de l'acide vitriolique ; & à mesure que l'eau absorbe de la chaleur, elle dépose le fer en chaux privée du phlogistique réducteur.

fixe aéré, mais le phlogistique le colore en bleu. A peine l'alkali fixe ou volatil le dissolvent-ils, à moins qu'il ne soit très-récent & encore humide.

266^e. EXP. Le même traité par la voie sèche, se montre avec un autre caractère. Par la calcination il ne perd pas sa blancheur, avant & après il est insensible à l'aimant. Exposé sur un charbon, il se fond à la flamme du chalumeau de l'émailleur, sous une couleur cendreuse. En cet état, il ne se dissout qu'avec beaucoup de peine dans les acides. Traité avec le borax & le sel microscopique (R), il s'y unit lorsqu'ils sont en fusion, & produit des globules vitreuses de couleur brune; de même que la chaux de bon fer & de celui qui casse à chaud. Si pendant que le creuset est ardent l'on y ajoute du nitre, aussitôt le sédiment blanc produit une fumée brune. Si l'on y verse à plusieurs reprises de l'acide nitreux, la couleur blanche se change en roux rembruni.

267^e. EXP. Afin de pouvoir déterminer la quantité de bonne chaux, nous avons pris 255 liv. de ce même fer cassant à froid. Après les avoir fait dissoudre dans l'acide vitriolique, & par l'évaporation l'avoir réduit en cristaux, dont nous avons obtenu 938 liv. ce vitriol a été fondu dans l'eau & précipité par l'alkali fixe, sous la forme de chaux ferrugineuse.

200 liv. de cette chaux mise avec de la poudre de charbon dans un creuset ont produit 116 liv. de régule lequel refondu avec le quart de son poids de chaux

(R) Sel essentiel d'urine. J'ai rendu le terme dont s'est servi l'auteur, par le mot françois. Mais en vérité les Chymistes devroient bien s'attacher à ne pas introduire dans leur langage des termes qui ne présentent aucune idée de ce qu'ils expriment. La Chymie est déjà assez obscure par elle-même, sans la rendre plus intelligible par une néologie barbare, que je vois avec chagrin s'introduire dans tous les ouvrages modernes.

martiale provenant de fer de bonne qualité, a produit 116 liv. de régule d'une parfaite ductilité.

268^e. EXP. Ayant amassé du sédiment produit par le procédé précédent, & provenant de la dernière lessive qui étoit incristallisable, après l'avoir desséché par l'évaporation & l'avoir calciné, il a pris une couleur roussâtre produite par l'effet de la chaux provenant de bon fer.

74 liv. de cette chaux révivifiée en métal, ont produit 40 liv. de régule, lequel ayant été refondu suivant l'usage ordinaire avec de la chaux de bon fer, s'est trouvé diminué de 12 liv., & avoir acquis dans un très-grand degré la fragilité à froid.

Ces quatre dernières expériences prouvent clairement que la chaux blanche du fer, est la cause de sa fragilité à froid. Nous concluons que cette chaux contient plus de phlogistique, que l'ordinaire qui est ou jaune ou d'un brun roussâtre; puisqu'après l'ignition, elle se dissout facilement dans les acides, même l'acétueux & le nitreux, (exp. 205. 247), & qu'étant traitée avec le nitre, elle donne des vapeurs rousses, & qu'étant imbibée plusieurs fois d'acide nitreux, & ensuite rougie au feu, elle devient rousse, (exp. 266).

Cependant l'on voit clairement que cette chaux blanche qui se précipite après la première évaporation, & celle qui reste dans la dernière lessive, a besoin d'une plus forte dose de phlogistique réducteur, tant pour la soutenir plus long-temps dans les acides, & la faire cristalliser, que pour la révivifier en état de métal, (exp. 31. 32). Au surplus, nous n'avons pas étudié plus à fond la constitution de cette chaux, par l'impossibilité de faire sur ce sujet un plus grand nombre d'expériences (R).

(R) J'ai obtenu un sédiment blanc des mines de fer spathique du Dauphiné; mais étant exposé à l'air, il verdit, puis prend une couleur brune roussâtre.

(C) Afin de tenter la déphlogistification de la chaux de fer par les intermèdes les plus efficaces connus jusqu'alors, nous avons opéré par la méthode suivante.

269°. EXP. Un quintal de fer battu d'Osterby a été dissous dans un vase de verre par l'acide nitreux ; ensuite la dissolution a été desséchée par l'évaporation. L'on a remis du nouvel acide & desséché, & l'on a continué ces deux opérations alternativement jusqu'à ce qu'il y ait eu 28 quintaux d'acide absorbés. Enfin, la masse a été desséchée au feu. D'abord, les vapeurs qui en sortoient, étoient rouges & abondantes, & elles ont continué, jusqu'à ce qu'il y ait eu huit quintaux d'évaporés ; ensuite il n'en a plus paru de vestiges : la gravité spécifique étoit 1,268.

Le résidu avoit acquis le poids de 139 liv., ce qui demontre un accroissement de 39 liv. Il a été exposé pendant dix jours consécutifs avec de l'acide de sel déphlogistiqué, après lequel temps il n'a pas été possible d'appercevoir aucun changement, ni dans sa forme ni dans sa couleur.

La fonte de fer cassant à froid, qui reste long-temps exposée à un grand degré de chaleur, sans communication avec l'air ni le phlogistique, passe de l'état de régule, à celui d'une substance blanche, filamenteuse, souple, que j'ai nommée dans mes Mémoires, amiante ferrugineux. Cette substance diffère du précipité blanc que M. Bergman a obtenu, en ce que l'amiante ferrugineux n'est point soluble dans les acides ; mais il est susceptible de révivification par un feu très-intense, & avec le concours du phlogistique réducteur.

Je ne peux être du sentiment de M. Bergman sur la nature de la chaux blanche, qu'il dit contenir plus de phlogistique que la chaux jaune ou brune du fer. Je pense au contraire, qu'elle en contient moins, & c'est par cette raison qu'il lui en faut ajouter davantage pour la révivifier. C'est plutôt le principe de la chaleur qui domine dans cette chaux, que le phlogistique qui est le principe colorant dont elle est depourvue.

270^e. EXP. Nous avons traité par le même procédé un quintal de fer battu de Norrberk ; il en est résulté les mêmes effets : le résidu qui avoit acquis un accroissement de poids de $37 \frac{1}{2}$ liv. , a été de même mis avec l'acide du sel marin déphlogistiqué.

271^e. EXP. Un quintal de fer battu de Braas cassant à froid, tourmenté de même, a montré les mêmes accidens, tant avec l'acide nitreux, qu'avec l'acide muriatique déphlogistiqué. Le poids total du résidu étoit de 140 liv.

Les résultats des précédentes expériences, font assez sentir, que quoique le fer perde souvent un peu plus que son phlogistique réducteur (exp. 263). cependant il n'a pu être dépouillé par les intermèdes employés jusqu'à présent, du phlogistique coagulant, de façon à faire connoître son acide radical. Mais cette opiniâtreté ne m'effraie pas, un travail persévérant brise tous les obstacles. Cherchons avec une application infatigable des moyens plus puissans, & peut-être pourrons-nous espérer de découvrir non-seulement l'acide radical du fer, mais encore celui des autres métaux.

SECTION XI.

Du Magnétisme.

L'ANTIQUITÉ la plus réculée a reconnu l'empire du magnétisme sur le fer. Ne pourroit-on pas douter que ce métal fût le seul qui eût cette propriété? Le *Nicolo*, nickel (A), n'a pu être entièrement dépouillé de cette tendance, & même, lorsqu'il est bien puri-

(A) C'est mal-à-propos que l'on appelle *Nicolo* le régule de nickel, par une fausse allusion à Nicolas ou Niclais, nom d'homme. Le mot Nickel répond à *pseudo*, faux, & on l'a

fié, il exerce sa puissance magnétique, enforte qu'une moitié de son régule attire l'autre (*).

De plus, le cobalt & la manganaïse ne perdent qu'avec beaucoup de peine l'affinité qu'ils ont avec l'aimant. M. Bergman nous apprend qu'il y a beaucoup d'autres substances qui ont de la tendance au magnétisme.

Mais nous renvoyons à un autre temps les expériences nécessaires pour examiner ces corps avec plus d'attention, afin d'accélérer celles qui ont plus de rapport à notre projet.

Nous savons que le fer battu, non-seulement est attirable par l'aimant, mais encore qu'il peut par plusieurs moyens acquérir lui-même la même vertu. Nous voyons même qu'il y a plusieurs espèces de mines de fer, sur-tout parmi celles de Suède, qui sont sensibles à l'aimant, ce qui a donné lieu à cette question. Les mines de fer qui sont attirables contiennent-elles du fer qui ait le caractère propre du fer battu, enfin y a-t-il du fer natif ? ce dont beaucoup doutent encore aujourd'hui (S)

appelé long-temps Kupfer-nickel, faux-cuivre ; parce qu'on prenoit cette substance métallique pour une espèce de cuivre dénaturé. Ce Nickel a des rapports avec le fer par sa propriété magnétique ; mais il en diffère essentiellement par toutes ses autres propriétés.

(*) Opuscul. Vol. 11. pag. 242.

(S) Il y a un très-petit nombre de mines de fer qui ne soient sensibles à l'aimant, excepté celles qui sont totalement réduites en chaux par l'air & l'eau provenant de la dissolution des pyrites. Mais il ne suffit pas qu'une mine de fer soit attirable à l'aimant pour déterminer à croire que le fer qu'elle contient soit dans l'état métallique. Toute mine de fer que l'on expose au feu entre des charbons ardents, contracte la propriété d'être attirable à l'aimant, quoiqu'elle soit dans un état pulvérulent, sans avoir aucune des propriétés métalliques. La matière de la

Dans ce qui précède , nous avons employé un moyen qui peut résoudre ce problème (section III. A).

272^e. EXP. Un quintal d'æthiops martial totalement attirable & soluble dans les acides , ayant été mis dans un matras sur le feu , avec de l'acide de sel marin , n'a donné que trois pouces cubes d'air inflammable.

Ceci prouve que tout fer attirable , non-seulement n'a pas les propriétés du fer battu , mais aussi qu'il diffère beaucoup du fer crud : c'est pourquoi le nom de fer natif ne convient à aucune espèce de mine attirable à l'aimant , & même l'aimant naturel ne contient peut-être jamais du fer parfait , ce qui est confirmé par l'expérience suivante.

273^e. EXP. De l'æthiops martial imbibé d'huile de lin , en quantité suffisante pour pouvoir le pétrir & en former un parallépipède , lequel ayant été desséché par une lente & douce chaleur , a été placé entre les poles de deux aimants naturels garnis de leurs armures. Après un certain temps écoulé , nous avons reconnu que cet æthiops avoit acquis la vertu magnétique.

Nous savons que l'ochre bouillie dans de l'huile , étoit devenue très-attirable ; mais à peine & à grande peine même , le fer contenu dans l'ochre peut-il par ce moyen recouvrer un supplément de phlogistique

chaleur ne l'a pas assez pénétré , pour la constituer métal. Il suffit qu'elle ait reçu une première impression du phlogistique pour être sensible à l'aimant ; & l'aimant lui-même qui est un genre de mine de fer , n'est nullement dans l'état métallique.

Quoique en général le fer , & plus particulièrement l'acier soient susceptibles d'acquérir la propriété magnétique ; il y a des qualités d'acier qui sont bien plus faciles à aimanter les unes que les autres ; j'ai vu des Physiciens ne pouvoir venir à bout de transmettre la vertu magnétique à une sorte d'acier ; tandis qu'ils rendoient d'autres très-puissans.

nécessaire pour lui restituer complètement sa forme primitive. Il en arrive autant à l'ochre mélangée avec du verre , de la craie , du plâtre , de la poudre de charbon , ou avec toute autre matière dont on fait usage pour luter les vaisseaux qui sont exposés à une longue & vive chaleur , crainte qu'ils ne fondent ; alors il est évident que l'ochre tire de la décomposition de la matière de la chaleur , du phlogistique qui la rend attirable ; mais l'on ne peut guère espérer une parfaite réduction par la voie de la fusion , sans ajouter du principe inflammable.

Si dans l'expérience qui a été ci-devant décrite , on sature l'huile d'une suffisante quantité de plomb , il suffit pour sécher la masse , de l'exposer à six pieds de distance du feu , alors tout le travail peut s'exécuter en cinq heures de temps (*).

Ces faits nous forcent de convenir , que pour que le fer obéisse à l'attraction de l'aimant , il a besoin d'une certaine dose de phlogistique , mais bien moindre que celle qui lui est nécessaire pour acquérir la métalléité complète.

Il nous paroît au reste , que l'on ne peut plus douter que les phénomènes du magnétisme procèdent d'un certain fluide très-subtil. Il faut chercher soigneusement les regles de son mouvement & de son action.

Des expériences connues & publiées , démontrent

(*) Voici la méthode dont s'est servi le Docteur Knigh pour composer des aimans si puissans , qu'étant posés sur une table , ils se dirigeoient d'eux-mêmes au méridien du lieu. Mais au lieu d'æthiops martial , il emploie de la poudre très-fine d'acier , préparée avec de la limaille d'acier introduite dans un tube de bois avec de l'eau fortement agitée pendant longtemps. Ce travail est très-rebutant.

Cel. Wilson a publié ce procédé dans les transactions philosophiques , année 1779.

que le magnétisme a une analogie & un rapport surprenant avec le fluide électrique (1. *).

Ce que nous allons dire sur ce sujet, mérite la plus grande attention.

Nous avons obtenu du colcotar de vitriol, une terre blanche très-attirable à l'aimant (V), sans y employer l'acide vitriolique, comme Léméri (2*), ni l'acide nitreux, comme Muschenbrock (3.*).

Tels sont les progrès que nous avons faits jusqu'alors dans l'analyse du fer; & quoique ce travail soit encore très-imparfait, nous osons espérer qu'il pourra ne pas être inutile, pour fonder & appuyer une théorie naturelle, ni infructueux pour éclairer & perfectionner la pratique des grandes manufactures.

Il ne nous reste actuellement qu'à faire la comparaison de nos expériences avec celles des autres savans, qui, pour la plupart, ont employé diverses sortes de procédés. Mais les bornes d'une dissertation académique, que nous avons déjà beaucoup passées, nous forcent de nous arrêter ici. Nous citerons cependant en passant, quelques-unes des plus importantes qui jettent un grand jour sur les inductions que nous

(1. *) Cel. Æpin. Essais sur la théorie de l'électricité & du magnétisme.

(V) L'on trouve de l'aimant naturel de couleur blanche. M. Bergman ne donne point ici le procédé par lequel il tire du colcotar cette terre blanche attirable à l'aimant, & qui diffère, à ce qu'il paroît, essentiellement de celle que ce savant dit avoir tirée du fer cassant à froid, laquelle n'est point attirable à l'aimant, même après la calcination. Mais si cette dernière calcination a été faite sans le contact immédiat des charbons, il ne seroit pas étonnant que le précipité blanc n'eût pas acquis la propriété d'être attirable.

(2. *) Mémoires de l'Académie des sciences de Paris.

(3. *) Dissertation sur l'aimant.

avons tirées , & confirment nos conclusions. Telles sont celles du célèbre Réaumur, lequel en cémentant du fer crud & de l'acier dans du safran de mars , a trouvé que la superficie devenoit ductile , & nous sommes venu à bout avec ce safran de mars , de convertir toute la masse par la fusion.

Ce très-ingenieux Physicien a obtenu un adoucissement un peu moindre , il est vrai , par le moyen de la craie , de la chaux vive , des sels fixes alkalis & plusieurs autres matières. Il a fait sur cet objet , un très-grand nombre d'autres expériences toutes dignes d'attention , & les a répétées avec le plus grand soin pour parvenir à la connoissance des vraies causes (*).

D. Rinman a découvert que le fer crud supersaturé de phlogistique , après avoir été cémenté avec de la poudre de pierre calcaire , étoit soluble dans l'acide nitreux , sans laisser de résidu. Il assure qu'il est parvenu à décomposer de même la plombagine sans aucune fusion ; mais seulement en tenant le fer rouge pendant 14 jours consécutifs dans des vaisseaux parfaitement scellés. Il a observé que le fer battu de Grangen , s'étoit couvert d'une croûte calcinée facile à détacher avec le marteau ; qu'il avoit perdu plus de $\frac{3.2}{100}$ de son poids , & qu'il étoit devenu plus fragile qu'auparavant : que le fer ductile avoit perdu par le même procédé plus de $\frac{2.2}{100}$, sans avoir égard au caractère du fer qui en est résulté : que l'acier préparé par le corroyement , avoit perdu $\frac{2.1}{100}$, & celui fait par la cémentation , $\frac{2.4}{100}$, le fer crud bon $\frac{2.6}{100}$, & avoit acquis à l'extérieur la qualité du fer ductile ; qu'ayant cémenté le même avec de la poudre d'os calciné , il s'est de même radouci à la superficie ; mais , qu'il n'avoit perdu que $\frac{1.5}{100}$ de son poids (*).

(*) L'art d'adoucir le fer fondu.

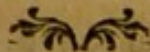
(*) Traité suédois qui a pour titre Anledning, tel Kunskap, om grofware , järn-och , Stål-forädling.

Nous regrettons beaucoup que ce grand Maître dans l'art de traiter le fer, n'ait pas encore publié l'histoire de ce métal, laquelle comprendra sans doute une immense quantité d'observations & d'expériences de la plus grande importance, pour connoître la nature de ce métal.

Tout récemment, Ch. Meyer a décrit dans les actes de l'Académie de Berlin, diverses expériences qui jettent beaucoup de jour sur la nature du fer. Il a observé que le fer ductile fondu de nouveau avec de la poudre de charbon, augmentoit de poids. Dans notre expérience N°. 107, nous avons trouvé au contraire une diminution, laquelle sans doute procède de quelque cause particulière. Par le procédé que nous avons employé, le régule a paru brûlé à sa superficie. L'expérience n'a été tentée qu'une seule fois; mais le docteur Meyer a répété plusieurs fois la même expérience sur de plus grandes masses, & constamment il a obtenu une augmentation de poids dont nous ne doutons point, quoiqu'il contrarie nos corollaires, jusqu'à ce que dans un moment de loisir nous puissions nous livrer de nouveau au même travail (V).

Nous passons sous silence d'autres expériences de divers savans, parce qu'elles ont un rapport moins direct à celles qui composent l'ensemble de cette dissertation.

(V) L'observation de l'Auteur prouve en faveur de notre sentiment sur toutes les opérations & les essais, combien il est dangereux d'opérer sur des minicules, & combien l'on doit plus de confiance à des opérations faites sur des masses considérables qui détruisent l'illusion microscopique, & fondent des bases solides de théorie & de pratique dans les arts.



APPENDICE,

CONTENANT

Des Observations particulières du Traducteur.

J'AI cru qu'il feroit très-avantageux de résumer les nombreuses expériences répandues dans la dissertation de M. Bergman , de les concentrer dans des tableaux, pour que d'un coup d'œil on puisse juger les rapports & les oppositions ; enfin , en tirer les conséquences qui doivent en résulter.

Je me suis fait une loi de laisser dans le cours de la traduction , chaque chose à la place assignée par l'auteur , & d'y laisser subsister les poids & les mesures de Suède. Mais dans cet extrait, j'ai converti tout ce qui en étoit susceptible , en poids de marc & en mesure du pied-de-roi, obligation indispensable que doit remplir tout traducteur, s'il veut être utile.

Nous avons plusieurs excellens mémoires de feu M. Jars , sur les forges de Suède & d'autres royaumes dans lesquels il a voyagé aux frais du Gouvernement. L'Académie a publié la traduction de Swedenbord , médecin suédois , qui a donné une description de divers travaux du fer. J'ai voulu inutilement puiser des connoissances dans ces auteurs ; j'ai toujours été arrêté par les mesures & les poids qu'ils ont laissé subsister avec les dénominations & les valeurs usitées en Allemagne , en Saxe , en Pologne , en Suède, en Russie & en Angleterre. Quelle lumière peut tirer un maître de forge , françois, de la lecture

d'un ouvrage dans lequel l'auteur lui annonce que l'on fait de bonne fonte , en employant dix koppers de minerai , avec trois fuders de charbon , & qu'un fourneau peut en produire par jour neuf schiffunds ? Rien n'est plus facile que d'éviter ces bigarures , & ces monstruosités dégoûtantes.

Il faut que ceux qui voyagent pour acquérir des connoissances , afin de les transmettre , aient avec eux des matrices justes des mesures & des poids de leurs pays , pour les comparer avec les mesures étrangères , & qu'ils ne s'en rapportent qu'à eux pour les réductions. Dans un même royaume , les mesures & les poids varient à l'infini ; & quel est le royaume où ces caricatures soient plus multipliées qu'en France ? Dans la ville seule de Grenoble en Dauphiné , il y a cinq poids différens , trois aulnes & deux pieds. J'ai beaucoup parcouru nos différentes provinces , d'abord de mon propre mouvement & pour mon instruction , ensuite par ordre du Gouvernement. J'ai toujours avec moi un nécessaire qui n'est pas celui d'un petit-maître. Il renferme une boussole , un thermomètre , un calibre avec des divisions très-multipliées , un hydromètre , un étui complet de mathématique , un marc de quatre livres avec sa balance qui sert aussi de balance hydraulique , un trébuchet pour des essais , une romaine qui porte près d'un quintal , & qui tient dans une tabatière , des acides de tous les genres , des dissolutions métalliques , des alkalis , des limes , des burins , des loupes , un aimant , &c. Tout ce nécessaire physique est contenu dans un demi-pied cube qui lui sert d'étui. Dans tel lieu que j'arrive , je peux opérer , sans recourir à de mauvais instrumens , & à des poids & mesures dont je ne connois pas la valeur ni la justesse , & le rapport avec les mesures fondamentales qui doivent être unes , comme la monnoye & la livre de convention

pour les comptes. L'on a plusieurs fois sollicité la réduction des poids & mesures à l'unité. Ces velléités ont expiré en naissant. Les gens honnêtes & sensés le desirent & en connoissent la nécessité, les frippons s'y opposent. Les gens qui n'ont qu'une opinion parasite, disent que cela n'est pas possible. Je crois que cette opération est aussi facile, & plus nécessaire, que d'accorder tous les violons de l'Europe, sur l'*ut* ou le *sol* de l'opéra, au moyen d'un diapazon d'acier, ou d'un sifflet. Mon zèle m'a fait faire une excursion : je reviens à mon sujet.

Le premier tableau présente le résultat de cent seize expériences, pour connoître la quantité d'air inflammable, & les degrés de chaleur, produits par les dissolutions du fer, en ses divers états, dans les trois acides minéraux. J'ai rangé distinctement les fers ductiles, les cassants à chaud, les cassants à froid, pour aider l'observateur.

Ce tableau est composé de six colonnes principales. La première réunit trois lignes perpendiculaires de chiffres qui indiquent les N^{os}. des expériences de M. Bergman, & qui correspondent aux acides employés. Les différentes sortes de fonte, fer & acier, sont énoncées dans la seconde colonne. La troisième est divisée en deux séries de chiffres. La 1^{re}. désigne les pouces cubes d'air, produits par l'acide vitriolique, la 2^e. désigne la durée des dissolutions par minutes. La quatrième colonne est composée comme la précédente, pour marquer les effets de l'acide marin. La cinquième donne le nombre de pouces cubes d'air produit par l'acide nitreux. La sixième enfin, désigne les degrés d'ascension du thermomètre, qui annonce la chaleur produite par la dissolution du fer dans l'acide nitreux.

Je dois prévenir que tout est divisé & exprimé en décimales : ainsi, lorsqu'il est dit à la colonne de

l'air inflammable 56,9. Ces chiffres expriment 56 pouces cubes d'air, & 9 dixièmes d'un pouce cube; en sorte que par tout, le dernier chiffre à droite qui est séparé par une virgule, marque des dixièmes de pouces cubes, ou de degrés, ou de livres, ou grains, suivant les différens objets dont il est question.

PREMIER TABLEAU des expériences qui font connoître par la dissolution du fer dans les trois acides minéraux, la quantité de pouces cubes d'air inflammable, contenu dans les grains de fer, dans différens états, & les degrés de chaleur qui résultent dans l'acide nitreux seulement. Le tout réduit au poids & mesure de Paris, en observant rigoureusement le rapport de ceux de Suède.

Nos. des Expériences.	Sortes de Fonte, Fer & Acier. Fer doux ductile à chaud & à froid.	Air inflammable.			Chal. Degr.
		Acid. vitriol. Pouces. Min.	Acide marin. Pouces. Min.	Ac. nit. Pouces.	
1.34. 65.	Fonte noire de Leufstad.	56,9...45...	56,9...40...	43,6...	28,5
2.35. 66.	Fonte grise de Leufstad...	51,6...45...	51,6...30...	38,3...	11,5
3.36. 67.	Fer de Leufstad.....	66,1...15...	66,1...10...	39,7...	67,2
4.	Fer de Leufstad fait dans un creuset.....	67,7...25...			
5.37. 70.	Fonte d'Akerby.....	50,2...50...	50,2...30...	34,4...	
6.38.	Fer d'Akerby.....	63,5...15...	63,5...10...		
	71. Le même dans l'eau tiède.			38,3...	
	72. Le même dans l'eau chaud.			26,4...	
	73. Le même dans l'eau bouil- lante.			19,7...	
7.39. 68.	Fonte d'Ullfors.....	54,2...45...	54,2...25...	39,7...	
8.40. 69.	Fer d'Ullfors.....	66,1...15...	66,1...10...	39,7...	
9.	Fer d'Ullfors, avec le double d'acide vitriolique.	66,1...15...			
10.	Le même dissous à l'eau tiède.....	66,1.....			
11.41. 74.	Fer d'Osterby.....	63,5...15...	63,5...10...	23,8...	75
	75. Le même à la chaleur de l'eau tiède.....			31,7...	
12.43.	Acier cimenté du fer d'Osterby.....	60,8...15...	68,8...10...	23,8...	68

Acier

N ^{os} . des expériences.	Sortes de Fonte, Fer & Acier.	Air inflammable.			
		Acide vitriol. Pouces. Min.	Acide marin. Pouces. Min.	Ac. nitr. Pouces.	Chaleur Degrés.
13.	Acier d'Oslerby trempé.	60,8...30...	68,8...10...		
14.44.	Fonte de Formark.....	52,9...55...	52,9...25...		11,0...
15.45.	Fer de Formark.....	67,5...15...	67,5...10...		73,9...
16.46.	Acier de Formark, recuit ou trempé.....	63,5...10...	93,5...10...		50,7...
20.50.	76. Fonte d'Hallefors noire...	63,5...15...	63,5...10...	43,6...	18,7...
21.51.	La même refondue dans un creuset.....	56,9...45...	56,9...5...		28,7...
	77. La même à l'eau tiède...			39,7...	
	78. La même à l'eau bouil- lante.....			37,0...	
	79. Fonte d'Hallefors blan- che, à l'eau tiède.....			45.....	
	80. La même à l'eau bouil- lante.....			42,3...	
	Fer cassant à chaud.				
26.55.	Fer de Norrberk.....	63.....10...	63.....10...		71,7...
	81. Le même à la chaleur de l'eau tiède.....			25.....	
	82. Le même à l'eau bouill- lante.....			18,5...	
	Fer cassant à froid.				
17.47.	Fonte de Brattfors.....	54,2...20...	54,2...10...		20,9...
18.48.	Fer de Brattfors.....	67,5...10...	67,5...10...		67,2...
19.49.	Fer natif de Sibérie.....	47,6...240.	64,8...70...		
22.52.	Acier d'Angleterre re- fondu.....	59,5...12...	59,5...5...		62,5...
23.53.	Acier cimenté de M. Quist.....	60 8...6...	60,8...4...		57,4...
24.	Fonte d'Ingelwick, avec manganèse.....	54,2...90...			
25.54.	Acier d'Ingelwick.....	62,2...15...	62,2...10...		
27.56.	Fer de Grangen.....	67,5...8...	67,5...4...		73,9...
28.57.	83. Fonte d'Hufaby.....	63,5...30...	63,5...45...	34,0...	23,1...
29.58.	Fer d'Hufaby.....	66,1...6...	66,1...4...		68,3...

N ^{os.} des Expériences.	Sortes de Fonte, Fer & Acier.		Air inflammable.			Chaleur Degrés
	Fer cassant à froid.		Acide vitriol. Pouces. Min.	Acide marin. Pouces. Min.	Ac. nitr. Pouces.	
30.59.	84.	Acier cimenté d'Hufaby.	58,2...25...	58,2...20...	42,3...	40,8...
	85.	Le même à l'eau bouil- lante.....			39,7...	
31.60.		Fer de Braas.....	68,8...25...	68,8...4...		68,3...
32.61.		Rendu ductile par la pier- re calcaire.....	63,5...20...	63,5...8...		68,3...
33.		Rendu cassant par le sa- fran de mars.....	68,8...20...	68,8...8...		80,5...
62.		Rendu ductile par le charbon.....		59,5...45...		
63.		Fonte de Braas refondue avec du verre.....		59,5...50...		57,7...
64.		La même fondue avec du plomb calciné.....		56,9...120...		
	160.	Acier de Daly, chargé de manganèse.....				42,6...
	170.	Acier fait par la simple fusion.....				47,4...
272.	171.	Æthiops martial.....	3,2... ..			0,6...
	172.	Terre calcaire.....				6,5...
	173.	Chaux vive.....				77,1...

L'on voit par les trois derniers produits, que la terre calcaire contient bien peu de chaleur, & combien elle est susceptible d'en recevoir par le feu qui la réduit en chaux, puisqu'elle en contient treize fois plus, que lorsqu'elle est naturelle. L'æthiops martial est dans l'état de la pierre calcaire. L'eau lui a enlevé sa chaleur principe, il ne lui en reste qu'une très-foible portion, à la faveur du peu de phlogistique qu'il a retenu, & qui lie encore quelques unes de ses parties.

Je vais donner dans un second tableau, un résumé général des termes moyens du produit des nombreuses expériences présentées dans le précédent tableau, tant de l'air inflammable & nitreux, que de la chaleur extraite du fer dans ses divers états, par l'intermède des acides.

A P P E N D I C E. 131
S E C O N D T A B L E A U.

N ^{os} .	Divers Etats du Fer.	Air inflammable.			Chaleur Degrés.		
		Pouces.	Min.	Pouces.			
..1..	Fonte de fer doux.	53,1.	48.	53,1.	30.	39,9.	28,0.
..2..	Fonte de fer cassant à froid.	58,9.	27.	58,9.	17.	34,6.	21,0.
..3..	Fer ductile.	65,5.	17.	65,5.	10.	35,5.	697.
..4..	Fer cassant à chaud.	63,0.	10.	63,0.	10.	25,0.	717.
..5..	Fer cassant à froid.	67,5.	12.	67,5.	5.	43,6.	69,4.
..6..	Acier recuit ou trempé.	63,1.	16 $\frac{2}{3}$.	63,1.	10.	42,3.	53,1.
..7..	Fer natif de Sibérie.	47,6.	240.	64,8.	70.		
..8..	Æthiops martial.	3,2.					0,6.
	Termes moyens & généraux, en exceptant le fer natif de Sibérie, & l'æthiops martial.	61,8.	21 $\frac{2}{3}$.	61,8.	13.	36,8.	54.

L'on voit par le tableau de ces dissolutions, que le fer produit rigoureusement autant d'air inflammable dans l'acide vitriolique, que dans le muriatique, respectivement à ses différens états; & si M. Bergman ne méritoit pas une confiance aussi absolue, l'on seroit tenté de croire qu'il y auroit eu quelques disparités dans un si grand nombre d'expériences qui ont varié en plus ou en moins, dans chaque espèce, relativement à la durée de l'action.

L'acide nitreux a produit une bien moindre quantité d'air nitreux, que les deux autres acides, & cette différence est en rapport, en général, 37 : 60. Ce qui procède sans doute de ce que les acides vitriolique & muriatique contiennent une plus grande quantité de phlogistique, que l'acide nitreux; & que ce dernier en absorbe qui se combine avec lui.

Quoique l'acide vitriolique & l'acide marin pro-

duisent autant d'air inflammable l'un que l'autre, ils agissent sur le fer en des temps très-inégaux, ce qui prouve une action ou une affinité plus particulière de l'acide marin, laquelle est en rapport avec celle de l'acide vitriolique, 13 :: 20,2.

L'on voit que le fer natif de Sibérie s'est très-écarté du résultat des différentes sortes de fer fabriqué par l'art. 1°. Il donne moins d'air inflammable qu'aucun état du fer. 2°. Il en donne plus dans l'acide marin que dans le vitriolique. Ce dernier le dissout très-lentement & très-difficilement.

Nous croyons que ces différences procèdent de la combinaison du fer natif de Sibérie, qu'il contient des parties vitrifiées qui enveloppent les molécules ferreuses, & que c'est plutôt une espèce de récrement, qu'un métal. L'on voit que le fer réduit en *æthiops martial*, n'a produit que trois pouces d'air; parce qu'il a souffert une décomposition par l'eau qui lui a enlevé une grande partie de son phlogistique, comme je l'ai observé précédemment.

Pour rendre plus sensible le produit des expériences de M. Bergman, & faire connoître quel est le rapport en volume & en poids de l'air inflammable que produit le fer dans chacun de ses états, j'ai fait un travail qui pourra n'être pas inutile aux progrès de la Physique. Je vais le réduire en un tableau, pour voir ces rapports sous un coup d'œil; j'en tirerai ensuite les conséquences qui en découlent.

Troisième tableau qui présente le poids absolu d'un pouce cube de fer dans ses différens états, ce que ce poncecube de fer produit de pouces cubes d'air inflammable mis en rapport avec le poids spécifique du fer qui l'a produit; le tout calculé en grains du poids de marc, & au pouce du pied-de-roi. M. Priestley assurant que l'air inflammable est égal en pesanteur avec l'air atmosphérique ordinaire, j'ai suivi cette donnée, & le rapport de l'eau avec l'air, comme

1::1000. J'ai pris pour terme de comparaison la fonte d'Hallefors dissoute dans l'acide nitreux, expérience 34; & je vais rapporter le produit à l'acide vitriolique par comparaison du produit de ces deux acides qui sont en rapport comme 40 :: 56. Et comme la fonte blanche donne 45 pouces cubes d'air nitreux par quintal de marc, nécessairement elle en donne dans l'acide vitriolique, 63 pouces; d'où suit cette formule, 40, 56 :: 45 : 63.

A l'égard des fontes grises & noires, nous avons pris leur produit d'après les expériences 1, 2, 34 & 35.

T R O I S I È M E T A B L E A U.

Nos.	Différens Etats du Fer.	Poids d'un Pouce cube.	Pouces cubes d'air inflammable.	Poids total de l'air inflammable.	Rapport du poids de l'air avec celui du Fer.
					Centième.
..1..	Fonte blanche.....	2418.	1333,6.	497,2.	$\frac{1}{5} + 14.$ 20,1..
..2..	Fonte grise.....	2589.	1535,9.	573,3.	$\frac{2}{9} - 21.$ 22,0..
..3..	Fonte noire.....	2730.	1553,6.	579,9.	$\frac{2}{9} - 26.$ 21,2..
..4..	Fer ductile.....	2910.	1903,1.	710,4.	$\frac{1}{4} - 17.$ 24,6..
..5..	Fer cassant à froid.	2908.	1156,8.	631,1.	$\frac{1}{4} + 5.$ 25,2..
..6..	Fer cassant à chaud.	2899.	1826,3.	624,0.	$\frac{2}{9} - 20.$ 21,7..
..7..	Acier ordinaire.....	2914.	1771,7.	661,4.	$\frac{2}{9} + 14.$ 22,6..
..8..	Le même acier trempé.....	2910.	1762,2.	659,0.	$\frac{2}{9} - 13.$ 22,64
..9..	Acier anglois fondu & battu.....	2924.	1739,7.	649,9.	$\frac{2}{9} - \frac{1}{10}.$ 22,2..
10..	Le même acier trempé.....	2918.	1736,2.	648,0.	$\frac{2}{9} + 0.$ 22,8..

Ce troisième tableau offre plusieurs objets d'observation sur chacun desquels il convient de faire des reflexions.

En général, on voit au premier coup d'œil, que le fer en état d'acier est le plus pesant, sur-tout lorsqu'il est corroyé & non-trempé, Nos. 7 & 9; car alors, il devient plus léger, spécifiquement 8 & 10.

Le fer ductile paroît ensuite le plus pesant des fers forgés ordinaires ; celui cassant à froid , un peu moins pesant & celui cassant à chaud , est le plus léger de ces trois sortes. Il diffère assez notablement du poids spécifique des deux autres.

J'observe qu'il s'est sans doute glissé une erreur dans le poids du fer ductile de deux sortes, de Brattfors & d'Oslerby , qui sont donnés pour être bien plus pesants , que celui de Leufstad , qui est de même caractère. Nous sommes assurés que le fer cassant à froid , est plus pesant que le fer ductile.

Enfin , la fonte est infiniment plus légère que le fer & l'acier , & elle est d'autant plus légère , qu'elle est plus blanche & moins chargée de phlogistique. Sa pesanteur augmente à mesure qu'elle acquiert de la densité par l'épurement de ses parties constitutives , & que se chargeant de phlogistique , elle se rapproche plus de l'état du fer battu. Voyez la note K , page 100.

Le poids de la fonte de fer diffère infiniment plus dans ses trois situations , que le fer ; puisque la blanche diffère de 171 de la grise , & celle-ci de 141 de la noire ; c'est-à-dire , de celle qui est supersaturée de phlogistique. Cette dernière diffère de 169 , du fer cassant à chaud ; ce qui établit une gradation de différence qui est à très-peu de chose égale entre la fonte & le fer battu , qui est le régule de fer , c'est-à-dire , du fer souvent cristallisé en gros cristaux taillés en rhombes. C'est la fonte qui n'a pas assez de phlogistique pour être parfaitement ductile , & qui en a assez pour lui donner un commencement de tenacité.

La différence du poids de la fonte mérite une sérieuse attention pour l'usage qu'en fait l'artillerie : car un boulet du calibre des pièces de 48 , qui a 6 pouces 10 lignes $\frac{3}{8}$ de diamètre , lequel doit peser 48 liv. , coulé avec de bonne fonte grise : si ce boulet est coulé avec de la fonte blanche , il ne pesera que 44,6 ;

au lieu que s'il est de fonte noire, il pesera 50,6. La différence totale seroit de 6 liv., indépendamment des soufflures auxquelles la fonte blanche est non-seulement sujette ; mais même au point de ne pas fermer le jet de la coulée.

L'on trouve dans un mémoire sur la forge de la Noue-en-Bretagne, un procédé par lequel l'auteur prétend que l'on peut boucher une coulée creuse, en renversant les coquilles, ou le moule du boulet, un instant après qu'il est coulé, pour que la fonte qui est encore fluide au centre, vienne remplir le vuide. Il seroit sans doute mieux de l'abreuver de nouvelle fonte ; mais ce moyen indiqué est insuffisant, parce que la fonte, quoique encore fluide, ne se soude point avec celle qui est figée. Ce procédé est sûr pour faire des boulets creux, & pour tromper le Roi. Les commissaires chargés du rapport de ce mémoire, ont glissé sur cette bévue, & l'ont destiné à l'impression. Cette inégalité de poids sous le même volume, produit des erreurs dans le tirage des pièces. J'ai plus étendu cette observation dans mes Mémoires de Physique.

Examinons si la fonte de fer dans ces trois états différens, produit dans chacun une quantité d'air inflammable proportionnée à son poids spécifique. La fonte blanche N^o. 1^{er}, en donne plus d' $\frac{1}{7}$ de son poids 20,1. La fonte grise en donne moins de $\frac{2}{9}$ 22,0 & plus que la fonte grise qui n'en produit que 21,2 le tout pris en général ; car dans le particulier, la fonte noire de fer ductile, produit plus d'air inflammable, Exp. 1^{re}, que la fonte grise de même qualité, Exp. 2^e. Mais toutes les fontes de fer cassant à froid, en ont donné infiniment plus que celles des fers ductiles, tableau 2^e, page 131. M. Bergman a démontré assez palpablement par les expériences 86, 87, 88 & 89, rappelées pag. 27, que le phlogistique du fer dans ses différens états, est en propor-

tion du volume de l'air inflammable que chaque sorte produit. Il n'a employé qu'une espèce de fonte dans ces expériences du fer ductile, du cassant à froid & de l'acier. Je rapporterai ces expériences à l'article du fer : il paroît cependant que la marche de la fonte n'est pas la même, puisque la fonte superfaturée de phlogistique, a moins produit d'air inflammable que la grise, même que la blanche : ce qui semble prouver que l'air produit par les dissolutions, peut être plus ou moins chargé de phlogistique, & que le volume d'air peut procéder de la différence de l'accès du dissolvant sur le métal ; ce qui est démontré par l'effet de l'acide nitreux qui en produit infiniment moins que ceux du vitriol & du sel marin. La quantité d'air & de phlogistique dépendent donc aussi de la nature de l'acide qui agit, ayant égard à chaque sorte de fer qui est soumis à son action.

La fonte de fer produit beaucoup d'air inflammable sans le secours des acides. Je vais rapporter des faits d'expériences dans les fonderies des forges, qui jetteront du jour sur ce point de physique.

Dans les fourneaux où l'on coule beaucoup de moulerie en terre, l'on place les moules dans la fosse à couler ; on les range les uns à côté des autres ; on les affermit avec du sable très-légèrement humide que l'on presse fortement. Il y a quelquefois dans la même fosse trente moules qui sont éloignés entre eux de 2 à 3 pouces. Lorsque l'on a coulé une ou deux pièces, la fonte ardente chauffe vivement le moule voisin qui se trouve tout-à-coup rempli d'air inflammable, quoiqu'il n'y ait aucune communication entre eux. On détruit cet air, en approchant des orifices un morceau de bois allumé ; alors il se fait une subite détonnation, & quelquefois plusieurs successives qui sont d'autant plus violentes que les pièces coulées ont plus de volume. Il est nécessaire de prendre cette

précaution, pour que l'explosion ne se fasse pas au moment auquel on introduit la fonte dans le moule; ce qui feroit éclater sa chappe, & formeroit une flamme trop considérable, qui incommoderoit les fondeurs. Lorsque tout est coulé, il se fait des fentes dans le massif du sable de la fosse, d'où il sort une flamme semblable à celle de l'esprit-de-vin. Il en sort aussi des commissures des châssis dans lesquels on coule des pièces moulées en sable.

La fonte de fer produit de l'air inflammable sans détonnation, & très-abondamment. Lorsque je faisois couler à découvert sur une couche de sable, une pièce de fonte considérable, soit par son étendue, soit par son épaisseur, je faisois pratiquer sous le moule 5 ou 6 évents, c'est-à-dire des canaux qui se croisoient en différens sens & horizontalement sous le moule; ils communiquoient au dehors. Lorsque la pièce étoit coulée, on présentait un corps enflammé aux bouches des évents; alors il en sortoit des lances d'une flamme vive qui duroit plusieurs minutes avec sifflement. L'on voit souvent autour d'une masse de fonte ardente exposée à l'air, une flamme ambiante qui n'est que de l'air atmosphérique qui se combine avec le phlogistique, & s'enflamme. Des pièces d'affinerie produisent à-peu près le même effet, sur-tout lorsqu'on les cingle chaudes.

Le fer battu produit plus d'air inflammable que la fonte. La proportion générale est 21,1 :: 23,8. Le fer cassant à froid en contient près d'un quart de son poids. Le fer ductile tient le milieu, & le fer cassant à chaud en contient le moins. La proportion entre eux est 25,2 :: 24,6 :: 21,6. Ces termes sont généraux, il y a des variétés dans le particulier qui caractérisent des nuances de qualité dans la même sorte de fer dans chaque espèce.

M. Bergman a cherché à découvrir la quantité de

phlogistique contenue dans chaque sorte de fer, par la voie de la précipitation de l'argent vitriolisé, par le fer. D'après le résultat de ces expériences 86, 87, 88 & 89 très-ingénieuses, l'auteur conclut qu'il y a autant de phlogistique dans un pouce cubique d'air inflammable qu'il y en a dans 2,17 liv. d'acier d'Osterby, 2,08 de fonte d'Hufaby, 2,08 de fer forgé d'Osterby, & 1,96 de fer de Grangen, poids & mesure de Suède. Ce qui donne le produit suivant, pour un pied cube du pied-de-roi d'air inflammable.

Acier.	4 onces 6 gros 65 gr.
Fonte d'Hufaby cassant	
à froid.	4. . 5. . 6.
Fer d'Osterby ductile. .	4. . 5. . 6.
Fer de Grangen cassant à froid.	4. . 5. . 68.
1°. Acier d'Osterby de fer doux.	5. . 7. . 12,88.
2°. Fonte d'Hufaby cassante à froid.	4. . 5. . 31,68.
3°. Fer d'Osterby ductile.	4. . 5. . 31,68.
4°. Fer de Grangen cassant à froid.	5. . 3. . 12,56.

L'on voit par ces rapports qui sont égaux entre eux pour la fonte d'Hufaby cassante à froid, & le fer d'Osterby ductile, & qui diffèrent entre la fonte d'Hufaby & le fer de Grangen, l'un & l'autre cassant à froid, que l'on ne peut considérer les résultats de ces expériences, que comme des cas particuliers qui ne peuvent faire des bases générales & fondamentales; puisqu'il y a eu dans la dissolution de chaque sorte dans chaque espèce, des variations de produit d'air inflammable, qui dépendent sans doute des circonstances & des proportions des parties constitutives. L'on voit que la fonte & le fer sont égaux en rapports, & par les expériences précédentes rapportées au premier tableau, ils varient de 51 à 66 dans les

doux, & de 54 à 67 dans les fers cassans à froid.

En reprenant les quatre expériences 85, 86, 87 & 88, avec les fractions de leur produit, & en convertissant les résultats en poids de marc, je vais présenter ce que 100 liv. d'argent contenu dans 136,8 d'acide vitriolique, sous la forme d'argent vitriolisé, exigent de fer pour le précipiter.

Acier d'Osterby. 27,37.

Fer ductile d'Osterby. 26,68.

Fer de Grangen cassant à froid. 24,50.

Fonte d'Hufaby cassante à froid. 26,28.

Terme moyen. 26,20,

D'où l'on peut conclure que 26,20 de fer neutralise autant d'acide vitriolique que 100 liv. d'argent; mais l'on ne peut pas conclure qu'il y ait autant de phlogistique dans 26,20 de fer, qu'il y en a dans 100 liv. d'argent; parce que ce dernier métal ne lâche pas son phlogistique entièrement dans les acides, puisque ses précipités se revivifient en métal sans addition de phlogistique réducteur, même sans le secours du feu (A).

Le fer au contraire très-peu lié au principe phlogistique réducteur, en est dépouillé par tous ses dissolvans; aussi produit-il une quantité immense d'air inflammable dans l'acide vitriolique & celui du sel marin.

En général, la fonte saturée d'une juste dose de phlogistique, produit 1535 fois son volume d'air

(A) J'avois de la pierre infernale dans un porte-crayon enfermé dans un étui de chagrin; la pierre se détacha du porte-crayon & toucha au cuir qui en absorba l'acide. Je trouvai quelque temps après la pierre infernale revivifiée en état métallique. C'est sans doute de cette manière que l'argent minéralisé végète en cheveux ou en arbrisseaux, dans les mines, avec son éclat & souvent la ductilité métallique.

inflammable, qui fait $\frac{2}{9}$ de son poids. La fonte noire en produit plus de 1550 fois son volume, & $\frac{2}{9}$ de son poids; & quoique la fonte blanche en produise 1333 fois son volume, celui qu'elle fournit, ne fait que le cinquième de son poids total; d'où l'on peut conclure, que l'air inflammable produit par le fer dans ses différens états, ne contient pas la même portion de phlogistique.

L'air inflammable que produit la fonte, n'est pas non plus en rapport entre sa densité & son volume. Le pouce cube de la fonte grise dont la densité est intermédiaire entre la blanche & la noire, pèse 2589 grains; il produit 1535,9 pouces cubes d'air inflammable. En partant de cette base, la fonte blanche qui pèse 2418 grains, devrait donner 1433,4, elle en donne 1333. Il y a un *deficit* de 100 en moins, & la fonte noire qui pèse 2730 grains le pouce cube, devrait produire 1618 pouces cubes d'air, & elle n'en donne que 1553. Il y a 71 de différence en moins, & ces rapports s'expriment en centésimales, par 20,0 :: 21,2 :: 22,0. C'est donc la fonte grise qui donne le plus d'air inflammable relativement à sa densité; la fonte noire, le plus relativement à son volume; & la blanche, le moins suivant sa densité & son volume. D'où l'on peut conclure, que la fonte grise qui donne le plus d'air inflammable relativement à sa densité & à son volume, est le résultat d'une juste combinaison des élémens métalliques en état de fusibilité; que la fonte blanche n'a pas encore atteint ce point, & que la fonte noire contient des parties métalliques décomposées. Il est de fait dans la pratique des forges, que la fonte noire est plus difficile à travailler à l'affinage, & qu'à poids égal, elle produit moins de fer que la fonte grise, qu'elle est sujette à produire des fers & des aciers cendreaux.

Les trois variétés de fer battu, différent entre elles

infiniment moins que les fontes dans leur pesanteur spécifique. Il n'y a que $\frac{1}{100}$ du fer ductile le plus pesant, au fer cassant à chaud, qui est le moins; mais elles varient beaucoup par la quantité d'air inflammable qu'elles produisent dans les dissolutions, relativement tant à leur volume qu'à leur poids.

Le fer doux donne 1903,1. Son volume d'air est près du quart de son poids; mais le fer cassant à froid en donne beaucoup plus, relativement à sa densité, dans la proportion avec le fer ductile de 24,4 à 25,1. Le fer cassant à chaud qui produit beaucoup moins d'air inflammable que le fer ductile & que le cassant à froid, relativement au volume & à la densité, n'en donne pas plus que la fonte noire relativement à la densité, quoiqu'il en donne infiniment plus relativement au volume.

L'air inflammable que l'acier produit, tient un terme mitoyen entre la fonte & le fer battu pour le volume; mais il va presque de pair avec la fonte grise pour le produit relatif au poids. Ces derniers rapports sont 22,1 :: 22,4, tandis que pour le volume ils sont 15,35 :: 17,71. La quantité d'air inflammable n'est donc pas toujours relative à la densité du fer; puisque l'acier plus dense que le fer, & la fonte noire plus que la grise, produisent respectivement moins d'air inflammable que le fer & que la fonte grise. Le plus ou moins d'air inflammable procède donc de la combinaison de la matière de la chaleur & du phlogistique avec les autres parties élémentaires du fer dans ses divers états.

L'air qui se développe du fer dans les dissolutions, lequel est l'air élémentaire lié au phlogistique, n'est pas le seul qu'il contienne. Le fer renferme de l'air atmosphérique interposé entre ses molécules, même cantonné dans son étoffe. Il se rend sensible dans le fer que l'on soumet à la cémentation pour le con-

vertir en acier, par les ampoules qui s'élèvent à la surface des barres, & qui pénètrent dans tout leur massif. Cet air se développe aussi dans les dissolutions, & se combine avec l'air principe. Il en augmente le produit. Il y a des fers bien plus remplis d'air atmosphérique que d'autres. L'acier n'en est point exempt; mais cet air ne provient que de la contexture de la pâte & du pétrissage de l'étoffe dans la fabrication du fer & de l'acier.

Passons aux degrés de chaleur que produisent les variétés du fer dans la dissolution par l'acide nitreux, & nous mettrons dans le même tableau, la chaleur produite par l'effet de l'eau & du soufre, même la quantité d'air inflammable. Nous y distinguerons les couleurs qui résultent tant de l'inflammation de l'air, que de celle du fer échauffé par le soufre, & les durées de l'action en minutes; afin d'observer plus exactement les rapports respectifs. Nous laissons subsister les données de M. Bergman, en poids & mesures.

Q U A T R I È M E T A B L E A U.

Effets du Phlogistique & de la chaleur.

Variétés du Fer.	Air inflammable produit par l'acide vitriolique.		Degrés de chaleur produits par l'acide nitreux.	Effets produits par l'inflammation de l'Air.			Mélange limaille l'eau & le	
	Pouc.	Dur.		1 ^{ere.} inflammation.	Durée de l'azote inflammation.	2 ^{ème} inflammation.	Commen.	Dur. totale.
				Couleur.	Min.	Couleur.			Min.	Min.
Fonte grise de Leuffstad. D.	39.	45.	10.	fulminante jaune.	2.	scintillante jaune.		
Fer de Leuffstad. D.	50.	15.	61.	fulminante jaune.	2.	scintillante jaune.		
Fer d'Osterby. D.	48.	15.	68.				15.	75.
Fer de Norrberk. C, C.	48.	10.	65.	fulminante jaune.			12.	75.
Fonte noire d'Hullefors. C, F.	41.	45.	26.				3.	45.
Fonte d'Hufaby. C, F.	48.	30.	21.				3.	45.
Fer de Braas. C, F.	52.	25.	62.	fulminante jaune.	2.	jaune bleue.	30.	75.
Acier Anglois.	45.	12.	57.	fulminante jaune.	2.	bleue.		

Ce tableau nous présente plusieurs objets d'observations très-remarquables.

1°. Il y a très-peu de différence dans les huit variétés, relativement à la quantité d'air inflammable produit par la dissolution dans l'acide vitriolique.

2°. Les trois espèces de fonte ont exigé de 30 à 45 minutes pour achever leur dissolution; tandis que celles des quatre sortes de fer & d'acier, n'ont duré que 10 à 25 minutes.

3°. Les fontes au contraire, ont développé avec le soufre leur chaleur bien plus promptement, & pendant une plus courte durée, que les fers qui ont été plus lents à s'échauffer avec le soufre & dans le rapport de 45 : 75.

4°. Quoique les deux sortes de fonte aient développé leur chaleur dans des temps égaux avec le soufre 3 : 3, l'action de l'acide du soufre a été très-inegale sur les fers, & a varié dans le rapport de 12 : 30.

5°. Le fer cassant à froid est celui des trois variétés, qui agit le plus lentement, tant dans les dissolutions, que dans le mélange avec le soufre.

6°. Le fer cassant à chaud, est le plus presté à développer sa chaleur, tant par la voie sèche, que par la voie humide; quoiqu'il contienne moins d'air inflammable que le fer cassant à froid.

7°. La marche de la chaleur avec le soufre, tant par le commencement de l'action, que pour la durée, est en rapport à peu près avec la densité; le fer cassant à froid faisant une exception particulière pour le commencement de l'action seulement.

8°. Les degrés de chaleur de la dissolution dans l'acide nitreux, sont très-relatifs avec la densité; mais la durée de la dissolution est inverse; car les fontes ont été infiniment plus lentes à se dissoudre que les fers & aciers qui sont plus denses que les fontes.

9°. La couleur de l'air inflammable des variétés

du fer & de la fonte, est fondamentalement jaune. Celle du fer ductile est scintillante, mêlée de rouge comme celle de la fonte, conséquemment est produite par le même principe. La cause qui produit le rouge, est détruite dans le fer cassant à chaud qui ne produit que la couleur jaune fondamentale : dans celle du fer cassant à froid, la teinte rouge est changée en bleue qui est la couleur que donne l'air produit par l'acier dans la seconde inflammation.

N'est-on pas fondé à conclure, d'après ces couleurs, que l'acier est une modification totale du fer ; que le fer cassant à froid est un état mitoyen entre le fer ductile & l'acier ; que celui cassant à chaud est dépouillé de ce qui produit le rouge dans la fonte & le fer ductile, & ne participe en rien du principe aciérifiant, quoique, comme l'acier vif, il soit très-difficile à forger à chaud ?

Ces couleurs se manifestent dans l'affinage des fontes, sur-tout dans le moment où l'on avale les pièces, même lorsque l'on relève. La qualité du fer s'annonce aussi par la couleur des chaudes suantes ; le fer ductile est d'une couleur blanche teinte de jaune doré ; celle du fer cassant à froid, d'un blanc teint de rouge ; celle du fer cassant à chaud, d'un blanc de lait tirant au bleu qui est plus décidé dans l'acier, sur-tout dans le recuit.

La fonte blanche en bain est rouge ; elle donne ordinairement du fer cassant à froid : la grise est jaune, & produit communément du fer ductile.

La flamme qui sort des fourneaux de fonderie, tant par les tympes que par le gueulard, c'est-à-dire par le bas ou par le haut du fourneau, annonce toujours la qualité de la fonte qui est en bain.

Quant aux couleurs résultantes du fer décomposé par le soufre ; elle est uniforme dans la fonte & le fer ductile, c'est le brun ; c'est-à-dire, un mélange de jaune, de noir & de rouge, à dose égale. Celle du
fer

fer cassant à froid, est du jaune rembruni; & celle du fer cassant à chaud est noire, ce qui prouve une décomposition incomplète; & le jaune dans le fer cassant à froid, annonce une plus grande soustraction du phlogistique réducteur & une décomposition plus complète.

Les degrés de chaleur produite par les dissolutions dans l'acide nitreux, ni la durée de celle produite par le mélange du soufre, ne sont pas assez décisives pour mesurer la quantité de chaleur principe, ni celle du phlogistique contenu dans chaque variété du fer; les variations tantôt directes, tantôt inverses, démontrent l'insuffisance de ces démonstrations. M. Bergman aussi n'appuie pas sa théorie sur ces phénomènes qui sont la plupart contraires à son système.

M. Bergman ayant cherché par la fusion à connoître la quantité de phlogistique contenue dans les diverses variétés du fer, & le changement que les divers intermèdes qu'il a employés faisoient éprouver au fer de chaque qualité, je vais concentrer ces expériences dans un cinquième tableau, pour l'intelligence duquel il faut observer ce qui est contenu dans chaque colonne, dont suit l'indication.

- 1^{re}. Les numeros des expériences de M. Bergman.
- 2^e. Le poids des diverses variétés du fer employé.
- 3^e. Les sortes de variétés des fonte, fers & acier.
- 4^e. Le poids des intermèdes.
- 5^e. La nature & l'état de ces intermèdes.
- 6^e. Le poids du régule qui en est résulté.
- 7^e. Le caractère du régule.

Chaque opération a été faite à un feu très-vif pendant 15 à 25 minutes.

L'on n'a point réduit le poids parce qu'on le peut considérer comme des unités de centième ou comme des parties proportionnelles d'un tout.

J'ai exprimé le caractère des variétés du fer par les lettres suivantes.

K

D. désigne, fer ductile à chaud & à froid.

D. C. . . . fer ductile à chaud,

D. F. . . . fer ductile à froid.

C. C. . . . fer cassant à chaud.

C. F. . . . fer cassant à froid.

Ce tableau renferme l'extrait du texte des pages depuis la 34^e jusqu'à la 50^e.

C I N Q U I È M E T A B L E A U.

N ^{os.} des Exp.	Poids du Fer. Liv.	Sortes de Fer.	Poids des in- termè- des. Liv.	Nature des Intermèdes.	Poids du Ré- gule produit. Liv.	Caractère du Régule.
90.	200...	Fonte d'Hul- lefors...D.	50..	Hœmatite noire.	201. $\frac{7}{2}$.	Passablement ductile.
91.	200...	La même..D.	50..	Chaux de vitriol du même.....	206....	Très-ductile. Peu ductile.
92.	200...	Fonte de Leu- ffstad....D.	50..	Hœmatite noire.	168....	
93.	200...	La même..D.	50..	Chaux de vitriol d'Hullefors....	222....	Très-ductile
94.	200...	La même..D.	50..	Chaux de vitriol de Leuffstad....	210....	Très-ductile.
95.	200...	La même..D.	50..	Safran de Dylte. .....C, F.	196....	Peu ductile, pou- dre noire
96.	400...	Safrandemars de Dylte...		Charbon & bo- rax.....	68....	Pyriteux & brun
97.	200...	Fonte de Leu- ffstad....D.		Seule dans un creuset clos....	196....	Peu ductile, acié- reux.
98.	200...	La même..D.		Dans un creuset non scellé.....	194....	Peu ductile, acié- reux.
99.	200...	La même..D.		Dans une tutte..	198....	Plus ductile, moins acideux.
100.	200...	Fer de Braas. .....C, F.	50..	Chaux de fer d'Hullefors.D.	180....	Peu ductile & peu acideux.
101.	100...	Le même.C, F.	100..	Chaux de fer d'Hullefors.D.	155....	Peu ductile C, F. cassant à C.
102.	200...	Fonte d'Hufa- by....C, F.	50..	Chaux de fer de Braas.....C, F.		C, C..C, F. Ca- ractère d'acier.
103.	200...	Fonte d'Hu- faby..C, F.	50..	Fonte de Norr- berk.....C, C.	100....	C, F. peu C. C. Acier

N ^o . des Exp.	Poids du Fer.	Sortes de Fer.	Poids des l'inter mèdes	Nature des Intermèdes.	Poids du Ré- gule produit	Caractère du Régule.
	Liv.		Liv.			
104.	200....	La mêm.C,F.	50..	Chaux de fer d'Osterby.D.		En grenailles ai- gres
Id.		Les grenailles du précédent.		Chaux de fer d'Hufaby.C, F.		Régule moulé
105.	200....	Fonte d'Hufa- faby..C, F.		Sans intermède.	197....	Sans effervescen- ce ni grenaille.
106.	201. $\frac{1}{2}$.	Régule de l'exp. 90. D.	50..	Plombagine.....	190....	Dur, C.F.creux, aciéreux.
107.	206....	Régule de l'exp. 91. D.		Poudre de char- bon.....	204....	C, F. aciéreux.
108.	222....	Régule de l'exp. 93. D.		Sans intermède.		A résisté , resté ductile.
109.	72....	Du Fer de l'exp. 222. D.		Sans intermède pendant 30 min.		Resté le même.

Les Expériences suivantes dans un creuset luté.

110.	200....	Fonte de Leu- ffstad.....D.	142..	Chaux de plomb.		Dur, C, F. acié- reux.
111.	200....	La même..D.	350..	Chaux de plomb.		Dur, C, F. acié- reux.
112.	200....	La même..D.	50..	Chaux de man- ganaïse.....	190....	Dur. C, F. acié- reux.
113.	200....	La même..D.	100..	Chaux de man- ganaïse.....	183....	Un peu ductile , aciéreux.
114.	200....	Fonte de Braas...C, F.	100..	Chaux de man- ganaïse.....	182....	Cassant, recuit. D, C. & D, F.
115.	200....	Fonte de Leu- ffstad.....D.	100..	Verre.....	198....	Cristallisé , bon acier.
116.	200....	La même..D.	67..	Chaux de craie.	191....	Dur, C, C. C, F. aciéreux.
117.	200....	La même..D.	33, $\frac{1}{2}$.	Chaux de craie , quartz.....	192....	Plus ductile, acié- reux.

Dans un creuset qui n'étoit pas luté.

118.	200....	La même..D.	67..	Chaux de craie.	163....	Plus ductile que le n ^o . 116.
119.	200....	La même..D.	33, $\frac{1}{2}$.	Chaux de craie & quartz.....		Grenailles ducti- les.

N ^{os.} des Exp.	Poids du Fer.	Sortes de Fer.	Poids de l'inter- mède.	Nature des Intermèdes.	Poids du Ré- gule.	Caractère du Régule.
Les Expériences suivantes dans un creuset clos.						
120.	Liv. 200....	Fer de Braas. .....C, F.	Liv. 25..	Chaux de craie.	Liv. 191. ¹ / ₂ .	Dur, recuit, un peu ductile.
121.	200....	Le même C, F.	50..	Chaux de craie.	192....	Dur, recuit, un peu ductile.
122.	200....	Le même C, F.	100..	Chaux de craie.	191....	Un peu plus duc- tile.
123.	200....	Le même C, F.	25..	Pierre calcaire crue.....	164....	Plus ductile, re- cuit.....C, C.
124.	200....	Le même C, F.		Soufre.....		Pyriteux, calciné fondu avec du charbon, acier.
125.	100....	Fer de Norr- berk..C, C.	100..	Fer de Braas CF. charbon.....	208....	Fer, C, F. intrai- table, acier.
126.	100....	Chaux de Norrberk C, C.		Poudre de char- bon.....	60....	Fonte intraitable.
127.	83....	Régule du n ^o . 124. C, C & à F.	21..	Chaux de fer ductile.....	53....	Aciéreux, globu- les ductiles.
128.	200....	Fonte de Leuf- stad.....D.	50..	Chaux de Braas. .....C, F.	204....	C, F. ductile à chaud, acier.
129.	200....	La même..D.	50..	Chaux de Norr- berk.....C, C.	208....	Ductile à froid, cassant à C.

L'on ne finiroit pas si l'on se livroit à toutes les observations que présentent les résultats de ces nombreuses expériences : mais je me bornerai aux phénomènes les plus saillans & les plus remarquables, indépendamment des réflexions de l'auteur & de celles que j'ai repandues dans les notes ; je remarquerai :
1^o. La fonte refondue sans aucun intermède, prend le caractère d'acier, Exp. 97. 98. 99. & 105., parce que par cette refonte, le fer crud ne reçoit point de phlogistique, mais un excès de la chaleur qui l'a converti en acier.

2°. La fonte refondue avec les chaux de plomb, de manganèse & de craie, dans des creusets clos, acquiert le même caractère d'acier; parce que ces chaux sont privées du phlogistique réducteur, & saturées du principe de la chaleur; elles diminuent une portion du produit par la soustraction qu'elles font du phlogistique réducteur de la fonte, exp. 110, 111, 112, 113, 116 & 117.

3°. Le verre fondu avec la fonte, lui imprime aussi le caractère d'acier, par la même cause; car le verre contient infiniment de matière de la chaleur qui lui donne la transparence, & en la communiquant à la fonte, il la fait passer à la qualité d'acier, exp. 115. Je dis que le verre tient sa transparence de la matière de la chaleur, parce que si on la lui enlève par la cémentation, avec des matières calcaires avides de ce principe, il perd cette transparence, & passe à l'état de porcelaine vitreuse.

4°. La fonte de fer en général traitée avec des chaux de fer de même caractère, est passée à l'état du fer ductile, toutes les fois que l'on emploie un moyen de dépouiller la fonte, même l'acier, de la partie surabondante de la matière de la chaleur, on les ramène à l'état de fer ductile, exp. 91, 93 & 94.

5°. Lorsque l'on veut fondre ensemble deux variétés de fer de caractère opposé, il y aura toujours une effervescence qui procède d'une dissolution ignée; telle, celles faites dans les acides humides, & les grenailles du métal que cette effervescence élance de tous côtés, ne font point l'effet d'une volatilisation. Un métal ne se sublime & ne se volatilise, que lorsque ses parties sont atténuées & dilatées au point d'être plus légères que le milieu au dessus duquel elles s'élèvent, soit dans l'eau, soit dans l'air, soit dans le feu, exp. 104, 119 & 127.

6°. La combinaison d'un fer cassant à froid, ne

corrige pas le défaut d'un fer cassant à chaud; & *vice versa*, il n'en résulte qu'un fer vicieux; même ces défauts se communiquent au fer ductile à chaud & à froid, exp. 127. 128 & 129.

Voyons les effets de la cémentation.

Ordre des matières du sixième tableau présentant les résultats de la cémentation.

- 1^{re}. Colonne, n°. des expériences.
- 2^e. Variétés du fer, soumises à la cémentation.
- 3^e. Matières de la cémentation.
- 4^e. Augmentation de poids.
- 5^e. Caractères résultans de l'effet de la cémentation.

SIXIEME TABLEAU.

N°. des Exp.	Variétés du Fer.	Matières de la cémentation.	Augmentation du poids.	Caractères résultans de la cémentation.	
				Au dehors.	Au centre.
130.	Fonte de Leuffstad. D.	Plombagine....		Egaré.....	
131.	La même....	Terre calcaire.	$\frac{1}{100}$	Ecorce attirable.	Acier.....
132.	La même....	Chaux de man- ganaise.....	$\frac{1}{200}$	Attirable.....	Fontepure.
133.	Fer de Leuffstad.... D.	Plombagine....		Attirable.....	Fer ductile.
134.	Le même....	Terre calcaire.	$\frac{1}{100}$	Fer ductile.....	Acier.....
135.	Le même....	Chaux de man- ganaise.....	$\frac{1}{100}$	Ecorce attirable.	Fer ductile.
136.	Acier d'Os- terby. D.	Plombagine....		Ecorce attirable.	Acier.....
137.	Le même....	Terre calcaire.	$\frac{1}{100}$	Ecorce rouge....	Acier.....
138.	Fer de Nor- berk C, C.	Plombagine....	$\frac{1}{210}$	Ecorce attirable.	Fer ductile.
139.	Le même....	Terre calcaire.	$\frac{1}{100}$	Fer ductile.....	Fer ductile.
140.	Le même....	Chaux de man- ganaise.....	$\frac{1}{98}$	Ecorce attirable.	Très-duct.
141.	Fer de Gran- gen. CF..	Plombagine....	$\frac{1}{400}$	Ecorce attirable.	cassant à froid....
142.	Le même....	Terre calcaire.		Nul changement.....	
143.	Le même....	Chaux de man- ganaise.....	$\frac{1}{200}$	Nul changement.....	

L'on ne peut pas tirer de ces expériences faites par la cémentation, beaucoup de connoissances sur la nature du fer ; parce que nous croyons que les circonstances n'ont pas permis que l'opération fût assez continuée pour produire des effets plus complets ; en général , il y a eu peu d'accroissement du poids des diverses variétés de fer , même plusieurs n'en ont point acquis, particulièrement avec la plombagine ; la chaux de manganèse en a un peu plus produit ; & la terre calcaire en a donné constamment plus & en même quantité, excepté avec le fer cassant à froid. Il eût été à désirer que l'auteur eût mis en comparaison du fer en cémentation avec la poudre du charbon qui produit constamment une augmentation très-notable en poids & en volume, & qu'il eût examiné tant la plombagine que la terre calcaire & la chaux de manganèse , pour connoître quel changement ces substances ont pu éprouver dans leur qualité & dans leur poids. Nous croyons que le peu d'augmentation du poids , procède en partie de la décomposition des surfaces des fers & fontes cimentés , auxquels les matières de cémentation se sont unies & ont fait une addition. Les effets de la terre calcaire , ont été contraires à ceux qu'elle produit ordinairement ; car elle a donné des fers cassans à froid , & des aciers ; elle enlève même à ce dernier, le principe aciérant ; à moins que l'on n'ait employé la terre calcaire crue , qui contient ordinairement quelque portion d'acide & de sable vitrescible , qui ont pu produire des accidens différens de ceux auxquels elle donne lieu constamment , particulièrement dans les travaux en grand , & ainsi que M. Stokinstrom l'a observé près d'Aix-la-Chapelle.

Il est à remarquer que la plombagine n'a opéré aucun changement que sur le fer cassant à chaud qu'elle a rendu ductile , effet qui semble contrarier le sentiment de M. Bergman , puisque dans les expé-

riences que nous citerons plus bas, il paroît que le fer cassant à chaud, est celui de trois variétés du fer battu, qui contient le plus de plombagine, d'après ce savant.

Pour découvrir ce que chaque variété de fer contient de plombagine, M. Bergman les a fait dissoudre séparément dans l'acide vitriolique; & a pesé la poudre noire qui se dépose, sans être attaquée par l'acide. Je ne rapporterai pas ici le tableau général de ces expériences, que l'on peut consulter dans la traduction depuis le n°. 209, jusqu'au n°. 233. Je donnerai seulement le résultat du terme moyen des produits d'un quintal dans chaque sorte, par millésimales.

Fonte de fer doux.	3,60.
Fonte de fer cassant à froid.	4,60.
Acier provenant de fer ductile.	0,50.
Acier provenant de fer cassant à froid.	0,93.
Fer ductile.	0,52.
Fer cassant à chaud.	1,50.
Fer cassant à froid.	1,03.

Je dois exposer aussi la proportion respective du produit de la fonte qui varie suivant son état de perfection.

Fonte noire surchargée de phlogistique.	4,50.
Fonte grise saturée de phlogistique.	2,72.
Fonte blanche pauvre en phlogistique.	4,30.

L'on doit entendre que le premier chiffre à gauche séparé par une virgule, désigne des centièmes, & que les deux qui suivent à droite, sont des millièmes; ainsi la fonte de fer doux contient 3 centièmes, plus 60 millièmes de résidu noir. Ceci s'entendra pour les calculs antérieurs & ultérieurs.

La première observation qui se présente à faire, est relative à la fonte.

Il est connu qu'une fonte blanche tenue en bain, s'épure & passe à l'état de fonte grise, & successive-

ment à celui de fonte noire, de régule; enfin de fer ductile, sans aucun intermède, sans opération, sans travail, par l'effet seul d'un feu continué; & qu'en cémentant ensuite ce fer ductile avec des matières charbonneuses, on le fait passer à l'état d'acier. Cependant, d'après les expériences citées, l'acier contient plus de plombagine que le fer; la fonte grise moins que la blanche & la noire. Comment suivre la génération & la destruction de cette plombagine dans ces passages successifs & dans ces alternatives? Il n'est pas difficile d'expliquer la diminution de la plombagine dans le passage de la fonte au fer; mais comment appercevoir la régénération dans la fonte noire, & plus difficilement dans l'acier, particulièrement dans l'acier cémenté?

Pour rendre ce phénomène vraisemblable, M. Bergman tire du développement des opérations du travail de l'acier, une induction que j'ai déjà combattue dans mes notes p. 83: je n'ajouterai ici qu'une observation.

M. Bergman dit que les matières de la cémentation peuvent fournir de l'air qui se combinant avec le phlogistique, forme de la plombagine, laquelle s'amalgame avec la pâte de l'acier. D'après cette théorie, on pourroit faire de la plombagine en tenant exposé long-temps au feu, un creuset clos rempli de poudre de charbon; car le charbon contient cet air que la cémentation pourroit produire, & de plus, il contient le phlogistique nécessaire à la formation de la plombagine. Je ne pense pas que l'on en puisse créer par ce procédé.

Au surplus, excepté la chaleur, les agens les plus actifs qui ont prise sur le fer, ne le pénètrent pas; ils l'attaquent par les surfaces, en le décomposant totalement; alors il n'est plus fer, il n'a plus les propriétés métalliques. Le soufre qui est si analogue à la plombagine, attaque ainsi le fer & le cuivre, & en forme

une matière fragile , pyriteuse, qui n'a plus les propriétés métalliques. Le fer couvert en acier , conserve toutes les propriétés métalliques , ténacité , ductilité & élasticité. Je fais que l'acier au sortir de la cémentation , n'est nullement malléable à froid , qu'il est souvent presque aussi fragile que le verre ; mais une légère chaude suffit pour le rendre ductile ; le froid de la trempe lui rend la fragilité.

La poudre noire qui se précipite de l'acier dans sa dissolution avec l'acide vitriolique, & qui ressemble à la plombagine , peut être une combinaison particulière, un corps isolé interposé, qui forme ce que l'on appelle cendrules , & qui ne fait point partie intégrante & constitutive, ni de la fonte, ni du fer, ni de l'acier. Cette présomption est fondée sur ce que des fontes, des fers & des aciers de même caractère donnent des produits inégaux de cette poudre.

La différence dans les fontes douces est de 2,0 :: 5,3.

Dans celles cassant à froid, de . . . 2,5 :: 6,7.

Dans les fers ductiles , de . . . 5 :: 7.

Dans les fers cassans à froid, de . . . 1 :: 6.

Dans les aciers de fer ductile , de . . . 4 :: 6.

Et dans ceux de fer cassant à froid, de 1 :: 1,7.

Je fais que la fonte de fer surchargée de phlogistique, produit beaucoup d'une substance que la seule action du feu en sépare , & qui ressemble à bien des égards à la plombagine; elle flotte au dessus du bain, s'attache après les ringards, se disperse dans l'air ; elle est écailleuse , noire , soyeuse & légère; elle tache les doigts en la froissant , & a le glissant de la plombagine : mais cette limaille lamelleuse est attirable à l'aimant , ne détonne point avec le nitre , se dissout très-difficilement dans les acides minéraux. Je ferai connoître plus amplement ailleurs cette matière , & de laquelle j'ai déjà parlé dans un mémoire lu à l'Académie des sciences en 1761 , sous le nom de limaille,

nom usité dans les forges pour exprimer cette matière. On appelle fontes limailleuses, les fontes noires qui en produisent.

La poudre noire ou plombagine de M. Bergman, exposée au feu, perd moitié de son poids : l'autre moitié restante, est selon cet auteur, une matière filiceuse. La partie réputée plombagine, détonne avec le nitre & en alkalise cinq fois son poids : l'autre partie filiceuse en exige dix fois son poids.

Cette poudre n'est point soluble dans l'acide marin, même au degré de l'eau bouillante. Nous reviendrons sur cet objet.

M. Bergman en cherchant à découvrir la nature des matières étrangères qui peuvent être unies au fer & qui en caractérisent les différentes variétés, y a découvert de la manganaise par un procédé qu'il indique dans le second volume de ses opuscules, & que nous avons restitué dans nos notes sur cette dissertation analytique du fer, & par laquelle il a trouvé que le fer d'Eisenert en contenoit $\frac{3}{100}$. Expérience qu'il a répétée sur les différentes variétés qu'il avoit soumises à ses expériences précédentes, soit avec les fers en nature, traités avec le nitre, soit avec leurs chaux traitées par l'acide du vinaigre, pour en extraire par l'alkali fixe aéré, la manganaise que ces chaux pouvoient contenir, qui lui ont fourni les résultats suivans, par quintal de fer calciné.

Chaux de fer d'Osterby... D. . 1. de couleur blanche.

Chaux de fer de Norrberk. C, C. . 1. bronzée.

Chaux de fer de Braas. . . C, F. 5, 4. jaune.

M. Bergman n'a soumis aucune sorte d'acier à cette espèce d'expérience, de laquelle il résulte que le fer ductile contient autant l'un que l'autre de cette substance, & que le fer cassant à froid, en contient cinq fois autant que chacun des deux autres en particulier.

Ces précipités sont en rapport avec le régule de manganèse, $2 :: 1$, suivant l'estimation de l'auteur. Je vais présenter le précis des expériences faites avec le nitre, dans lesquelles la couleur verte décelé la présence de la manganèse. Comme quelques-uns des fers n'ont produit de couleur verte qu'à la seconde projection de nitre, nous en allons tracer le tableau; les chiffres indiquent à peu près les degrés d'intensité des couleurs.

S E P T I E M E T A B L E A U.

Détonnations des différentes variétés du fer avec le quadruple de leurs poids de nitre à chaque projection.

Nos. des Exp.	Variétés du Fer.	Première projection.		Seconde projection.	
		Couleurs.	Deg.	Couleurs.	Deg.
174.	Fer d'Eisenert..... D.	Verd intense.....	10..	Un peu plus fort.	2..
175.	Fonte noire de Leuffstad.....	Verd foible.....	1..	Vive.....	10..
176.	Fonte grise, & fer de Leuffstad.....	Nulle.....	0..	Bleue verdâtre.	3..
177.	Fer de Leuffstad.....	Nulle.....	0..	Bleue verdâtre.	3..
178.	Fonte d'Akerby.....	Verd foible.....	2..	Bleue.....	6..
179.	Fer d'Akerby.....	Verd vif.....	8..		
180.	Fonte d'Hullefors.....	Verd vif.....	8..		
181.	Fer d'Hullefors.....	Nulle.....		Verd.....	5..
182.	Fer d'Osterby.....	Verd vif.....	8..		
183.	Acier d'Osterby.....	Verd vif.....	8..		
184.	Fonte de Forsmark.....	Verd foible.....	4..	Verd.....	6..
185.	Fer de Forsmark.....	Verd foible.....	4..	Verd.....	6..
186.	Acier de Forsmark.....	Verd plus foible.	3..	Verd.....	4..
187.	Fer de Norrberk C, C.	Nulle.....	0..	Verd.....	3..
188.	Fonte Brattfors. C, F.	Verd foible.....	4..	Verd.....	6..
189.	Fer battude Brattfors.	Verd vif.....	8..		
190.	Fonte d'Hallefors, noire.....	Nulle.....	0..	Verd.....	3..
191.	Fonte blanche d'Hallefors.....	Nulle.....	0..	Verd.....	3..

Nos. des Exp.	Variétés du Fer.	Première projection.		Seconde projection.	
		Couleurs.	Deg	Couleurs.	Deg.
192.	Fer natif de Sibérie....	Verd très-foible.	1..	Verd.....	4..
193.	Acier anglois & autr.	Verd fort foible,	2..	Verd.....	2..
196.	Fonte d'Hufaby C, F.	Verd plus fen- sible.....	4..		
197.	Fer d'Hufaby & acier	Nulle.....	0..	Verd.....	4..
199.	Fer de Braas.... C, F.	Verd foible.....	3..	Verd plus fort.....	5..
201.	La manganaise.....	Verd exalté.....	15..		
168.	Limaille de cuivre....	Verd exalté... ..	15..		

Il paroît que la fonte de fer en général développe plus difficilement la couleur verte que le fer battu ; que le fer ductile donne non-seulement plus facilement , mais plus abondamment la couleur verte que le fer cassant à froid ; ce qui est contraire au produit des dissolutions par l'acide acéteux dans lequel le fer de Braas a produit cinq fois plus de précipité de manganaise que les deux autres variétés du fer ; tandis qu'étant projeté avec le nitre , il a non - seulement produit peu de couleur verte , mais il a fallu deux projections pour l'extraire. Je crois que cette méthode de procéder , peut bien indiquer de la manganaise ; mais qu'elle ne peut en faire connoître la quantité contenue ; aussi M. Bergman ne la produit que comme indicative , les couleurs en général sont très-accidentelles.

Après avoir tenté différens moyens pour découvrir si le fer contenoit de l'acide vitriolique , de l'arsenic , du zinc ou autres matières étrangères différentes de la manganaise & de la plombagine qui paroît concourir à tarer le fer de quelques vices , & n'en ayant découvert aucuns vestiges ; M. Bergman donne le tableau des quantités de matière siliceuse , de plombagine , de manganaise , de fer contenues dans un quin-

tal, ou plutôt dans cent parties de fer. Je laisse subsister ces données comme étant des parties proportionnelles d'un tout, ce qui répond à toute espèce de poids & de mesure; mais comme l'auteur ajoute les produits d'air inflammable en pouces cubiques de Suède, & que j'établis ici le quintal poids de France, je suis obligé d'augmenter le produit de l'air inflammable en raison de la différence du poids; il en est de même des degrés de la matière de la chaleur qui donne des produits en raison des masses employées.

Nous avons ajouté ici au texte de l'auteur, un terme mitoyen entre le moins & le plus de chaque substance contenue dans un quintal de fer, même dans la pesanteur spécifique assignée par l'auteur.

H U I T I E M E T A B L E A U.

Des parties constituantes d'un quintal composé de cent grains de fer dans ses divers états, d'après M. Bergman.

Matières contenues dans la Fonte.	Extrême en moins.	Extrême en plus.	Terme moyen.
Matière filiceuse.....	01,10.	03,40.	02,25.
Plombagine.....	01,10.	03,30.	02,20.
Manganaise.....	00,50.	30,00.	15,25.
Fer.....	97,30.	63,30.	80,30.
Total.....	100. . .	100. . .	100.....
Pouces cubes d'air inflammable.	50,2. .	63,50.	56,85.
Degrés de chaleur.....	22,0. .	57,30.	39,60.
Pesanteur spécifique moyenne.			7760.....
A C I E R.			
Matière filiceuse.....	00,3. .	00,90.	00,60.
Plombagine.....	00,2. .	00,80.	00,50.
Manganaise.....	00,5. .	30,00.	15,25.
Fer.....	99,0. .	68,30.	83,65.
Total.....	100. . .	100. . .	100.....
Pouces cubes d'air inflammable.	58,2. .	63,50.	60,85.
Degrés de chaleur.....	81,4. .	125,00.	103,20.
Pesanteur spécifique moyenne.			7720.....

Matières contenues dans le Fer.	Extrême en moins.	Extrême en plus.	Terme moyen.
Fer ductile.			
Matière filiceuse.....	00,05.	00,30.	00,175.
Plombagine.....	00,05.	00,20.	00,12..
Manganaise.....	00,50.	30,00.	15,25..
Fer.....	99,40.	69,50.	84,45..
Total.	100.....	100.....	100.....
Pouces cubes d'air inflammable.	65,5..	67,5..	66,5.....
Degrés de chaleur.....	134,5..	150,0..	142,25..
Pesanteur spécifique moyenne.			7782.....
Fer cassant a chaud.			
Matière filiceuse.....			0,8.....
Plombagine.....			0,7.....
Manganaise.....			0,5.....
Fer.....			98,0.....
Total.			100.....
Pouces cubes d'air inflammable.	63,5..		63,5..
Degrés de chaleur.....	161,7..		161,7..
Pesanteur spécifique moyenne.			7753.....
Fer cassant à froid.			
Matière filiceuse.....	00,05.	00,30.	00,175.
Plombagine.....	00,05.	00,30.	00,175.
Manganaise.....	00,50.	04,00.	02,250.
Fer.....	99,40.	97,40.	97,400.
Total.	100.....	100.....	100.....
Pouces cubes d'air inflammable.	66,1..	68,8..	67,45..
Degrés de chaleur.....	55,....	57,3..	56,15..
Pesanteur spécifique moyenne.			7778.....

Il est nécessaire de faire des réflexions sur les différens objets que présente le huitième tableau. La première est la matière filiceuse, c'est-à-dire, de nature du filix, que M. Bergman retire de la poudre noire qui se précipite sans intermède pendant la dissolution du fer dans l'acide vitriolique, ou plutôt cette poudre noire est une portion de la masse du fer soumise à l'action de l'acide vitriolique, laquelle n'est point attaquée par cet acide. Cette poudre noire contient deux substances réunies; l'une est la plombagine, & l'autre

est cette matière filiceuse. J'ai lieu de croire que c'est plutôt une substance talqueuse. L'on opère la séparation de ces deux substances, en exposant la poudre noire sous une mouffle : l'action du feu volatilise la plombagine qui laisse la matière filiceuse sur le têt à rôtir. Cette matière annonce son caractère, en résistant à l'action du feu & des acides minéraux qui sont les dissolvans les plus actifs que la nature & l'art puissent employer. L'on connoît la qualité fixe & apyre du talc.

Comment se trouve cette matière filiceuse ou talqueuse dans le fer ? Il est à présumer qu'elle n'est qu'interposée, & ne fait point partie de l'essence de la nature du fer, mais seulement de sa masse.

J'ai trouvé en rompant une barre de fer, un petit caillou gros comme un pois ordinaire interposé dans l'étoffe du fer ; cette pierre ne s'y étoit pas formée, elle avoit résisté au feu de l'affinage, à toutes les chaudes successives & à la percussion du marteau ; mais elle y avoit été introduite par accident dans le pétrissage de l'affinerie. Il en est peut-être de même du mica réduit en petites parcelles qui se retire du fer par la dissolution dans l'acide vitriolique ; mais cependant ce mica peut se former par la combinaison du principe vitrescible uni avec l'élément du fer, & le phlogistique tant coagulant que réducteur ; ce qui peut arriver dans la fusion du minéral : & effectivement, il se trouve beaucoup plus de cette matière filiceuse dans la fonte, que dans le fer en général ; & cette proportion est 2,25 :: 0,8, de la fonte au fer cassant à chaud, qui sont les deux extrêmes des termes moyens.

Mais comme la quantité des matières filiceuses que M. Bergman a découvertes dans le fer, paroît dans des proportions très-inégales dans chaque variété de fer, & qu'on l'apperçoit dans toutes les nuances numériques depuis un jusqu'à trois centièmes, même de cinq millièmes à trois centièmes ; on doit regarder
cette

cette matière filiceuse comme purement accidentelle; d'ailleurs, comment se peut-il faire que l'acier en général contienne de cette matière filiceuse, plus que le fer doux dans la proportion de 17 :: 60 ? tandis qu'en cémentant le fer doux, on le convertit en acier. Cette partie surabondante filiceuse dans l'acier, s'est donc formée dans la cémentation : par quel mécanisme ? Cette génération me paroît difficile à expliquer, & je ne la crois pas possible dans cette opération; ce qui l'est dans la fusion, même dans l'affinage.

Le fer cassant à froid ne contient pas plus de matière filiceuse que le fer doux; cette matière est donc nulle, respectivement à la ductilité & à la fragilité. L'on seroit fondé cependant à croire que cette matière filiceuse pourroit contribuer à la fragilité du fer, possédant elle-même cette propriété, & qu'elle forme au surplus un corps interposé qui désunit l'agrégation des matières ferreuses.

Il en est de même de la plombagine, elle marche de pair, à très-peu de chose près, avec la matière filiceuse dans les différentes variétés du fer. L'acier en produit plus que le fer doux dans la proportion de 12 :: 50. M. Bergman a essayé de donner l'étiologie de cette formation pendant la cémentation; nous l'avons discutée, & nous en avons fait sentir la difficulté. Il observe au surplus que le principe talqueux est de l'essence de la plombagine.

Quant à la manganaise, M. Bergman prétend que c'est une substance nécessaire au fer, & que le meilleur, (celui d'Eisenert), en contient $\frac{30}{1000}$. Ce pendant plusieurs sortes dans chaque variété en ont donné infiniment moins, puisque la disparité est en rapport 00,5 :: 30,0, c'est-à-dire de cinq millièmes à trente centièmes.

Il est bien étonnant que cette manganaise soit en quantité proportionnelle égale dans la fonte, dans

l'acier & dans le fer doux , qu'elle ne se détruise pas dans les différentes opérations nécessaires pour opérer ces passages de la fonte au fer , & du fer à l'acier, ou de l'acier au fer.

Ne peut-on pas douter du résultat de ces produits, & de la propriété des moyens employés pour le produire ? Peut-on se persuader qu'un métal combiné avec un tiers d'un demi-métal peu ductile, puisse conserver la propriété de la ductilité dans un degré éminent dans le fer doux ? Si cela peut être , il faudroit convenir que la manganèse est le principe de la ductilité du fer ; mais ce raisonnement croulera, si l'on fait attention qu'il y a la même quantité de manganèse dans la fonte qui est un corps très-fragile.

L'on fait que le cuivre rossette est ductile à chaud , cassant à froid ; que le mélange de zinc le fait passer à l'état de cassant à chaud & ductile à froid : phénomène d'opposition de caractère qui est très-singulier , & qui procédé du mélange du zinc. La fragilité respective à froid de ces deux métaux , en se combinant, se change en ductilité à froid ; mais comme la chaleur décompose le zinc , & le réduit en chaux filamenteuse , interposée entre les molécules de rossette , en les désunissant , elle s'oppose à la ductilité à chaud du laiton. Il devroit en être de même à peu près de la manganèse unie en même proportion par tiers avec le fer, comme le zinc avec le cuivre dans le laiton ; elle devroit donner de la ductilité à froid à la fonte qui est excessivement cassante à chaud , opérer quelque changement dans le fer ductile & dans l'acier ; mais au contraire , il y a, selon les expériences de M. Bergman, beaucoup plus de manganèse dans le fer cassant à chaud & celui cassant à froid , que dans l'acier & le fer doux qui sont l'un & l'autre très-ductiles , & beaucoup moins dans le fer cassant à chaud , que dans celui qui est cassant à froid. Il est vrai que M. Bergman n'a éprouvé qu'une

forte de fer cassant à chaud, (celui de Norrberk), qui contient $\frac{5}{1000}$ de manganaise, tandis que celui cassant à froid en contient au terme moyen $\frac{2}{100} + \frac{25}{1000}$.

La matière filiceuse, la plombagine & la manganaise, sont les seules matières hétérogènes que M. Bergman ait découvertes dans le fer, dans ses différents états, & toujours constamment avec des proportions différentes. Nous sommes très-persuadés que, quoique M. Bergman ait varié presque à l'infini ses expériences, qu'il les ait instituées avec une sagacité peu commune, qu'il ait opéré avec art & une rigoureuse exactitude; cependant qu'il y a des moyens de découvrir dans les différentes variétés, d'autres substances métalliques. Pour compléter ces expériences & porter la conviction dans l'exposition de ces principes, il eût été à désirer que M. Bergman eût révivifié les chaux des différentes sortes de fer dont il a extrait les trois substances étrangères, le filix, la plombagine & la manganaise; que le produit divisé en deux parties égales eût été soumis à de nouvelles expériences, afin de reconnoître :

1°. Si le fer qui en seroit résulté, auroit d'abord les propriétés antécédentes, de ductile, de cassant à chaud ou de cassant à froid.

2°. Si en l'analysant de nouveau par les mêmes procédés, on retireroit encore les mêmes substances; afin de connoître si leur formation procède de l'action réciproque & de la combinaison des différentes parties constitutives du fer dans les diverses opérations de son travail.

3°. Si en réunissant au régule provenant des chaux des fers analysés primordialement, la matière filiceuse, la plombagine & la manganaise, distinctement ou conjointement, il en résulteroit un fer ayant les propriétés antécédentes, & pour savoir si elles s'y incorporeroient.

Ces opérations d'analyse & de synthèse successives, jetteroient un bien plus grand jour sur la constitution du fer en général, & particulièrement sur celle de ses variétés ; M. Bergman en a fait quelques-unes.

Je ne peux me dispenser d'observer une chose très-remarquable, & qui semble faire crouler tout le système que l'on pourroit fonder sur le résultat des expériences de M. Bergman ; c'est qu'il y a des fontes qui lui ont donné par quintal 97,3 de parties ferreuses ; tandis qu'il y a des fers doux qui n'en ont donné que 69,5 , & des aciers que 68,30. Cette fonte seroit donc plus riche en substances de fer , que le fer doux & l'acier ; ce que nous ne pouvons admettre.

Malgré toute autorité, la prétendue démonstration ne peut être qu'illusoire ; il faut donc prendre une autre route pour percer à la vérité. Le puits n'est pas tari , il faut encore travailler pour parvenir à la source du fond où elle est cachée. Les quantités d'air inflammable ont été suffisamment discutées dans les résultats des trois premiers tableaux , pages 128 , 131 & 133.

Il y a trop de disproportion entre les degrés de chaleur, pour être persuadé que la méthode employée soit suffisante pour connoître ce que chaque variété du fer en contient. Les termes moyens établis entre le fer cassant à froid & le fer cassant à chaud , donnent une disparité qui est en rapport de 56 :: 161, & entre la fonte & le même fer cassant à chaud, 39 :: 161. Il n'y a pas lieu de présumer, d'après ces différences, que la marche de la nature soit celle que l'art lui trace.

La pesanteur spécifique établie par M. Bergman, n'est pas assez juste , pour ne pas croire qu'il ne se soit glissé des fautes typographiques ; je suis bien éloigné de lui imputer ces erreurs : mais , comme il est très-utile de connoître les différentes pesanteurs ; je vais d'abord donner, d'après ma propre expérience,

le poids spécifique du pied cube du même fer, dans des situations différentes.

Différentes situations du même Fer.	Poids spécifique du pied cube du même Fer.			
	Liv.	Onces.	Gros.	Grains.
Fonte grise.....	485.	8....		
Fer doux & ferme de Suède.....	545.	10....	4...	7...
Fer de Berry, qualité moyenne....	545.	2....	4...	35...
Acier poule cimenté de Suède.....	530.	1....	3..	28...
Le même acier corroyé, non trempé	546.	4....	5...	46...
Le même acier trempé.....	537.	12....	5..	64...
Acier anglois recuit.....	548.	5....	0...	41...
Acier anglois trempé.....	547.	2....	2...	3...

Je vais placer en comparaison les gravités spécifiques données par M. Bergman ; en corrigeant à très-peu de chose près les n^{os}. 2, 3 & 4 ; en substituant le n^o 1^{er}, & en ajoutant le poids du pied cube au poids de marc.

Nos.	Sortes de Fonte, Fer & Acier.		Gravité spécifique.	Poids du Pied cube. Livre.
1..	Fonte	blanche, pauvre.....	..6601..	..462,0...
2..		grise, riche.....	..6859..	..480,1..
3..		noire, superfaturée.....	..7262..	..508,3...
4..		d'Hufaby.....	..7742..	..541,9...
5..	Acier	de M. Quist.....	..7643..	..535.0...
6..		anglois.....	..7775..	..544 2..
7..		de Forsmarck.....	..7727..	..540,8...
8..		d'Osterby.	..7784..	..544,8...
9..		le même trempé.....	..7693..	..538,5...
10..	Fer ductile	de Leuffstad.....	I..7754..	..542,7...
11..		de Braas, rendu ductile..	..7751..	..542,5...
12..		de Braatfors.....	..7798..	..545,8...
13..		d'Osterby.....	..7827..	..547,8...
14..	Fer cassant à chaud de Norrberk.		..7753..	..542,7...
15..	Fer cassant à froid	{ de Braas.....	..7792..	..545,4...
16..		{ d'Hufaby.....	..7791..	..545,3...

Il est à croire qu'il s'est glissé d'autres erreurs que celles que j'ai observées dans la note K, pag. 100 dans les gravités spécifiques, tant des fers que des aciers de même genre, puisque l'on voit une différence de trois liv. par pied cube, entre le fer d'Osterby & l'acier produit par le même fer, & de même entre le fer d'Hufaby & l'acier en provenant : de plus, qu'il y a 6 liv. de différence entre l'acier recuit d'Osterby & le même acier trempé; ce qui est contraire à nos propres expériences citées plus haut, où l'on voit que ces différences varient tout au plus d'une liv. & demie : le fer d'Osterby porté à $547 \frac{8}{10}$, se trouve plus pesant que le fer de Leuffstad de $6 \text{ liv. } \frac{1}{10}$, quoique de même qualité.

Nous n'avons trouvé de différence entre les fers de première qualité & ceux de Berry, que 8 onces par pied cube, ce qui doit rendre très-circonspect sur ces sortes d'épreuves.

Mais indépendamment de ces observations, il paroît constant que les fers de meilleure qualité dans chaque sorte, sont ceux qui ont une plus grande pesanteur spécifique; que l'acier est le plus pesant, & qu'il l'est moins lorsqu'il est trempé; que le fer cassant à froid, est plus pesant que le fer ductile; que le fer cassant à chaud, est le moins pesant des fers battus; qu'enfin la fonte de fer est beaucoup moins pesante, & que sa pesanteur spécifique augmente d'autant qu'elle est plus pure, qu'elle est plus chargée des principes métallifans, & qu'elle se rapproche de l'état du fer battu.

M. Bergman a cherché à tirer des connoissances plus approfondies, par la nature des chaux du fer; d'abord il a tenté la déphlogistification au dernier période par le moyen des acides, pour tâcher de tirer l'acide radical du fer, comme l'on tire celui du sucre, des corps muqueux végétaux & de l'arsenic; mais ces

procédés n'ont eu d'autre succès que de faire connoître l'augmentation du poids des chaux de fer, par l'acide qui s'y est concentré. Le fer ductile a donné par cent 39 liv. d'augmentation ; le fer cassant à chaud, $37\frac{1}{2}$ liv., & le fer cassant à froid 40 livres. Mais les parties fixes ne se sont point décomposées au point de se résoudre en acide radical, dont M. Bergman présume que le fer, même tous les métaux sont composés. Quoique cette découverte paroisse présenter les plus grandes difficultés, M. Bergman ne désespère pas d'y parvenir.

Dans la section qui traite du magnétisme du fer, l'on trouve deux procédés pour composer des aimans artificiels, qui démontrent qu'il n'est pas nécessaire que les parties d'un corps que l'on veut aimanter aient beaucoup d'adhérence ni de liaison entre elles, puisqu'il est possible de faire des aimans très-puissans avec de la limaille de fer & d'acier, très-atténuée par l'eau & le mouvement, & incorporée avec de l'huile : comme il est de fait, ainsi que je l'ai remarqué dans une note, pag. 20, qu'il y a des aciers qui reçoivent très-difficilement la vertu magnétique, tandis que d'autres s'en impregnent très-facilement & très-abondamment. Il seroit fort satisfaisant de connoître à quel degré les différentes variétés de fonte & de fer peuvent se charger du principe magnétique, & s'ils présentent à cet égard des effets sensibles & analogues à leur caractère.

L'on sait que le fer est perméable aux écoulemens électriques, comme à ceux du magnétisme, ce qui fait soupçonner avec fondement, que ces deux principes ont beaucoup d'analogie. L'acier reçoit une plus grande affluence d'écoulement d'atmosphère magnétique que le fer, parce que l'acier contient une plus grande dose de la matière du feu qui a un grand rapport avec les atmosphères électriques. Je vais rappor-

ter une observation journalière qui appuie ce sentiment. La fonte de fer blanche, qui a le plus de rapport à l'acier, est sujette à s'éclater en refroidissant, même plusieurs mois après avoir été coulée, & plus particulièrement si elle est exposée à l'air. J'ai vu des plaques de fonte & des boulets, se briser avec fracas à la suite d'une pluie orageuse électrisée par le tonnerre, sur-tout lorsque ces pièces avoient été échauffées auparavant par l'ardeur du soleil.

Je connois la plus grande partie des forges du Royaume; je me suis informé exactement, dans chacune de celles que j'ai visitées, si le tonnerre y étoit tombé: par-tout j'ai eu une réponse univoque, que la foudre n'étoit jamais tombée sur les bâtimens des ateliers de fabrication; que la tradition la plus reculée ne faisoit nulle mention qu'une forge ait été frappée du tonnerre. Il faut donc que la matière du fer qui est toujours en masse & en mouvement dans les forges, absorbe la matière électrique de l'atmosphère & empêche l'explosion. On dira peut-être que les forges étant situées sur le cours des eaux qui coulent toujours dans les lieux les plus bas du sol, doivent être moins sujettes par leur position, à être frappées de la foudre qui brise plutôt les grands arbres, les tours & les clochers élevés: mais je répondrai à cette objection, que j'ai vu plusieurs moulins à farine détruits par le tonnerre, quoique situés de même sur des cours d'eau, ainsi qu'un moulin situé à 50 pas d'une forge à fer.

J'ai vu aussi tomber le tonnerre dans le sous-biez d'un moulin, & faire mourir une grande partie du poisson. Il y a donc lieu de croire que l'atmosphère magnétique des forges absorbe l'électricité.

M. Bergman après avoir rempli sa tâche, avoir démontré les résultats de ses propres expériences, & en avoir développé les effets, rapporte quelques expériences de M. de Réaumur, concernant l'adou-

cissement de la fonte de fer & de l'acier, par les chaux de fer & celle de la pierre calcaire ; mais l'effet de cette cémentation , ne détruit pas les corps étrangers qui peuvent être dans le fer & dans l'acier , ni n'y en engendre pas. Ces substances calcaires, ainsi que nous l'avons dit dans nos notes, sont très-avides de la matière de la chaleur dont elles dépouillent la fonte & l'acier.

Les expériences de M. Rinman, citées ensuite, ne jettent pas beaucoup de jour sur la nature du fer. Ce savant a tenu en cémentation, avec de la poudre de pierre calcaire, dans des creusets scellés, les différentes variétés, qui en 14 jours ont perdu beaucoup de leur poids : savoir,

La fonte de fer ductile.	$\frac{26}{100}$
La même avec des os calcinés.	$\frac{15}{100}$
Le fer ductile.	$\frac{22}{100}$
Le fer cassant à chaud.	$\frac{32}{100}$
L'acier naturel.	$\frac{21}{100}$
L'acier cémenté.	$\frac{24}{100}$

Il n'est pas question du fer cassant à froid, dans ces expériences qui prouvent que le fer trop long-temps exposé à l'action d'une chaleur véhémence, s'est décomposé, puisqu'il est devenu plus fragile ; ce qui devoit arriver.

Dans le cours de son analyse, M. Bergman tire de ses expériences, des conséquences que l'on peut ne considérer que comme des inductions sur la nature & la quantité des parties constitutives du fer dans ses divers états (section IX : G).

La fonte de fer, ou fer crud selon cet auteur, contient plus de parties étrangères, c'est-à-dire de matière filiceuse, de plombagine & de manganaise, ce que l'on doit entendre dans les articles suivans ; qu'elle est moins chargée de phlogistique coagulant & de réducteur, que l'acier & le fer ; la plombagine semble

être nécessaire à sa constitution ; cependant ailleurs M. Bergman dit que la plombagine s'oppose à la fusibilité du fer, (section X : G). Comment accorder deux effets contraires ? car la plombagine étant plus abondante dans la fonte que dans le fer, elle devrait rendre la fonte plus infusible que le fer ; cependant la fonte est fusible, & le fer ne l'est pas : mais c'est que la fonte contient moins de phlogistique, que de la matière de la chaleur qui est le principe de la fusibilité.

M. Bergman dit que l'acier contient moins de parties étrangères que la fonte, & plus que le fer ; ce qui paroît démontré par ses expériences qui indiquent aussi que l'acier est doué d'une plus forte dose de chaleur & de phlogistique. Il pense que la plombagine est un principe nécessaire à l'acier, qu'elle est aussi la cause de son endurcissement à la trempe. Nous ne pensons pas de même.

Il est certain que l'acier naturel & le cémenté sont plus purs que la fonte, parce que l'affinage les a dépouillés de beaucoup de matières étrangères : mais comment l'acier cémenté peut-il contenir plus de plombagine, de manganèse ou de matière siliceuse, que le fer dont il est formé, & dans lequel sûrement on n'a pu introduire, par les procédés de la cémentation, ni manganèse, ni plombagine, ni matière siliceuse ; ou du moins cela n'est pas encore vraisemblable ? On pourroit objecter, en s'appuyant du sentiment de M. Bergman, que ces substances étrangères se forment par le mécanisme de la cémentation, & qu'elles deviennent le principe aciérant ; mais il faut le prouver par la démonstration ; & voici la route qu'il conviendrait de suivre.

L'on prendroit du fer doux en quantité suffisante, afin d'avoir des produits assez considérables pour travailler en grand avec certitude : on le feroit dissoudre par l'acide vitriolique pour en séparer la plombagine ;

la dissolution bien claire & bien homogène feroit précipitée par une liqueur alkaline caustique; le précipité feroit successivement séché & mis en digestion avec l'acide nitreux, l'acide marin & l'acide du vinaigre; ensuite cette chaux épuisée de toutes substances étrangères, feroit revivifiée en fonte de fer, affinée ensuite pour la faire passer à l'état de fer ductile qui feroit converti en acier par la cémentation, & puis analysé pour connoître s'il se feroit formé de la plumbagine, de la manganaise & de la matière filiceuse: alors on pourra décider que ces trois substances sont des résultats de particules ferreuses détruites & recombinées par une nouvelle modification; & quand on aura bien prouvé cette thèse, je démontrerai que la plumbagine n'est point le principe aciérant, n'est point la cause de l'endurcissement de l'acier par la trempe, & que c'est uniquement la matière de la chaleur qui est plus abondante dans l'acier que le phlogistique, qui lui donne la propriété de durcir à la trempe; ainsi qu'au verre qui en est également susceptible à un si haut degré, qu'il éclate seul, parce que dans le verre, la matière de la chaleur est unie à la matière électrique, ce qui se démontre par le matras de Bologne & la larme batavique.

Le fer doux & ductile à chaud & à froid, selon M. Bergman, est particulièrement le fer pur. Sa ductilité & son élasticité, procèdent d'une juste combinaison de la matière de la chaleur & du phlogistique. Je suis d'accord sur ce point avec ce savant. La matière de la chaleur & le phlogistique, sont deux êtres qui ont une très-grande affinité; ils s'attirent l'un & l'autre, & lorsqu'ils sont en forces égales, ils concourent au même but; mais lorsque l'un domine l'autre, le dominant déploie toute l'énergie de son action, en raison de son excédence, & diminue d'autant l'effet de celui qui est en moins, & qui lui est subordonné.

Ce juste point de saturation donne la ductilité complète & la ténacité. Dans la fonte & l'acier, c'est la matière de la chaleur qui est prédominante ; aussi l'acier a-t-il plus de disposition à la fusibilité que le fer, ce qui le rapproche de l'état de la fonte qui de toutes les variétés du fer est douée prééminement de la propriété fusible ; elle est privée de la ductilité & presque de l'élasticité.

M. Bergman en exposant son sentiment sur la cause de la fragilité du fer cassant à chaud, pense qu'elle procède d'un corps quelconque qui détériore le phlogistique du fer, & lui donne une mauvaise odeur. Le phlogistique n'a pas besoin d'être impregné de rien de vicieux pour exhaler une odeur désagréable, importune ; sur-tout celui qui se développe du fer & du charbon. Cette odeur peut cependant être encore surchargée par la constitution des corps dont il se sépare, c'est-à-dire, par les substances huileuses qui se combinent avec lui ; mais nous sommes fondés à croire que ce n'est que la surabondance du phlogistique qui produit le vice du fer cassant à chaud. Le phlogistique uni à l'air, est l'aliment du feu : un corps qui en est surchargé, & qui est exposé au feu, en est promptement pénétré. Le feu cherche son aliment disséminé dans les molécules du fer, les sépare, les brûle, & cette destruction légère empêche de rallier les parties du fer, & de se souder à chaud.

M. Bergman n'est pas bien éloigné de ce sentiment : car il reconnoît dans le fer cassant à chaud, une surabondance de phlogistique : il est vrai qu'il met la matière de la chaleur aussi en plus dans cette variété de fer, dans lequel je considère le vice de cassant à chaud, comme procédant d'une surabondance de phlogistique, & en excédance à la matière de la chaleur.

Le fer cassant à froid tire l'origine de ce défaut, selon

M. Bergman, de la chaux blanche qui se précipite de la dissolution du fer, (exp. 268), dans l'acide vitriolique; laquelle il regarde comme surchargée de phlogistique. Je pense au contraire, que cette chaux est plus chargée de la matière de la chaleur, & que ce ne pourroit être qu'à cet égard qu'elle pourroit contribuer à la fragilité du fer cassant à froid; car je suis bien persuadé que ce n'est que l'excès de la matière de la chaleur qui rend le fer cassant à froid, ainsi que l'acier dont il est très-voisin, & il n'en diffère que du plus au moins; car tout fer cassant à froid, montre la propriété de l'acier, c'est-à-dire, de chauffer promptement, & de prendre de la dureté à la trempe.

Je suis très-convaincu que la quantité différente & respective de la matière de la chaleur & du phlogistique, forment la seule cause des variétés du fer, sans avoir égard aux matières étrangères. Plus de matière de la chaleur & moins de phlogistique, produisent une couleur blanche, une substance grainue, la fusibilité & la fragilité à froid dans la fonte, l'acier & le fer cassant à froid. Une dose de l'une & de l'autre, balance les effets de l'excès, donne une couleur grise, une étoffe fibreuse, de la ténacité & de la ductilité dans tous les cas; tel, le fer doux & ductile. Plus de phlogistique que de matière de la chaleur, rembrunit la couleur grise, augmente le nerf, décompose une partie de la substance du fer, le fait brûler; tel, le fer cassant à chaud: aussi voit-on que cette variété du fer contient plus de ce que M. Bergman appelle plombagine.

L'on dira; mais certain minéral de fer, donne constamment du fer ductile; un autre, du fer cassant à chaud; un autre, du fer cassant à froid. J'ai deux réponses à faire à cette objection qui est très-fondée, & qui sembleroit attaquer mon sentiment par ses bases.

La première est de pratique : que l'on me donne une gueuse de fonte de fer, divisée en quatre parties, ou quatre gueuses coulées du même jet de fonte, laquelle fera conséquemment identique. Avec le n^o. 1^{er}, je ferai du fer très-doux, nerveux, ductile à chaud & à froid, du fer de bonne qualité. Avec le n^o. 2^e, je ferai du fer cassant à froid. Avec le n^o. 3^e, je ferai du fer, partie fer ductile, & partie acier. Avec le n^o. 4^e, je ferai de l'acier pur & homogène. J'emploierai cependant le même foyer, pour conserver les mêmes soufflets; j'usurai du charbon pris au même tas, pour les quatre opérations; je ne ferai que changer la forme du foyer & la direction du vent, & plus ou moins travailler le fer. Voilà un fait qui se passe tous les jours sous les yeux de ceux qui veulent le voir; & souvent un affineur demande à son maître, s'il travaillera en fer doux, en fer cassant, ou en fer fort qui est acieureux.

Il arrive tous les jours, que l'on trouve des fers cassants, lorsqu'ils sont en barres brutes, telles qu'elles sortent de la première fabrication; & qu'en les corroyant ou en les passant au reverbère des fenderies & des platifieries, ces fers reprennent du nerf & de la ductilité, en perdant leur fragilité à froid.

De ces faits, ne peut-on pas conclure, que ce ne sont point des matières introduites qui ont modifié ces fers provenans de la même fonte, & que ce n'est que la manière d'appliquer le feu aux molécules métalliques, pour les imprégner à volonté, plus ou moins, de la matière de la chaleur ou du phlogistique?

Quant aux propriétés des minerais qui impriment des caractères constans dans chaque espèce, & varians dans chaque genre, ces causes ne sont point occultes.

En général, il n'y a que trois substances terreuses, la vitrescible, l'argilleuse & la calcaire; toutes les au-

tres terres différemment qualifiées, ne sont que des dérivés & des nuances de ces trois bases fondamentales. En écartant les substances métalliques & les principes minéralisateurs qui peuvent être combinés avec les minerais, nous verrons que la substance vitreuse surabonde en matière de la chaleur, & que toutes les mines qui en sont imprégnées, donnent des fers cassans à froid, & produisent de l'acier; mais pour cette dernière variété de fer, lorsque le minerai n'en contient pas assez, on y en ajoute pendant l'opération.

La substance calcaire au contraire, est très-pauvre en matière de la chaleur, en est très-avide & contient du phlogistique; elle produit des fers doux & ductiles. Une juste dose de ces deux substances produit un merveilleux effet, en ce que, se servant mutuellement de fondant, elles se pénètrent, se dissolvent, combinent leur principe au point de la saturation, accélèrent la fusion du minerai, ne fournissent à la fonte aucun principe additionnel, surabondant; & il en résulte un fer fort nerveux, doux & ductile. C'est sur ce principe qu'est fondée une excellente observation de pratique qui a démontré l'avantage de combiner les minerais calcaires avec les vitrescibles, pour les traiter dans les grands fourneaux de fonderie. Lorsque l'on n'a que des minerais vitrescibles ou argilleux, il faut y combiner de la castine ou pierre calcaire, & *vice versa*; si l'on n'a que des minerais calcaires, il faut y employer du quartz ou de l'argile.

Les nuances infinies des variétés de la propriété des fers, procèdent bien plus de la graduation de l'excès ou du moins du principe du feu; & du phlogistique, que des substances métalliques ou autres qui peuvent y être combinées ou interposées, & d'après ces principes fondés sur la pratique, voici un tableau hypothétique de ces proportions dans les variétés du fer.

Tableau hypothétique des quantités respectives de la matière de la chaleur & du phlogistique qui constitue les différentes variétés du fer.

Variétés du Fer.	Matière de la chaleur ou feu fixe.	Phlogistique, ou feu volatil.
Fonte blanche. . . .	150. . . .	50.
Fonte grise. . . .	140. . . .	60.
Fonte noire. . . .	135. . . .	65.
Régule. . . .	120. . . .	80.
Acier. . . .	110. . . .	90.
Fer doux ductile. . .	100. . . .	100.
Fer cassant à chaud.	95. . . .	105.
Fer cassant à froid.	105. , . .	95.

Je ne prétends pas assigner des quantités positives mais simplement proportionnelles , à très-peu près.

Je pense que pour parvenir à connoître parfaitement les parties constitutives du fer , & celles des matières étrangères métalliques qui peuvent se combiner , & les terreuses qui s'interposent avec les molécules du fer , l'on ne devroit pas négliger de faire des analyses exactes de tous les recrémens des forges , même des mines de chaque caractère ; afin de connoître d'abord quelles sont les substances qui sont minéralisées , combinées & mélangées avec les minerais , & qui peuvent s'unir au fer dans les diverses opérations de la métallisation : d'un autre côté , en examinant les recrémens du fer , l'on découvreroit les matières qui s'en séparent plus ou moins , & dont des portions peuvent rester unies au fer par l'effet de l'inexactitude des opérations de l'affinage.

Les mines les plus importantes à examiner , sont les mines primitives minéralisées en filons. Il y en a une

une nombreuse variété dans les hautes montagnes.

Les mines secondaires en hématites qui sont déposées en bancs, comme les pierres calcaires sur les pays élevés.

Celles en hématites en pierre qui sont enfachées dans les rochers calcaires, sur les moyens côteaux.

Les mines limoneuses, en marrons, pisolites, oolites, gréluche, sable & limon, qui occupent les vallées, les plats-pays & les marais.

Enfin, les mines aérées qui sont des débris des mines entraînées, sont errantes sur la surface de la terre, & qui y ont séjourné long-temps.

Toutes ces mines dont la nomenclature est aussi inutile ici qu'elle est immense, sont exploitées dans les forges françoises distribuées dans les différentes provinces.

Les recrémens des forges sont très-nombreux; leur analyse jetteroit beaucoup de jour, non-seulement sur la physique du fer, mais même donneroit des connoissances chymiques qui contribueroient à la rectification des opérations des forges.

Les recrémens qu'il conviendrait analyser, sont :

1°. Les laitiers vitreux des fourneaux, qui sont compacts, pesans ou légers, opaques ou transparents, de couleur verte, bleue, grise, noire, blanche, gris de lin.

2°. Les grappes qui s'élèvent & s'attachent au dessus de la tympe des fourneaux, & au taqueret.

3°. La poussière grise qui s'attache à la poitrine & les marâtres du fourneau.

4°. Les fleurs blanches, grises ou brunes qui s'attachent autour de la bure ou orifice supérieur du fourneau, que l'on nomme ordinairement gueulard.

5°. Les matières qui se subliment & s'attachent dans l'intérieur du fourneau au dessous de la charge; c'est-à-dire, 4 à 5 pieds au dessous de la surface de la bure.

6°. La limaille qui furnage la fonte noire, s'attache aux ringards du fourneau, & flotte dans l'air.

7°. Le régule du fer qui se forme au dessous du bain, & que l'on retire du fourneau après qu'il est hors de feu, souvent en masses énormes.

8°. Les laitiers recuits qui environnent ces masses que l'on nomme farrazins, & qui forment tantôt un quartz artificiel, tantôt une espèce de porcelaine.

9°. La mine coagulée qui s'attache au haut des étalages qui composent le second foyer intérieur.

10°. Les scories qui proviennent de la fonte refondue dans des mazerics au feu excité par le vent des soufflets.

11°. Les scories qui restent dans les fours de réverbères dans lesquels on refond la fonte au feu de flamme de charbon de terre.

12°. Les scories qui sortent par le chiot des affineries, & qui sont de deux caractères, savoir, les laitiers doux & les laitiers aigres ou tranchans, riches ou pauvres.

13°. Ces mêmes laitiers rebrûlés.

14°. Les laitiers de toutes les espèces de chaufferie, doux & aigres, riches ou pauvres.

15°. Les grappes qui s'attachent au dessus de la tuyère, au mureau des affineries.

16°. Les incrustations qui se forment après les pierres des surfaces intérieures des cheminées, des affineries & des chaufferies, & de tous les autres foyers.

17°. Les grains du stock.

18°. Le hameselack du bache.

19°. L'espèce d'æthiops qui pénètre le blocage du stock, & se durcit en schlich, autour de la base de l'enclume sous le blocage.

20°. La matière pulvérulente qui se dépose sur le drome des ordons de marteau.

21°. Le cambouis des tourillons, des roues, des

baſſes-comtes & des cammes ; des tenailles , des chocs & des lires des fileries , lequel eſt une eſpèce d'æthiops martial fait par les corps gras.

22°. Le ſafran de mars qui ſe forme de la décomposition des pièces de fonte expoſées au feu de flamme dans les réverbères , telles que les châſſis des bouches des naſes & des toqueries.

23°. Le ſafran de mars qui ſ'attache à l'entrée des bouches des fours de réverbère dans leſquels on chauffe du fer battu pour les fenderies , les ferblanteries & platifieries.

24°. Les pailles de fer des fenderies qui ſont produites par la ſurface d'un fer décompoſé par la flamme , ſouvent qui criſtalliſe comme le givre aux vitres des appartemens.

25°. Les eaux aigres des ferblantiers qui ont ſervi long-temps à décaper.

26°. Les ſcories des aciéries , lorsſque l'on mazelle la fonte ; celles lorsſque l'on fait l'acier , & celles lorsſque l'on le chauffe ſeulement pour l'étirer.

27°. Les ſcories des almanderies où l'on chauffe & l'on fait des pâtes d'acier cimenté & naturel pour le corroyer.

28°. Les pailles du fer ductile , du caſſant à chaud & du caſſant à froid , qui tombent au pied de l'enclume , lorsſque l'on ne fait que chauffer & étirer ; ce ſont des parties décompoſées du fer , elles ſont fragiles & attirables.

29°. Les pailles de même nature , provenant du forgéage de l'acier.

Il conviendrait auſſi de faire des analyſes comparatives de la fonte de première goutte , ou provenant immédiatement de la fuſion du minerai , avec la même fonte refondue au feu du ſoufflet & au feu de réverbères , & celle expoſée long-temps à l'action de la flamme , au point de la rougir au blanc. Ce dernier

point est singulièrement intéressant pour l'artillerie, & pour statuer sur une contestation élevée sur le rougissage des boulets.

Il seroit bien utile d'examiner avec attention le caractère particulier des castines les plus propres à servir, tant de fondant que de correctif, & de même celui de l'herbue que l'on emploie au fondage des mines, afin de déterminer invariablement, avec connoissance de cause, les espèces de ces deux substances les plus propres. Les uns emploient la pierre grise; les autres la pierre blanche, brillante, le spath; d'autres la craie, le tuf; d'autres enfin, les coquillages. Il n'y a rien de précis sur la préférence que l'on doit donner à ces matières dont le caractère influe toujours sur la quantité du produit d'un fourneau, & sur la qualité de la fonte qui en provient.

Un autre point de physique bien desirable, c'est de parvenir à déterminer quel est le véritable point de perfection de l'état du fer, dans lequel il ne soit contenu nulle autre chose que ses propres élémens, dans la juste proportion qui constitue l'unité & la pureté du fer, avec toutes ses propriétés dans le haut degré de perfection, c'est-à-dire, son plus haut titre; ainsi que l'on connoît que le cuivre & l'argent sont à douze deniers, & l'or à vingt-quatre karats.

La coupelle que l'on emploie pour ces trois derniers métaux, n'est pas praticable pour le fer; puisque l'on s'en sert pour scorifier le fer, & le séparer des métaux fins que l'on veut affiner. Il faut donc recourir au départ par les acides, y employer les procédés indiqués par M. Bergman, pour enlever au fer précipité en chaux, les parties étrangères qui ont été dissoutes par l'acide vitriolique, & qui peuvent être attaquées par d'autres acides; procéder ensuite, après l'édulcoration & la calcination des chaux, à leur revivification. Le fer en cet état ne sera pas du fer mal-

léable ; ce ne sera que de la fonte de fer qu'il faudra affiner par le corroyement, le suage & le martelage, au point du fer ductile & infusible sans intermède. Alors ce fer, si on a su ne lui donner que la juste dose de matière de la chaleur & du phlogistique, ne participera en rien de l'acier, ni du fer cassant à chaud, ni de celui cassant à froid ; il sera doux & ductile à chaud & à froid, ne durcira point à la trempe, enfin sera du fer au titre.

Mais l'on ne saura jamais précisément combien il aura perdu des matières étrangères ; car la diminution qu'il aura éprouvée par la dissolution, la revivification & l'affinage, ne donnera pas le poids seulement des parties étrangères séparées ; puisque le fer a une si grande affinité avec la matière de la chaleur, qu'il s'en surcharge dans sa superficie, laquelle se décompose & passe à l'état de scories, ce qui fait une soustraction souvent très-considérable du poids du fer.

Ces moyens d'éprouver le titre du fer, ou plutôt sa pureté, sont longs & dispendieux, & ne sont praticables que dans la physique pratique, & non dans le commerce, ou pour les arts qui exigent des fers de la plus haute qualité, tels que l'artillerie. Mais ces moyens, tout longs & dispendieux qu'ils sont, ne sont point à négliger pour avoir un point & une base uniformes de comparaison, pour juger de la qualité des différentes variétés du fer qui se fabriquent & qui circulent.

Il est plusieurs moyens d'en faire la comparaison ; en voici un que je propose, d'après les principes d'hydrostatique posés par Archimède.

L'on formera avec le fer fait par les procédés que nous avons indiqués, un parallélipède de 4 pouces de longueur & de 2 pouces d'épaisseur, forgé & contreforgé à chaud & nullement à froid ; il sera calibré bien juste, à angle droit, limé & poli ; l'on en con-

statera le poids dans l'air & dans l'eau distillée au terme de 15 degrés ; il pesera environ 5 liv. & plus, & environ 546 liv. le pied cube.

Le poids & la pesanteur spécifique seront la base de comparaison, pour juger de la qualité des fers : ceux qui peseront moins, seront des fers cassans à chaud : ceux qui peseront plus, seront des fers acieureux cassans à froid.

On démontrera encore la qualité acieureuse de ces derniers, en les faisant chauffer blanc & tremper ; si après qu'ils auront subi cette trempe, leur pesanteur spécifique diminue, c'est une preuve qu'ils sont acieureux, & les degrés de distinction de leur pesanteur spécifique après cette épreuve, indiqueront le plus ou moins d'acier qu'ils contiennent.

La différence de la pesanteur spécifique du fer ductile avec les fers cassans à froid, est dans les extrêmes, 7751 :: 7792, suivant M. Bergman.

Dans les forges, il est d'usage de dire que les fers doux ne reviennent pas à la balance, & que les fers cassans à froid y reviennent bien ; c'est-à-dire, qu'il faut plus de barres, de même calibre, de fer doux pour peser le millier, que de celui qui est cassant à froid. Les forgerons dont les salaires sont fixés au millier, aiment mieux travailler dans les fers cassans, que dans les fers doux. Les fibres du fer doux se défunissent, gonflent son étoffe, & lui font occuper plus de volume ; au lieu que les fers cassans à froid dont la pâte est grenue, resserrent leur étoffe, en concentrent le tissu & lui donnent plus de densité : ce qui me fait croire que la matière du fer qui domine dans le fer cassant à froid, & dans l'acier, est spécifiquement plus pesante que le phlogistique qui domine dans le fer cassant à chaud, & est en volume égal dans le fer doux.

Il y a plusieurs autres moyens de mesurer les de-

grés de force , d'élasticité & de tenacité des fers , par des poids suspendus aux extrémités d'une barre de fer en équilibre , par des efforts avec des visses , ou par des fils calibrés auxquels on suspend des poids jusqu'à ce qu'ils rompent.

En résumant ici le but de l'ouvrage de M. Bergman & de mes observations , qui est de connoître les causes originaires des variétés du fer , j'observerai que quoique j'aie combattu en plusieurs points l'opinion de M. Bergman , je lui dois la justice d'avouer que je lui ai la plus grande obligation , en mon particulier, des nombreuses expériences qu'il a faites , toutes aussi ingénieuses qu'elles sont lumineuses ; & si elles n'ont pas porté toujours un caractère d'évidence dans les résultats , ni concouru au but de l'auteur , c'est qu'elles ont été faites peut-être à trop petites doses : mais elles m'ont confirmé dans le sentiment que j'ai déjà développé dans le traité sur l'acier que je publierai incessamment , lequel sentiment est fondé sur la matière de la chaleur & du phlogistique qui seuls opèrent les différentes variétés du fer , sans rejeter les parties étrangères qui peuvent être combinées avec le fer , & peuvent seulement modifier quelques-unes de ses propriétés.

Je ne crois pas qu'aucun savant avant moi , ait avancé ces principes dont M. Bergman n'est pas éloigné ; je les développerai & les porterai au point de la conviction dans l'ouvrage dont je viens de parler. Ce que j'en ai dit dans cet Appendice , suffit pour mettre sur la voie , & pour rendre mon sentiment au moins vraisemblable.

En relisant ma correspondance avec le célèbre Alexis-Frédéric Cronstedt , Intendant des mines de Suède , je trouve dans deux lettres datées d'Aveslad , des 14 mai 1760 & 2 février 1761 , des observations qui ont un très-grand rapport avec l'objet des recherches de M. Bergman.

Dans la première , après avoir approuvé ma manière de chercher à connoître les parties constitutives du fer , plutôt que de s'attacher aux couleurs , aux angles & aux facettes des cristaux , ce savant me parle de la matière blanche qui se trouve au fond des fourneaux , que j'avois démontrée & analysée , laquelle il juge être analogue à la fleur du fer ; » que l'on peut » imiter & en faire *sur la poitrine* , (manière de s'ex- » primer en Suède) comme on dit ailleurs , (*in volâ* » *manus*) , la revivifier & la rendre attirable à l'aimant , » même à la flamme d'une chandelle. »

Dans sa seconde lettre , M. Cronstedt parle des expériences de MM. Rinman & Quist qui ont observé qu'une surabondance de phlogistique rend le fer infusible , ce qui pourroit servir à distinguer le fer de la fonte & de l'acier , quand même on regarderoit comme une erreur populaire , qu'il entre plus de phlogistique dans l'acier que dans le fer.

Il parle plus particulièrement d'une matière noire , écailleuse & foyeuse qui se forme dans les fourneaux des forges , quand la proportion du charbon surpasse celle du minerai. C'est cette substance noire dont j'ai parlé dans mon mémoire sur les métamorphoses du fer en 1761 , sous le nom de *limaille* , & dont j'ai fait mention dans cette traduction.

M. Cronstedt dit qu'il a trouvé un grand rapport entre cette substance & la molybdène , & avec les scories d'un bitume brûlé qui se trouve dans les mines de fer de Suède (mine de fer spéculaire) ; que les expériences que M. Quist a faites sur cette molybdène , sont assez remarquables , & qu'il a observé que cette molybdène est indestructible au feu , lorsqu'elle est en contact avec les charbons ; mais , que si on l'expose au feu de calcination , elle s'envole & se sublime sous une forme cotoneuse , qui se détruit en étincelles ; que si on peut rassembler de ces flocons , on reconnoît que ce sont des fils ou des cristaux ; qu'il croit

que c'est un composé de soufre & de fer, mêlé de tant soit peu d'étain. Nous assurons que ce n'est point du soufre qui constitue cette espèce de molybdène, puisqu'elle ne détonne pas avec le nitre.

Il ne faut pas que le terme de molybdène fasse ici équivoque sur le mot, parce que M. Cronstedt s'est servi du même terme pour exprimer & la molybdène proprement dite, & la plombagine qu'il a rangée dans deux ordres de minéraux ; & c'est avec toute justice de cause que M. Bergman lui reproche dans cette dissertation, cette bigamie de nom. J'avois de même prévu cette amphibologie, lorsque M. Cronstedt m'envoya le plan de sa minéralogie qu'il fit imprimer en allemand, sous l'anonyme, parce qu'il attaquoit de front le système du Chevalier Linné ; mais il n'étoit plus temps de rectifier cette erreur de mots. Il n'en est pas moins constant que cette plombagine que M. Bergman a retirée du fer dans ses divers états, a la plus grande analogie avec cette prétendue plombagine de M. Cronstedt, sur laquelle M. Quist a fait des expériences, & que j'ai apperçue dès que je me suis occupé du fer. Je l'ai démontré à l'académie des sciences, en 1761, dans mon mémoire sur les métamorphoses du fer, que je n'ai fait imprimer qu'en 1775, pour le réunir à mes différens mémoires académiques.

L'observation de M. Bergman n'en a pas moins de mérite ; elle confirme des faits avancés & démontrés, que des substances qui peuvent se séparer de la fonte, peuvent aussi se perpétuer dans les diverses variétés du fer qui en procèdent. Je suis bien persuadé que ce savant poussera plus loin ses recherches sur cet objet.

Je m'impose de mon côté, au premier moment de loisir, l'obligation de m'occuper très-sérieusement de cette matière étrangère & accidentelle au fer, mais qui ne procède pas moins d'un principe ferrugineux, uni à la substance talqueuse : elle a même beau-

coup d'analogie avec les mines de fer spéculaires, réduire en schlich par la nature.

C'est entre ces deux substances que je me propose de partager mon attention & de faire un travail comparatif. J'invite d'autres savans à s'en occuper, pour rassembler un plus grand faisceau de lumière sur la physique du fer, qu'il est temps de faire sortir de l'enfance & de la barbarie.

L'or & l'argent ne sont que trop connus par ceux qui en abusent; le fer ne l'est pas encore par ceux qui en ont besoin.

Pendant l'impression de cet ouvrage, j'ai lu dans le journal des savans du mois d'octobre 1782, un extrait fort succinct de la dissertation de M. Bergman, dans lequel l'auteur qui ne s'est pas fait connoître, observe judicieusement que la théorie que M. Bergman fonde sur ses expériences, est bien contraire aux principes établis par M. Crawford, qui croit que plus une substance contient de phlogistique, moins elle contient de principe de la chaleur.

Je regrette de n'avoir eu aucune connoissance des ouvrages de M. Crawford; mais quoi qu'il en soit, tous les principes que j'ai posés sur la théorie de la chaleur & du phlogistique, sont conformes à celui qu'il paroît que M. Crawford a adopté; & l'on verra par le tableau que je présente de ces proportions de la chaleur & du phlogistique qui caractérisent les différentes variétés du fer, qu'elles sont d'accord à cette doctrine, pag. 176.

Les moyens que M. Bergman a employés pour mesurer & peser les quantités respectives de ces principes constitutifs du fer, ne paroissent pas suffisans pour les développer; car, d'après la théorie de ce savant, il faudroit croire que la chaux du fer soumis à la dissolution dans l'acide nitreux, ne contiendrait plus de la matière de la chaleur, ce qu'il n'est pas possible de présumer.

M É M O I R E

Sur les Moyens de perfectionner le travail
des Ancres de Marine ,

Lu à l'Académie des Sciences le 20 décembre 1780.

Par M. Grignon, Chevalier de l'ordre du Roi.

AYANT eu occasion de jeter un coup d'œil sur les travaux des forges de Guerigny & de Cosne, dans lesquelles on fabrique les ancres pour la marine royale, j'ai cru appercevoir la nécessité & les moyens de perfectionner ce travail.

Une ancre est une masse de fer souvent énorme dans ses diverses proportions ; elle doit opposer au vaisseau une résistance supérieure à l'impulsion qu'il reçoit des vents, des courans & des lames.

Si les molécules des métaux fondus, & particulièrement de la fonte de fer, avoient la même adhérence entre elles que celles des métaux forgés & soudés, l'on préféreroit sans doute la méthode de couler des ancres à celle de les forger ; parce que des ancres coulées d'un seul jet, seroient composées d'une masse plus pleine & sous une forme plus régulière que celle de fer forgé ; elles auroient même l'apparence de comporter moins de ces défauts extérieurs qui sont inévitables dans le forgéage des grosses pièces ; mais elles seroient plus fragiles, parce que l'action du feu dans la fusion des métaux, opère une sorte de dissolution des parties constitutives, & y introduit une sub-

stance qui s'interpose entre les molécules métalliques, & conséquemment en affoiblit la liaison & la résistance.

L'on est donc obligé de composer les ancres de fer forgé ; & après avoir tenté sans succès d'en faire avec des loupes additionnelles, même avec des mises superposées, on s'est vu forcé de composer la masse des ancres avec des barres de fer rangées par lits les unes sur les autres, & dont on forme des trouffes. Ces barres sont liées avec des frettes, afin de les contenir dans l'ordre qu'on les range, avant que de les exposer au feu qui doit les amollir au point de pouvoir être soudées, au moins extérieurement, par la percussion d'un gros marteau mu par l'eau (A).

La tige & les deux bras des ancres, sont donc composés de trouffes, qui, après avoir été corroyées séparément, sont soudées ensemble en un seul point qui est celui de la croisée de l'ancre. L'on soude ensuite une patte à l'extrémité de chaque bras ; cette soudure se fait d'une seule chaude, aussi est-elle toujours incomplète.

Enfin, l'on perce dans le carré de la tige, à l'extrémité de la culasse, un trou pour recevoir l'organeau. Ce trou se fait avec un seul poinçon, ou successivement avec plusieurs que l'on force de pénétrer dans le vif de la masse carrée, sous les coups du gros marteau, ou à force de marteaux à bras.

De ces trois opérations principales, il résulte trois défauts essentiels.

1°. La masse de la tige & celle des bras ne sont point soudées intérieurement.

2°. Les pattes ne sont jamais soudées dans toute

(A) Il n'y a pas long-temps que l'on faisoit en Suède, les ancres avec des loupes posées par échelons, & soudées les unes aux autres. Je ne sais si l'on continue actuellement à se servir de cette méthode.

la longueur de la partie du bras auquel elles touchent.

3°. Enfin, le trou de l'organeau est rarement au centre de la partie carrée de la tige, & les masses qui l'environnent sont gercées, fendues & crevées par l'effort du poinçon qui ne perce qu'en écartant les parties de l'étoffe, ce qui la désunit & en rompt le tissu; d'où résulte un affoiblissement qui prépare la ruine de cette partie, sur-tout de celle qui est la plus mince, parce qu'elle cède à l'effort en raison de sa dégradation & du moindre volume de sa masse. Les accidens qui arrivent fréquemment aux ancres dans les épreuves ou dans le service, démontrent la vérité de mes observations. Si l'on examine les ancres qui rompent, soit dans le gros des bras, soit dans leur tige, l'on voit qu'il n'y a que le pourtour extérieur qui soit soudé; tandis que les barres de l'intérieur ne sont que juxtaposées sans aucune adhérence intime.

J'ai remarqué ce défaut essentiel dans différents ports, sur plusieurs ancres rompues, particulièrement au Croisic en Bretagne, où l'on a retiré de la mer une partie de l'armement & des agrêts du Soleil-Royal qui a été brûlé près de ce port. Parmi ces pièces, il y a une ancre du plus gros calibre; elle est rompue aux deux tiers de la longueur de sa tige; dans cette fracture qui n'a pu être occasionnée que par un très-violent effort, l'on voit distinctement que toutes les barres du milieu de la tige n'ont aucune adhérence entre elles; même celles du centre ont été arrachées de huit à dix pouces de longueur, par l'effort qui a fait plier & rompre cette tige; qu'elle ne tient plus que par l'écorce extérieure au côté opposé à celui par lequel elle a été entamée.

Si ces barres intérieures eussent été soudées entre elles, qu'elles eussent formé une masse continue du centre à la circonférence; ou l'effort qui a rompu cette ancre, eût été mille fois supérieur; ou elle n'eût pas cédé à son choc.

Mais l'on ne parviendra jamais à souder les barres qui forment l'intérieur de la tige & des bras des ancrés, en suivant les procédés usités dans les manufactures de Guerigny & de Cosne : car il n'est pas possible que le feu puisse porter assez d'action dans le centre d'une masse de fer, souvent de 13 à 14 pouces de diamètre, & composée de parties distinctes, pour aviver le fer & l'amollir au point d'en souder toutes les parties.

Les barres de fer qui composent les trouffes, sont couvertes dans toute leur surface, d'une écorce de fer décomposé par l'action de l'air & de la chaleur du fer, pendant qu'il a été forgé & étiré. Tant que cette écorce subsiste, on ne peut souder ces barres entre elles ; pour la détruire, il faut la vitrifier, & empêcher que le contact de l'air n'en forme successivement de nouvelles.

Cette écorce ferrugineuse ne peut se vitrifier par le seul effet de la chaleur ; il faut le contact immédiat du feu en action, qui mette non-seulement le fer en incandescence, mais encore dans l'état brûlant, pour que sa première surface entre en fusion, & que les parties qui sont immédiatement au dessous, soient dans un état de mollesse qui permette aux molécules respectives des deux morceaux qui se touchent, de se confondre entre elles, & de s'unir intimement par l'effet de la percussion du marteau qui exprime au dehors des masses, les parties vitrifiées & fluides : voilà le mécanisme de la soudure du fer.

D'après ces vérités incontestables, l'on ne peut se refuser à l'évidente impossibilité de faire souder entre elles les barres qui occupent le centre des trouffes qui doivent former les masses des tiges & celles des bras des ancrés, puisqu'il n'est pas possible d'y porter l'action immédiate du feu, & de faire vitrifier le fer décomposé qui peut y être interposé.

Pour éviter, autant qu'il est possible, les accidens qui résultent du défaut de solidité des tiges & des bras des ancrs, & pour donner à ces pièces toute la force dont elles sont susceptibles, il faut adopter une autre méthode de les travailler, sans en changer le système fondamental qui est bon.

Je propose donc, au lieu de composer les tiges & les bras des ancrs d'une seule trouffe, de les former de plusieurs successives. La première sera de la moitié de la grosseur pour les ancrs de moyen échantillon, & l'on en fera trois pour celles du plus gros calibre, telles que celles de sept à onze milliers. C'est le seul moyen d'avoir des masses soudées jusqu'au centre.

Lorsque la première trouffe sera forgée, elle pourra se nommer le noyau; elle sera composée de barres dont la qualité aura été éprouvée, elle sera forgée successivement sous une forme légèrement méplate. Lorsqu'elle sera finie, l'on placera sur toutes ses faces une quantité suffisante de nouvelles barres de fer contenues par des liens, afin qu'elles ne se dérangent pas dans la chauffe & le forgéage. L'on aura attention de grossir graduellement ces trouffes, suivant les proportions des ancrs auxquelles elles sont destinées. L'on procédera à la soudure, comme il est d'usage, & cette seconde couche de fer se nommera le corps de l'ancre.

Enfin, pour les plus grosses ancrs, on fera une troisième trouffe que l'on nommera la couverture, & qui sera formée des précédentes recouvertes par une quantité suffisante de nouvelles barres dont les deux extérieures recouvriront tous les joints des barres du dessous. En suivant ce nouveau procédé, l'on sera sûr que les barres du centre seront soudées aussi exactement que celles des contours.

Si l'on m'objecte qu'en suivant le nouveau procédé que j'indique, les ancrs coûteront plus cher, à cause du déchet du fer, d'une plus grande consom-

mation de combustible & de l'augmentation de la main d'œuvre ; j'en conviendrai , pourvu que l'on n'exagère pas , & que l'on réduise ces objets de dépense en plus , à leur juste valeur : mais je démontrerai que par le moyen que je propose , l'on fabriquera des ancres capables de subir toutes épreuves , & qu'elles ne manqueront dans le service , que par des causes majeures imprévues. D'ailleurs, comme elles seront plus solides, on pourra les faire d'un moindre volume ; d'où il résulteroit trois avantages, qui seroient, l'un, d'alléger le fardeau des vaisseaux; l'autre, d'occasionner une moindre dépense pour l'achat ; & enfin de procurer plus de sûreté dans le service.

Je passe à l'œil du carré de la tige qui reçoit l'organeau.

Ce trou n'est presque jamais au centre de la pièce, parce que l'ouvrier ne peut, à cause de la chaleur excessive de la pièce, approcher assez près pour placer avec assurance le poinçon au milieu de la culasse, & le contenir de façon qu'il ne déverse pas sous les coups de marteau ; premier accident qui rend toujours un côté de cette partie plus foible que l'autre. Mais comme l'ouverture de l'œil de l'organeau est fort considérable , & que le poinçon qui l'a formé, ne pénètre dans le vif de la pièce que par l'effort d'une violente percussion, & à la faveur de l'état de mollesse de l'étoffe amollie par le feu ; qu'il ne peut s'y insinuer & la traverser de part en part , qu'en écartant les parties du centre à la circonférence ; celles du dehors sont obligées de céder, de se distendre, d'occuper une plus grande étendue. Alors elles se rompent & se défunissent ; ce qui occasionne des gerçures & des travers profonds qui affoiblissent cette portion de l'ancre, qui doit cependant opposer une très-forte résistance aux coups de vent & au tangage du cable auquel l'ancre est amarrée.

Il est très-facile d'empêcher que les ancrs soient tarrées de ces deux défauts dans cette partie essentielle ; il suffit pour leur donner ce point de perfection , de ne pas percer à chaud l'œil de l'organeau , mais à froid , avec un foret ou une fraise. On peut ajuster l'un ou l'autre de ces outils au bout du tourillon d'une roue quelconque , soit celle des soufflets , soit des marteaux ou de toute autre machine , par le moyen d'une moufle ou d'un manchon ; & quand même on seroit obligé de monter un foret exprès pour cette opération , cela n'occasionnera jamais une dépense assez considérable pour faire négliger d'adopter cet usage.

L'on observera en finissant de forer l'œil de l'organeau , de l'évafer au dehors des deux côtés , sur la courbure de l'arc que doit décrire la portion de l'organeau qui doit s'y appliquer , afin qu'il le touche dans toute son étendue & pas seulement sur les angles extérieurs , ce qui seroit sujet à corrompre l'organeau.

Il sera facile de former des forets pour percer & calibrer cette ouverture , en perçant & contre-perçant avec des forets coniques.

J'ai dit plus haut , que les pattes des ancrs ne sont jamais soudées dans toute l'étendue du bras , sur laquelle elles sont appliquées ; elles le sont au plus vers le bec , & de huit à dix pouces dans l'autre partie du côté des oreilles ; enforte qu'il reste souvent dix-huit à vingt pouces & plus de la longueur du bras , sur lesquels ces pattes sont seulement appuyées & non soudées ; ce qui fait que lorsqu'une ancre heurte avec violence contre des rochers , il arrive qu'une partie de la patte qui présente le plus d'opposition , se détache du bras , & met une ancre hors de service , surtout pour les fonds vaseux & sabloneux.

Il est donc très-essentiel de prendre des précautions pour compléter la soudure des pattes des ancrs sur

toute leur étendue ; ou du moins de l'affermir assez solidement pour que l'on puisse ne pas craindre que les pattes ne se détachent d'après les bras.

L'on pourroit y employer deux moyens.

Le premier que je préférerois , seroit lorsque la première soudure seroit faite , tant au bec que du côté des oreilles, de braiser en cuivre le surplus qui ne seroit pas soudé.

Le second moyen a été proposé par MM. Duhamel & de Réaumur , qui ont indiqué de faire des trous de foret , tant dans les pattes que dans les bras de l'ancre, & d'y river des boulons à froid. Je pense au contraire, qu'il faut que ces boulons soient placés chauds , que leur tête soit noyée & soudée dans le bras de l'ancre, ainsi que l'autre bout dans la patte , afin d'éviter toute ouverture qui donneroit une issue à l'eau de la mer , laquelle attaque & détruit en peu de tems les ferremens qui y sont exposés ; & son effet est d'autant plus rapide qu'elle contient plus de sel marin à base terreuse , suivant les différens parages ; c'est pourquoi il faut éviter avec le plus grand soin , de donner issue à l'eau de la mer , dans l'intérieur des pièces de fer qui doivent y être exposées : ce que l'on évitera en soudant à chaud des boulons dans les pattes des ancres & en les brasant.



EXTRAIT

*Des Registres de l'Académie Royale des Sciences, du
24 janvier 1781.*

Nous avons été chargés par l'Académie, M. Duhamel, M. le Roi & moi, d'examiner des moyens de perfectionner le travail des ancres de marine, proposés par M. Grignon.

Les ancres des vaisseaux sont de grosses pièces de fer qui doivent être propres à résister aux plus grands efforts. On ne peut les faire de fer fondu, qui, en général, est aigre & cassant.

On a cru mieux réussir en y employant des loupes ou des mises de fer forgé qu'on soudoit les unes sur les autres; mais comme une soudure ne peut être bonne, que les deux morceaux ne soient également chauffés au blanc, ou prêts d'entrer en fusion; il seroit nécessaire de chauffer autant le corps de l'ancre que la mise, ce qui seroit très-difficile & peut-être même impossible.

On s'est donc aperçu que ces soudures étoient imparfaites, & on a préféré de faire les ancres avec des barreaux de fer forgé dont on forme des faisceaux qu'on lie avec des frettes de fer, & après leur avoir donné une bonne chaude, on les passe sous de gros marteaux pour les souder les uns avec les autres. Cette pratique est préférable à celle des mises; cependant M. Grignon a remarqué que les barreaux qui sont au centre du corps de l'ancre, ne se soudoient point les uns avec les autres; & M. Duhamel a fait des expériences qui confirment cette remarque judicieuse.

Pour remédier à cet inconvénient, M. Grignon propose de faire d'abord un faisceau de barreaux de fer forgé qui soit environ du tiers de la grosseur du corps de l'ancre, de souder ensemble ces barreaux, ce qui paroît praticable, parce que le faisceau ne sera pas extrêmement gros. Il veut ensuite qu'on recouvre ce gros barreau par d'autres barreaux de fer forgé qu'on retiendra avec des frettes, à peu près comme on le pratique pour les ancres qui sont entièrement formées de barreaux de fer. On finira par sou-

der cette enveloppe de petits barreaux , au gros qui est au centre , ce qui paroît difficile à exécuter.

En effet , ne pourroit-on pas objecter contre cette nouvelle méthode les mêmes choses qui ont fait proscrire l'usage des mises ; & dire qu'une bonne soudure exigeant que les barreaux soient chauffés presque à fondre & tous également , il est à craindre que le gros du milieu qui sera recouvert par d'autres , n'ait bien de la peine à prendre un degré de chaleur convenable ?

Nous devons au moins nous réduire à ne rien décider sur les avantages de la nouvelle méthode , & attendre qu'il soit fait des expériences en grand , qui puissent nous convaincre que les barreaux additionnels se soudent parfaitement avec celui du centre.

M. Grignon passe ensuite à la manière de former l'œil du quarré de la tige qui doit recevoir l'organeau. Ce qu'il dit des inconvénients qu'il peut y avoir à percer ce trou avec un poinçon , nous paroît assez exact ; néanmoins il seroit bon de s'assurer , si dans le service il arrive souvent que les ancres rompent à cet endroit. L'auteur propose de le percer avec le foret ou la fraise. Mais il semble que cette opération seroit bien longue & bien couteuse ; de plus seroit-il bien aisé de donner à ce trou , par le seul foret , une courbure analogue à celle de l'organeau ? & s'il falloit avoir recours à la lime , ne seroit-ce pas encore une augmentation de dépense ?

A l'égard de l'union des pattes des ancres au bras , nous croyons qu'il seroit possible de faire la soudure plus exactement ; & il n'est pas douteux que si l'on a recours à des bouts rivés , il ne faille , comme le dit M. Grignon , les appliquer à chaud : mais nous ne pouvons pas adopter la brasure en cuivre , qui nous paroît sujette à bien des inconvénients.

Nous terminerons ce rapport par exhorter M. Grignon à faire les expériences que nous avons indiquées. En attendant , l'Académie ne peut que louer son zèle , sans porter cependant aucun jugement définitif sur le Mémoire dont nous venons de rendre compte.

Au Louvre , ce 24 janvier 1781.

Signé, DUHAMEL, LE ROI & COUSIN.

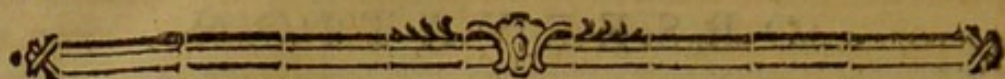
Je certifie le présent extrait conforme à l'original & au jugement de l'Académie , ce 24 janvier 1781.

Signé, LE MARQUIS DE CONDORCET.

OBSERVATION.

Nous respectons infiniment les observations de MM. les Commissaires de l'Académie ; mais nous assurons le succès des opérations que nous conseillons : elles sont fondées sur une longue pratique dans ce genre ; & en adoptant le conseil sage de l'Académie, nous nous soumettons à faire des expériences démonstratives, lorsque le Ministère nous l'ordonnera & qu'il nous en fournira les moyens. Ces opérations ne peuvent se faire que dans les forges du Roi, dont les ateliers sont montés pour ce genre de travail.





M É M O I R E

Qui présente plusieurs Moyens de perfectionner les opérations de la Métallurgie.

Lu à l'Académie des Sciences, en avril 1780.

Par M. Grignon, Chevalier de l'Ordre du Roi.

EN observant attentivement les opérations, les procédés & les fourneaux des travaux de nos mines métalliques, on apperçoit des traces encore subsistantes de la grossièreté des premiers rudiments de la métallurgie, particulièrement dans les fourneaux de fonderie que l'on nomme fourneaux à *manche* ou courbes.

En 1778, des ouvriers ayant soustrait à la vigilance des Inspecteurs de la mine d'Almont en Dauphiné, une quantité considérable de minéral riche, cherchèrent dans les lieux les plus sauvages & les plus affreux des Alpes, un repaire inaccessible aux recherches que l'on pourroit faire contre eux. Une caverne profonde creusée par la nature sous un rocher escarpé, parut à ces nouveaux Cyclopes, le lieu le plus propre à établir leur rustique atelier. Ils entamèrent le flanc du rocher souterrain, & y pratiquèrent, à force de trous de fleuret, une ouverture quarrée & perpendiculaire de quelques pieds de hauteur & de deux

pieds de profondeur : ils en murèrent la partie antérieure pour former la poitrine du fourneau, & placèrent à sa base un soufflet à bras ; ils se procurèrent du charbon, & parvinrent par le travail le plus brut, à réduire le minerai ; ils en tirèrent des culots d'argent.

Les fourneaux à manche des fonderies de toutes nos mines, ne diffèrent de celui que construisirent à la hâte ces brigands, que de très-peu de chose ; si ce n'est qu'ils sont maçonnés régulièrement, & qu'étant isolés, on place les soufflets sur le derrière : mais encore aujourd'hui, les fourneaux à l'Italienne qui sont d'usage dans les mines de fer de Savoye, du Piedmont & du Dauphiné, ne sont que des excavations plus profondes, il est vrai, pratiquées dans le vif du rocher ; l'on en mure la partie antérieure que l'on retient avec des barres de fer, & le vent est introduit par la base de la poitrine, au dessous de l'endroit que l'on nomme la *pression*. Ces fourneaux conservent donc, de nos jours, cette rusticité des premiers âges de la métallurgie, & qui est empreinte sur ceux à manche de nos fonderies d'argent, de plomb & de cuivre.

La construction de ces fourneaux est uniforme, quoiqu'ils soient destinés à fondre des mines de divers caractères & d'un degré différent de fusibilité. Ils ont tous à peu près 4 pieds & demi, ou 5 pieds de hauteur de feu ; leur forme est un quarré irregulier dont la base a $2\frac{1}{2}$ pieds de largeur sur le devant, & 2 pieds sur les côtés. Le fond forme un plan incliné sur un angle de 35 degrés, afin que les matières, à mesure qu'elles se fondent, s'écoulent dans le bassin de réception qui est pratiqué dans un massif entouré de maçonnerie au devant du fourneau, ce qui forme un avant-foyer ; le fourneau est terminé en haut par une trémie en maçonnerie de 3 pieds de hauteur, sur 7 à 8 pieds de largeur. Les bords supérieurs de cette

tre mié, s'unissent à la base conique de la cheminée qui la surmonte, & sa partie antérieure au dessus de la poitrine du fourneau, est ouverte, afin de laisser un espace nécessaire pour charger le fourneau. La tuyère est placée au pied de la rustine, à un pouce au dessus de la naissance du talut du fourneau, & à 18 pouces au dessus de la partie la plus basse, c'est-à-dire de l'ouverture qui communique au cassin; cette ouverture que plusieurs nomment le *forin*, l'*œil*, la *trace*, a six pouces de hauteur sur 15 pouces de largeur.

Lorsque le fourneau a besoin d'être chargé ou alimenté, le sous-fondeur prend successivement sept à huit congés de matières combinées de minéral ou de mattes, de laitiers riches & de fondans, les enlève sur sa tête, monte sur l'avant-foyer, enjambe le cassin de réception, & lance par un mouvement très-pénible les matières dans le gueulard du fourneau: ensuite le fondeur prend plusieurs paniers de charbon, monte de même sur l'avant-foyer, & le lance dans le fourneau avec la même peine; comme ce charbon se met en comble, & que la partie antérieure est ouverte, il presse le panier ou la rasse contre le fourneau pour recevoir les charbons qui retombent, & les rejette avec un nouvel effort sur les autres.

J'observerai ici sommairement que la quantité de charbon pour chaque charge, n'est pas fixée, que le fondeur en met plus ou moins, suivant qu'il le juge nécessaire. Il tire ses indications de la couleur de la flamme, de la consistance de la coulée, des laitiers, des mattes & de l'œuvre; ces matières se rendent dans le cassin, leur fluidité est entretenue par une couche légère de charbon qui sort du fourneau: lorsque le fondeur y introduit de temps en temps un ringard courbe par la percée, pour faire descendre les matières, & pour moucher la tuyère qui a pres-

que toujours le nez trop long , parce qu'il n'y a point de bain dans le fond du fourneau , seul moyen d'entretenir une vive chaleur dans cette partie , & de rendre le départ plus prompt & plus complet.

D'après cet exposé , je trouve trois défauts essentiels dans ces fourneaux à manche , & dont sont convenus les fondeurs & les directeurs des fonderies , lorsque je les ai réduits , par des principes de pyrotechnie & de métallurgie , à peser les avantages qui résulteroient d'une construction de fourneau sur d'autres dimensions.

Le premier de ces défauts & le plus essentiel , est que les fourneaux ont au plus le tiers & moitié de hauteur qu'ils devroient avoir : le second , que la façon de les charger en avant , est très-vicieuse & très-incommode pour les ouvriers : le troisième , que le bassin de réception pratiqué au dehors du fourneau , est contraire à la perfection de l'opération , & à l'avantage du produit.

En général , la hauteur des fourneaux de fonderie doit être proportionnée au caractère & à l'abondance des matières que l'on veut réduire avec économie. Plus les minerais sont rebelles & réfractaires , plus les mattes sont sulfureuses & impures ; plus les charbons dont on se sert ont de nerf & de force , plus on peut & on doit élever les fourneaux , parce que les matières , dans leurs descentes progressives , reçoivent dans la partie supérieure du fourneau une chaleur graduée qui les ouvre , les dépouille des substances hétérogènes , & les dispose à recevoir une fusion complète qui ne s'opère que dans le centre d'activité de la tuyère. Si les minerais ou les mattes parviennent trop promptement dans les fourneaux bas , à la tuyère , tout se fond , se combine & forme des mattes impures que l'on est obligé de refondre , même de griller plusieurs fois. Les parties métalliques qui sont encore

engagées dans les entraves des principes minéralisateurs & dans leur guangue, ne sont point métallisées; le départ est inexact, elles subissent au moyen des fondans une demi-fusion, & sont entraînées dans les laitiers vitreux qui sont des masses gluantes, opaques & cellulaires, parce que leur vitrification est très-incomplète, par le défaut d'une chaleur assez intense & assez continuée : aussi l'on est obligé de repasser au fourneau ces laitiers, pour en retirer le métal qui est en arrière, & qu'ils contiennent.

Je suis donc persuadé qu'en général, les fourneaux à manche qui n'ont que 4 à 5 pieds de hauteur, devroient être beaucoup exhauffés, & ce, en proportion relative au caractère & à la nature des mines, c'est-à-dire, que ceux destinés aux mines de cuivre, particulièrement pour celles qui sont pyriteuses, auroient 15 pieds de hauteur; ceux pour les mines d'argent, particulièrement les mines grises & les pyriteuses, 12 pieds; & pour les mines de plomb, & de plomb tenant argent, 10 pieds. Alors les minerais recevraient avant de parvenir à la tuyère, une chaleur qui opéreroit un grillage, sans consommation de combustible. Ils s'ouvriraient, lâcheroient plus facilement leurs parties métalliques; le départ seroit plus exact, & les laitiers entraîneroient moins de fin.

Examinons actuellement les inconvéniens qui procèdent du cassin de réception qui est pratiqué hors du fourneau, dans le massif de l'avant-foyer. Ce cassin de réception est placé en dehors, au dessous de la base du plan incliné du fourneau, afin que les matières puissent s'y rendre aussitôt qu'elles sont fondues. Lorsque ce cassin est suffisamment rempli de matières en fusion, l'on enlève les laitiers à mesure qu'ils se figent à la superficie; ensuite on perce le cassin dans sa partie inférieure, par un canal pratiqué dans le

massif de l'avant-foyer. Alors l'œuvre & les mattes coulent dans un autre caffin inférieur qui est pratiqué dans le sol, & que l'on nomme *caffin* ou *bassin de percée*, d'où on les enlève par des procédés différens, suivant leur nature. On laisse figer les laitiers riches, pour les enlever les premiers, & les mettre à part, afin de les repasser au fourneau. L'on procède ensuite successivement à l'enlèvement des gâteaux de mattes, à mesure de leur encroûtement superficiel; puis on retire le métal, soit en gâteaux, si c'est du cuivre, soit à la cuiller pour le mouler en saumons dans des lingotières, si c'est du plomb, ou du plomb riche d'argent & d'or.

Ce caffin de réception, recevant les matières à mesure qu'elles se fondent sous la direction du vent, me paroît des plus mal-entendus, pour deux raisons principales. La première, c'est que les matières ne peuvent s'y épurer, puisque la chaleur du fourneau n'y a plus d'action; elles y prennent seulement leur rang en raison de leur poids spécifique. Le métal occupe la base, les scories la surface, & les mattes l'espace intermédiaire. Si au contraire, la base du fourneau n'étoit pas formée sur un plan incliné & rempli jusqu'au dessous de la tuyère, que cette partie formât un caffin pour recevoir toutes les matières en fusion, elles y resteroient en bain, & la chaleur continue qu'elles recevraient, dépouilleroit les laitiers qui en sortiroient purement vitreux & non métalliques, tels qu'ils sont: l'œuvre seroit plus pure, l'on auroit moins de mattes, & celles que l'on retireroit, seroient ou totalement pauvres ou moins riches, suivant le caractère plus ou moins réfractaire des mines: ce bain donneroit de la chaleur à la base du fourneau, moyen de plus d'opérer des fontes plus complètes.

Alors l'œil ou la trace par où coulent les matières en fusion, seroit bouché pendant le temps nécessaire

pour faire une coulée. On le déboucheroit seulement au moment auquel les matières feroient trop abondantes, & commenceroient à gêner la tuyère qu'il feroit avantageux d'élever, de plusieurs pouces. On pourroit pratiquer immédiatement au dessous de la hauteur de la tuyère, au côté qui lui est opposé, c'est-à-dire sur le devant, une ouverture pour servir de passage aux laitiers pauvres & surabondans, afin qu'ils ne gênassent pas le travail; & lorsqu'il n'y auroit plus que de l'œuvre ou des mattes, on perceroit le fourneau pour les faire couler dans le bassin de réception.

L'on ne doit point craindre que le métal restant plus long-temps en bain dans le fourneau, éprouve un déchet, puisqu'il feroit continuellement couvert d'une couche de laitier qui le défendrait de la trop vive impression du vent & du feu; la chaleur qu'il continueroit de recevoir, feroit seulement suffisante pour opérer sa dépuration.

La méthode de charger les fourneaux en avant & de plein-pied, est d'autant plus vicieuse, qu'elle fait éprouver aux chargeurs & fondeurs une grande gêne, & les expose à des dangers; puisqu'en portant les charges, ils sont obligés de s'approcher très-près de la poitrine du fourneau, ayant entre leurs jambes le bassin de réception rempli de matières fondues & embrasées, & le visage exposé à toute l'ardeur du fourneau; enfin, d'y lancer les matières par dessus leur tête, avec un effort pénible.

Ils sont donc forcés de précipiter leur opération pour se soustraire promptement à la vive chaleur qu'ils éprouvent. Il arrive de-là, qu'ils répandent une partie du minerai & du charbon, & en les lançant avec trop de précipitation dans le fourneau, ils dérangent l'ordre des charges précédentes. Enfin, lorsque malheureusement ils trébuchent, ils courent risque de tomber dans le bassin de réception, & de se brû-

ler. Ces inconvéniens graves n'auroient pas lieu, si l'on chargeoit les fourneaux par la partie supérieure; d'ailleurs le service général du fourneau se feroit avec beaucoup plus d'aisance & de sûreté; le fondeur verroit par le gueulard, ce qui se passeroit dans l'intérieur du fourneau: mais pour adopter cette nouvelle méthode, il faut pratiquer un escalier sur le flanc d'un des piliers du fourneau, ou établir des rampans par lesquels on puisse parvenir au haut du gueulard, & y conduire les matériaux, à la brouette¹ ou par tout autre moyen.

Si l'on fait de sérieuses réflexions sur l'exposé succint que je viens de faire des inconvéniens qui résultent de la construction de nos fourneaux à manche, & des avantages que procureroient les changemens que j'indique, on sera persuadé comme moi, de la nécessité d'en changer, particulièrement la forme, en les exhaussant plus du double & du triple de ce qu'ils le sont, relativement au caractère & à la nature des mines, & de laisser en bain le métal dans le fond du fourneau, avant de percer pour faire écouler l'œuvre dans le bassin de réception de l'avant-foyer.

J'ai vu avec satisfaction, que les entrepreneurs des mines de Poullaouen en Bretagne, avoient résolu de reconstruire deux de leurs fourneaux sur les proportions que je leur ai indiquées, même qu'on les construit actuellement, parce qu'ils ont senti la justesse des principes sur lesquels je fonde cette théorie, & les avantages qui en doivent résulter dans la pratique.

Cependant, comme les hommes se persuadent difficilement de l'utilité d'un nouvel usage, & qu'ils ont toujours des doutes, jusqu'à ce que des essais & des exemples les aient convaincus, nous assûrons nos métallurgistes françois, que la forme que je leur conseille de donner à leurs fourneaux à manche, en les changeant en hauts fourneaux & à bassin intérieur,

n'est une nouveauté que pour eux ; puisque depuis très-long-temps ils sont usités à Ramelsberg, à Strasberg, à Rotembourg & dans le Comté de Mansfeld, pour les mines de cuivre & de plomb ; & quand je ne serois pas appuyé de cette autorité, je n'en serois pas moins persuadé de la nécessité d'adopter cette méthode, puisqu'elle est fondée sur des principes incontestables. Il est temps de tirer la métallurgie françoise de sa langueur & de son enfance, j'ose dire de la barbarie.

Jetons un coup d'œil sur les fourneaux de rôtissage pour les mines de plomb tenant argent, & sur ceux de coupelle. Nous réserverons les autres parties pour d'autres mémoires.

Les fourneaux dans lesquels on rôtit le minéral, sont des réverbères du second genre, c'est-à-dire, que la chauffe est à l'un des bouts, & la cheminée d'aspiration au bout opposé. La voûte est surbaissée & presque horizontale, & le flanc antérieur est percé de trois ouvreaux, pour y introduire le minéral, & pour le travailler avec les ringards & les spadelles. Dans plusieurs, la voûte est percée au centre, d'un trou carré surmonté d'une petite trémie pour introduire le minéral plus promptement que par les ouvreaux : cette dernière méthode est plus expéditive, mais elle est sujette à des inconvéniens qui me déterminent à la désapprouver. Un quatrième ouvrage est placé du côté & à la base de la cheminée, pour examiner ce qui se passe dans le fourneau, modérer la chaleur & y travailler au besoin.

L'on double quelquefois ces fourneaux, c'est-à-dire, que l'on en joint deux bout à bout ; alors il y a deux chauffes & une seule cheminée d'aspiration, laquelle s'élève perpendiculairement au centre de la réunion des deux voûtes : l'on en voit de cette espèce à Poullaouen ; il règne dans ces doubles fourneaux

plus de chaleur, au troisième ouvreau de chaque partie, que dans les fourneaux simples.

Quoique ces sortes de fourneaux soient spécialement destinés au rôtiage des mines, on s'en sert aussi pour la revivification des litarges, même pour la fusion de la galène.

Le minerai que l'on foumet au rôtiage, est sous trois formes différentes, savoir; le gros qui sort de la casserie, le moyen que l'on tire des auges de la laverie, & le fin ou le schlich qui provient des tables à laver.

Le minerai se combine de trois parties de gros, trois de moyen & une de schlich; l'on y mêle pendant l'opération, de la chaux éteinte, de la poudre de charbon de bois, & du charbon de terre quand on peut s'en procurer. L'on est même obligé de jeter du bois vis-à-vis les deuxième & troisième ouvreaux, pour animer le feu & fournir une flamme qui lèche le minéral, & en développe le soufre, parce que la flamme qui sort de la chauffe, perd de son activité à mesure qu'elle s'éloigne du pont, pour gagner la base de la cheminée d'aspiration.

Le sol de lâtre du fourneau est incliné; sa pente est dirigée vers le milieu de la partie antérieure qui est la plus déclive, afin de recevoir l'œuvre qui se fond, & que l'on retire de temps en temps, pour la mouler en saumons. La partie du minerai qui ne se fond pas, est passée au fourneau à manche.

Depuis la lecture de ce Mémoire, j'ai eu lieu d'examiner d'anciens travaux des mines de plomb dans le Limousin. L'on n'y faisoit point usage de fourneaux à manche, mais seulement de ceux à lunette. Cette manière de procéder est très-vicieuse, tant pour la qualité de l'œuvre, que pour la quantité du produit; d'ailleurs, si le plomb tient du fin, il reste en arrière en plus grande partie dans les scories ou *speiſſ*.

Il arrive de l'inégalité de la chaleur qui règne dans les différentes parties de ce fourneau , que les matières qui sont les plus proches du pont de la chauffe , vis-à-vis le premier ouvreau , entrent en fusion , lorsque celles du milieu sont à peine rouges , & que celles du bout opposé , vis-à-vis le troisième ouvreau , sont encore noires ; en sorte qu'elles recoivent un grillage très inégal : & malgré que les ouvriers travaillent continuellement d'un ouvreau à un autre , avec leurs spadelles , pour diviser , soulever & retourner le minéral , afin de lui faire présenter au feu plus de surface , il y a une grande partie du minéral qui entre en fusion avant d'être suffisamment grillé , sur-tout dans la partie qui est la plus près de la chauffe. L'on est donc obligé de jeter du bois dans le fond , vis-à-vis du deuxième ouvreau , & encore plus vis-à-vis du troisième , pour y animer le feu , & déterminer la fusion du minéral ; & l'on peut dire que le feu qu'il reçoit dans ce fourneau , est plutôt un feu de fusion que de rôtissage , en sorte que l'on ne remplit pas son but.

D'ailleurs les trois sortes de minéral que l'on combine ensemble pour subir le même degré de feu & de préparation , ne sont point dans le même état. Le gros est le plus métallique , mais il contient plus de soufre & d'arsenic ; le schlich est le plus chargé de blende & de fin , il est le moins sulfureux ; le moyen tient le milieu entre ces deux qualités.

Ces trois situations différentes du minéral , sembleroient exiger un traitement distinct ; ou au moins si on les combine dans un même fourneau , il faudroit commencer par leur donner un feu modéré & continu , qui fit seulement rougir le minéral pour consumer la partie sulfureuse , & pendant ce temps , le remuer sans cesse avec les spadelles , & continuer le feu de façon que le minéral restât toujours dans un
état

état pulvérulent , sans s'agglutiner , jusqu'à ce que l'on n'apperçoive plus de flamme ni de vapeurs sulfureuses : alors on augmenteroit le feu , mais son action se borneroit à donner au minéral une consistance pâteuse ; & lorsqu'il seroit dans cet état , on y mettroit la chaux éteinte pour le diviser d'autant plus & pour absorber le reste des parties sulfureuses.

Ce degré de feu , & cette consistance pâteuse , seroient continués jusqu'à ce que l'on n'apperçût plus de vapeurs blanches arsénicales : alors on mettroit la poudre de charbon de bois à plusieurs reprises , & l'on donneroit graduellement au feu toute l'activité nécessaire pour faire entrer le métal en fusion.

On pourroit faire ces trois opérations dans trois fourneaux différens. L'aire du sol de celui qui ne serviroit qu'au rôtiage , seroit plane & de niveau , afin que la couche du minéral fût par-tout égale , & que le travail des spadelles fût plus facile. L'aire du second seroit très-légèrement inclinée , pour que , s'il se fondoient quelques parties métalliques , elles se rendissent dans un renfoncement peu profond , pour de-là les faire couler au dehors. Enfin , le troisième fourneau seroit construit comme celui dont on fait usage actuellement avec un bassin de réception intérieur , pour y réunir l'œuvre.

Je suis persuadé qu'en pratiquant l'un de ces deux derniers procédés , il y auroit de l'économie , tant au fourneau de rôtiage , qu'à celui d'affinage ; qu'il y auroit moins de crasses , & moins de métal en arrière ; parce que le minéral seroit plus épuré des parties sulfureuses , blendeuses & arsénicales ; je préférerois de faire ces opérations dans trois fourneaux distincts , plutôt que dans un seul.

Je passe aux fourneaux de coupelle à l'Allemande , dont on fait presque généralement usage dans nos mines.

L'on fait que les coupelles à l'Allemande , sont de grands cassins composés de cendres contenues dans une tourelle en maçonnerie , recouverte d'un dôme mobile , ou chapeau , lequel est composé d'une forte armure de fer , garnie de terre argilleuse réfractaire. Ce dôme est suspendu à une grosse chaîne de fer qui passe sur une poulie , & s'envide sur un treuil horizontal à cric , qui est fixé à l'arbre d'une potence qui tourne sur un pivot : au moyen de ce mécanisme, on enlève & on détourne le dôme de dessus la coupelle , & on l'y repose au besoin.

La coupellation de 10 à 12 milliers de plomb tenant argent , dure 28 à 30 heures ; à chaque opération , il faut briser & ensuite renouveler la coupelle qui consomme une très-grande quantité de cendres choisies , recuites & lavées. Toutes les cendres ne sont pas propres à cet usage , celles de farment sont les meilleures , aussi recueille-t-on celles des pays de vignobles. Les mines de Bretagne en tirent de la Rochelle & de Bordeaux , parce que le menu peuple des environs de ces villes , ne se chauffe qu'avec du farment : l'on mêle bien avec ces cendres une partie d'autres de bois ordinaires , mais s'il y en a trop , les coupelles ou soufflent , ou s'abreuvent plus.

En Allemagne , on préfère les cendres de hêtre à toutes autres , ensuite celles des autres bois durs , & quand on n'en a que de bois légers , on y mêle de l'argile pour les empêcher de souffler.

Au surplus , la litarge s'imbibe de deux à trois pouces d'épaisseur dans la première couche de la coupelle , & cette croûte qui est très-considérable , relativement à la grande surface des coupelles , contient ordinairement 92 à 96 grains de fin par quintal , tandis que la litarge qui se forme à la surface du bain , n'en contient que 36 à 40 grains. Ce fin en arrière oblige de passer au fourneau à manche les débris des coupelles qui sont imbibées de litarge.

Les coupelles composées de cendres sont donc un objet de dépenses considérable, tant pour se procurer des cendres de bonne qualité & les préparer, que pour les renouveler à chaque opération, rechauffer chaque fois le fourneau ; enfin pour repasser au fourneau les débris des coupelles imbibées de litarge tenant du fin.

Dans les essais docimaftiques, il est nécessaire que les coupelles boivent & absorbent tout le plomb de rafraîchissement, parce que dans ces essais, l'on ne peut faire couler la litarge de dessus le bain à fur & mesure qu'elle se forme, afin que le bouton d'essai reste net, après avoir fait son éclair.

Il n'en est pas de même des coupelles pour les grandes opérations d'affinage. La litargisation se fait très-bien à la surface du bain, au moyen de l'air atmosphérique introduit par un soufflet, dont le vent est dirigé sur la surface du bain par des papillons suspendus au bout des bûses. L'on procure à la litarge fluide un écoulement par une échancrure que l'on nomme la *voie de litarge*. Cette voie se forme avec le taillant du *crochet*, dans le massif du bord de la coupelle ; & le fondeur l'élargit & l'approfondit avec le même outil, à mesure que la surface du bain d'œuvre se surbaisse.

Puisque la litargisation peut se faire complètement à la surface, il est inutile, même désavantageux qu'elle se fasse en partie par imbibition, parce que cette pénétration emporte une portion de fin qui est d'autant plus considérable que le plomb de rafraîchissement est plus riche ; ce qui oblige de retirer ce fin par la fusion au fourneau à manche, & il est connu de tous les métallurgistes, que plus on soumet de fois au feu un métal, plus on éprouve de déchet ; ce qui fait une soustraction de produit, conséquemment une perte notable ; d'ailleurs la réparation de la coupelle

cause des retards souvent préjudiciables , qui obligent d'avoir plusieurs fourneaux de coupelle dans chaque fonderie.

Je propose aujourd'hui plusieurs moyens de faire des coupelles qui ne boivent pas , qui soient durables , & qui par cette propriété puissent faciliter plusieurs affinages successifs sans interruption ; ce qui seroit d'autant plus avantageux , que n'étant point obligé de rechauffer le fourneau à chaque affinage , il en résultera une économie de combustible. Ce dernier point n'est pas à négliger , puisque l'aliment des feux de fonderie fait l'objet d'une dépense capitale , à cause de la rareté du bois.

L'on a fait dans le Hartz , avec du spath calciné , des coupelles qui ont eu du succès ; mais je ne proposerai pas cette matière pour remplacer les cendres , parce qu'il est difficile , d'une part , de s'en procurer , de l'autre , que la préparation en est pénible & dispendieuse , & que d'ailleurs les coupelles qui en sont composées , s'imbibent de litarge : mais je présente trois autres moyens faciles à pratiquer.

Le premier est de choisir de l'argile blanche réfractaire , la faire bien sécher , ensuite la pulvériser & la passer au tamis , y mêler un dixième en volume de charbon en poudre , de bien braffer le mélange , de l'humecter jusqu'au point qu'il puisse prendre consistance , en le serrant fortement dans la main , puis en composer la coupelle , lit par lit , en battant cette composition avec des maillets ou des dames ; & lorsque la dernière couche seroit finie , on raffermiroit le tout en planant la surface avec des masses de fer à large panne & chauffées légèrement ; on réserveroit un espace libre du côté de la voie : cet espace formeroit un cône légèrement tronqué , dont le sommet aboutiroit presque au centre de la coupelle ; sa base auroit quinze pouces , & s'étendrait jusqu'au dehors

de l'ouverture de la voie ; l'épaisseur du massif de cendres qui rempliroit cet espace, n'excéderoit pas la profondeur du vuide intérieur de la coupelle, & auroit à peu près un pied d'épaisseur à sa base & trois pouces au sommet. Ce seroit dans cette masse de cendres que l'on pratiqueroit la voie pour la litarge. La consistance friable de la cendre, faciliteroit son élargissement & son approfondissement, à mesure que l'affinage avanceroit.

Le second moyen est de former la coupelle avec des briques réfractaires posées de champ, bien liées entre elles, avec un mortier composé de même argile que les briques qui seroient seulement séchées au grand air. On observeroit de laisser un espace pour la voie, comme dans les coupelles composées d'argile battue.

Le troisième moyen est de former la coupelle avec un schiste très-réfractaire au feu, tel que celui que l'on trouve fréquemment dans la haute Bretagne, sur-tout entre Rennes & Pontivi, particulièrement aux environs de Painpont & du côté de Ploermel. Ce schiste est rouge ; il est divisé en bancs de cinq à six pouces d'épaisseur, parallèles entre eux, tantôt inclinés, tantôt horizontaux ; il se taille très-facilement, & résiste au feu, sans éclater ni se fondre, pendant un temps très-considérable.

Il y a des fourneaux de forges qui en sont construits depuis 10 ans, sans avoir éprouvé de dégradations notables. L'on taillera ce schiste sous la forme de grosses briques, on le posera en *défilé*, avec un mortier d'argille ; on réservera de même un espace pour y former avec des cendres, la voie de litarge.

Ces trois nouveaux moyens que je propose pour composer les coupelles, peuvent être pratiqués dans toutes nos Provinces métalliques, parce qu'on y trouve les matières que j'indique.

Cette façon de litargiser sans imbibition, est très-pratiquable ; l'on en a fait d'après mes conseils, un essai avec plusieurs quintaux de plomb riche d'argent, dans une coupelle composée d'argille, à la fonderie de Pontpéan, & elle a réussi : & pourquoi cela ne réussiroit-il pas en grand ? L'on tirera de ces nouvelles coupelles, une infinité d'avantages.

Le premier est que l'on pourra faire successivement & sans interruption plusieurs affinages, & les multiplier autant que l'on aura de matières ; ce qui dispensera d'avoir plusieurs fourneaux de coupelle : un ou deux au plus suffiront pour les travaux les plus en activité, puisqu'avec un seul on pourroit passer par semaine au moins soixante milliers de plomb, en cinq ou six affinages ; au lieu que l'on n'en peut faire au plus que deux par semaine, avec les coupelles de cendres.

Je dois observer qu'en se servant de coupelles d'argille battue, ou composées de briques ou de schiste, il faudroit verser moins d'eau sur le culot, au moment où le fin tire son rideau qui indique la fin de l'opération. Il suffiroit d'en introduire seulement pour le figer afin de pouvoir l'enlever avec des pinces, & le porter à la balance pour en reconnoître le poids. Aussitôt que l'opération seroit finie, on pourroit introduire de nouveaux saumons de rafraîchissement, pour recommencer un nouvel affinage ; ainsi de suite, après avoir formé promptement la voye de litarge.

Comme on ne peut mettre à la fois dans le fourneau, la quantité de saumons qui doivent composer la totalité d'un affinage, on est dans l'usage, dans quelques fonderies, de placer successivement les saumons qui sont restés en arrière, dans un trou pratiqué dans le rebord de la maçonnerie qui surmonte la coupelle, & qui supporte le chapeau. Ce saumon est soutenu dans l'intérieur du fourneau, par un canal de fer

battu qu'il déborde ; il y reste exposé à la flamme , jusqu'à ce qu'il soit entièrement fondu. Cette pratique est très-mauvaise , en ce qu'il n'entre qu'une portion de ce plomb dans le bain , l'autre est brûlée par l'action de la flamme & de l'air ; une partie du plomb brûlé se dissipe en fumée , l'autre forme sur le bord de la coupelle , des crasses que l'on retrouve après l'opération.

Il seroit plus avantageux de faire entrer graduellement dans le bain , ces saumons qui seroient chauffés auparavant , pour qu'ils ne le retardassent pas.

Les fourneaux de coupelle peuvent suppléer les fourneaux de liquation & de reffuage , pour tirer par une seule opération le fin que contient le cuivre noir.

Je ne sache pas que cette méthode ait été pratiquée nulle part , que par le sieur Gerard , Directeur des fonderies de Poullaouën , sur les cuivres des mines de Baygorry , que l'on y transportoit.

Voici en peu de mots le procédé.

L'on fait fondre une quantité de lames de cuivre dont on a fait l'essai : pour connoître la proportion de fin qu'il contient , on y ajoute une suffisante quantité de plomb , pour rafraîchir le cuivre , & ce , dans la proportion de neuf onces de fin pour un quintal de plomb ; & l'on donne le feu nécessaire pour faire une fusion exacte. Lorsque le bain est complet & tranquille , la liquation est faite.

Dans les autres fonderies , il faudroit alors mouler le cuivre rafraîchi , en cylindres ou en gâteaux , pour le faire reffuer dans un second fourneau ; mais on supprime ici cette opération , le reffuage se fait de lui-même sans déplacer le métal ; il suffit de cesser le feu , d'enlever le chapeau , & de laisser refroidir l'œuvre jusqu'à un certain degré : alors le plomb frais & riche d'argent , étant spécifiquement plus pesant que le

cuivre, prend le fond du bain, il est alors recouvert par le cuivre desséché ; comme le cuivre se fige & se refroidit plus vite que le plomb, que d'ailleurs il occupe la surface du bain, & que le contact de l'air contribue à le refroidir, il est solide lorsque le plomb est encore en fusion ; alors on pratique dans le massif de cendres qui composent la coupelle, un canal qui va aboutir au centre au dessous du bain. Le plomb chargé d'argent, coule par ce canal, & tombe dans un bassin de réception, d'où on le tire avec des cuillers pour le mouler en saumons : alors le cuivre reste seul dans le fourneau, en forme d'un grand gâteau mince : on l'enlève pour le passer au raffinage & le réduire en rosette. Le plomb frais se traite de nouveau à la coupelle, pour en tirer le fin.

Cette opération fort simple, a parfaitement réussi. L'on s'en est assuré par l'essai du cuivre desséché qui ne contenoit plus de fin ; par ce moyen, on supprime le moulage du cuivre en cylindres ou en gâteaux, & le reffuage.

J'ai cru que les métallurgistes me sauroient gré de leur indiquer ce nouveau procédé qui est fort ingénieux, & que je crois très-avantageux. Je le publie avec d'autant plus de satisfaction, que c'est un point de perfection dans la métallurgie françoise dont je m'occupe.

L'on ne peut trop s'empresse de faire connoître les moyens de corriger de mauvais procédés perpétués par la routine, & d'indiquer ceux qui auront été perfectionnés, afin de les faire adopter dans les travaux des mines du Royaume.



E X T R A I T

*Des Registres de l'Académie Royale des Sciences,
du 12 avril 1780.*

L'ACADÉMIE a chargé MM. Macquer, Cornette & moi, de lui rendre compte d'un Mémoire qui lui a été présenté par M. Grignon, ayant pour titre : Moyens de perfectionner les opérations de la métallurgie.

Dans ce Mémoire, M. Grignon examine le fourneau à manche, le fourneau de réverbère anglois, & le fourneau de coupelle à l'Allemande : en exposant succinctement les observations de M. Grignon, nous espérons démontrer à l'Académie, que les rectifications que ce savant propose, sont très-utiles pour la métallurgie.

Le foyer du fourneau à manche, est un carré long d'environ cinq pieds de hauteur. Sa largeur est de deux pieds sur quatre de haut. Le fond de ce fourneau est un plan incliné, sur lequel les matières fondues coulent pour se rendre dans la *casse* ou *cassin* ou *bassin de percée*, qui est hors du fourneau, & ordinairement sur la même ligne que le *gueulard*. La *tuyère* est placée au pied de la *castine*, à un pouce du fond du fourneau, & opposée à l'*œil* ou *forin*, ou à la *trace* par où le métal s'écoule.

Pour charger le fourneau, le fondeur monte sur l'avant-foyer, enjambe le *cassin*, ayant sur la tête les *conges* ou mesures de minéral qu'il doit introduire dans le fourneau par le *gueulard*; il y porte de même les paniers de charbon.

Il est aisé de reconnoître par cet exposé, que la charge du fourneau ne peut se faire que très-mal, & que le fondeur court des risques, puisqu'il est exposé à la chaleur & à la vapeur du métal fondu, & qu'il peut mettre les pieds dedans. Pour remédier à cet inconvénient, M. Grignon propose de pratiquer un escalier sur le flanc d'un des piliers du fourneau, pour parvenir au *gueulard* & manœuvrer facilement.

M. Grignon propose aussi de faire une cavité ou *cassin* sur le fond du fourneau, au lieu du plan incliné. Il y auroit effectivement un avantage; le métal fondu s'épureroit, &

defendu par le laitier, il ne s'altéreroit point dans cette espèce de creuset, d'où on le retireroit à volonté, en le faisant couler dans une *casse brasquée*.

M. Grignon trouve le fourneau à manche trop peu élevé, il dit qu'à Rammelsberg, à Strasberg, à Rotimbouurg & dans le Comté de Mansfeld, on les fait beaucoup plus hauts & avec des cassins intérieurs. M. Grignon pense qu'on devroit donner quinze pieds de hauteur au fourneau à manche destiné à fondre les mines du cuivre sulfureux, & dix à douze pieds aux fourneaux à manche destinés à fondre les mines de plomb tenant argent. Il y a lieu de présumer qu'on adoptera en France les rectifications proposées par M. Grignon, c'est ce qui paroît déjà arrêté à Poullaouen.

Nous croyons aussi, que l'on devroit arrondir l'intérieur du fourneau à manche, car il y a une portion du métal qui peut s'arrêter & brûler dans les angles du carré long qui est la forme de ce fourneau.

M. Grignon ayant reconnu que les minéraux que l'on grille dans le fourneau de réverbère, éprouvoient plus ou moins de chaleur, suivant qu'ils étoient plus ou moins près de la chauffe, dit qu'il y auroit de l'avantage à pratiquer un cassin dans l'intérieur de ce fourneau.

Les rectifications que l'Auteur de ce Mémoire propose de faire au fourneau de coupelle à l'Allemande, nous ont paru très-utiles. Ce fourneau de coupelle est composé de cendres contenues dans une tourelle de maçonnerie, recouverte d'un dôme mobile ou chapeau, lequel est composé d'une forte armure de fer, garnie de terre argileuse. Ce dôme est suspendu à une grosse chaîne de fer qui passe sur une poulie, & s'envide sur un treuil horizontal à cric, qui est fixé à l'arbre d'une potence qui tourne sur un pivot.

Lorsque le cassin de cette coupelle est fait avec des cendres, il faut en faire un nouveau au bout de trente heures, temps qui suffit pour y coupeller dix ou douze milliers de plomb, dont une partie est absorbée par ces cendres. Mais, comme dans le travail en grand, on n'a point pour projet l'imbibition de la litarge, M. Grignon a fait construire le cassin de ce fourneau, avec des briques séchées à l'air, & composées d'argille blanche & d'un dixième de poudre de charbon, en laissant un massif de cendres pour la voie de la litarge. On a coupellé à Pontpéan avec succès, en préparant ainsi le sol du fourneau.

M. Grignon dit qu'on trouve en Bretagne des schistes réfractaires qui pourroient être substitués à l'argille.

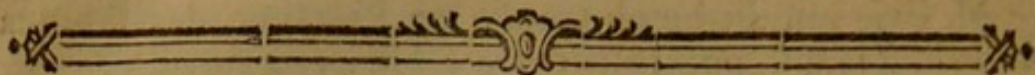
L'auteur termine ce Mémoire intéressant par indiquer qu'on peut faire la liquation sans l'appareil du fourneau connu sous le nom de cette opération. Ce procédé, continue-t-il, est dû à M. Gerard, Officier des mines de Poul-laouen ; il consiste à fondre au fourneau de coupelle, le cuivre & le plomb destinés à cette opération. Lorsque ces minéraux sont en bain, on enlève le dôme du fourneau, le cuivre se fige à la surface du plomb qui s'est emparé de l'argent ; on fait passer ce plomb dans un caffin, on le moule en saumons & on le coupelle.

Le Mémoire de M. Grignon renfermant des rectifications très-importantes pour la métallurgie, elles nous paroissent mériter toute l'attention de l'Académie, & nous croyons qu'on doit imprimer les Mémoires de M. Grignon parmi ceux des savans étrangers.

Fait au Louvre, ce 12 avril 1780. *Signé* MACQUER,
CORNETTE & SAGE.

Je certifie le présent extrait conforme à l'original & au jugement de l'Académie, ce 12 avril 1780. *Signé* le Marquis
DE CONDORCET.





OBSERVATIONS

*Sur l'action réciproque que le Feu & l'Eau ont
l'un sur l'autre.*

Présentées à l'Académie de Dijon, en juillet 1778.

Par M. GRIGNON, Chevalier de l'Ordre du Roi.

En réponse aux questions proposées par M. Deslandes,
dans le Journal de Physique de janvier précédent.

» Pourquoi l'eau jetée sur du verre en fusion, dans
» un pot de la glacerie de S. Gobin, n'a point pro-
» duit de vapeurs ni d'explosion ?

» N'y a-t-il pas lieu de croire, que c'est à mesure
» que l'air vient occuper la surface du métal & l'inté-
» rieur du fourneau, que l'explosion augmente ? »

LE phénomène que M. Deslandes a observé en jetant une cuillerée d'eau (environ quatre onces) sur du verre en fusion dans le creuset d'une glacerie, n'est point une chose neuve en physique. Il ne faut pas conclure, de ce que cette eau n'a produit ni vapeurs ni explosion, qu'elle ait perdu sa propriété volatile & expansible, puisque la vapeur de l'eau n'est apparente que dans une atmosphère plus froide qu'elle, & qu'il ne peut y avoir d'explosion, que quand des corps denses, même l'air grossier, font résistance à sa subite expansion. Or le feu opère le vuide dans le fourneau, & nul corps dense ne s'opposoit à l'expansion de l'eau jetée sur le verre en fusion ; donc il ne devoit pas se faire d'explosion. C'est ce qui arrive

journallement dans les travaux de métallurgie en grand , lorsqu'on jette de l'eau sur le cuivre en bain , pour former les gâteaux de rosette ; dans les aciéries , pour convertir en gâteaux les floss de fonte de fer par la macération ; dans toutes les forges à fer , pour rafraîchir les loupes ; dans les ferblanteries , pour couvrir l'étain dans le trempoir : enfin pour fixer le bain de l'argent dans la coupelle.

Il faut remonter à la théorie des causes, pour rendre sensibles les accidens variés de l'action que l'eau & le feu ont l'un sur l'autre.

Lorsque deux corps qui ont une action reciproque l'un sur l'autre, sont amenés par les loix de l'attraction au point immédiat du contact, celui qui a le plus de masse, absorbe toute la force de l'autre. Si ces deux corps sont pénétrables, ils se confondent ensemble ; alors le plus foible en masse, conséquemment en action, est absorbé par celui qui en a le plus : c'est ce qui arrive dans les expériences suivantes.

Si l'on expose une grosse masse de métal à une foible chaleur, le métal l'absorbe sans changer de forme, & même quelquefois sans que sa température paroisse modifiée sensiblement.

Si la chaleur est plus considérable, ou égale en force d'attraction, la masse du métal rougit, & ses dimensions sont augmentées en raison de la quantité de la matière du feu qui se trouve interposée entre ses parties constitutives. Le métal & le feu étant unis en forces égales, paroissent chacun avec leurs propriétés ; c'est-à-dire, que le feu est brûlant & lumineux, & que le métal conserve sa force & son extensibilité.

Mais si le feu est plus abondant & plus puissant que le métal, alors celui-ci est absorbé par le feu, il devient fluide, brûlant & lumineux. La masse résultante est du feu qui contient du métal, & auquel il communique ses propriétés, tant que ces deux corps restent unis.

Il en est de même de l'eau ; cet élément dispa-
roît totalement , lorsqu'il est absorbé par un corps quel-
conque qui le surpasse en masse , & en force attractive.

Si l'on mêle un peu d'eau avec un sel cristallisable ,
réduit à ses parties élémentaires , ce sel s'unit à l'eau
& l'absorbe ; alors ces deux substances combinées
paroissent sous une forme sèche & pulvérulente : si au
contraire l'eau est plus abondante que le sel , celui-ci
disparoît. Il est disséminé dans toute la masse d'eau ,
sans quelquefois en augmenter le volume. L'eau
acquiert de la faveur en conservant sa fluidité , & le
sel perd sa densité sans perdre sa propriété sapide.

Il en est de même , lorsque l'on combine l'eau avec
le feu. Si on expose à l'air libre , de l'eau dans un vais-
seau auprès du feu , l'eau absorbe une portion de cha-
leur qui ne lui fait point perdre son état fluide & hu-
mide ; parce que le feu qui la pénètre , est en petite
quantité , & qu'il s'en échappe à mesure qu'il la tra-
verse ; mais si l'on intercepte la communication de
l'air à l'eau qui est soumise à l'action du feu , alors elle
s'en sature au point d'acquérir la propriété de rompre
l'aggrégation des fibres du bois & de celles des os ,
même de fondre des métaux mous. Elle acquiert aussi
la propriété de devenir lumineuse , ce qui est démon-
tré par le cercle de flamme qui sort par les commis-
sures du digesteur de Papin. Cette flamme n'est qu'une
vapeur aqueuse , saturée de feu à un certain degré.

Mais lorsque l'eau est combinée en petite quantité ,
avec une masse considérable de feu , alors elle est dis-
soute & absorbée par le feu qui lui communique sa
propriété brûlante & lumineuse. Comme ces deux
corps sont essentiellement fluides , ils conservent étant
réunis , cette propriété , & leur rarescibilité. L'eau alors
est véritablement du feu , ou sous la forme de flamme
qui est visible , ou sous celle de vapeur si tenue , qu'elle
est insensible aux yeux ; mais elle se démontre par la

propriété qu'elle a de brûler & de communiquer le feu.

La flamme n'est donc que le résultat de la combinaison du feu avec l'eau naturelle, ou avec celle qui provient de la décomposition des corps combustibles ou celle de l'atmosphère ; elle est colorée par les parties charbonneuses infiniment déliées, qui se détachent des corps embrasés & entraînés par la grande rarefaction (1).

Dans les grands fours de réverbère, particulièrement ceux dans lesquels on cuit la porcelaine, lorsque le feu est monté à un degré d'intensité assez haut pour en purger la capacité intérieure de toute humidité & d'air grossier ; alors l'eau élémentaire du bois posé sur les landiers, se combine avec le principe du feu, les particules charbonneuses & cendreuses, & ne forment ensemble qu'une masse de feu d'un blanc si éclatant, que l'intérieur du fourneau paroît comme un cristal transparent & resplendissant d'une lumière si éclatante, qu'elle ne permet pas aux yeux qui ne sont pas suffisamment exercés, de distinguer les gazettes qui contiennent les pièces de porcelaine, lesquelles sont elles-même saturées de la matière du feu. On ne voit point alors sortir de fumée du fourneau ; tout est en incandescence : l'eau, le feu, les parties charbonneuses qui colorent ordinairement la fumée, les cendres, ne forment ensemble qu'une masse diaphane & homogène de feu.

Si l'on cesse d'alimenter le feu du fourneau, conséquemment qu'aucune matière combustible ne fournisse plus d'eau, pour former de la flamme, il n'en sort plus de l'intérieur du fourneau ; mais la masse du

(1) Voyez mes Mémoires de Physique sur l'art de fabriquer le fer, pag. 99 in-4°, chez Delalain, 1775.

feu qu'il renferme, tendant toujours à s'élever par la partie supérieure, ne commence à former de la flamme qu'au bord extérieur de la bure du fourneau ; c'est-à-dire, lorsque le principe du feu peut se combiner avec l'eau surabondante de l'atmosphère. Ceci est une nouvelle preuve que l'eau est nécessaire pour former de la flamme, & que l'eau est brûlante & ardente, lorsqu'elle est combinée avec le feu.

Je dois faire observer à l'appui de ce sentiment, que la flamme que produisent les corps inflammables, tels que les esprits ardents, les huiles éthérées, celles par expression, la cire, les graisses, les gommes, les résines, les bitumes & autres substances qui contiennent beaucoup de parties aqueuses, n'est que le produit de la combinaison du principe du feu avec l'eau essentielle de ces corps, laquelle souffre une décomposition qui fait entièrement disparaître sa forme élémentaire. Les observations suivantes sont encore des preuves incontestables de ce principe.

Lorsque l'on jette une petite quantité d'eau sur un très-grand feu, on voit bientôt s'élever une flamme qui ne provient que de la combinaison d'une petite portion d'eau avec le principe du feu.

Le bois verd brûlé en pleine campagne, forme un feu bien plus âpre & plus ardent que le bois sec, & les masses de flammes qui s'en élèvent, sont bien plus volumineuses, parce que le bois verd contient plus d'eau que le bois sec.

Si l'on jette de l'eau sur de l'huile enflammée, elle augmente la flamme, au lieu de l'étouffer.

J'ai remarqué dans plusieurs incendies publics, que l'eau lancée par les pompes, augmentoit l'intensité des flammes, lorsqu'elles ne portoient pas sur les parties enflammées une quantité d'eau suffisante pour absorber les masses du feu.

Plusieurs ouvriers qui fondent des métaux, font
passer

passer une vapeur aqueuse par le foyer de leur fourneau, pour augmenter la force du feu & accélérer leur opération.

Dans les forges à fer, lorsque l'on mouille le feu avec deux, trois & quatre livres d'eau lancée sur les foyers des chaufferies & des affineries, il en résulte trois combinaisons; si celui qui a soin de bouger le feu, fait donner à l'écuelle le tour de main nécessaire pour distribuer l'eau en nappe sur l'étendue du foyer; alors une partie de l'eau qui tombe sur la surface des charbons extérieurs, les éteint avec frémissement, parce qu'elle a communication avec l'air libre, & qu'étant supérieure en force aux parties ignées qu'elle touche, elle en absorbe le feu: elle est alors raréfiée en vapeur visible; première vue & première combinaison.

L'autre portion de l'eau est attirée par le centre du foyer qui prend plus d'activité par la combinaison de l'eau avec le principe du feu; seconde vue & seconde combinaison.

Dans la première, c'est l'eau qui absorbe le feu, & empêche les charbons de se consommer en pure perte; dans la seconde, c'est le feu qui absorbe l'eau & qui en reçoit plus d'intensité.

Enfin, l'eau réduite en vapeurs, d'abord à la surface des contours du foyer, est poussée par l'aspiration dans l'intérieur du tuyau de la cheminée, où elle est dissoute par la vive chaleur qui y règne; elle devient invisible, ainsi que celle qui s'est combinée dans le centre du foyer, jusqu'à ce que l'une & l'autre soient portées à une hauteur plus ou moins grande, suivant l'état de l'atmosphère; elle forme alors un nuage qui disparoît ensuite, à mesure qu'il s'élève au dessus du point où il s'est formé, parce qu'il est redissous par l'air.

J'ai eu souvent l'occasion & la curiosité d'examiner

avec attention ce phénomène, & j'ai toujours observé que plus le temps est froid & serein, plus le feu a de masse & d'activité, plus aussi l'eau dissoute par le feu, s'élève à une plus grande hauteur en vapeurs invisibles, souvent de 15 à 20 toises. L'on voit alors se former tout-à-coup un nuage fortement agité sous une forme globuleuse; il se déforme, devient chevelu & disparoît enfin, à mesure qu'il est entraîné & dissous par l'air; ainsi que les brouillards se dissipent, à mesure que le soleil monte sur l'horizon.

Lorsque l'on jette environ une livre d'eau sur une grosse loupe de fer qui sort de l'affinerie, & qui est trop fondante pour la soumettre à la percussion du marteau; l'on ne voit point de vapeurs nébuleuses s'élever immédiatement au dessus; l'eau roule sur ce métal ardent, sans presque le toucher, parce que les globules d'eau sont soulevées par le torrent des parties ignées qui s'en échappent & se combinent ensemble. Mais si l'on fait attention à ce qui se passe à une certaine hauteur, on voit qu'à mesure que le feu & l'eau combinés s'élèvent sous la forme d'une vapeur transparente & presque imperceptible, le feu est absorbé par l'air de l'atmosphère, il quitte l'eau qu'il tenoit en dissolution, laquelle reparoît bientôt sous la forme d'un brouillard épais qui est redissous par l'air supérieur à mesure qu'il s'élève & qu'il s'éloigne du centre de la chaleur.

C'est ce qui est arrivé au peu d'eau que l'on a jeté sur une grande masse de verre en fusion dans un pot de la glacerie de S. Gobin. L'eau ne pouvoit s'étendre sur la surface du verre, parce que la chaleur la soulevoit, & ses parties s'attirant mutuellement, elles se réunissoient en globules; sous cette forme, l'eau présentait peu de surface, c'est ce qui a ralenti sa dissipation. La chaleur étant surabondante & infiniment supérieure à la quantité d'eau, celle-ci a été dissoute par

le feu & s'est combinée avec cet élément ; en sorte qu'elle n'a point paru sous la forme d'une vapeur blanche & épaisse ; mais avec les couleurs & la transparence du feu dont elle étoit vivement pénétrée & avec lequel elle étoit intimement combinée.

L'eau que l'on a jetée sur le verre en fusion, n'a point fait d'explosion , ainsi que celle que l'on jette sur l'argent, le cuivre, l'étain, la fonte de fer dans leur bain , parce que nul corps dense , épais & solide ne s'opposoit à son expansion , pas même l'air grossier , parce que le feu qui l'environnoit , opéroit le vuide.

Il n'en est pas de même quand c'est le métal en fusion qui couvre une petite quantité d'eau cachée dans quelques parties du moule qui le reçoit. L'eau alors est raréfiée en raison de la masse de chaleur qui l'environne. Si la vapeur qu'elle forme & qui est douée d'une force centrifuge immense , ne trouve point d'issue pour s'échapper dans l'atmosphère, elle presse avec impétuosité de toutes parts, les corps qui l'environnent , & son effort est toujours en raison de la résistance qu'elle éprouve. L'explosion est d'autant plus violente , que la masse qui cède à son action, a plus de poids & d'adhérence.

Il arrive cependant quelquefois que l'eau recouverte d'un métal en fusion , ne fait point d'explosion : en voici un exemple fréquent dans les forges.

Si une masse de métal est assez fluide , ou en assez grande quantité pour ne pas se figer promptement ; en sorte que ses surfaces supérieure & inférieure soient refondues successivement par l'effet de la chaleur du centre & du mouvement de ses parties pendant un certain temps , à mesure qu'elles prennent une première consistance ; alors la vapeur de l'eau pénètre la masse du métal fluide, y excite du tumulte , & fait irruption par les bouillons qu'elle occasionne , jusqu'à ce qu'elle soit entièrement dissipée. Mais si le

métal prend trop de consistance à l'endroit par lequel il touche l'eau , ne cédant plus alors à la pression de sa vapeur , il se fait une violente explosion , & le métal , partie figé & partie en fusion , éclate avec fracas, il est lancé au loin , au grand danger des spectateurs & des bâtimens voisins.

Je puis dire ici avec Virgile.

» *Quæque miserrima vidi ,*

» *Et quorum pars magna fui.*

Car j'ai porté pendant six semaines à la jambe une brûlure très-grave , occasionnée par un jet de fonte de fer , lancée d'une masse de vingt-quatre quintaux , qui éclata entièrement par l'effet d'un peu d'eau qui se trouva nichée sous le moule qui la contenoit.

Le même accident n'arrive pas, lorsque la masse d'eau est supérieure à celle du métal en fusion ; car on peut sans aucun danger, faire couler plusieurs milliers de fonte de fer , dans un courant d'eau ; ce qui se pratique dans quelques forges ; alors l'eau qui est un grand conducteur de la chaleur , absorbe celle du métal , à mesure qu'elle le reçoit.

L'on fait que des torrens de laves en fusion, se précipitent des bouches des Volcans dans des lacs , des fleuves & dans la mer , sans en soulever les eaux , ni y occasionner de tonnerre , parce que les masses d'eau sont supérieures à celles de la chaleur. Il n'en est pas de même , lorsque l'action du feu d'un Volcan aspire par des canaux souterrains l'eau de quelques amas voisins : cette eau est raréfiée en partie par la chaleur , sous une masse énorme de matières en fusion pâteuse qui résiste d'abord à sa pression ; mais quand l'effort est devenu supérieur à la résistance , c'est alors qu'il se fait une explosion terrible qui porte des masses prodigieuses de matières confuses à des distances infinies, & cause dans l'intérieur des chaînes des mon-

tagnes, des commotions qui se propagent dans une partie du globe.

D'après les différens phénomènes que je viens de détailler, de l'action réciproque que l'eau & le feu ont l'un sur l'autre, on peut conclure que l'eau que M. Deslandes a jetée sur du verre en fusion, ne devoit point produire d'explosion; parce que, 1°. elle étoit en trop petite quantité pour absorber la chaleur qui l'environnoit, & devenir l'agent principal.

2°. Qu'elle ne touchoit presque pas le verre, étant continuellement soulevée par la chaleur qui en sortoit.

3°. A mesure qu'elle perdoit de son volume par la raréfaction, ses parties défunies étoient absorbées par le feu, & se combinoient avec lui, de façon qu'ils ne formoient ensemble qu'une masse homogène enflammée qui ne trouvoit point de résistance à son expansion; parce que l'intérieur du fourneau de la glacerie étoit purgé d'air grossier, & l'on fait que la poudre à canon, ne fait point d'explosion dans le vuide; à plus forte raison un peu d'eau réduite en vapeur, si tenue qu'elle est invisible.

Si l'eau que l'on a jetée sur le verre eût pu pénétrer dans le fond du creuset, sous la masse de verre en fusion, il y auroit eu alors ou un bouillonnement considérable ou une explosion; c'est ce qui arrive dans l'étamage par immersion dans les fabriques de batterie de cuisine en fer & en cuivre façon du levant, dans lesquelles l'étameur rafraîchit dans l'eau les pièces, pour les plonger successivement humides dans le bain de l'étain, jusqu'à ce que l'étamage soit complet & uniforme. L'humidité fait éclater le bain au point d'obliger l'étameur à porter un masque. Cette pratique est aussi vicieuse qu'elle est dangereuse.

Si l'on avoit jeté l'eau sur le pot, dans le temps que le sel de verre est en effervescence sur la surface

du verre, avant la combinaison de ces deux matières; alors l'eau par son poids pouvant s'insinuer entre le verre qui occupe la partie inférieure du creuset, & l'écume moussieuse du sel de verre qui nage à la surface, il y auroit eu explosion & une pluie de feu par l'expansion subite de l'eau ferrée entre deux corps denses & chauds.

Puisque dans ces observations, j'ai eu occasion de parler du procédé par lequel on réduit en gâteaux la rosette dans les fonderies en cuivre, & les floss ou la fonte de fer dans quelques forges du Nord, en jettant de l'eau sur ces métaux en bain, pour en consolider la surface que l'on enlève successivement avec un travail aussi pénible qu'il est dangereux, je ne puis me dispenser de faire connoître que ce procédé est très-défectueux, & qu'il ne doit la continuité de son usage, qu'à une routine peu éclairée.

Les raisons qui me font désapprouver cette manipulation, sont, 1°. qu'il se consomme en pure perte une grande quantité des charbons que l'on est obligé d'enlever du foyer pour découvrir le bain.

2°. Que la suite nombreuse des opérations de ce procédé, prolonge immensément le travail.

3°. Que les foyers se refroidissent, & par la longue interruption des soufflets, & par l'eau que l'on y répand.

4°. Que telle attention que l'on apporte pour découvrir le bain, il reste dans les contours des petits charbons, des fraïns embrasés qui sont soulevés rapidement par l'eau, & exposent les ouvriers à être brûlés & aveuglés.

5°. Que les ouvriers qui enlèvent avec des crochets les gâteaux qui se forment à la superficie du bain, sont vexés par une chaleur très-incommode.

6°. Que telles précautions que l'on prenne, il dégoutte toujours des grenailles de métal à demi figé, qui se perdent dans les récremens du feu.

L'on peut par un autre moyen très-simple , beaucoup plus expéditif & moins dangereux , réduire la rosette & la fonte de fer en gâteaux. Ce moyen est usité déjà dans quelques forges françoises où l'on purifie la fonte de fer par la macération , pour faire des carillons & des aciers. Voici comme l'on y procède.

Lorsque le métal est resté en bain un temps suffisant pour opérer le départ des matières hétérogènes confondues avec les parties métalliques dans la matte de fer ; que ces matières étrangères réduites en scories fluides , se sont écoulées par un égoût pratiqué au niveau de la surface du bain ; on perce alors au bas du creuset la brasque par le trou du chio , afin de donner issue au métal fluide qui coule dans un moule plat & horizontal dont le champ & les contours sont formés avec des fraises humectés. Lorsque tout le métal que contenoit le creuset est réuni dans le moule en une couche d'environ un pouce & demi d'épaisseur , on le laisse un peu figer , pendant ce temps l'humidité du moule y excite un mouvement tumultueux qui le fait bouillonner , & le rend criblé d'une infinité de petits trous & de cavités , comme la pâte d'un pain bien levé. Le métal étant encore d'une consistance pâteuse , on trace à sa surface , avec un morceau de bois appointé , des traits qui le divisent en autant de parties que l'on juge à propos , & sur les dimensions que l'on veut donner aux gâteaux. On jette aussi-tôt beaucoup d'eau sur le métal , afin de le décaper & l'aviver , c'est-à-dire , pour détacher des surfaces le peu de scories qui peuvent y être adhérentes ; lorsque le métal est consolidé , mais encore rouge , on lève les gâteaux qui se séparent suivant les divisions que l'on a tracées.

Cette opération qui dure quelques minutes , se fait sans retarder celle de la fusion de la coulée qui doit succéder. Le foyer n'est point refroidi , l'on ne perd ni temps , ni charbon , ni métal ; les ouvriers ne sont

exposés à aucun danger, & la masse des gâteaux étant rendue bien cellulaire, elle est disposée à recevoir plus avantageusement l'impression du feu d'un second affinage.

Cette méthode devroit être généralement adoptée, tant dans les forges où se fabriquent les carillons & les aciers par macération, que dans les fonderies de rosettes de cuivre.

Ce n'est que par les descriptions comparées des différentes manipulations usitées dans les travaux en grand de la métallurgie, que l'on parviendra à démontrer aux ouvriers qui y sont appliqués, même à ceux qui les dirigent, la nécessité de proscrire des méthodes vicieuses pour en adopter de meilleures ; mais la plupart de ceux qui ont décrit les travaux du fer & de l'acier, n'ont point rempli ce point de vue important aux progrès de nos manufactures ; n'étant point artistes, ils ont décrit aridement des opérations dont ils n'avoient apperçu que les mouvemens sans approfondir ni en sentir le but. C'est cette tâche que je me propose de remplir, & dont je m'occupe.



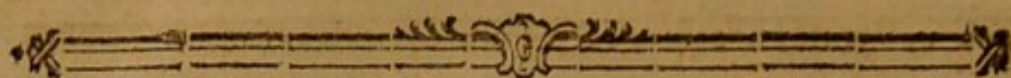
A V I S

S U R

LE QUATRIÈME MÉMOIRE.

L'ÉDITION du Mémoire suivant, faite en 1782, par ordre du Gouvernement, étant épuisée, je me détermine à le faire réimprimer, avec d'autant plus de raison, que dans la première Édition, il s'est glissé deux erreurs; l'une relative au fer n° III, où la forge de Gincla est indiquée en Roussillon, & cette forge est en Languedoc: l'autre, à l'article du fer, n° IV, provenant de la forge de la Combe, dite appartenir à M. d'Acquillard, au lieu de M. de la Guerre. Les expéditions qui m'ont été fournies, lors de l'envoi de ces fers, ayant été mal énoncées, ont donné lieu à ces erreurs involontaires. Je restitue dans cette Édition les choses dans l'ordre; afin de rendre à chacun ce qui lui est dû, & faire jouir la Province du Languedoc, de l'avantage de la concurrence que lui mérite la supériorité des fers qu'elle produit.





M É M O I R E

C O N T E N A N T

Les détails, analyses & résultats des expériences faites en 1780, par ordre du Gouvernement, dans les Forges du Comté de Buffon en Bourgogne, & dans la Manufacture Royale d'Acier fin de Néronville en Gâtinois; afin de connoître si les Fers françois ont la propriété d'être convertis en Acier, par la voie de la cémentation. Lu à l'Académie des Sciences les 8 & 12 juin 1782; par M. GRIGNON, Chevalier de l'Ordre du Roi.

A YANT présenté à l'Administration plusieurs Mémoires, dans lesquels j'avois démontré la nécessité de tenter les moyens d'élever en France des Manufactures d'acier fin, pour enlever aux Etrangers une branche de commerce d'importation qui est si onéreuse à la Nation; que Néronville étoit la seule Manufacture en grand d'acier fin par cémentation, & qu'elle n'employoit que des fers de Suède (1); &

(1) M. le Comte de Broglie fait fabriquer de l'acier par cémentation, depuis environ quinze ans, dans ses forges de Ruffecq en Angoumois, avec les fers de cette forge. En 1781, M. Mongenet, Maître des Forges de Franche-Comté, s'est attaché un ouvrier étranger pour lui monter une Fabrique d'acier avec les fers de la Province. Toutes les autres Fabriques d'acier du Royaume travaillent en acier naturel ou produit par la fonte de fer immédiatement.

enfin , ayant assuré , d'après les essais que j'avois faits , qu'il étoit possible de convertir nos fers françois en bon acier fin.

Le Gouvernement , attentif à procurer aux Arts & aux Manufactures nationales , des objets d'émulation & les moyens de faire fleurir le Commerce , m'autorisa en novembre 1779 , à faire les expériences nécessaires pour constater la propriété relative que les meilleures espèces de fers françois ont pour être convertis en acier fin , par la voie de la cémentation.

M. le Comte de Buffon voulut partager le sacrifice que le Gouvernement faisoit à l'utilité publique ; il offrit ses forges & un fourneau , que cet homme célèbre à tant de titres avoit fait construire à grands frais pour reprendre la suite de ses expériences sur l'acier. Nous engageâmes l'Administration à accepter ces offres avec d'autant plus d'empressement , que cette position nous fournissoit l'occasion de consulter ce savant dans le cours de nos opérations , de profiter de ses lumières & de ses conseils , & que les moyens qu'il offroit diminueroient considérablement les dépenses.

Dès-lors je me disposai à préparer tous les objets nécessaires. J'écrivis dans différentes Provinces du Royaume , pour faire rendre à Buffon les fers de meilleures qualités qui m'étoient connus.

J'en tirai des Pyrénées , des Alpes , des Vosges , de Franche - Comté , Lorraine , Champagne & Berry.

Dans l'examen de ces fers , j'indiquerai les forges dans lesquelles ils ont été fabriqués.

Il étoit nécessaire que je m'assurasse de l'état du fourneau destiné à mes opérations , afin de prévoir & faire d'avance les réparations dont il pouvoit être susceptible. Je me rendis en décembre 1779 aux

forges de Buffon ; j'examinai le fourneau ; je trou-
vai les arceaux & des dalles de pierres de 4 pouces
d'épaisseur préparées pour le creuset. Je les fis pla-
cer dans l'intérieur du fourneau, & le fis murer,
comme si le creuset eût été rempli de fer en cémenta-
tion. Je fis ensuite du feu de bois pendant un jour
entier, pour en connoître le tirage & le degré de
chaleur dont il étoit susceptible. Par cette tentative
préliminaire, je reconnus que ce fourneau étoit en
état de remplir le but de mes opérations, en y fai-
sant quelques changemens légers, & cependant es-
sentiels au régime du feu.

Ce fourneau est une masse de maçonnerie adossée
à un mur de forte construction ; la base forme un
carré long de 14 pieds 2 pouces de longueur sur
8 pieds 2 pouces de largeur ; tout l'extérieur est com-
posé de gros carrodages en pierres de taille, dans
lesquelles on a pratiqué trois rangs d'évents triangu-
laires, au nombre de 30, distribués sur les trois faces
apparentes du fourneau. Au centre de cette masse
l'on a laissé un espace vuide pour contenir le foyer,
le creuset & ses supports. Cet espace a 26 pouces de
largeur : elle pénètre la masse de part en part, &
s'élève jusqu'à la hauteur de 7 pieds 3 pouces, depuis
le sol jusques sous la clef d'une voûte en brique de
12 pouces d'épaisseur. Cette voûte est percée de
cinq ouvertures régulièrement espacées, & garnies
chacune d'un tuyau de fonte de fer de 5 pouces sur
5 pouces en carré. C'est par ces tuyaux que la flamme
s'échappe dans cinq canaux formés en maçonnerie
de brique, sur les mêmes dimensions que les tuyaux
de fonte de fer. Ces canaux sont posés obliquement ;
leur base s'embouche avec les tuyaux, & leurs som-
mets vont dégorger dans l'ouverture d'une cheminée
élevée sur un des côtés du massif du fourneau ; la
partie supérieure s'élève au-dessus des toitures : c'est

cette cheminée qui détermine le tirage du fourneau & le rend très-actif.

Le vuide intérieur du fourneau est muré de part & d'autre avec des briques ; l'épaisseur de chaque portion de cette maçonnerie est divisée en deux parties, l'une extérieure qui reçoit l'impression du feu : c'est une chemise de 13 pouces d'épaisseur, n'ayant que 8 pouces à la base, parce qu'il y a une saillie de la maçonnerie qu'elle enveloppe sur 20 pouces de hauteur. Cette chemise s'élève perpendiculairement, & supporte la voûte de l'intérieur du four ; elle n'est point liée avec le mur de brique intermédiaire entr'elle & la maçonnerie en pierre, parce qu'étant sujette à éprouver des dégradations occasionnées par le feu, on peut la démolir & la reconstruire, sans altérer les autres parties du fourneau. Le mur intermédiaire en brique, est seulement de 6 pouces d'épaisseur ; il sert de cuirasse à la maçonnerie en pierre calcaire du pourtour du fourneau, afin de le défendre de l'action de la chaleur.

Pour placer le creuset dans le fourneau, l'on construit treize arceaux, dont les deux premiers affleurent la face extérieure des deux côtés des tirsards, & n'ont que 6 pouces d'épaisseur & de largeur : ils ne servent qu'à supporter le mur de brique que l'on élève de chaque côté pour fermer le fourneau, lorsque l'enfournement est complet. Les onze autres arceaux ont chacun 8 pouces de largeur & 6 pouces d'épaisseur ; ils sont espacés de 6 pouces en 6 pouces, pour donner des issues à la flamme qui doit chauffer le creuset, & s'élèvent à 37 pouces de hauteur, où ils se terminent horizontalement, pour recevoir la plate-forme du creuset.

L'espace longitudinal qui règne dans toute la longueur du fourneau sous ces arceaux, pour former le foyer, est de 16 pouces de largeur & de 29 pouces de hauteur sous clef.

Le creuset qui portoit sur ces arceaux, étoit composé de dalles de pierres (dites grès de Semur) de 4 pouces un quart d'épaisseur; celles du fond étoient posées à plat sur les arceaux, & celles des quatre côtés de champ, à la hauteur de 27 pouces au-dessus du fond, toutes liaisonnées avec un mortier d'argile rouge. L'on tisoit le feu des deux côtés, en jettant des fagots & des bourrées sous l'arcade: il étoit excité par un vent passant; & lorsque nous fîmes ouvrir les murs postiches du fourneau, pour en reconnoître l'état intérieur, nous nous aperçûmes que le feu que nous avions fait faire en décembre avoit calciné les pierres de grès dont le creuset étoit composé; ce qui me fit connoître que ce grès de Semur n'est composé que d'un très-gros sable quartzeux, réuni en masse fort dure par un ciment de spath calcaire, & qu'il n'est pas propre à former un creuset de cette espèce. Je le remplaçai avec des briques de Montbar & d'Ancy-le-Franc, n'ayant pu m'en procurer de meilleure qualité.

Je crus devoir diviser en deux parties le foyer inférieur qui régnoit dans toute la longueur du fourneau, parce que l'air entroit par un côté plus abondamment que par l'autre, suivant l'impulsion qu'il recevoit de la pression de l'atmosphère: cette variété rendoit le feu inégal, absorboit une partie de la chaleur, & incommodoit les ouvriers; accident qui n'eut pas lieu depuis que j'eus fait élever un diaphragme au centre, afin de diviser le foyer inférieur en deux parties séparées & sans communication.

J'avois reconnu aussi que la méthode de chauffer ces sortes de fourneaux étoit vicieuse, en ce que l'on jette le bois sous l'arcade, ainsi qu'il se pratique dans les Briqueteries & autres fourneaux en différens genres. Les inconvéniens qui en résultent sont une moindre chaleur, une plus grande dépense de combustible, & le tirage moins actif. Je fis construire à chaque

bout, des landiers tels que ceux dont on fait usage dans plusieurs fours de porcelaine; ils avoient 27 pouces de hauteur, 32 pouces de longueur, & un pied de largeur intérieurement : ils étoient traversés par deux barres de fer de 15 lignes de grosseur, & j'avois fait pratiquer dans la partie antérieure une ouverture de 12 pouces de hauteur sur 15 pouces de largeur, pour débraiser en cas de besoin; & hors le temps nécessaire pour cette opération, cette ouverture étoit toujours fermée par une plaque de fonte de fer.

La méthode de tiser le feu, en se servant de landiers, procure une infinité d'avantages dont voici les principaux.

1°. Un enfant de 15 à 16 ans peut alimenter le feu, puisqu'il suffit de poser successivement une buche de 28 à 30 pouces sur le foyer.

2°. Le tiseur n'est jamais vexé par la chaleur; au contraire, en posant sa buche sur le centre d'où le fourneau tire la chaleur la plus intense, il ressent l'effet d'une fraîcheur occasionnée par la colonne d'air qui se précipite avec rapidité, & se renouvelle sans cesse.

3°. Il ne se fait de braise dans les fourneaux de ce genre, qui ont un bon tirage, que dans les premières journées, ou jusqu'à ce que le feu ait acquis assez d'activité pour blanchir les corps qui sont soumis à son action; alors toute la matière combustible se décompose, pour augmenter la chaleur : à peine reste-t-il quelques cendres.

4°. Il n'entre dans le fourneau, à travers les buches qui couvrent les landiers, aucune partie surabondante d'air atmosphérique, qui ne soit décomposée par l'embrasement du bois qu'il occasionne; point bien essentiel, & sur lequel ceux qui ont écrit sur la Pyrotechnie n'ont pas encore assez réfléchi, & qu'ils n'ont peut-être pas encore apperçu.

Dans un fourneau où l'on établit le foyer sur le

fol, même sur une grille, il passe une colonne d'air, dont il n'y a que la partie qui touche immédiatement la masse de combustible embrasée, qui subisse une décomposition nécessaire à l'intensité de la chaleur : l'autre, qui passe par-dessus le centre du foyer, est entraînée par le tirage dans la capacité du fourneau, sans être décomposée ; elle atténue une partie de la chaleur, & détruit même son effet. L'air fait plus ; il décompose les corps, & réduit en chaux les métaux que l'on se proposoit de fondre. C'est sur cet accident qu'est fondée la lithargiration en grand du plomb dans la coupelle ; l'on favorise cette lithargiration par l'intromission de l'air fourni par le vent d'un soufflet rabattu sur le métal en bain par des papillons. Cet air atmosphérique calcine le plomb & l'empêche d'entrer dans une vitrification complète, parce qu'il n'a pas servi à l'embrasement, & qu'il n'a pas été décomposé ; car si le plomb, dans les affinages en grand, se vitrifioit, il s'imbiberoit presque totalement dans le massif de la coupelle, ce qui arrive dans les essais docimaustiques.

Lorsque nous avons appris que tous les fers que nous avions demandés étoient arrivés aux Forges de Buffon, nous nous y sommes rendus ; nous avons pris la précaution de recommander aux Maîtres de Forges qu'ils fissent mettre ces fers en bottes ; qu'ils fussent marqués exactement des caractères distinctifs & d'usage dans les Forges d'où ils procédoient, pour éviter la confusion, être bien sûr de l'origine de chacun de ces fers, & enfin qu'ils fussent forgés à très-peu-près sur les mêmes dimensions (1).

(1) M. de Lauberdière, Maître des Forges de Buffon, nous a prêté, de la manière la plus officieuse, tous les secours dont nous avions besoin, Ouvriers, usines, matériaux en tous genres & sa maison, avec la plus grande générosité. Nous lui devons cet hommage public de notre reconnaissance.

Voulant éprouver la propriété des fers des forges de Buffon, & persuadés qu'en prenant des précautions pour les purifier, l'acier qui en résulteroit seroit d'une meilleure qualité que celui que l'on faisoit avec les fers fabriqués suivant l'usage ordinaire de la forge, j'ai choisi une gueuse, portant le n^o 49; son grain étoit gris, petit, brillant; il y avoit peu de facettes.

J'ai démoli une Affinerie, pour y monter une Fonderie, afin d'y macérer partie de cette gueuse: l'on en a tiré 458 livres de mazelle; le surplus de cette gueuse a été affiné dans une renardière à la manière ordinaire. On verra la disparité de ces fers, procédans de la même gueuse, dans l'examen de tous les fers qui ont été employés à nos essais. Les 458 livres de mazelle ont produit 330 livres de fer: c'est à raison de $1387\frac{1}{4}$ pour 1000.

Je m'étois procuré des fers d'Espagne, de Suède & de Sibérie, par la voie du Havre, afin d'avoir des points de comparaison avec les fers de France. Ceux d'Espagne étoient sous forme d'applati, échantillon qui ne convenoit pas à mes opérations: je l'ai fait couper & corroyer, pour le réduire sous le marteau à des dimensions à-peu-près semblables à celles des fers des autres qualités.

Ce fer d'Espagne, qui venoit de Bilbao, s'est trouvé rouverain, c'est-à-dire, cassant à chaud, & se forgeant très-difficilement; mais d'une très grande ténacité à froid.

J'ai procédé ensuite à marquer toutes les barres aux deux bouts & sur chaque face plate avec un ciseau à froid, pour y imprimer un n^o particulier à chaque espèce, afin que je pusse les reconnoître après qu'elles seroient cimentées, & je les ai placées chacune séparément dans des cases cotées des n^{os} correspondans.

Je fis casser les fers, afin de reconnoître la qualité

de chacun ; ensuite couper de longueur proportionnée au creuset , en leur donnant 2 pouces de moins que le creuset , qui avoit 10 pieds 7 pouces de longueur en dedans. Tous ces fers furent d'abord ciselés de quatre faces , & rompus à coups de masse sur un caffoir de fenderie. Nous détaillerons les qualités distinctives de ces fers , dans un tableau qui présentera leur état en nature de fer , d'acier boursofflé , & en acier fabriqué , afin que l'on soit à même de faire des comparaisons plus précises.

Pendant que je faisois préparer les fers , je m'occupois en même temps des matières propres à la cémentation , & de la construction du creuset.

Je fis monter les arceaux , des dimensions décrites plus haut , avec des briques de Montbar , ainsi que la séparation des deux foyers inférieurs ; je fis poser sur ces arceaux une plate-forme de 11 pieds 4 pouces de longueur sur 20 pouces de largeur , & de 5 pouces d'épaisseur , composée de briques d'Ancy-le-Franc , qui sont moins ferrugineuses que celles de Montbar. J'observai de former le premier rang de cette plate-forme avec de grands carreaux , qui portoient de 2 pouces sur les arceaux , & de faire couvrir tous les joints par le second rang , ainsi successivement par les trois autres rangs , afin de bien liasonner la maçonnerie faite avec mortier de terre rouge argilleuse détrempée claire , pour éviter l'épaisseur du mortier. J'élevai ensuite les quatre parois du creuset avec des briques de même qualité , sur 4 pouces d'épaisseur & 37 pouces de hauteur. J'observai d'appuyer ces parois du creuset par des piles de 4 pouces de largeur , montées en briques , & liaisonnées avec le creuset , laissant des intervalles de 4 pouces de largeur & de 8 pouces de longueur sur toute la hauteur du creuset , pour servir de passage à la flamme. Lorsque le creuset fut achevé , je le laissai sécher un jour ,

& ensuite j'y plaçai le fer lit sur lit, entremêlé de lits de poudre de cémentation, pressée avec les pieds, le premier & le dernier lit de poudre étant de $1\frac{1}{2}$ pouce, & les autres d'égale épaisseur à celle du fer. Il y a eu quatorze lits de fer; sur le dernier lit de cémentation, j'y avois placé une couche formée d'une triple feuille de papier gris mouillé, & par-dessus une couche de sable vitrescible, tiré de la rivière d'Armançon, afin de contenir le ciment, & de le garantir de l'action immédiate du feu & de l'air. Ce lit de sable portoit sur les briques des côtés du creuset, & décrivait un arc dont la corde avoit 20 pouces & la flèche 4 pouces.

J'avois fait pratiquer à chaque bout du creuset deux ouvertures de $2\frac{1}{2}$ pouces de largeur & de $1\frac{1}{2}$ pouce de hauteur, pour placer des barres d'épreuves; & en rangeant le fer dans le creuset, j'avois eu l'attention de faire passer par ces trous des bouts de barres qui sortoient de 8 pouces de longueur, pour pouvoir les tirer, & par-là juger des degrés de l'action de la cémentation. L'on éleva ensuite en briques les deux murs postiches qui fermoient le fourneau, en observant de pratiquer des carneaux vis-à-vis les éprouvettes; carneaux que l'on scelle en maçonnerie, pendant que le fourneau est en feu. Je laissai sécher un jour cette maçonnerie.

J'avois tenu registre des sortes & du poids des fers qui composoient chaque rang; il en étoit entré 3737 $\frac{1}{2}$ livres en 73 barres, avec 65 bouts & 2 filières de fer provenant de la filerie de Lod en Franche-Comté; enfin, 22 pieds cubes de poudre de cémentation.

Le cinquième jour d'août, à 5 $\frac{1}{4}$ heures du matin, je fis mettre le feu au fourneau, & l'on commença par un petit feu pour sécher les mortiers; le lendemain à pareille heure, le fourneau poussa beaucoup de vapeurs, & le feu prenoit déjà de l'intensité.

Le 9, à trois heures du matin, l'on s'est aperçu de la chute d'une brique, & vers minuit un arceau s'affaissa. Le 10, à six heures, cet arceau coula en mâchefer, & le fond du creuset s'ouvrit : il fallut cesser le feu. Cet accident a été occasionné par la qualité trop fondante des briques de Montbar & du mortier (1).

Lorsque le fourneau fut refroidi, on démolit tout l'intérieur ; la partie du fer qui avoit reçu immédiatement l'action du feu, par la rupture du creuset, occasionnée par la fusion des briques ferrugineuses qui composoient les arceaux, étoit très-endommagée, & l'acier qui s'étoit formé avoit été en plus grande partie détruit par le recuit qu'il avoit reçu ; mais la partie des barres qui n'avoit point cessé d'être entourée de ciment, étoit convertie plus des deux tiers, c'est-à-dire, qu'il restoit environ un tiers de fer au centre.

Je procédai promptement à la reconstruction d'un nouveau creuset ; je suivis l'avis de M. le Comte de Buffon, pour faire les arceaux en pierre de taille calcaire, puisqu'il ne devoit servir qu'une fois : on mit seulement des patins ou des bases de briques sous les arceaux, & le diaphragme fut fait de briques d'Ancy, n'ayant pas sous la main des pierres propres en suffisance. Le fond du creuset fut formé par des dalles de pierres de 5 pouces d'épaisseur, sur lesquelles on

(1) En 1780, pareil accident a manqué d'être très-funeste à la Manufacture de Neronville ; au huitième jour de feu, les mortiers du fourneau fondirent & formèrent une matière vitreuse, qui ruisselant de toutes parts, vint se réunir dans les chauffes, où il se forma une masse de plus de six milliers de verre très-massif. Heureusement que la cémentation étoit finie, & que cet accident n'endommagea point l'acier ; car il y en avoit plus de 73 milliers dans les creusets.

éleva les côtés avec des briques d'Ancy-le-Franc, liées avec du mortier composé de terre à faïance pulvérisée & tamisée, gâchée très-clair. Je fis donner 33 pouces de hauteur au creuset, & je le remplis de vingt-quatre lits de barres de fer, & de vingt-six lits de poudre de cémentation; il y entra $4070\frac{1}{2}$ livres de fer, faisant $7\frac{1}{3}$ pieds cubes, & 24 pieds cubes de poudre de cémentation; en total, $31\frac{1}{2}$ pieds cubes, quoique les dimensions du creuset, qui sont de 10 pieds 7 pouces de longueur, 12 pouces de largeur, & de 33 pouces de hauteur, ne donnent que $29\frac{1}{9}$ pieds cubes: en sorte que la cémentation a été diminuée de volume de $2\frac{2}{9}$ pieds, par la compression qu'on lui a donnée en enfournant. Elle a éprouvé encore une plus forte diminution par le tassement, qui est l'effet du feu, ainsi que nous le verrons plus bas.

J'observai les mêmes précautions pour cette fournée, comme dans la précédente. Tout étant prêt, les éprouvettes placées & les murs postiches finis le 22 août, je laissai le tout se raffermir le 23.

Le 24, à 5 heures du matin, on alluma le feu sur l'âtre, c'est-à-dire, sur le sol du cendrier, sans faire usage des landiers, afin de faire petit feu pour sécher & échauffer insensiblement le fourneau. Le lendemain matin on poussa le feu jusques vers le diaphragme du fourneau, toujours très-doucement avec trois à quatre buches de chêne par chaque bout, rangées le long du cendrier.

Pendant la nuit, le fourneau parut s'échauffer, particulièrement dans le milieu; l'odeur de corne brûlée se fit sentir, ce qui dénotoit que le feu commençoit à porter son action dans l'intérieur du creuset.

Le 26, à cinq heures du matin, je fis tiser sur les landiers; après avoir fait débraiser en partie le cendrier; les deux rangées supérieures des soupiraux

commencèrent à pouffer quelques vapeurs aqueuses; & dans le milieu du jour du 27, le feu prit une si grande intensité, que le diaphragme fondit en partie, ainsi que la base en brique des arceaux: les parties en pierres ne reçurent aucune atteinte; & quoique l'on ait retiré de dedans le fourneau quelques briques réduites, par la chaleur, en pâte molle, il n'en est résulté aucun accident qui ait porté préjudice au succès de l'opération.

Le même jour, vers les sept heures du soir, l'on sentit une légère odeur sulfureuse, qui provenoit des matières de la cémentation, quoiqu'elles ne continssent rien de sulfureux par elles-mêmes.

Le 28, à sept heures du matin, je tirai une éprouvette, qui me démontra que la cémentation n'avoit encore pénétré qu'au tiers de l'épaisseur du fer: mais quoique le bout de barre qui servoit d'éprouvette fut composé d'un fer très-nerveux & difficile à rompre, il étoit devenu très-cassant, tant la partie qui étoit déjà de bon acier, que la partie ferreuse.

Il avoit régné un vent très-violent, qui, refoulant sur la cheminée, avoit un peu ralenti l'activité du feu, ce qui avoit fait accumuler de la braise dans le cendrier, & fait pouffer par les soupiraux des vapeurs noires, qui avoient une odeur de foie de soufre: il fallut débraiser par les portes des landiers, & j'aperçus alors des gâteaux de masses vitreuses, qui me donnèrent de l'inquiétude; mais ne m'apercevant d'aucun dérangement, je continuai à pouffer le feu.

Quoique le 29 le vent eût gêné le feu, le fourneau étoit très-chaud, & ronfloit uniformément; les soupiraux cessèrent de pouffer des vapeurs noires & odorantes. Le feu se soutint très-bien par un tirage uniforme.

Le 30, à l'aurore, le vent vint encore nous contrarier. Je fis tirer à huit heures du matin une se-

sonde éprouvette, qui montra un beau grain uniforme, semblable à une belle fonte grise de fer, sans apparence de partie ferreuse. Cet acier chauffé cerise, se forgeoit bien; chauffé blanc, avant d'avoir été forgé, il éclatoit sous le marteau; mais après l'avoir traité doucement, il a subi les chaudes suantes, s'est bien soudé. J'en ai fait faire un ciseau à froid, qui enlevait des copeaux de fer, sans grainer, ni refouler.

A dix heures du même jour, j'ai tiré une troisième éprouvette, qui étoit entièrement convertie en acier d'un grain uniforme; & comme les dimensions de cette barre étoient un peu plus foibles que la majeure partie de celles qui étoient soumises à l'effet de la cémentation, j'ai fait continuer le feu jusqu'à sept heures du soir.

Le feu a duré continu six jours & treize heures, dont trente-sept heures de petit feu, un jour de feu moyen, & quatre jours d'un feu très-vif.

L'on a consommé douze cordes de bois de 8 pieds de couche & de 4 pieds de hauteur, les buches de 28 pouces, ce qui fait seize voies de Paris, tant en chêne que hêtre, frêne & tremble, avec cent cinquante fagots de peuplier, qui ont produit 9 pieds cubes de cendres passées, pesant 37 livres le pied cube: au total, 333 livres, en négligeant les cendres provenant des fagots pour celles qui ont pu être mêlées dans les décombres & celles qui ont été entraînées dans la cheminée par le torrent de la ventilation. Il auroit fallu près de 100 pieds cubes de bois, tant plein que vuide, pour donner un pied cube de cendres, & la voie ne donneroit que $29\frac{1}{2}$ livres de cendres.

Le lendemain 31 août, j'ai fait démolir les murs postiches du fourneau encore rouge, afin de refroidir le creuset, lequel s'étoit affaissé de 3 pouces au couchant & de $2\frac{1}{2}$ pouces au levant, par la fusion

des mortiers qui lioient les briques : mais comme cette fusion s'étoit opérée lentement & successive-ment, les briques s'étoient resserrées & soudées l'une sur l'autre, ce qui avoit empêché le creuset de prendre de l'évent par les parties latérales, à l'exception du bord supérieur au couchant, où il y avoit une légère ouverture, qui avoit donné lieu à une dépression de 2 pouces $\frac{1}{2}$ de la cémentation qui s'étoit consommée. Le fer qui s'y trouvoit n'étoit point ardoisé comme l'autre ; il étoit rougeâtre, & cette partie étoit redevenue fer à l'extérieur par le recuit.

La voûte supérieure étoit considérablement endommagée par l'effet de la chaleur ; plusieurs briques s'en étoient détachées, & elle s'est surbaissée de 8 pouces dans plusieurs endroits où les mortiers s'étoient fondus.

Les tuyaux de fonte de fer qui servoient de passage à la flamme, avoient éprouvé plusieurs sortes de dégradations ; l'ouverture des trois du centre s'étoit considérablement resserrée par le gonflement de la fonte qui s'étoit calcinée. Une partie étoit réduite en colcotar ; l'autre, & c'étoit la majeure, étoit décomposée en une espèce de laitier fragile & tessulaire, dont les feuilles formées successivement, avoient diminué considérablement le diamètre de l'orifice de ces tuyaux.

Les deux des bouts étoient calcinés en partie comme les précédents ; mais il s'en étoit fondu une portion considérable, qui étoit tombée en nature de régule sur la couche du sable du creuset, & l'avoit même pénétrée.

Les côtés intérieurs du fourneau, formant la chemise, avoient poussé intérieurement, & par conséquent avoient resserré les événements qui donnent passage à la flamme. Cet effet procédoit, d'un côté, du ramollissement des briques par l'action du feu ; de l'autre,

par l'effet de l'expansibilité des vapeurs, qui, agissant par une force centrifuge dans le massif des murs, se portoit également du côté des paremens extérieurs de la maçonnerie en pierre de taille, laquelle, par sa masse & son poids, opposoit une résistance supérieure à l'effort, repoussoit l'effet contre le mur intérieur, dont les briques ramollies cédoient à la puissance.

Cependant il se fit le cinquième jour du feu, à la face extérieure du fourneau, une petite lézarde, d'où il sortoit une vapeur légère, dont une partie condensée suintoit une eau limpide.

Après quatre jours de refroidissement, je fis démolir le 3 septembre, les bouts du creuset, pour en tirer l'acier, qui étoit encore assez chaud pour que les ouvriers fussent obligés de se servir d'enveloppes.

Le sable vitrescible qui couvroit le creuset s'étoit agglutiné en une masse blanche, grenue & crySTALLINE, qui formoit une espèce de granit artificiel. Cette couverture s'étoit foiblement dérangée : elle étoit seulement crevassée dans quelques endroits. La masse totale du fer & du ciment s'étoit surbaissée de près de 2 pouces, lesquels, joints aux 2 $\frac{1}{2}$ pouces de tassement du creuset, formoient en tout une dépression totale de 4 $\frac{1}{2}$ pouces sur toute la capacité du creuset, ce qui fait près de 4 pieds cubes ou $\frac{1}{6}$ de la poudre de cémentation employée ; mais cette perte de la cémentation est produite par plusieurs causes, soit naturelles, soit accidentelles, lesquelles présentent différens phénomènes, qui méritent attention.

La suie & les matières animales qui entrent dans la cémentation, ne sont pas réduites à l'état charbonneux parfait qu'elles acquièrent pendant la cuite de l'acier ; cet effet qu'elles subissent les diminue de volume, première cause de tassement.

Lorsque des substances de diverse nature, combi-

nées dans une même masse, sont exposées au feu, elles subissent l'effet de la réaction que leurs parties constitutives ont l'une sur l'autre; il en résulte une pénétration qui en diminue le volume & en augmente le poids spécifique : seconde cause physique de diminution.

Une troisième cause, qui est accidentelle, procède de l'évent produit, tant par les crevasses légères de la couche de sable qui couvre le creuset, que par l'ouverture formée à l'un de ses bouts par la fusion des mortiers; en sorte que la portion de cémentation qui avoit communiqué avec le feu extérieur combiné avec l'air atmosphérique, s'étoit en partie consommée.

Enfin, une quatrième cause procède de la nature calcaire de la pierre poreuse du fond du creuset, laquelle a consommé en partie la poudre de cémentation d'une part, & de l'autre en a détruit l'effet par sa propriété opposée à celle de la cémentation : en sorte que les barres du fond, qui, après l'opération, touchoient la surface intérieure de cette pierre, y étoient adhérentes; & cette surface étoit redevenue fer, tandis que celle opposée, couverte de cémentation, étoit de très-bon acier.

Afin de ne pas nous distraire des différens objets qui doivent fixer actuellement notre attention, nous réservons à la fin de ce Mémoire des réflexions & des observations qui pourront servir de règle aux particuliers qui voudroient élever des Manufactures d'acier par cémentation, dans la construction des fourneaux destinés à cette opération.

Je reviens à l'acier, qui est le principal objet des vues du Gouvernement, & conséquemment de ce Mémoire.

Je fis tirer le 4 septembre tous les fers cémentés du creuset, & ayant l'inventaire à la main, j'en re-

connus les numéros, pour faire ranger chaque sorte sous son numéro particulier, & ensuite je les fis peser séparément. Le poids total se trouva de $4131\frac{1}{2}$ livres; ils pesoient bruts, avant la cémentation, $4070\frac{1}{2}$ liv. Il y a donc une augmentation de 61 livres, qui donne par quintal 1 livres 7 onces 4 gros 71 grains moins $\frac{20}{8623}$. Cet accroissement de poids pouvoit procéder en partie de quelques parcelles de matières charbonneuses de la cémentation, attachées à la surface des barres; & pour constater précisément l'accroissement de poids que produit la cémentation, dans une expérience subséquente j'ai soumis à la cémentation 509 livres de barres de fer écurées, pour en enlever la rouille: elles ont été de même écurées après la cémentation, pour enlever la matière charbonneuse; & après en avoir reconnu le poids, il s'est trouvé $6\frac{1}{2}$ livres d'excédent, ce qui donne par quintal 1 livres 4 onces 6 gros $28\frac{4}{5}$ grains d'augmentation, qui ne peut être attribuée qu'à la quantité du principe qui s'incorpore dans le fer, & le convertit en acier; principe qui en augmente non-seulement le poids, mais encore le volume, de $10\frac{1}{2}$ lignes juste par 100 pouces de longueur des barres, indépendamment des soulèvemens de l'étoffe du fer, qui forment des ampoules dont il fera question.

Nous nous étendrons beaucoup plus au long sur ces points de Physique, dans le Traité complet de l'Acier que nous nous proposons de publier incessamment; nous y donnerons des résultats d'expériences faites sur des masses de 80 milliers de fer cémentés à-la-fois.

Comme il nous restoit $941\frac{1}{2}$ livres de fer brut, que le fourneau de Buffon ne pouvoit servir à une troisième opération, sans y faire des réparations notables, qui auroient exigé beaucoup de temps, & que nous desirions varier l'opération; nous avons

fait transporter à la Manufacture de Néronville ces fers , qui ont été joints avec 440 liv. , provenant des Forges du Berry , appartenantes à M. le Duc de Charost , & qui sont arrivés trop tard pour être cémentés à Buffon. Tous ces fers ont été cémentés avec ceux de la journée de décembre 1780 , dans un creuset séparé & distingué de ceux de la Manufacture.

Lorsque l'acier fut pesé , je séparai tous les bouts pesant 582 livres , que j'envoyai au martinet de la petite forge du Buffon , pour le fuer , le fonder & l'étirer en barrettes ; l'on y employa 45 pieds cubes de charbon de bois. Cet acier brut a produit :

» En acier bon , propre à travailler .	503 liv.
» En rebuts , de celui qui n'a pas bien foudé.	15
» Et en déchets consommés.	64
» Total du poids de l'acier brut. .	<u>582 liv.</u>

Comme je me suis apperçu que le Martineur de Buffon n'avoit pas l'usage de travailler l'acier , & que l'ordon n'étoit pas favorablement disposé pour cette opération , je me déterminai à faire transporter 3650 liv. d'acier brut à Néronville , pour y être fabriquées en acier commercable sous différens calibres , par des Ouvriers au fait & outillés convenablement.

Les fers que je fis cémenter à Néronville en octobre 1780 , éprouvèrent des variétés dans leur cémentation , comme ceux que j'avois cémentés à Buffon , & ce en raison de leur qualité intrinsèque & de leurs dimensions. L'on verra dans le tableau suivant , les qualités , les défauts & les variétés qui les caractérisent , & les différentes sortes de mines qui les ont produits.

Nous avons ajouté au tableau, 1°. une sorte de fer sous le n° 13, provenant d'un mélange des fers des dix premiers numéros, dont j'avois coupé les bouts, qui avoient été exposés à l'action immédiate du feu, lors de l'accident arrivé au creuset le 9 août. Ces bouts, pesant 130 liv., ont été mis à l'affinerie pour les corroyer ; l'on en a tiré deux barres, pesant 105 livres ; ce qui donne 25 livres de déchet, à cause des parties calcinées avant cette opération.

2°. Une barre de fer de Sibérie, que nous nous étions procurée, & dont les Ouvriers ont mêlé l'acier fabriqué avec les fers de Suède.

3°. Du fer de Pêmes en Franche-Comté, que la Manufacture de Nérônville avoit fait venir par essai.

Nous avons fixé à 50 l'effort nécessaire pour rompre le fer le plus cassant, & à 200 le dernier terme de la force de ceux que nous avons éprouvés. Nous n'assurons pas que ces degrés soient assignés avec une précision rigoureusement mathématique ; nous n'avions pas à notre disposition des instrumens propres à reconnoître la force précise de chaque fer : nous ne l'avons reconnue que par les coups de masse plus ou moins multipliés qu'ils ont exigés pour les rompre sur le casseur ; & comme, dans toutes les espèces, nous en avons trouvé de plus ou moins résistans, nous avons toujours pris pour base ceux qui ont exigé le plus d'effort dans chaque sorte. L'on doit faire attention aussi que, dans le cours d'une longue fabrication, il y a des variétés qui nuancent la qualité des fers, & la changent même presque totalement. Des veines de minéral, des qualités de charbon, l'intelligence & l'attention des Ouvriers y concourent.

Nous avons pensé qu'il étoit nécessaire de donner d'abord le détail de toutes les opérations successives de la cémentation, avant d'entrer dans l'analyse des

différens fers employés, des modifications qu'ils ont reçues, & de la qualité de l'acier qui est résulté de chacun de ces fers, afin de donner plus de liaison à nos observations; & quoique nous les ayons détaillées dans ce Mémoire, nous les avons réunies dans le tableau que nous avons annoncé, lequel concentre sous un coup-d'œil:

- 1°. La série des fers que nous avons employés.
- 2°. Le caractère des mines qui les ont produits.
- 3°. Les marques caractéristiques & distinctives de chaque espèce de fer.
- 4°. Les Provinces d'où ils ont été tirés.
- 5°. Le nom des Forges dans lesquelles ils ont été fabriqués.
- 6°. Le nom de MM. les Propriétaires ou des Maîtres de ces Forges.
- 7°. Les dimensions de l'échantillon de ces fers en largeur & épaisseur.
- 8°. La contexture de chacun.
- 9°. La qualité particulière de chacun, avec une estimation de leur force.
- 10°. Le déchet que ces fers ont éprouvé en les corroyant, pour en réduire une portion sous la forme de carillons d'une dimension propre pour des expériences ultérieures.
- 11°. Les effets extérieurs de la cémentation.
- 12°. L'altération de leur contexture par la cémentation.
- 13°. Le jugement qu'en ont porté les Ouvriers dans le corroiement des aciers-poule, pour les convertir en acier commercable dans le martinet de Buffon.
- 14°. De même dans la forge de Néronville.
- 15°. Les essais qui en ont été faits par le sieur Langlois, Coutelier, & son avis.
- 16°. De même, celui du sieur Perret.
- 17°. Enfin, nos observations particulières.

Quoique nous ayions formé ce tableau par extrait, il est d'une trop grande étendue pour tenir place dans ce Mémoire, ce qui nous détermine à le développer ici.

Examen des différentes sortes de Fers qui ont été soumis aux expériences de la cémentation, des différens rapports qu'ils ont entr'eux, des modifications qu'ils ont éprouvées, tant avant qu'après leur cémentation & leur conversion en acier commercable, avec l'avis des Ouvriers qui en ont fait les essais.

No. 1^{er}. Fer de Suède, marqué S. I. D.

Nous ne connoissons pas le caractère particulier des mines qui ont produit ce fer, parce que nous n'avons point su de quelle Province de Suède il avoit été tiré.

Les barres de ce fer assez bien fabriqué, quoique pailleux, avoient $18 \frac{3}{4}$ lignes de largeur sur $6 \frac{1}{2}$ lig. d'épaisseur; il montrait à la cassure moitié grain fin brillant & moitié nerf blanc, rompant avec effort, sans arracher, forgeant bien à chaud & à froid, pailleux, ferme à la lime. Nous l'estimons à 175 degrés de force; il a perdu 9 pour $\frac{1}{10}$ de déchet dans le corroyement.

Les barres de ce fer, en sortant de la cémentation, étoient très-boursoufflées de bulles rondes de moyenne grosseur, & couvertes d'un vernis bleu azuré; le nerf avoit disparu, & étoit remplacé par un gros grain lamelleux & brillant; il avoit perdu plus de 150 degrés de sa force.

Lorsque cet acier-poule a été corroyé & forgé au martinet de Buffon, il s'est montré un peu vif, cependant forgeant & soudant bien; un grain fin, cendré au centre, blanc & brillant au contour; des parties homogènes, d'autres filandreuses, d'autres ferreuses avec des pailles.

A Néronville, cet acier a paru vif, chauffant, sec, facile à forger, soudant bien, plein, homogène, grain fin, sombre, d'une trempe très-dure, cassant en flûte avec des miettes.

Le sieur Langlois l'a trouvé vif, sec, craignant le feu, pailleux, dur à la trempe, d'un grain très-fin, uniforme.

Le sieur Pertet l'a jugé chauffant & soudant à volonté, doux au marteau, dur à la trempe, d'un grain fin avec quelque brillant, ayant des pailles & des filandres.

Observations particulières. La disparité des essais procède des nuances qui se trouvent dans une même barre d'acier. La pâte de celui-ci est généralement bonne : son étoffe est défectueuse, sa vivacité est le défaut de tous les aciers fins ; ils perdent insensiblement cette vivacité, par l'intelligence de l'Ouvrier. Les défauts de son étoffe proviennent de ceux de la fabrication primitive du fer ; il demande une cémentation modérée.

N^o. II. *Fer d'Espagne, venant de Bilbao, sans marque.*

Nous ne connoissons pas la nature des mines qui ont produit ce fer : il étoit en applati ; nous l'avons fait corroyer, pour le réduire en barres : il s'est montré cassant, crevant, & très-difficile à forger à chaud, très-facile à froid, & de la plus grande ténacité.

Sa pâte étoit composée de $\frac{1}{4}$ grain fin gris, $\frac{3}{4}$ nerf cendré rembruni, rompant avec le plus grand effort, & en arrachant de loin, doux à la lime, assez mal fabriqué, ayant des pailles & des gerçures. Nous estimons sa force à 190 degrés : il a perdu au corroi 6 pour $\frac{2}{3}$.

Ce fer étant sorti de la cémentation, étoit couvert de beaucoup de bulles rondes, larges & élevées ; son

son vernis étoit bleu , moins haut en couleur que celui de Suède ; son grain moyen , lamelleux , divisé par des soufflures.

Cet acier-poule , travaillé au martinet de Buffon , s'est trouvé très-facile à chauffer , à forger & à souder ; sa pâte pleine , homogène , d'un grain fin , gris-sombre , dur à la trempe.

A Néronville , il s'est travaillé avec la plus grande facilité , soudant parfaitement , d'une pâte homogène , d'un grain fin , gris , uniforme , quelques pailles & filandres dans son étoffe , d'une moyenne dureté à la trempe , cassant net en flûte.

Le sieur Langlois l'a qualifié d'excellent acier superfin , se chauffant & soudant bien , dur à la trempe , d'un grain très-fin , uniforme.

Le sieur Perret , qui n'a pas porté la même attention que le sieur Langlois pour distinguer la différence de ces aciers , a confondu ce n^o avec neuf autres , qu'il dit se chauffer & souder à la volonté de l'Ouvrier , doux au marteau , dur à la trempe , d'un grain fin , pas toujours égal , ayant des filandres & des cendrules.

Observations. La pâte de ce fer d'Espagne est une des plus propres à faire des aciers de haute qualité : on desireroit un peu plus de netteté dans son étoffe ; il demande une cémentation active , & d'être trempé rose pour lui donner de la dureté.

N^o. III. *Fer de la Forge de Gincla en Languedoc , timbré d'une cloche , appartenante à M. DE RIVALZ.*

Ce fer a été travaillé à la Catalane , avec des mines spathiques blanches & brunes ; des hémarites rouges & brunes , mêlées d'une terre vitrescible.

Les barres avoient $26 \frac{3}{4}$ lig. de largeur & $6 \frac{1}{3}$ lig. d'épaisseur.

La pâte étoit composée de très-peu de grain fin & gris : tout le reste étoit nerf blanc, rompant avec beaucoup d'effort, en arrachant & de loin; forgeant très-bien à chaud & à froid, doux à la lime, mal fabriqué, ayant des pailles. Nous estimons sa force à 200 degrés : il a perdu $6 \frac{1}{10}$ pour $\frac{2}{3}$ au corroi. Ce fer avoit déjà été repassé au martinet dans la forge, parce que la première fabrication dans les Forges Catalanes est ordinairement très-défectueuse.

Ce fer, au sortir du creuset de la cémentation, a montré des pailles : il étoit couvert de grosses bulles plates, éloignées les unes des autres; sa surface étoit d'un bleu-foncé rembruni.

Cet acier-poule, passé au martinet de Buffon, s'est trouvé vif au feu, exigeant des ménagemens pour le forger & le soudier; d'une pâte homogène, d'un grain fin uniforme, d'une étoffe filandreuse.

A Néronville, il a été trouvé sensible au feu, difficile à forger, soudant bien en le ménageant, d'une pâte égale, ayant du corps, d'un grain fin, gris uniforme, d'une étoffe pailleuse & filandreuse, cassant inégalement.

Le sieur Langlois juge cet acier se chauffant facilement, très-dur au marteau, cependant se soudant très-bien, ce qui n'est pas ordinaire. Cela prouve qu'il a beaucoup de corps; il se trempe dur à une douce chaleur, se dépouille bien, montre un grain fin & égal, & est propre à faire de bons tranchans.

Le sieur Perret le confond avec le précédent n°.

MM. Bernières & Duviviers, Graveurs des Monnoies, ont fait faire des coins de cet acier; quatre ont parfaitement réussi, un s'est brisé à la trempe, un autre s'est éclaté sous le balancier, après quelques jours de service.

Observations. Ce fer, que je considère comme la première qualité de France dans son état de fer,

donne un acier très-fin, qui a du corps & du ressort, qualité très-recherchée : il ne lui manque qu'un peu plus de propriété, qu'il seroit facile de lui donner en soignant plus sa fabrication. Sa vivacité n'est qu'un défaut accidentel dont on peut le corriger.

N^o. IV. *Fer de la Forge de la Combe, envoyé par M. LA GUERRE, Maître de Forge dans le Comté de Foix, marqué des trois lettres F. I. S.*

Ce fer est fabriqué à la Catalane comme le précédent, avec des mines à-peu-près de même caractère (1); les barres avoient 27 lignes de largeur sur $6\frac{3}{4}$ lignes d'épaisseur, composées de $\frac{1}{3}$ de grain fin, mêlé de $\frac{2}{3}$ nerf blanc, rompant difficilement & en arrachant, forgeant bien à chaud & à froid, ferme à la lime, médiocrement fabriqué, ayant des pailles. Nous estimons sa force à 180 degrés : il n'a perdu que $4\frac{3}{4}$ pour cent au corroi.

Après la cémentation, ce fer étoit couvert de bulles oblongues de moyenne grosseur ; son vernis étoit bleu clair ardoisé ; son grain petit, uniforme, lamelleux & brillant.

Cet acier-poule, corroyé à Buffon, s'est trouvé facile à chauffer, soudant bien avec attention, doux au marteau. Quoique la pâte ne fût pas entièrement homogène, le grain en étoit fin, uniforme, ayant une tache noire au centre, son étoffe filandreuse, prenant une dureté moyenne à la trempe.

(1) Je dois au zèle dont M. de Saint-Sauveur, Intendant du Roussillon, donne des preuves dans toutes les occasions qui se présentent d'exciter l'émulation dans les Arts de son département, les fers de la Combe & de Gincla. Ce n'est pas la seule obligation en ce genre, dont je doive à ce Magistrat un hommage de reconnoissance.

A Néronville, il s'est montré sensible au feu, exigeant au forgeage, d'un grain fin, gris, d'une pâte homogène, d'une étoffe pailleuse, d'une trempe dure, & cassant irrégulièrement avec des miettes.

Le sieur Langlois s'exprime ainsi : « Cet acier ne » craint pas le feu ; il se chauffe sans griller, soude » facilement, se dépouille bien à la trempe, & y » prend beaucoup de dureté : son grain est très-fin » & uniforme ; il est propre, comme le précédent, » à faire de bons tranchans. Le couteau que nous en » avons fait, a un très-bon tranchant, montre quel- » ques filandrures & des pailles.

Le sieur Perret ayant essayé un premier morceau, l'a trouvé réfractaire, & ne pouvant se chauffer, suant sans se décomposer ni éclater sous le marteau. Un second morceau s'est montré plus ductile, d'un grain fin, dur à la trempe, ayant des pailles & des veines.

Observations. Ce fer a été fabriqué comme le précédent, par liquation, à la Catalane ; mais il n'est pas d'une pâte aussi égale, ce qui a donné lieu à la variété qu'il a montrée dans les essais. Il est cependant susceptible d'être converti en très-bon acier, lorsque l'on en soignera plus la composition de l'étoffe, pour le rendre plus net.

N°. V. *Fer marqué A. R., provenant de la Forge d'Articole dans les Alpes du Dauphiné, appartenante à M. DE LA MORLIÈRE.*

Ce fer a été travaillé à l'Italienne, avec des mines spathiques blanches & brunes tirées de la montagne noire, partie en rives, partie en maillat, & partie décomposées.

Les barres avoient $26 \frac{1}{2}$ lignes de largeur sur 8 d'épaisseur ; il montrait à sa fracture $\frac{1}{3}$ grain fin & brillant, & $\frac{2}{3}$ nerf blanc, rompant avec beaucoup d'effort en arrachant de loin. Il s'est trouvé dans plusieurs

barres quelques parties acièreuses cantonnées dans la pâte du fer.

Il forgeoit très-bien à chaud & à froid, bien fabriqué & mal paré, parce que, dans les forges à l'Italienne, l'on ne contreforge pas; que l'on étire toujours en travers, & jamais de long, & que l'on ne pare pas. Nous estimons sa force à 190 degrés: il a perdu $\frac{1}{2}$ au corroi.

Le fer de Dauphiné est sorti de la cémentation chargé de beaucoup de grosses bulles plates & oblongues, dispersées dans l'étendue des barres qui étoient vernies en bleu ardoisé; son grain étoit petit, lamelleux, uniforme, traversé de quelques gerçures.

Cet acier-poule, corroyé à Buffon, a chauffé & soudé facilement, a pris de la dureté à la trempe & un grain fin, ayant un peu de nerf ferreux, avec des filandres & des cendrules.

Les Ouvriers de Néronville l'ont trouvé facile à travailler, prenant de la dureté à la trempe & un beau grain gris-sombre, montrant des parties ferreuses & des filandres, cassant net.

Le sieur Langlois dit qu'il grille un peu au feu par cantons, & qu'il se soude difficilement; qu'il se dépouille bien, & feroit de bons tranchans.

Le sieur Perret a trouvé au contraire que cet acier étoit doux au marteau; chauffoit & soudoit facilement; qu'il prenoit un beau grain & de la dureté à la trempe; qu'il étoit plus net que les n^{os} précédens & les suivans, excepté le n^o X.

Observations. Le fer du Dauphiné est travaillé à l'Italienne, *mazéré* & *pati*; il est très-propre à faire un bon acier. La vivacité que le sieur Langlois y a trouvée est un accident qui ne doit point tirer à conséquence, & procède de ce que le morceau qu'il a éprouvé, avoit souffert deux fois la cémentation. L'on sait que les fontes du Dauphiné ont une très-

grande propriété à être converties en acier, & qu'il y a dans cette Province vingt-huit Acieries, qui ne sont alimentées qu'avec les fontes procédant des mines spathiques des Alpes Françoises & Savoyardes. Au surplus, si cet acier a paru avec des veines ferreuses, c'est que le fer avoit été fabriqué sous une trop forte épaisseur. Celui que le sieur Langlois a éprouvé, n'avoit point de nerf, parce que la cémentation avoit été non-seulement complète, mais même trop continuée.

N^o. VI. *Fer marqué F., provenant de la forge de Lodou Franchs - Comté, appartenante à M. FLEURS l'aîné.*

Ce fer a été travaillé à la manière Allemande, en renardière, avec des mines d'alluvion en pisolite des bords de la Saône, dans la terre calcaire.

Les barres avoient $27 \frac{1}{3}$ lignes de largeur & $7 \frac{1}{2}$ d'épaisseur bien fabriqué & bien forgé; la pâte étoit composée de $\frac{1}{4}$ de grain fin gris, & $\frac{3}{4}$ nerf cendré, rompant difficilement en arrachant de long, se forgeant bien à chaud & à froid, un peu dur à la lime. Nous estimons la force à 170 degrés: il a perdu $7 \frac{1}{2}$ par $\frac{2}{3}$ au corroiement.

Ce fer est sorti du creuset de cémentation couvert de beaucoup de petites bulles semées dans l'étendue des barres, dont les surfaces étoient de couleur bleue ardoise; son grain étoit fin, plein, uniforme, de couleur cendrée.

Il s'est montré, à Buffon, vif, difficile à forger, ayant un grain blanc & brillant, avec un peu de nerf ferreux.

A Néronville, on a trouvé qu'il craignoit le feu, qu'il foudoit difficilement, dur à la trempe, d'un grain fin, gris mêlé de plus gros & brillant, ayant des veines ferreuses, & cassant en flûte.

Dans la seconde opération, le sieur Langlois dit que cet acier chauffe chaud; qu'il soude bien & facilement; qu'il se trempe dur à un foible degré de chaleur; qu'il ne se dépouille pas net; que sa pâte est composée d'un grain très-fin, uniforme, homogène; qu'il a les propriétés du n^o IV, pour faire de bons tranchans; & au surplus, qu'il est propre à faire des ressorts.

Le sieur Perret l'a mis au nombre des dix n^{os} qui se chauffent & se soudent à volonté, qui prennent une bonne dureté à la trempe & un grain fin.

Les deux filières qui ont été cimentées n'ont pas été entièrement converties en acier, parce qu'elles étoient beaucoup trop épaisses; elles provenoient de ce fer, & étoient destinées pour la Tréfilerie de Lod.

Observations. Il ne manque à ce fer que plus de netteté dans son étoffe, pour faire un excellent acier; il exige une cémentation qui ne soit pas trop active, mais qui soit long-temps continuée. L'acier-poule qu'il a produit a eu d'abord beaucoup de vivacité, mais il l'a perdue dans le corroi, & est devenu facile à forger: il réunit deux grandes propriétés, la dureté & le ressort.

N^o. VII, *marqué B. F., envoyé par M. GRANDIER, Maître des Forges de Belfort en Alsace.*

Ce fer a été fait à la méthode Vallone ou Francoise, avec des mines en hématites brunes, rouges & noires, dans une terre vitrescible & argilleuse.

Les barres étoient forgées sur $27 \frac{1}{2}$ lignes de largeur & $7 \frac{3}{4}$ d'épaisseur, forgeant bien à chaud & à froid.

Sa pâte est composée de $\frac{1}{3}$ de grain fin gris, & de $\frac{2}{3}$ nerf cendré, rompant difficilement en arra-

chant de loin, un peu dur à la lime, son étoffe bien fabriquée & pleine. Nous l'estimons à 170 degrés de force; il a perdu $5\frac{4}{7}$ par $\frac{2}{3}$ au corroi.

La cémentation a couvert ses surfaces de bulles nombreuses très-petites, les a colorées d'un bleu ardoise, & a changé sa chair en un petit grain lamelleux, uniforme & cendré.

L'acier-poule a paru, au travail de la forge de Buffon, vif au feu & au marteau, ne soudant qu'avec précaution; sa pâte étoit homogène, & son étoffe quelquefois filandreuse.

Quoiqu'il ait montré à Néronville quelques parties vives, il s'est en général bien manipulé & a bien soudé; la trempe lui a donné de la dureté, & un beau grain fin gris blanc, cassant inégalement.

Le fleur Langlois dit: » Cet acier ne craint pas le » feu; il est plus dur au marteau que les précédens, » soude assez bien, se dépouille entièrement à la » trempe qui lui donne un grain fin & uniforme, » surpasse en qualité le n° IV, est égal au n° II, » & pourroit être comparé au meilleur acier d'Angle- » terre, s'il étoit aussi net; mais le couteau qui en » a été fait, montroit des filandres; un burin formé » de cet acier entamoit l'acier, sans grainer, ni re- » fouler. «

Le fleur Perret l'a confondu avec les dix n°s qui se forgent & soudent bien.

Observations. Ce fer n'est pas d'une qualité égale; l'un est presque tout nerf & l'autre tout grain, ce qui occasionne de la disparité dans les essais de son acier, qui a beaucoup de corps. Ce fer soutient une cémentation active; il donne un acier d'une excellente pâte & d'un beau grain: on n'y desireroit dans l'étoffe que la netteté nécessaire pour les ouvrages de la coutellerie & de bijouterie, perfection qu'il seroit possible de lui donner en soignant sa fabrication.

N^o. VIII, *marqué d'un trèfle. Fer de la Forge de Clavières en Berry, envoyé par M. CARROYON.*

Ce fer a été fabriqué à la Vallone, c'est-à-dire, en affinerie plate, avec des mines en pisolites dans la terre calcaire. Les barres avoient $25 \frac{1}{6}$ ligne de largeur & 6 lignes d'épaisseur; il montrait à la fracture $\frac{1}{5}$ petit grain, plat, brillant, & $\frac{2}{3}$ de nerf médiocre cendreau, rompant de court par un premier effort, forgeant passablement à froid & à chaud, doux à la lime & au marteau. Il étoit fort mal fabriqué. Nous estimons sa force à 150 degrés: il a perdu $7 \frac{2}{3}$ pour $\frac{1}{2}$ au corroiement.

La cémentation a fait élever à ses surfaces quelques bulles petites & rondes, mêlées de plus grosses plates, & les a vernies d'une couleur bleue ardoise, mêlée de traits azurés; sa pâte étoit composée d'un grain fin sombre, & son étoffe est devenue pailleuse & fendillée.

Cet acier-poule travaillé à Buffon, a chauffé sec, & s'est forgé assez facilement: il n'a pas pris une trempe très-dure: son grain étoit moyen, blanc, & son étoffe filandreuse & pailleuse.

Les Ouvriers de Néronville l'ont trouvé facile à chauffer, à forger & à soudier, d'une moyenne dureté, d'un grain fin, inégal & brillant; son étoffe étoit ferreuse & pailleuse, cassant net.

Le fleur Langlois l'a jugé inférieur au n^o VII, tenant le milieu entre les n^{os} IV & V, soutenant bien les chaudes grâffes, forgeant & soudant bien, ne se dépouillant pas à la trempe, d'un grain fin égal, & d'une étoffe pailleuse & filandreuse.

Le fleur Perret l'a confondu, comme le précédent, avec les dix n^{os} qui se forgeoient & se soudoient à volonté, prenant une bonne dureté à la trempe, & d'un bon grain, avec des points brillans.

Observations. Quoique la pâte de ce fer soit susceptible d'être convertie en acier fin, son étoffe est trop désunie pour espérer d'en faire de bel acier. Il est difficile de saisir son point de cémentation, puisqu'il a pris de la vivacité, quoiqu'il contienne encore des parties ferreuses.

Nous en avons essayé d'une autre forge de cette Province, qui a été beaucoup plus vif, & dont il n'a pas été possible de lier la pâte par le forgeage. Ce dernier fer provenoit des Forges de M. le Duc de Charost.

N^o. IX. *Fer marqué 3 N. de la Forge de Longuion dans les Evêchés, appartenante à Madame HARDI.*

Ce fer, fabriqué à la Vallone, est produit par des mines d'alluvion en pierres hématites jaunâtres, en oolites & en greluches dans la terre calcaire. Les barres avoient $27 \frac{1}{2}$ lignes de largeur, & $7 \frac{1}{10}$ lignes d'épaisseur.

Sa pâte est composée de $\frac{1}{3}$ grain rond & mat, & de $\frac{2}{3}$ nerf gris-cendré, rompant avec effort & déchirement, forgeant bien à chaud & à froid, ferme à la lime, dur au marteau. Il étoit très-bien fabriqué. Sa force a été estimée 175 degrés : il a perdu $6 \frac{2}{3}$ au corroiement.

Ce fer est sorti du creuset de cémentation couvert de bulles élevées & oblongues, de médiocre grosseur, mêlées de plus petites ; sa couleur étoit bleue-ardoisée ; son grain étoit fin, lamelleux & brillant, sans pailles ni gerçures.

Cet acier-poule, travaillé à Buffon, s'est trouvé facile à chauffer, à forger & à souder, d'un grain fin, égal, un peu blanc, dur, d'une pâte homogène, & d'une étoffe pleine & unie.

A Néronville, de même son grain étoit un peu

plus gris, avec quelques veines ferreuses, dur & cassant net.

Le sieur Langlois l'a trouvé plus difficile à chauffer & à fonder que le n^o VIII, dur au marteau, se découvrant à la trempe, qui lui donne un grain fin, dur, ayant des pailles & des filandres.

Le sieur Perret l'a confondu avec les dix n^{os} qui forgent & soudent bien.

Observation. Ce fer est un des mieux fabriqués, & donne un très-bon acier; il prend difficilement la cémentation; il faut qu'elle soit vive par son action, & poussée modérément; il est facile d'en saisir le point de saturation; son acier est ferme, dur & élastique.

N^o. X. *Fer marqué R. & E. de la Forge d'Ecot en Champagne, envoyé par M. MICHEL, Maître de cette Forge.*

Ce fer, fabriqué à l'Allemande, avec des mines d'alluvion, dites mines en roche; ce sont des hématites brunes & rousses, mêlées d'oolites dans la terre calcaire. Les barres avoient $27 \frac{1}{3}$ lignes de largeur, & $7 \frac{1}{6}$ d'épaisseur, forgeant bien à chaud & à froid. L'étoffe de ce fer étoit composée de $\frac{1}{3}$ de grain rond & gris, & de $\frac{2}{3}$ nerf cendré, rompant avec effort & déchirement. Quelques barres se sont trouvées composées entièrement d'un grain plat & brillant. Ce fer, très-bien forgé, étoit dur au marteau & à la lime: il a été estimé 145 degrés de force, & a perdu $7 \frac{1}{12}$ pour 0 au corroiement.

Après la cémentation, les barres ont paru médiocrement couvertes de petites bulles rondes & élevées, colorées en bleu-ardoisé; son grain étoit petit, lamelleux, sombre, sans paille ni gerçures.

Il s'est travaillé à Buffon avec beaucoup de facilité;

son grain étoit très-fin, blanc-mat dans le contour, gris au centre; la pâte homogène & un peu cendreuse, d'une étoffe unie.

Il a été trouvé à Néronville, facile à chauffer, difficile à souder, d'un grain fin gris, cendreur, dur à la trempe & cassant sec.

Le sieur Langlois a trouvé que cet acier craignoit le feu, qu'il soudoit cependant assez bien; qu'il se dépouilloit à la trempe, & y prenoit beaucoup de dureté, d'un grain fin; qu'il étoit plus net & moins pailleux que les n^{os} précédens; qu'une lancette & un couteau faits de cet acier se sont trouvés d'un très-bon service.

Le sieur Perret a distingué cet acier des autres, & l'a comparé au n^o V. Un rasoir qu'il a fait avec cet acier trempé rose, & recuit jaune, malgré des filandres apparentes, a conservé dans le service son tranchant avec beaucoup de douceur.

Il a été fait deux coins de monnoie de cet acier, pour frapper des louis; ils se sont trouvés d'un très-bon service.

Observations. Ce fer, qui est de l'espèce que l'on nomme fer de roche de Champagne, n'est pas d'une pâte tout-à-fait aussi fine que celle du fer de Berry, mais elle est plus pure en général. Ce fer de roche est plus propre que celui de Berry à faire des Ouvrages qui exigent de la force & de la propreté; la pâte est plus liante & plus unie, d'où naît la propriété à faire de bon acier. Il reçoit avidement la cémentation, ce qui doit rendre circonspect & dans la nature de la cémentation, & dans le régime du feu.

N^o. XI. *Fer de la Forge de Buffon en Bourgogne, appartenante à M. le Comte DE BUFFON, & fourni par M. de Lauberdière, Maître de ladite Forge.*

Ce fer, qui a été fait par macération, avec des

fontes qui proviennent de mines en pisolites, mélangées de sable vitrescible, d'oolites & greluches dans la terre calcaire, est une des meilleures qualités de la Province de Bourgogne.

Les barres avoient $23\frac{1}{2}$ lignes de largeur sur $8\frac{1}{2}$ lignes d'épaisseur. Ce fer étoit composé de $\frac{1}{4}$ gros grain, de $\frac{1}{4}$ de petit lamelleux & brillant, & de $\frac{1}{2}$ nerf gris, rompant de court sans beaucoup d'effort, forgeant mieux à froid qu'à chaud, dur à la lime, médiocrement fabriqué avec des pailles. Il est estimé avoir 100 degrés de force : il a perdu $5\frac{1}{4}$ pour $\frac{1}{2}$ au corroïement.

Ces barres, après la cémentation, étoient parsemées à leur surface de petites bulles rondes, un peu élevées & très-multipliées, & teintes d'une couleur bleue - ardoisée ; l'intérieur montrait un petit grain brillant, lamelleux & uniforme, avec des pailles.

Cet acier-poule a forgé & soudé en général assez bien ; il s'est trouvé des parties plus vives les unes que les autres ; sa pâte étoit d'un grain très-fin, de couleur matte, & son étoffe filandreuse.

A Néronville, cet acier s'est forgé facilement & bien soudé ; la trempe ne lui a pas donné une très-grande dureté ; il a pris un grain très-fin gris, ayant au centre un nerf ferreux.

Entre les mains du sieur Langlois, il a paru vif, & craignant le feu & le marteau, soudant cependant assez bien en le ménageant ; il s'est peu découvert à la trempe, y a pris de la dureté, un grain moyen & mêlé : tel un acier commun qui n'est pas net.

Un premier morceau, travaillé par le sieur Perret, s'est trouvé réfractaire, ne pouvant chauffer sans se décomposer sous le marteau, comme le n° V.

Un second morceau a été plus ductile, dur à la trempe, mais d'une étoffe désunie & sale.

N^o. XII. *Fer de la même Forge de Buffon en Bourgogne.*

Ce fer n'a point été fait par macération comme le précédent ; il étoit tel que celui qui se fabrique ordinairement dans la Forge de Buffon , & procédant de la même gueuse que le n^o XI.

Les barres avoient 24 lignes de largeur & 3 d'épaisseur ; sa pâte étoit composée de $\frac{1}{3}$ de gros grain lamelleux , de $\frac{1}{3}$ de plus petit & brillant , & de $\frac{1}{3}$ de nerf , sombre , cassant avec peu d'effort , forgeant à froid , crevant à chaud , propriété qui l'assimile au fer d'Espagne , n^o II. Il étoit médiocrement fabriqué , dur à la lime ; sa force a été estimée 90 degrés.

Ce fer , après la cémentation , étoit parsemé dans ses surfaces de petites bulles , partie rondes , partie oblongues , avoit pris une couleur bleue-ardoisée ; son grain étoit très-petit , lamelleux , uniforme & brillant ; il montrait des gerçures , des travers & des pailles.

Travaillé à Buffon , il s'est montré vif au feu , forgeant difficilement , d'un grain fin blanc , ayant des pailles , des filandres & du nerf : il s'est montré tel à Néronville.

Le sieur Langlois dit , dans son verbal : » Cet acier » est vif au feu , s'y brûle , éclate sous le marteau , » se soude très-difficilement , se découvre bien à la » trempe , y prend de la dureté , a un grain assez fin , » mais il est pailleux & gercé. «

Le sieur Perret a confondu ce n^o collectivement avec ceux qu'il dit s'être forgés & soudés à volonté , &c. Il y a apparence que l'ayant comparé aux n^{os} I. II. III. IV. VI. VII. VIII. IX. & XI. , pour éviter les détails , ils s'est trompé particulièrement sur le n^o XII.

Observations. Ces fers , difficiles à travailler dès

leur origine, à cause des matières hétérogènes qu'ils contiennent, ne pourront jamais produire que des aciers communs quant à la pâte, & défectueux quant à l'étoffe. Nous voyons que, malgré que le n°. XI, procédant de la même gueuse que le n°. XII, ait été macéré avant l'affinage ordinaire, n'a qu'un très-léger avantage sur le n°. XII qui ne l'a pas été. Cette qualité de fer saisit trop avidement la cémentation; il en exige une très-moderée, & conduite avec beaucoup de ménagement. Ce genre de fer réussiroit mieux à faire des aciers naturels.

N°. XIII. *Fer procédant de la combinaison de tous les n°. précédens, corroyés ensemble.*

Ce fer, composé des bouts de tous les autres fers corroyés ensemble, a été forgé en barres de 25 lignes de largeur sur 8 lignes d'épaisseur; sa pâte étoit composée de $\frac{1}{3}$ de grain petit, & de $\frac{2}{3}$ de nerf gris, rompant en arrachant avec beaucoup d'effort. Il a été jugé de 170 degrés de force; il étoit ferme à la lime, dur au marteau, forgeant bien à chaud & à froid, ayant cependant quelques veines aciéreuses.

Il s'est médiocrement boursoufflé à la cémentation, en petites bulles, partie rondes & partie oblongues, & a pris une couleur bleue-ardoisée, avec un grain petit, égal & gris.

Cet acier, corroyé à Buffon, quoiqu'un peu vif, s'est bien forgé & soudé de même; il a montré un grain fin, ayant du nerf ferreux & des filandres.

A Néronville, il s'est chauffé plus facilement, s'est forgé & soudé assez bien; il a pris une trempe dure, un beau grain fin gris, ayant des veines ferreuses, cassant ni sec ni net.

Il n'en a point été remis aux Couteliers.

Les perfections & les défauts des autres fers dont

celui-ci étoit composé se sont réunis , d'où il est résulté un acier mixte , qui n'est que d'une qualité médiocre. La force de ce fer qui a été estimée 170 degrés , est plus forte de 9 degrés que le terme moyen de celles de ceux ci-dessus , parce que ce fer a reçu un second affinage , qui a plus épuré ses différentes parties. Mais comme l'on ne peut unir & combiner du fer aigre avec du fer doux , sans altérer l'essence de ce dernier , & que la pâte qui en résulte ne peut être assez bien combinée pour qu'elle soit homogène , il en résultera toujours une étoffe inégale , qui ne pourra produire que des aciers d'une qualité inférieure. Il est donc prudent de cémenter les fers chacun séparément.

N^o. XIV. *Fer de Sibérie, marqué du chiffre A. P. V. L.*

Ce fer nous a été adressé du Havre, mêlé avec le fer de Suède. Nous ne connoissons point le caractère des mines dont il provient , parce que nous n'avons pas su dans quel canton de la Sibérie il a été fabriqué.

Ce fer étoit mal fabriqué , en barres de 24 lignes de largeur & de 7 lignes d'épaisseur ; sa pâte étoit composée de $\frac{2}{3}$ de grain moyen terne , & de $\frac{1}{3}$ nerf gris , rompant de court , avec peu d'effort , se forgeant médiocrement à chaud , s'écrouissant à froid , dur à la lime , d'une étoffe pailleuse avec des travers. Il a été estimé à 155 degrés de force , & a perdu $7\frac{1}{2}$ par $\frac{0}{2}$ au corroiement.

Dans la cémentation de ce fer , il s'est élevé à sa surface beaucoup de bulles larges , plates , distantes les unes des autres , & il a pris une couleur bleue-ardoise ; son grain est devenu moyen sombre & faillant.

Travaillé à la forge de Buffon , il s'est montré vif au feu , difficile à forger & à souder ; il a pris beaucoup de dureté à la trempe , un grain fin blanc ; son étoffe

étouffe étoit cendreuse & filandreuse, cassant net.

Observations. Il peut se faire, & il est hors de doute, que dans l'immense quantité de fer qui se fabrique en Russie, il y ait des qualités qui aient plus de propriété à faire de bon acier, que celui qui a servi à nos expériences; mais celui-ci n'a produit qu'un acier dur, très-difficile à travailler, défectueux par le peu d'union de son étouffe. Il saisit vivement le principe aciéreux; c'est pourquoi il faut le ménager, lui donner une cémentation moins active, & saisir le point de saturation.

N°. XV.

Depuis l'expérience, nous avons fait passer à la cémentation trois milliers de fer de la Forge de Pesme en Franche Comté, qui nous a été adressé par M. Rossigneux.

Ce fer, qui est employé avec succès à la Manufacture royale d'Armes de Saint-Etienne, provient des mines d'alluvion en oolites, pisolites & en pierres spathiques dans une terre calcaire; il est composé de $\frac{1}{4}$ de petit grain brillant, & de $\frac{3}{4}$ nerf blanc, rompant avec effort. Il a produit un acier qui se travaille très-facilement, & se soude assez bien; il prend de la dureté à la trempe & un beau grain gris; son étouffe n'est pas nette; il y a des filandrures & des cendrures.

Si ce fer étoit fabriqué exprès, comme l'on fait les bons fers de tirterie, il seroit très-propre à composer un acier fin.

Le tableau des différens fers cémentés & convertis en acier, offre plusieurs sujets d'observations & de réflexions.

Nous ne nous livrerons pas à tous ceux qui se présentent, parce que nous nous proposons de donner incessamment un Traité complet sur l'Acier, dont la

plus grande partie du travail est fait & copié. Les voyages que nous avons été obligés de faire, en ont retardé la publication. Nous en détachons ce Mémoire, parce qu'il nous a été demandé par le Gouvernement.

La force & le liant du fer procèdent de ses parties constitutives, de leur juste combinaison, de l'homogénéité de sa pâte, & de la liaison intime de son étoffe; enfin, d'une juste dose du principe du feu, qui n'excede pas celle qui est nécessaire pour donner de la ductilité aux parties élémentaires du métal.

La première de ces qualités procède de l'essence des mines.

La seconde du travail de l'affinerie.

La troisième, du travail à la chaufferie & au marteau, lorsque l'Ouvrier cingle ses pièces, chauffe & sue son fer, le ramasse, le tranche, l'étire, le dresse & le pare.

La quatrième procède de l'essence, de la qualité des charbons, du régime du feu & de la direction du vent.

Or, comme l'effet des causes secondaires varie au point que l'on peut faire, avec les mêmes matières premières, dans la même Province, dans le même canton, dans la même forge, & à différentes époques, des fers de qualité variable, nous ne prétendons point donner atteinte à la réputation des différents fers du Royaume, en leur assignant leur rang de perfection dans le tableau que nous en allons présenter. Notre jugement porte uniquement sur ceux qui ont été soumis individuellement à nos expériences.

La perfection du fer, exigée par les Arts qui l'emploient, dépend autant de l'étoffe que de la pâte. Un bon fer est rarement sujet aux travers; mais souvent il a des pailles profondes, des fentes & des cendrures. Les pailles, en formant une solution de continuité, affoiblissent les masses, & les font rompre sous un fardeau bien moindre que celui qu'un barreau de fer

de même qualité auroit supporté, si son étoffe eût été pleine & continue.

Les fentes, qui sont une division des parties fibreuses, sont formées par l'interposition d'une légère écorce de fer en décomposition, qui s'est opposée à la soudure complete du vif des molécules ferreuses.

Tous ces défauts du fer passent dans les aciers qui en procèdent; la cémentation ne fait que les développer & les rendre plus apparens. Comme ils n'ont d'autre source que l'inexactitude dans la fabrication, & qu'ils s'opposent à la force & à la netteté du poli des ouvrages qui en sont composés, nous formerons une colonne, qui indiquera leur plus ou moins de perfection procédant de la principale opération de la fabrication.

Les fers tirent aussi une perfection du forgeage. S'ils n'ont pas été bien ramassés & étirés pardevant, ils sont sujets à avoir des bouts écrus, des crevasses; lorsqu'ils sont trop tranchés & parés sur le champ, ils sont sujets à des moines; lorsqu'ils ont été bien forgés sur le plat & parés noirs, ils sont plus denses & d'un poids spécifique plus fort. Nous formerons donc une colonne, qui indiquera, par l'ordre de leur inscription les fers plus ou moins parfaitement fabriqués. Cela peut être utile pour faire naître l'émulation; véhicule puissant pour la perfection des Arts.



TAB LEAU des différentes qualités de Fers du Royaume qui ont été convertis en Acier, & dans lequel ils sont classés suivant leur différent genre de perfection, de manière que les plus parfaits en chaque genre sont inscrits les premiers.

F E R.				
N ^{os.} primitifs.	Qualités qui procèdent de la nature des mines & de la bonté de la pâte.		Qualités qui procèdent de la fabrication de l'étoffe.	
			de la forme extérieure par le forgeage.	
	Provinces.	Forges.	Provinces.	Provinces.
III.	Languedoc	Gincla.	Champagne.	Evêchés.
V.	Dauphiné.	Articole.	Evêchés.	Champagne.
	Comté de Foix.	La Combe.	Alsace.	Alsace.
IX.	Evêchés.	Longuion.	Fr. Com. Lod.	Fr. Com. Lod.
VI.	Fr. Comté.	Lod.	Dauphiné.	Fr. Co. Pesme.
VII.	Alsace.	Befort.	Fr. Co. Pesme.	Dauphiné.
XV.	Fr. Comté.	Pesme.	Bourgogne.	Bourgogne.
VIII.	Berry.	Clavière.	Comté de Foix.	Comté de Foix.
X.	Champagne.	Ecot.	Languedoc.	Languedoc.
XI.	Bourgogne.	Buffon.	Berry.	Berry.

A C I E R.			
N ^{os.} primitifs.	Qualités qui procèdent de la nature des mines & de la bonté de la pâte.	Qualités qui procèdent de la pureté de la pâte.	
		de la netteté de l'étoffe.	
	Forges.	Provinces.	Provinces.
III.	Gincla.	Alsace.	Champagne.
V.	Articole.	Champagne.	Alsace.
	La Combe.	Dauphiné.	Evêchés.
IX.	Longuion.	Languedoc.	Fr. Comt. Lod.
VI.	Lod.	Comté de Foix.	Fr. Co. Pesme.
VII.	Befort.	Fr. Comt. Lod.	Dauphiné.
XV.	Pesme.	Evêchés.	Languedoc.
VIII.	Clavière.	Berry.	Comté de Foix.
X.	Ecot.	Fr. Co. Pesme.	Bourgogne.
XI.	Buffon.	Bourgogne.	Berry.

Depuis que j'ai lu ce Mémoire à l'Académie, j'ai fait un voyage en Limoufin, dans lequel j'ai eu occasion de voir trois petites forges. Le fer que l'on y fabrique est d'une très-bonne qualité, propre à faire de très-bon acier, sur-tout le fer que l'on emploie à la Manufacture d'armes près de Tulles : il est de même qualité que celui du Dauphiné. Nous fîmes la première occasion de donner des détails sur les opérations de cette Manufacture, dans laquelle nous avons remarqué plus d'attention dans le choix & dans la préparation du fer, de précision dans le forgeage, de facilité & d'intelligence dans le travail de la meulière, d'adresse dans les soudures, & d'économie dans la consommation, que dans d'autres Manufactures de ce genre que nous avons eu occasion de voir dans nos voyages.

Des trois fers étrangers que nous avons convertis en acier, celui de Suède a donné l'acier le plus fin, mais le plus vif au feu ; celui d'Espagne, le plus facile à travailler, le plus beau, mais un peu mou, quoiqu'il ne soit point ferreux. Celui de Sibérie n'a produit qu'un acier inégal, de médiocre qualité, très-vif, & difficile à forger & à souder. Cette dernière sorte, dont il peut y avoir des variétés plus propres à être converties en acier que celle que nous avons éprouvée, ne peut donner que des aciers très-communs, d'un difficile emploi.

Celui d'Espagne feroit de la très-belle bijouterie ; & demande une cémentation active.

A l'égard de celui de Suède, il reçoit avec tant de facilité l'effet de la cémentation, qu'il faut saisir promptement le point de saturation, afin de pouvoir le travailler facilement. Il fait d'excellens tranchans. Il y a en Suède des qualités supérieures, tels ceux de Danemora, de Rosselagie, & en général ceux appelés D'oregrund.

Nous voyons , par ces observations , que les fers de Suède qui ont acquis une grande réputation , ont une très-grande propriété pour faire de bon acier ; ils ont aussi le défaut d'en faire de très-vif. Les aciers que l'on fait avec les fers de Suède ordinaires qui circulent dans le commerce , font des aciers dont la pâte est bonne ; mais l'étoffe en est sale , cendreuse & pleine de moines , de veines & de filandrures. J'en ai l'expérience , pour en avoir employé de plusieurs Provinces de ce Royaume.

Jetons un coup d'œil sur les divers aciers provenant des fers François. Dans cet examen , nous ferons abstraction de deux défauts accidentels , que différentes espèces de ces aciers nous ont montrés , l'un d'être vif au feu , & l'autre d'être ferreux ; défauts opposés , qui procèdent d'une même cause , c'est-à-dire , des degrés de cémentation qu'ils ont reçus en plus ou en moins.

Les aciers cimentés trop vifs sont supersaturés par l'effet d'une cémentation trop active ou trop continuée , ayant égard à la propriété des fers , qui procède ou de leur essence , ou de leur forme. Les fers mous , grenus & minces d'échantillon , saisissent plus abondamment & plus promptement le principe acierreux : les fers compacts , fibreux & forgés sur de grosses dimensions , reçoivent plus lentement les effets de la cémentation : ils sont sujets à donner des aciers ferreux , sur-tout lorsque la poudre de cémentation n'est pas assez active , que son effet a été interrompu & pas assez prolongé , ou qu'il a été détruit par une cause extérieure. Nous développerons ces causes , ces effets , & les moyens à employer pour traiter les fers suivant leurs divers caractères & leurs différentes modifications , dans notre Traité sur l'acier , dans lequel nous ne négligerons rien pour faire connaître les cinq sortes d'opérations que l'on emploie

pour faire l'acier, qui font la *liquation*, la *fusion*, la *précipitation*, la *cémentation* & la *réduction*. Ces cinq procédés produisent autant de sortes d'aciers, qui ont des caractères différens, & qui se subdivisent en des nuances très-étendues quant à leurs qualités.

Nous ne nous arrêterons donc, dans l'examen des aciers que nous avons faits avec les fers François, qu'aux défauts qui procèdent de la nature de la pâte & de la disposition de l'étoffe; défauts qu'ils rendent difficiles à forger, à souder, hétérogènes, cendreaux, pailleux, gerceux, filandreux; qui les font boutonner au recuit & à la trempe en paquet; les rendent mous ou aigres à la trempe aqueuse ou huileuse, dans laquelle ils se voilent plus ou moins; enfin, qui les empêchent de prendre un beau poli, d'une couleur uniforme, sans taches, ondes, nuages ou piquures, défauts essentiels que les bornes de ce Mémoire ne nous permettent pas de développer.

Quoique le fer du Languedoc ait paru devoir être placé au premier rang des fers de France par sa haute qualité, cependant il n'a pas produit un acier aussi parfait que celui d'Alsace, qui n'est qu'au sixième rang des fers, & qui occupe la première place des aciers; & par le contraire, celui de Champagne, qui n'a que le neuvième rang parmi les fers, occupe la deuxième place parmi les aciers.

La cause de ce phénomène paroît difficile à mettre en évidence; car si on posoit pour principe que les fers les plus nerveux, les plus forts, qui ont une liaison plus intime, ou ceux dont les parties élémentaires sont combinées en si juste proportion, qu'ils souffrent une moindre décomposition au feu, doivent être les plus propres à être cémentés en bon acier: on verroit bientôt écrouler ce système, en jettant les yeux sur nos tableaux, qui démontrent d'une part que le fer du Languedoc, qui a 200 degrés de force,

a produit un acier inférieur à celui de Champagne, qui n'en a que 145 ; & d'autre part ce même fer de Champagne a éprouvé au corroiement un déchet de $7 \frac{1}{2}$ par $\frac{100}{100}$, tandis que celui du Languedoc n'a perdu que $6 \frac{1}{10}$ par $\frac{100}{100}$. Il faut donc recourir à des preuves plus démonstratives ; & en attendant que des expériences lumineuses nous les aient fait connoître, nous exposerons simplement nos présomptions à ce sujet.

Nous avons déjà traité de l'unité du fer dans le volume de nos Mémoires (1), & nous avons fait connoître que la variété & la disparité que l'on apperçoit dans les différens fers procèdent ou des matières étrangères qui lui sont unies ou interposées, ou d'une combinaison inégale de ses élémens. Or, en partant de ces principes, il paroît vraisemblable que des fers dont la pâte est ferme & solide, l'étoffe bien liée, aient par surabondance une portion quelconque du principe constitutif de l'acier, qui le dispose déjà à prendre la nature d'acier. Le fer, dans cette position, est un être mitoyen entre le fer & l'acier, desquels il s'éloigne en raison du plus ou moins de ce principe surabondant. Le fer que l'on nomme communément dur dans les Provinces du Languedoc, Comté de Foix, Dauphiné, Limousin, est de ce genre.

L'on pourroit opposer à ce raisonnement que la pratique dans la cémentation a démontré que les fers qui avoient un grain aciéreau, produisoient pour l'ordinaire des aciers intraitables & de qualité très-inférieure. Il faut convenir de ce fait, mais il faut distinguer deux causes de cet accident.

Les fers peuvent avoir une qualité aciéreuse qui se manifeste de deux manières ; ou la totalité de la pâte

(1) Mémoires de Physique sur l'Art du Fer, chez Delalain l'ainé, rue Saint-Jacques, à Paris, 1775.

l'est, ou l'acier est cantonné. Si c'est toute la pâte qui le soit, & qu'on expose le fer dans une cémentation avec d'autres fers doux ; nerveux ou à grain gris, ce fer saisissant plus avidement l'effet de la cémentation, & y restant aussi long-temps exposé que le fer doux, il y aura nécessairement supersaturation dans toute la masse, d'où il résulte un acier brûlant au feu, comme un corps résineux, & ne pouvant se souder. Si les parties acièreuses ne sont que cantonnées & interposées dans une étoffe nerveuse, le même effet arrivera ; mais la modification du fer étant inégale, les parties qui étoient déjà acier avant la cémentation, le seront après, tandis qu'il pourroit arriver que les parties charnues ne fussent pas encore converties en acier.

Ce n'est pas assez, pour faire de bon acier, que l'on puisse se procurer du fer dont la pâte ait le plus de propriété à faire des aciers fins, durs & faciles à travailler, enfin, d'une pâte bien homogène, il faut aussi que l'étoffe des fers que l'on veut cémenter soit pleine, continue, exempte de tous les défauts qui forment une solution de continuité, parce que la plus grande partie des ouvrages auxquels l'acier est destiné, exige ces perfections, tant pour la force des pièces, que pour la bonté des tranchans & la beauté du poli.

Les bulles qui se forment à la surface des barres de fer, lorsqu'elles ont subi l'effet de la cémentation, ne sont point, comme on l'a cru jusqu'alors, l'effet d'un bouillonnement de la substance du fer, occasionné par l'effet *des sels, des sulfures, de la grande chaleur, & de l'action de la cémentation*. Ces bulles ne sont autre chose que l'effet de l'air grossier, & souvent de l'eau, interposés dans l'étoffe du fer, qui étant raréfiés par le feu, cherchent à s'échapper, soulèvent les cloisons des cellules qui les renferment.

Le fer contient d'autant plus d'air, d'eau, quelquefois de corps étrangers isolés, que son étoffe est

plus défunie par des pailles, des travers, des gerçures & des fentes. Plus ces corps sont intérieurs, plus les bulles sont fortes & élevées; lorsque l'effort est violent, la bulle se crève: on y apperçoit à la loupe une légère fente; alors elle cesse de s'élever: c'est ce qui forme les bulles plates & larges; les petites sont rarement ouvertes. Lorsque les bulles ont pris de l'évent, leurs surfaces intérieures se décomposent, & forment des moines dans la pâte de l'acier qui en procède. Lorsqu'elles n'en ont point pris, elles se soudent dans le corroiement, sur-tout si leurs couvertures sont assez épaisses pour souffrir une chaude suante.

Les fers les mieux étoffés, dont la pâte est pleine & homogène, sont moins sujets aux bulles que les autres.

Ceux qui n'ont que l'apparence d'une belle fabrication, c'est-à-dire qui sont bien unis, bien sués au dehors, mais dont l'affinage primitif n'a pas assez lié la pâte, sont sujets à une très-grande quantité de bulles; & par le contraire, les fers dont l'étoffe est défunie par des défauts, qui des surfaces pénètrent au dedans, ces fers sont moins sujets aux ampoules, parce que l'air intérieur se dégage par les fentes, les pailles & les travers.

Les fers cimentés ne sont pas seuls sujets aux ampoules; les tôles & les fers noirs préparés pour l'étagage sont souvent défectueux par les mêmes causes. La couleur bleue du fer cimenté, au sortir du creuset, est une légère décomposition des surfaces du fer. Plus le bleu est intense, plus on a lieu de soupçonner à l'acier de vivacité. Ce défaut s'annonce aussi par la grande fragilité, par un son aigu: le son grave annonce des parties ferreuses. Le bon acier se connoît par un son soutenu, ondulent & timbré.

Nous développerons ces points de Physique nécessaires à connoître, ainsi que le rapport immédiat des

parties constitutives de l'acier avec celles des corps scintillans, particulièrement avec la substance vitreuse naturelle & artificielle.

Ces observations préviennent sur les précautions que l'on doit prendre pour choisir les fers que l'on veut faire passer à l'état d'acier. Dans l'Ouvrage complet que nous nous proposons de publier sur l'acier, nous nous étendrons sur les moyens de procurer ces qualités au fer.

Il résulte donc des expériences que nous avons faites par ordre du Gouvernement :

Qu'il est très-possible de faire de très-bons aciers fins par cémentation avec les fers des différentes Provinces du Royaume; qu'il suffit de choisir parmi ceux qui ont le plus de propriété à devenir acier, les fers les mieux fabriqués, & de les traiter suivant leur caractère particulier.

Il seroit à désirer qu'il s'élevât plusieurs Manufactures en ce genre dans le Royaume, particulièrement dans le Languedoc, l'Alsace, la Franche-Comté, le Limousin & la Champagne, afin de fournir aux arts les aciers dont ils font une très-grosse consommation, laquelle forme une branche immense de commerce d'importation qui enrichit nos voisins.

Extrait du Rapport de MM. les Commissaires de l'Académie Royale des Sciences, du 14 août 1782.

Nous avons été chargés par l'Académie, MM. Macquer, Tillet & Cadet, de lui rendre compte d'un Mémoire de M. Grignon, Chevalier de l'Ordre du Roi, & Correspondant de l'Académie, contenant les détails, l'analyse & les résultats des expériences dont il a été chargé par le Gouvernement, afin de connoître si les fers du Royaume étoient propres à être convertis en aciers par la cémentation, & quelles

étoient les Provinces qui produisoient les fers les plus propres à subir cette conversion. L'Auteur nous a paru avoir parfaitement traité ces différens objets importans. Il résulte de notre rapport que ce Mémoire contient une suite d'expériences en grand, & des observations qui concourent à étendre nos connoissances, non-seulement sur l'art de faire l'acier, mais même sur les effets de la cémentation du fer, & à exciter l'émulation pour élever des Manufactures d'acier, qui procureroient de grands avantages à l'Etat. Ce travail fait infiniment d'honneur à M. Grignon, & prouve combien il est digne de la confiance que lui a accordée le Gouvernement pour les opérations dont il l'a chargé. Ce Mémoire mérite à l'Auteur des éloges, & nous le croyons digne d'être imprimé dans les Recueils des Mémoires des Savans étrangers.

Fait à Paris le 14 août 1782. Signés, MACQUER, TILLET, CADET.

Je certifie le présent extrait conforme à l'original & au jugement de l'Académie. A Paris, ce 14 août 1782.

Signé le Marquis DE CONDORCET.

Extrait des Registres de l'Académie des Sciences, du 19 février 1783.

Les Commissaires nommés par l'Académie pour examiner un Ouvrage de M. Grignon, intitulé Analyse du fer, traduit de M. Bergman, avec des remarques, en ayant fait leur rapport à l'Académie, elle a jugé cet ouvrage digne de son approbation & d'être imprimé sous son Privilège.

En foi de quoi j'ai signé le présent certificat. A Paris ce 22 février 1783.

Signé le Marquis DE CONDORCET.

T A B L E D E S M A T I È R E S.

ANALYSE du fer,	page 1
SECTION I ^{re} . <i>Des variétés du fer.</i>	Ibid.
SECTION II. <i>De la recherche des causes de la variété du fer.</i>	9
SECTION III. <i>De la recherche de la quantité de phlogistique réducteur, par la voie humide.</i>	15
SECTION IV. <i>Corollaires déduits des expériences précédentes.</i>	28
SECTION V. <i>De la recherche de la quantité du phlogistique réducteur par la voie sèche.</i>	33
SECTION VI. <i>Corollaires déduits des expériences précédentes par la voie sèche.</i>	53
SECTION VII. <i>De la quantité de la matière de la chaleur contenue dans le fer.</i>	61
SECTION VIII. <i>Des matières hétérogènes inhérentes au fer.</i>	79
SECTION IX. <i>Des principes immédiats du fer.</i>	90
SECTION X. <i>De la chaux du fer.</i>	109
SECTION XI. <i>Du magnétisme.</i>	118
APPENDICE contenant le résumé de toutes les expériences de M. Bergman, concentrées dans huit tableaux présentant les résultats suivant les rapports du pied & de la livre de Paris, avec les observations particulières du Traducteur.	125
Rapports du pied & de la livre de Stockholm, avec le pied & la livre de Paris, note S.	17
M É M O I R E S P A R T I C U L I E R S	
D E M. G R I G N O N.	
PREMIER MÉMOIRE sur les moyens de perfectionner le travail des ancres de marine.	187

286 TABLE DES MATIÈRES.

<i>Extrait des registres de l'Académie royale des sciences sur le premier Mémoire.</i>	195
<i>SECOND MÉMOIRE qui présente plusieurs moyens de perfectionner les opérations de la métallurgie.</i>	198
<i>Extrait des registres de l'Académie royale des sciences sur le second mémoire.</i>	217
<i>TROISIÈME MÉMOIRE sur l'action réciproque que le feu & l'eau ont l'une sur l'autre.</i>	220
<i>QUATRIÈME MÉMOIRE contenant les détails, analyses & résultats des expériences faites en 1780, par ordre du Gouvernement, afin de connoître si les fers françois ont la propriété d'être convertis en acier par la voie de la cémentation.</i>	233
<i>Extrait des registres de l'Académie royale des sciences sur le quatrième Mémoire.</i>	283

Fin de la Table.

FAUTES A CORRIGER.

Page 5, ligne 5 gro es :	lisez grosses.
Page 17, note points ou parties :	lisez parties.
Page 21, ligne 9 F :	lisez fer.
Page 21, ligne 22 Norberke :	lisez Norberk.
Page 23, note X il est :	lisez il y a.
Page 24, ligne 22 refondu :	lisez refondue.
Page 36, ligne dernière caver :	lisez laver.
Page 73, ligne 12 chaleur :	lisez fusion.
Page 82, note $\frac{30}{110}$:	lisez $\frac{30}{100}$.
Page 84, ligne 11 ni assurer :	lisez l'on ne peut assurer.
Page 87, ligne 12 en est :	lisez est.
Page 109, note appendix :	lisez appendice.
Page 119, ligne 5 M. Bergman :	lisez M. Rinman.
Page 126, ligne 25 hydraultique :	lisez hydraultique.
Page 159, ligne 33 précipita :	lisez précipite.
Page 181, ligne 26 uniformes :	lisez uniforme.
Page 217, ligne 17 castine :	lisez rustine.
Page 220, ligne 16 & ne :	lisez ne.
Page 241, ligne 20 ceux :	lisez celui.
Page 245, ligne 8 $31\frac{1}{2}$:	lisez $31\frac{1}{3}$.

