
NOTICE

Sur divers procédés propres à corriger les défauts de certains fers, aciers et fontes.

Par LÉON LE VASSEUR, chef de brigade, directeur de l'artillerie de la marine au port d'Alexandrie (1).

DEPUIS long-tems que je suis employé à diriger des travaux d'arsenal, j'ai toujours attaché beaucoup d'importance aux moyens d'utiliser les matières les plus défectueuses, et de faire disparaître ou au moins de diminuer les vices qui les faisaient rebuter. Lorsque l'on a de grands approvisionnementens et que l'on est maître du choix des matières, il serait sans doute absurde de travailler de préférence celles qui sont défectueuses. Outre qu'il est presque impossible de leur donner une qualité qui les rende absolument semblables à celles qui sont essentiellement bonnes, on ne peut y parvenir qu'avec un surcroît de dépenses et de travail qu'un directeur sage doit toujours éviter : mais il n'en doit pas moins prévoir l'instant où les approvisionnementens pourront lui manquer, et où il sera obligé malgré lui de mettre en œuvre des matières que dans un tems d'abondance il aurait mises au rebut ; il n'en doit pas moins étudier d'avance les moyens de se tirer d'affaire, quand le moment de la disette sera venu.

(1) Extrait de la *Décade Egyptienne*, premier volume, page 139.

Je me suis souvent dit : « Je puis être envoyé dans une colonie qui manquera de tout, ou qui n'aura en tout genre de matières, que le rebut des magasins d'Europe ; je dois me mettre à présent à même de braver toutes les contrariétés qui m'attendent ».

Je me suis particulièrement attaché au fer, ce métal qui fournit les premiers instrumens de tous les arts.

Le fer peut être défectueux, ou par vice de fabrication dans les premiers ateliers où il a été travaillé, ou par sa nature, étant allié à des substances étrangères pour la séparation desquelles les moyens jusqu'ici connus sont insuffisants.

Dans le premier cas, le fer est pailleux, filandreux, fendillé ; il a peu de nerf : dans les mains d'un ouvrier un peu adroit, ces défauts disparaissent bientôt ; des chaudes suantes, bien ménagées, un corroyement bien fait et bien suivi, rapprochent les parties mal soudées, et le nerf paraît où l'on ne voyait que du grain, sur-tout si le refroidissement n'est pas brusque.

Il n'en est pas de même des défauts inhérens à la nature du fer, et provenans de sa combinaison plus ou moins intime avec des substances étrangères qui le rendent cassant, et font le désespoir des ouvriers qui ne savent pas le travailler.

On distingue le fer *fragile-chaud*, appelé par les ouvriers *fer de couleur* ou *rouverain*, et le fer *fragile-froid* ou cassant à froid.

Le premier, qui a une très-grande ténacité à froid, se casse sous le marteau, lorsqu'il est chaud, et est ordinairement rebuté dans tous les

les arsenaux, comme le plus mauvais de tous les fers : il en est cependant le plus précieux, quand on sait le mettre en œuvre : j'en vais donner les moyens très-simples que j'ai appris dans le département de l'Isère où il est fort commun, et que j'ai fait éprouver avec succès dans les forges de l'artillerie de la marine à Toulon.

Il faut chauffer ce fer à blanc presque fondant, et le forger dans cet état : lorsque sa couleur se rembrunit, on doit cesser de le forger ; c'est alors qu'il casserait sous le marteau, si l'on continuait de le battre. On achève de le parer, lorsqu'il est devenu *cerise obscur*, et l'on continue de le forger à froid. L'on peut même accélérer son refroidissement en l'immergeant dans l'eau.

J'ai fait éprouver des fers *fragiles-chauds* mis au rebut à Toulon, et travailler de la sorte.

Les épreuves sur la ténacité se sont faites de deux manières ; par le moyen d'un poids suspendu à l'extrémité d'une barre dont l'autre extrémité était engagée et fixée dans un mur, et par le moyen de la torsion. L'on a saisi pour cette dernière épreuve, dans un étai, une cheville à œillet, dans l'œillet de laquelle on a passé un levier ou *tourne-à-gauche* : l'on n'a pu parvenir qu'avec beaucoup de peine à rompre la tige de la cheville forgée avec du fer *fragile-chaud*, et celle forgée avec le fer passant pour le meilleur de l'atelier, s'est rompue facilement.

Dans la première espèce d'épreuve, le rapport moyen de la ténacité s'est trouvé à l'avant.

Journ. des Mines, Frintaire an X. Q

Fer rou-
verain.

Travail de
ce fer.

Ténacité
du fer rou-
verain.

tage du fer *fragile-chaud*, de 4 : 3. Il n'a pas été possible d'assigner un rapport exact pour la seconde espèce d'épreuve, qui est bien plus avantageuse encore au fer *rouverain*.

Voici au sujet du même fer une anecdote arrivée à Toulon en 1749, et qui vient à l'appui de ce que l'on vient de voir ; elle est consignée dans un procès-verbal :

« Le maître forgeron de ce port, gagné peut-être par les fournisseurs de Franche-Comté, avait voulu faire rebuter les fers de Saint-Gervais en Dauphiné ; il en avait fabriqué des pièces qui s'étaient trouvées défectueuses.

L'administration de la marine ne crut pas devoir passer trop légèrement condamnation de ces fers qui jouissaient d'une ancienne réputation : il fut nommé une commission qui fit travailler comparativement devant elle du fer de Saint-Gervais et du fer de Franche-Comté par des forgerons de la ville, renommés et non suspects ; on fit même venir exprès un forgeron de Saint-Gervais. On forgea de chacun de ces fers un croc : celui de Franche-Comté avait quatorze lignes et demie de diamètre ; par défaut de matière, l'on ne put donner que treize lignes un quart à celui de Saint-Gervais : malgré cette différence défavorable au dernier, il a remporté l'avantage. On avait frappé sur chacun de ces crocs un appareil que l'on a vissé également et simultanément à un cabestan commun. Celui de Franche-Comté s'est rompu en trois endroits, et celui de Saint-Gervais a si bien résisté, que l'on a remarqué qu'il s'était comprimé plutôt que de rompre. D'après une

Épreuves
faites à Tou-
lon.

épreuve aussi décisive, le fer de Saint-Gervais a été jugé plus propre qu'aucun autre pour les ouvrages flexibles et employés en tirans, comme chaînes de haubans, cercles de mâts, etc. »

Malgré ces résultats, les anciens préjugés avaient repris le dessus à tel point, qu'à la fin de l'an 5 il y avait dans l'arsenal de la marine de Toulon un dépôt considérable de ces fers mis au rebut, et que l'administration s'est crue trop heureuse de vendre à bas prix.

Il faut convenir que le plus haut degré de chaleur que l'on doit donner à cette espèce de fer, pour pouvoir le forger, et que le plus grand nombre de chaudes auxquelles il est nécessaire de le soumettre, occasionnent une plus grande dépense en combustibles et en main-d'œuvre, ainsi qu'un déchet plus considérable ; ce qui rend peu économique l'emploi de ce fer. Mais l'économie ne doit être mise qu'en seconde ligne, lorsqu'il est de la plus grande importance d'obtenir une ténacité et une solidité telles que l'exigent certains ouvrages.

Je conseillerai donc d'employer toujours de préférence, et sans égard au surcroît de dépense, les fers *fragiles-chauds*, pour toutes les ferrures en tirans, comme chaînes d'enrayage et autres, crochets d'attelage, cercles de mâts, etc.

Aussi en a-t-on fabriqué à Toulon, et, à la suite de mes épreuves que j'ai rapportées plus haut, toutes les pièces essentielles des voitures destinées à porter à Paris les objets des arts conquis en Italie.

Je dirai en passant que les ressorts de ces voitures ont été faits de l'acier de cémentation

Cas où l'on
doit em-
ployer le fer
rouverain.

que j'avais fait fabriquer à Toulon, et qui avait été convenablement travaillé en étoffe.

Causes de la fragilité de ce fer.

Le fer *fragile-chaud* paraît devoir cette fragilité à l'union de quelqu'autre métal qui n'est pas encore connu : on a cru que c'était l'arsenic ou le zinc ; je suis porté à croire que le cuivre y entre aussi pour quelque chose. Les mines d'Allevard qui alimentent les hauts fourneaux, et fournissent toutes les forges du département de l'Isère, contiennent assez souvent de la mine de cuivre grise. Il y a même une espèce de minerais, appelé dans le pays *Marquissette*, que l'on rejette avec soin, parce qu'elle ne fournit que de mauvaise fonte, et qui s'affine malaisément.

Je crois avoir lu dans Jars, qu'une légère addition de cuivre donnait plus de corps au fer. Le différent degré de fusibilité de ces deux métaux produit la difficulté que l'on éprouve à forger ce fer au degré de chaleur ordinaire.

Si le métal allié, quel qu'il soit, entre en fusion avant le fer, l'union entre les parties cesse, et la barre se sépare sous le marteau ; si l'on pousse le feu assez pour que les deux métaux soient ramollis, ils restent alliés ensemble, et l'on peut les travailler sans crainte. Le degré de chaleur diminue-t-il, l'incohésion renaît ; alors il faut attendre qu'ils soient tous deux refroidis, pour achever de travailler l'alliage : c'est ce qui se passe dans le travail du fer cassant à chaud. Il ne faut pas croire que le haut degré de chaleur que l'on est obligé de donner à ce fer pour le travailler, ait pour but ou pour effet de volatiliser le métal allié au fer. Si cela était, ce fer, après la volatilisation du principe

qui le rend cassant à chaud, rentrerait dans la classe du fer pur : mais au contraire le fer *fragile-chaud* conserve toujours sa propriété, et à chaque chaude qu'on lui donne, il faut prendre les mêmes précautions, et employer le même procédé.

Impossibilité d'y remédier.

C'était ainsi que je m'étais rendu raison de ce qui se passait dans cette opération, et j'ai vu avec plaisir que Lavoisier avait expliqué de même ce phénomène.

On peut ranger en deux classes les fers cassant à froid.

Fer cassant à froid.

Les uns doivent cette propriété, en ce que, mal travaillés dans les affineries, le charbon qu'ils contenaient à l'état de fonte, n'a pas été totalement ou également brûlé, de sorte qu'ils conservent des portions aciéreuses.

Causes de sa fragilité.

Les autres doivent leur fragilité au phosphore ou à l'acide phosphorique avec lesquels ils étaient combinés à l'état de minerais, et dont le travail du haut fourneau ne peut presque jamais les purger entièrement.

La projection de l'acide nitrique affaibli fait reconnaître aisément les premiers, par l'apparition de veines noirâtres qui accusent le charbon.

Le second se reconnaît par l'acide sulfurique qui ne dissout pas le phosphate de fer.

J'ai réussi à adoucir et à assouplir des fers de la première espèce, en les traitant à la manière des aciers trop durs, que je voulais attendrir pour les mettre en état d'être taillés en limes. Je parlerai des procédés dans la suite.

Moyen d'y remédier.

Quant aux fers qui doivent leur fragilité à la présence du phosphore ou de l'acide phospho-

rique, je regarde comme très-difficile de les corriger autrement que dans le travail de l'affinage. Voici comment s'y prend pour ce dernier travail Rimman le fils. (Voyez *Journal des Mines*, n^o. 5, pluv. an 3). Il commence par incorporer par la fusion la chaux avec parties égales de scories; il mêle cent quarante parties de la matière vitreuse qui en provient avec deux cent soixante parties de fonte de fer *fragile-froid*, et il obtient par ce procédé cent quatre-vingt-dix, fer en barres, première qualité, doux et malléable.

Mon éloignement d'un atelier dont je pusse disposer, m'a empêché de faire beaucoup d'essais pour la correction de ce fer à l'état de fer forgé: j'en ai cependant tenté quelques-uns; mais quoiqu'ils aient eu quelque succès, ils n'ont pas été assez considérables pour me satisfaire. En effet, si j'ai réussi à donner à des fers *fragiles-froids* plus de ténacité qu'ils n'en avaient originairement, je n'ai jamais pu parvenir à leur en donner une égale à celle des fers qui n'avaient pas ce défaut.

Comme personne ne met moins d'importance que moi à ce qu'on appelle des secrets, et que j'éprouve autant de plaisir à apprendre qu'un autre a réussi, que j'en éprouverais à réussir moi-même, je vais entrer dans le détail des procédés que j'ai tentés, afin que si quelqu'un a l'occasion de les répéter ou de les perfectionner, il puisse en profiter.

Je suis fâché de n'avoir pas ici le journal où j'avais consigné les résultats de mes expériences; on y verrait que si je n'ai pas réussi autant que je le désirais, j'ai constamment obtenu

quelques avantages, légers à la vérité, de mes opérations. J'ai tenté deux procédés: celui de la cémentation dans la chaux, et celui du travail à la chaux dans l'opération de la forge. Je faisais réduire mes barres à de petites épaisseurs; je les trempais dans du lait de chaux un peu épais, et les mettais au feu; je mouillais le feu pareillement avec du lait de chaux, et je donnais de très-fortes chaudes: mes barres ayant acquis le plus haut degré de chaleur, je les saupoudrais de chaux éteinte et pulvérisée, et je les forgeais; je doublais ensuite mon fer, le corroyais et le forgeais aux dimensions nécessaires, ayant toujours soin de le mettre le plus en contact possible avec de la chaux.

L'on voit que ces opérations fort longues doivent employer beaucoup de combustibles, et occasionner un grand déchet; mais dans une circonstance où l'on n'aurait à sa disposition que du fer *fragile-froid*, l'on devrait s'estimer fort heureux de pouvoir remédier à sa fragilité, quelque prix qu'il en pût coûter: mais malheureusement l'on n'a pu obtenir le degré de correction nécessaire. Je reviens aux aciers.

La disette d'acier dans l'arsenal de la marine à Toulon pendant les années 2 et 3 de la République, la consommation considérable que tous les ateliers en faisaient, m'engagèrent à entreprendre dans ceux de l'artillerie de la marine une fabrication d'acier de cémentation, d'après les procédés publiés par le comité de Salut-public. J'eus d'assez heureux succès, et pendant près de deux ans l'arsenal de Toulon n'employait presque pas d'autre acier que celui sorti du fourneau que j'avais monté: j'en fis

Cémenta-
tion par la
chaux.

Fabrica-
tion d'acier
à Toulon.

Emploi de
cet acier.

fabriquer toute sorte d'outils et des limes. Cette dernière fabrication me donna quelque peine; mes aciers étaient souvent si durs, quoique non trempés, qu'ils résistaient au ciseau, et cassaient plutôt que de se laisser tailler. Je n'obtenais rien pour attendrir cet acier, de la plupart des recuits usités dans les ateliers, et dont chaque ouvrier a sa *recette*: il me répugnait même d'employer ceux dont je ne pouvais pas m'expliquer l'effet. Je tentai le suivant qui me réussit parfaitement, comme j'en avais d'avance conçu l'espoir.

Moyens
d'adoucir
l'acier.

On fait oxyder à l'air ou par l'immersion dans l'eau, (j'ai choisi l'eau de mer comme étant à ma portée, et comme produisant un effet plus prompt); on fait oxyder, dis-je les faces extérieures des barres d'acier que l'on a pour but d'attendrir; on fait parcellément oxyder de la limaille de fer, des copeaux de fer de tour, etc. on peut y mêler des terres ocreuses ou contenant des oxydes qui lâchent aisément leur oxygène; celui de manganèse pourrait être employé à cet effet: on stratifie le tout dans une caisse que l'on chauffe fortement, comme lorsque l'on veut faire une trempé en paquet: une éprouvette placée au centre de la caisse indique le progrès de l'opération. On cesse le feu dès qu'on le juge à propos, et l'on laisse refroidir le tout dans la caisse. L'oxygène fourni par les oxydes a brûlé le carbone des surfaces extérieures, et a opéré la *réversion* de l'acier en fer, ce que l'on reconnaît aisément à la manière dont la lime ou le burin mordent sur ces surfaces; on le reconnaît de même par l'acide nitrique que l'on projette sur le bout d'une barre

Cémenta-
par les oxy-
des.

coupée en travers, et qui laisse voir autour de la coupe un filet blanc plus ou moins épais, suivant le tems qu'a duré l'opération: dans les fers trempés au paquet, l'on voit au contraire autour de la coupe un filet noir qui indique le progrès de l'*aciérification*. J'ai eu des barres entièrement *réverties* en fer, se laissant travailler comme du fer ordinaire, et qui n'avait souffert aucune altération.

Acier ré-
verti en fer.

Les barreaux destinés à faire des limes, redevenus fer à leurs faces extérieures, sont taillés et soumis à une nouvelle trempé au paquet, qui restitue à leur enveloppe le carbone que l'opération précédente leur avait enlevé.

J'ai banni, des trempés au paquet, l'ail, le vinaigre, le fiel de bœuf, et toutes les *saucés* dont de père en fils les ouvriers *assaisonnent* cette opération, et j'emploie le charbon seul, humecté quelquefois d'un peu d'urine: on peut supprimer aussi cette dernière addition; elle est même préjudiciable dans certains cas: mais j'ai remarqué que dans ceux où l'on avait besoin d'une grande dureté, et où l'on n'avait pas à craindre sa fragilité, elle était avantageuse, peut-être parce qu'il se forme un peu de phosphate de fer qui rend le fer dur et cassant. Dans la même caisse, c'est-à-dire, dans celle garnie de ciment oxydé, j'avais fait mettre des morceaux d'un fer très-dur qui se refusait et au burin et aux outils de tour; il fut rendu parfaitement traitable: je conjecturai alors que ce fer était aciéreux, et je m'en assurai par l'acide nitrique en comparant la cassure d'un morceau de ce fer qui n'avait pas été

Mélange
pour la
trempé au
paquet.

Moyen d'a-
doucir le fer.

soumis à l'expérience, avec un morceau de même fer adouci par mon procédé.

J'avais pareillement fait mettre dans cette caisse quelques morceaux de fonte de fer très-durs et très-aigrés : il y en eut quelques-uns de tellement adoucis qu'ils se laissaient limer et buriner comme le fer le plus doux. Un des morceaux essayés comparativement avec un morceau de la même dimension, et non soumis à l'épreuve, a acquis une ténacité qui était à celle des deux morceaux : 5 : 3.

D'autres morceaux de mêmes dimensions, de même dureté, de même apparence, préparés de la même manière, n'éprouvèrent aucun changement dans l'opération. Cette différence dans le résultat me déconcerta d'abord, mais je ne fus pas long-tems à en approfondir la cause.

L'acier ne diffère du fer que par une addition de carbone ; mais dans la fonte de fer, outre le carbone, il y a une certaine quantité d'oxygène dont les proportions varient, et c'est d'après la diversité de ces proportions que l'on doit opérer, lorsque l'on veut rapprocher la fonte de l'état de fer pur.

L'oxygène et le carbone sont-ils en proportion à-peu-près équipondérante, il ne faut que leur fournir le calorique nécessaire pour leur combinaison : tous les cémens terreux peuvent être employés ; la chaux est peut-être le meilleur, parce qu'elle se trouve-là comme toute prête pour saisir au passage l'oxygène, dès qu'il est combiné avec le carbone à l'état de gaz acide carbonique : peut-être décide-t-elle cette combinaison par l'effet d'une affinité

Moyens
d'adoucir
la fonte.

Observations sur les
expériences
précédentes.

prédisposante. L'oxygène domine-t-il, on doit employer les cémens charbonneux ; on peut leur adjoindre de la chaux.

Le carbone est-il en surabondance, le ciment qui opère la réversion du fer en acier produit l'effet désiré.

C'est encore l'acide nitrique qui est venu confirmer mes conjectures à cet égard : en effet, j'ai fait vérifier les morceaux de fonte qui avaient refusé d'obéir à mon procédé ; ils se sont trouvés, comme cela devait être, d'une fonte blanche : aussi le ciment oxydé n'a-t-il produit sur eux aucun effet. Celui qui avait été adouci au point auquel je l'ai marqué, était au contraire d'une fonte noire ; il a fallu l'acide nitrique pour le reconnaître, car à l'aspect de la cassure il paraissait aussi blanc que l'autre : c'était un morceau de jet qui, à raison de son petit volume, avait été refroidi promptement, et avait par-là pris l'aspect d'une fonte blanche. On ne doit donc pas être surpris si l'on ne réussit pas constamment dans l'adoucissement de la fonte ; ce défaut de succès ne provient que de ce que l'on applique à toutes les fontes le même procédé, et qu'il doit varier suivant la qualité de la fonte. Je n'ai pas besoin de dire que les cémens oxydeux peuvent être employés perpétuellement ; il ne s'agit que de les exposer de nouveau à l'air libre où ils reprennent l'oxygène qu'ils ont perdu dans l'opération. On hâte ces effets par de fréquentes irrigations, et en les retournant souvent pour multiplier les points de contact. Je n'ai fait par moi-même aucune des expériences dont je viens de donner le détail ; j'étais éloigné du port de

Toulon; mais je les dirigeais par ma correspondance, et j'indiquais tous les procédés que je croyais devoir suivre, au citoyen *Thuez*, alors employé comme officier dans les ateliers d'artillerie de la marine au port de Toulon, et actuellement chef de la même arme à celui d'Alexandrie. Il me rendait compte des résultats, et je lui dictais la marche qu'il avait à tenir subséquemment.

Il a suivi tout ce travail avec autant d'exactitude que de sagacité, et l'on peut compter sur la véracité de ses rapports. Si j'eusse été sur les lieux, j'aurais varié mes expériences; telles qu'elles sont, je crois qu'elles ne sont pas sans intérêt: c'est ce qui m'engage à les rédiger et à les présenter. Il est d'ailleurs possible qu'elles trouvent ici leur application, et cela suffirait pour m'encourager à les faire connaître.

N O T I C E

*Sur la carbonisation du bois et de la tourbe,
lue à la Conférence des mines le 28 nivose
an 9;*

Par A. BAILLET, inspecteur des mines.

I. *Carbonisation du bois.*

LES procédés employés pour carboniser le bois varient plus ou moins selon les divers pays où ils sont pratiqués; il importe sans doute aux progrès des arts chimiques qu'ils soient décrits, lorsqu'ils présentent quelques différences remarquables, soit dans leur exécution, soit dans leurs résultats. C'est sous ce double rapport que je crois utile de faire connaître la méthode de carbonisation du bois, qui a été mise en usage par le Cit. Lamothe, qui a bien voulu me la commniquer, et me permettre de la publier.

Dans un four en maçonnerie, de forme carrée, de 3 mètres de côté et de 20 à 25 décimètres de hauteur, on forme une couche horizontale de menus bois; sur cette couche, épaisse de 2 décimètres, on place verticalement, et serrés les uns près des autres, les bois minces, les branches et les bâtons qu'on veut charbonner.

On met ainsi plusieurs hauteurs de bois les unes au-dessus des autres, jusqu'au haut du four.

Procédé
nouveau.