

aux environs du petit Saint-Bernard, je termine cette Lettre, qui n'a d'autre but que d'encourager à de nouvelles recherches les amateurs de géologie, et de leur prouver que si l'on peut rencontrer des choses intéressantes dans les lieux que Saussure a regardés comme monotones en géologie, à plus forte raison, peut-on espérer de faire des découvertes, en parcourant les lieux que ce savant n'a pas visités ou qu'il n'a pas décrits ?

---

## A N N O N C E S

### *CONCERNANT les Mines, les Sciences et les Arts.*

Le Nouveau Transformateur des Poids et Mesures, à l'usage des Administrations, du Commerce et des Arts, dédié à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, et imprimé par autorisation du Ministre de l'Intérieur; par E. Bonneau.

Ce Tableau, qui est sorti depuis quelque tems des presses de l'Imprimerie Impériale, mérite d'être distingué de tous ceux du même genre, qui ont été publiés jusqu'ici. L'Auteur a eu pour objet de le disposer de manière qu'il peut être facilement employé, même dans les cas de conversion les plus compliqués. Nous pensons qu'il a complètement rempli le but utile qu'il s'est proposé.

Se vend (75 centimes) chez l'Auteur, rue Cassette, N<sup>o</sup>. 847; Rondonneau, Hôtel de Boulogne, rue Saint-Honoré, près Saint-Roch; Marfinet, rue du Coq-Saint-Honoré; et Leblanc, place et maison de l'Abbaye Saint-Germain.

---

# JOURNAL DES MINES.

N<sup>o</sup>. 100. NIVOSE AN 13.

---

## M É M O I R E

*Sur les procédés employés en Angleterre pour le traitement du fer par le moyen de la houille.*

Par A. H. DE BONNARD, Ingénieur des Mines et Usines de France.

SI le fer est de tous les métaux connus le plus utile et le plus généralement répandu, il est aussi celui dont le traitement présente le plus de difficultés, et nécessite, proportion gardée, avec le degré de richesse et de pureté des minerais qui le renferment, l'emploi de plus de combustible. Les nombreuses forges répandues sur tous les points de la France, et qui suffisent à peine aux besoins multipliés de notre agriculture, de nos fabriques et de nos arsenaux, consomment chaque année une quantité de charbon de bois qui, lorsqu'on la calcule, paraît vraiment effrayante; et il est malheureusement hors de doute que dans plusieurs parties de l'Empire, cette consommation est dans une proportion trop grande, relativement à l'état actuel de dépeuplement dans lequel se trouvent

Volume 17.

R

la plupart de nos forêts. L'augmentation successive du prix des bois, suite naturelle de cet état, diminue chaque jour l'avantage que les propriétaires de forges peuvent et doivent retirer de leur industrie, et les force à élever le prix des produits de leur fabrication; ils ne peuvent le faire que dans un rapport moins grand que celui du renchérissement des substances qu'ils emploient, et cette hausse est déjà suffisante pour nuire à toutes les manufactures pour lesquelles le fer devient une matière première, à tous les ateliers pour lesquels il est un objet de première nécessité. Ainsi, et comme il arrive presque toujours dans des circonstances analogues, l'État, le fabricant et le consommateur, souffrent également et par une même cause.

La substitution de la houille au charbon de bois, dans les opérations qui composent le traitement du fer, en tarissant la source du mal, aurait un double résultat, dont les avantages seraient bientôt et bien généralement sentis. C'est certainement de tous les perfectionnemens qu'il est possible d'apporter dans les travaux métallurgiques, celui dont les effets seraient les plus utiles à notre pays. D'après cette idée, je crois devoir exposer ici les résultats des observations que j'ai été à portée de faire dans quelques forges d'Angleterre. Il ne m'a point été possible de prendre de dessin exact d'aucune des machines dont j'aurai occasion de parler, en sorte que je me bornerai, autant que je le pourrai, à la description des procédés, qui m'a paru présenter à elle seule assez d'intérêt pour mériter d'être connue.

J'ai visité des usines à fer dans plusieurs parties de l'Angleterre, savoir, à *Merthyrtydril* et dans ses environs en Glamorgaushire, à *Colebrookdale* en Shropshire, et dans la plaine située entre *Wolwerhampton* et *Wednesbury* en Staffordshire. Les procédés en usage dans ces différens endroits, présentent entre eux quelques légères différences que je tâcherai d'indiquer, en m'attachant davantage à la description des opérations de *Merthyrtydril*, qui sont celles que j'ai pu suivre avec le plus de détails.

La fabrication du fer à la houille, se compose en général en Angleterre de quatre opérations.

1<sup>o</sup>. La fonte des minerais dans le haut fourneau appelé *Blast furnaces*. On l'opère avec du charbon de houille ou *coaks*. Elle produit des espèces de gueuses que l'on nomme *pig iron* (fer en saumons).

2<sup>o</sup>. Une seconde fusion que l'on fait subir à la fonte dans des foyers nommés *fineris*, assez semblables à nos feux d'affinerie. Cette opération se fait encore au *coaks*. Elle produit d'autres gueuses que l'on désigne sous le nom de *fine metal* (métal affiné).

3<sup>o</sup>. La véritable opération de l'*affinage* de la fonte qui s'exécute dans des fourneaux à réverbère appelés *puddling furnaces*, par le moyen de la houille en nature. Elle produit des loupes que l'on ébauche de différentes manières, de manière à en former des espèces de massets auxquels on donne le nom de *lumps*.

4<sup>o</sup>. Une chauffe que l'on fait subir aux massets dans d'autres fourneaux à réverbère nommés *blowing furnaces*, pour les étirer ensuite en barres entre des cylindres cannelés.

On voit que les deux premières de ces opérations ont pour objet la fusion du minerai et la préparation de la fonte, de manière à la rendre propre à être affinée ; et que le but des deux dernières est la conversion de cette fonte en fer forgé. Cette distinction divise naturellement le Mémoire en deux parties correspondantes à ces deux genres de travaux.

## PREMIÈRE PARTIE.

*Fusion des minerais et préparation de la fonte.*

Avant d'entrer dans aucun détail relatif à l'exposé de ces opérations, il est à propos de dire un mot sur la préparation du *coaks* dont on fait usage pour les exécuter, et en général sur l'emploi de ce combustible.

*Préparation du coaks.*

On sait que le but de cette opération est de dégager du charbon de houille, par une combustion lente, les principes auxquels il est mélangé, et dont les principaux sont le bitume et le soufre.

Mais la houille contient aussi des terres, et principalement de l'alumine en plus ou moins grande quantité, et lors de la combustion des autres principes étrangers au charbon, une partie des acides formés par le soufre se porte sur ces substances terreuses, et forme avec elles des sels que le faible degré de chaleur produit par cette combustion ne peut pas décomposer,

Inconvé-  
niens que  
présente la  
houille dans  
son emploi.

et qui restent renfermés dans le *coaks*. Dans le haut fourneau ces sels se décomposent, tant à cause de la grande intensité de chaleur à laquelle ils sont exposés, que par la tendance de l'alumine à l'unir aux autres terres avec lesquelles elle se trouve en contact pour se vitrifier avec elles. Il en résulte que les acides sulfurique et sulfureux redevenant libres, se portent sur les parties métalliques, s'unissent avec elles, et rendent le fer aigre cassant à chaud.

Si la houille contient du phosphore, des effets analogues ont lieu pour les acides phosphorique et phosphoreux pendant la carbonisation et lors de la fusion des minerais ; et la *sidérite*, qui se forme pendant cette dernière opération, donne au fer le défaut d'être cassant à froid.

Tels sont les principaux inconvéniens à éviter dans l'emploi du *coaks* pour la fonte des minerais de fer, et on voit qu'ils sont d'une nature telle que l'état actuel de nos connaissances ne nous permet guère d'espérer pouvoir y remédier par des soins plus ou moins grands apportés à la carbonisation ; car la combustion lente et entière de la substance charbonneuse elle-même, ne produirait probablement pas un degré de chaleur suffisant pour décomposer les sels, dont la formation est inévitable quand la houille contient leurs principes. C'est donc principalement au choix de cette houille qu'il faut s'attacher. Elle doit, pour pouvoir donner de bon *coaks*, contenir le moins possible de soufre et de terre, et être au contraire fort bitumineuse. Cette dernière qualité n'est essentielle, que parce qu'elle indique ordinairement l'absence des principes nuisibles ; car on conçoit que du

Qualités  
nécessaires  
dans la  
houille.

reste, la présence d'une grande quantité de bitume dans la houille, n'est aucunement nécessaire dans le cas où on veut la charbonner. Il peut même arriver que la proportion trop grande de cette substance devienne un inconvénient, en ce qu'elle ne se brûle pas en totalité dans la carbonisation, ou que dans le cas contraire, elle produit un degré de chaleur assez considérable pour brûler une partie de la substance charbonneuse. C'est ainsi que l'on dit en Angleterre que la houille de *Newcastle* qui est la plus bitumineuse, et à proprement parler la meilleure de toutes les houilles connues, n'est point aussi bonne pour faire du *coaks* que celles de plusieurs autres endroits, qui lui sont du reste inférieures pour beaucoup d'autres usages, et particulièrement pour l'emploi dans les forges des maréchaux.

La houille doit en outre contenir, relativement à son volume, la plus grande quantité possible de carbone. Cette qualité, qui est d'ailleurs une suite naturelle de l'absence des substances nuisibles, présente en outre cet avantage, que la houille qui la possède fournit plus de *coaks* à la carbonisation, et que ce *coaks* peut à poids égal fondre dans le haut fourneau des quantités de minerai plus considérables que celui provenant d'une houille de qualité inférieure. Cet effet, qui tient probablement à la densité du *coaks*, et peut-être à son moindre degré d'oxydation, nécessite aussi naturellement l'emploi de courans d'air plus forts.

On apporte en Angleterre un grand soin au choix de la houille destinée à être réduite en *coaks*, mais on en donne en général fort peu

Carbonisation de la houille.

à la préparation de cette substance. Il en résulte nécessairement que le *coaks* obtenu avec la même houille est d'une qualité très-variable, tantôt trop brûlé, tantôt renfermant encore quelques-uns des principes que l'on voulait en séparer. Ces défauts nuisent de différentes manières à la fusion des minerais, et sont de la nature de ceux dont des méthodes plus parfaites de carbonisation, ou plus de soin apporté dans celle que l'on emploie, préviendraient l'existence et empêcheraient les effets.

Dans le *Glamorgau* et le *Shropshire* on fait en général à l'air libre des tas de houille en dos d'âne qui ont 40-50 pieds de longueur, 3-4 pieds de largeur, et autant de hauteur. On met les gros morceaux au milieu, et la même houille près de la surface qu'on recouvre d'un peu de terre. On allume à un bout du tas et par-dessus, avec quelques morceaux de houille enflammés, et on laisse le feu se communiquer dans toute la masse, en prenant seulement la précaution de boucher avec du *coaks* en poudre ou avec de la terre, les ouvertures par lesquelles la flamme s'échappe avec trop de force. La durée d'une opération semblable varie beaucoup, toutes choses égales d'ailleurs, d'après la force du vent. Elle est souvent terminée en vingt-quatre heures. On obtient ordinairement en *coaks* à *Merthyr* les trois cinquièmes du poids de la houille employée.

Près de *Wolwerhampton*, la houille étant moins bitumineuse et plus difficile à brûler, on la met en tas coniques, assez semblables à nos charbonnières de bois, autour d'un petit fourneau par lequel on met le feu. Ce fourneau

est en briques ; il a la forme d'un cône tronqué , de 3-4 pieds de diamètre à sa base , sur autant d'élévation , et ses murs sont percés à plusieurs hauteurs d'évents , qui servent à entretenir le courant d'air dans le tas de houille en combustion.

Carbonisation de la houille dans des fours.

J'ai vu une usine à *Broseley* en Shropshire , où l'on prépare une partie du *coaks* dont on fait usage , d'après le procédé indiqué par le Lord *Dundonnald*.

On remplit de houille des fours faits en brique , qui ont la forme d'un conoïde , environ 8 pieds de hauteur et autant de diamètre à la base. On allume par une ouverture placée dans le sol. On conduit ensuite le feu à volonté au moyen de plusieurs petits trous placés sur les parois du four à différentes hauteurs , et qu'on ferme successivement en allant de bas en haut , à mesure que la flamme gagne et que la houille se carbonise.

Distillation du bitume.

Au sommet du four est un conduit horizontal par lequel la fumée se rend dans des tuyaux d'environ 8 pouces en carré qui serpentent sous des bassins d'eau froide , et où elle se condense pour la plus grande partie. Le reste se dégage par des cheminées très-élevées. Ce n'est presque que du gaz hydrogène qui sort par ces ouvertures , et quelquefois le feu s'y communique et il brûle avec explosion.

La partie condensée et liquide coule dans un réservoir où on la recueille sur l'eau. C'est un mélange de bitume et d'huile empyreumatique , qu'on peut employer dans cet état pour graisser les roues des voitures. On sépare aussi ces deux substances en distillant l'huile qui est d'un jaune

brun , et qu'on reçoit dans des vases séparés. Le bitume reste très-noir et se solidifie par le refroidissement.

Dix tonnes ( vingt milliers ) de houille donnent environ deux barils de bitume.

Le *coaks* obtenu dans cette opération est en plus grande proportion que celui qu'on fait à l'air libre. Beaucoup de personnes prétendent qu'il n'est pas aussi bon pour la fusion des minerais de fer. Cependant le maître de forges qui le prépare ainsi l'emploie dans ses fourneaux , indistinctement avec du *coaks* préparé à la manière ordinaire , et la qualité de la fonte n'en est nullement altérée.

#### PREMIÈRE OPÉRATION.

##### *Fusion des minerais.*

Le minerai de fer que l'on traite dans toutes les usines que j'ai visitées , est un schiste argileux et ferrugineux , qui se rencontre partout en bancs de quelques pouces d'épaisseur alternant avec des couches de houille. Sa couleur varie du gris au brun et au jaune. Il renferme quelquefois des empreintes de fougère et autres végétaux. Les couches de ce minerai sont remarquables dans les tranchées par lesquelles on les exploite , souvent en ce qu'elles présentent une multitude de fentes verticales , qui font prendre à leurs fragmens des formes approchant de celle d'un prisme à base rhomboïdale. Ces fragmens exposés à l'air , acquièrent , par la décomposition , une apparence sphéroïdale et concentrique.

Nature des minerais.

Leur richesse.

La richesse de ces minerais est un peu variable, mais on les mélange ordinairement entre eux, de manière à leur faire rendre environ 33 pour 100 dans le haut fourneau. Cette proportion est regardée dans beaucoup d'usines comme la plus avantageuse, c'est aussi une de celles qu'on rencontre le plus communément.

Grillage

Les minerais sont toujours grillés avant d'être jetés dans les fourneaux. Ce grillage se fait dans le *Shropshire* à l'air libre, en formant par des lits successifs de houille et de minerai, de grandes pyramides tronquées, dont la base a quelquefois plus de 5 pieds de long sur 20 pieds de large. Dans le *Glamorgau* on l'opère dans des espèces de fours à chaux en cône renversé, où l'on met aussi des lits successifs des deux substances. Dans le premier cas, l'opération dure un nombre de jours qui varie suivant la grandeur des tas et l'activité de l'air. La houille que l'on y brûle ne fait le plus souvent que se convertir en coaks, et on l'emploie ensuite dans les fourneaux. Dans le second cas, on retire de tems à autre le minerai torréfié par l'ouverture inférieure, et on ajoute continuellement par-dessus de la houille et de nouveau minerai. Le combustible se consume ordinairement en entier, parce que l'activité du feu est assez considérable.

Je crois la première méthode préférable à la seconde. La chaleur y est à la fois plus uniforme et plus douce, et sous ce double point de vue, elle paraît mieux remplir le but que l'on se propose en torréfiant le minerai de fer, qui doit être de les dégager d'une partie des principes volatils et nuisibles qu'ils renferment,

et de diminuer la force d'aggrégation qui existe entre leurs molécules, mais non d'augmenter la proportion d'oxygène qu'ils contiennent, effet qui ne peut manquer d'avoir lieu quand on élève trop la température en procurant un courant d'air actif à la substance en combustion.

L'élévation des hauts fourneaux nommés *blast furnaces*, varie de 40 jusqu'à 60 et même 65 pieds; mais ce n'est que dans le *Glamorgau* qu'on en a construits de cette dernière hauteur. Les grandes différences qui existent dans les qualités des houilles et des minerais dont on fait usage, doivent nécessairement faire varier dans les fourneaux les proportions qui donnent le *maximum* d'avantages; cependant on s'accorde assez généralement à donner la préférence à ceux de 50 pieds de hauteur, quand la houille étant d'une très-bonne qualité, donne un *coaks* plus abondant, plus fort, et qui exige un courant d'air plus considérable, et à ceux de 45 pieds, lorsque la houille est d'une qualité inférieure.

Les autres proportions des fourneaux varient aussi et dans des rapports à-peu-près semblables. Ainsi le centre a dans sa plus grande largeur 12 pieds de diamètre dans les fourneaux de 45 pieds de hauteur, il a plus de 14 pieds dans ceux de 60 pieds d'élévation. Cette plus grande largeur qui se trouve au point de rencontre des étalages avec la cuve, est en général à-peu-près au tiers de la hauteur totale du fourneau.

L'ouverture du gueulard a depuis 2 pieds et demi jusqu'à 4 pieds de diamètre.

Le fond du creuset et tantôt carré, tantôt

Hauts fourneaux.

parallélogrammique. Ses dimensions varient en raison des autres proportions des fourneaux, et de la quantité de fonte qu'on veut lui faire contenir. Il a de 6 à 7 pieds de hauteur jusqu'au point où commencent les étalages.

La forme intérieure des fourneaux anglais est connue. La chemise, les étalages, et les parois du creuset sont dans le plus grand nombre des usines formées en entier de briques réfractaires faites exprès pour chacune de ces trois parties. Derrière le revêtement de la cuve, on fait souvent une seconde paroi aussi en briques, en laissant entre ces deux parois un intervalle de trois pouces de largeur, que l'on remplit de poussière de charbon mêlée d'argile et fortement battue.

Cependant dans quelques fourneaux, on forme les étalages et les parois du creuset, de pierres de grès les plus réfractaires que l'on puisse rencontrer. Mais cette construction ne présente jamais autant d'avantages que celles en briques, qui sont aussi plus généralement adoptées. Les briques faites avec soin résistent beaucoup mieux à l'action du feu que les grès les moins fusibles, l'ouvrage du creuset est beaucoup plus lent à se déformer et à se détruire, et il n'est pas rare de voir des fourneaux dont l'intérieur est entièrement construit en briques, rester au feu huit ou dix ans sans aucune interruption.

L'épaisseur de la maçonnerie du fourneau varie dans les diverses provinces, ainsi que la forme extérieure de cette maçonnerie. Dans le *Glamorgau* et le *Shropshire*, les fourneaux sont ordinairement accolés plusieurs à côté l'un de l'autre, et adossés à des escarpemens de rochers,

dont le sommet se trouve à-peu-près au niveau du gueulard. Leur masse présente alors la forme d'une pyramide tronquée, dont les faces sont presque parallèles, et les dimensions de la base de cette pyramide sont souvent pour un fourneau isolé de plus des deux tiers de sa hauteur.

En *Staffordshire*, au contraire, où les fourneaux sont en général en plaine, ils sont généralement isolés, ont une forme conique, et leur maçonnerie a moins d'épaisseur que dans les autres provinces. Cette différence dans les proportions est d'autant plus sensible à l'œil, que les fourneaux sont le plus souvent surmontés d'une cheminée qui a 6, 8, et jusqu'à 10 pieds de hauteur au-dessus du gueulard. Elle donne plus d'élégance à la masse du fourneau sans rien ôter à sa solidité, et présente en outre cet avantage que le massif de maçonnerie sèche beaucoup plus facilement que lorsqu'il est plus épais. L'expérience prouve d'ailleurs que cette grande épaisseur n'est nullement utile pour consumer la chaleur dans le fourneau, surtout lorsqu'on place derrière la chemise intérieure une couche de poussière de charbon.

L'air est fourni aux fourneaux par des machines soufflantes en fonte et cylindriques, dont le diamètre et la hauteur varient en général de 6 à 9 pieds. Les régulateurs de ces machines sont ou des cylindres de fonte de semblables dimensions, et dont le piston est chargé de poids, ou des cases à air, ou de grandes caisses renversées sur l'eau. Des jauges à mercure placées sur les régulateurs, indiquent le degré de compression auquel est soumis l'air qu'ils renferment.

Machines  
soufflantes.

Ces machines soufflantes sont ordinairement mues par des machines à vapeur, quelquefois par des roues hydrauliques, et quelquefois par l'union de ces deux puissances motrices.

Pour les fourneaux nouvellement construits, et dans l'établissement de ceux dont on construit encore aujourd'hui un grand nombre, principalement dans le *Glamorgau*, les cylindres soufflans ont ordinairement 7 pieds de diamètre et 8 pieds de hauteur. Le piston de chacun de ces cylindres est mis en mouvement par le balancier d'une machine à vapeur à double effet, de 40 pouces de diamètre, et donnant 13 à 14 coups par minute. Un attirail semblable fournit de l'air à deux *blast furnaces* et en même à trois *fineris*. Son établissement coûte environ 2500 livres sterlings ou 60000 francs, dont 1500 livres sterlings ou 36000 francs pour la machine à vapeur, et 1000 livres sterlings ou 24000 fr. pour la machine soufflante.

Position  
des buses.

On donne en général aux buses par lesquelles l'air comprimé s'introduit dans le fourneau, une position horizontale, en les dirigeant de manière à ce que le vent aille frapper l'angle formé par la rustine et le contre-vent. Mais dans quelques fourneaux de *Glamorgau* on trouve plus avantageux de relever un peu les buses par leur extrémité, bien loin de faire plonger leur direction dans le creuset, comme cela a lieu dans un grand nombre de forges. Cette méthode de diriger le vent de bas en haut augmente, dit-on, beaucoup la rapidité de la combustion et le produit du fourneau, mais il est probable qu'elle n'occasionne ni économie ni amélioration dans la qualité de la fonte. Aussi est-elle

employée seulement dans quelques usines où l'on ne vise qu'à porter le plus loin possible la quantité de la fabrication.

Avant de mettre un fourneau en feu on le sèche et on le chauffe. Pour cela, on forme en avant du fourneau un petit foyer garni d'une grille sur laquelle on allume de la houille, dont la flamme est aspirée avec force par la cavité du fourneau. On a eu soin, avant d'allumer le feu, de revêtir intérieurement les parois du creuset en briques posées de champ, pour les garantir de l'effet subit de la chaleur. On entretient le feu sur la grille pendant quinze jours ou un mois, et quant on juge que le fourneau est entièrement sec et déjà considérablement échauffé, on détruit le foyer provisoire, et on donne le dernier degré de chaleur nécessaire, en remplissant peu à peu de coaks la cavité entière du fourneau jusqu'aux trois quarts de sa hauteur, ou même jusqu'au gueulard, puis on commence à charger en minerais, mais d'abord très-faiblement. Lorsque ces premières charges sont descendues et approchent du creuset, on retire son revêtement provisoire, on ferme son ouverture antérieure avec la pierre de la Dame, et on commence à donner le vent. La chaleur du fourneau acquérant encore de plus en plus d'intensité, on peut augmenter successivement le nombre des charges et la proportion du minerai dans chacune d'elles; mais ce n'est qu'au bout de plusieurs mois que l'on atteint à cet égard la marche qui doit ensuite être suivie à peu-près constamment pendant la durée entière du roulis du fourneau.

Assèchement  
du  
fourneau.

Le nombre des charges que l'on fait par jour

Nombre  
des charges.

Leur composition.  
Produit du fourneau.

depuis ce moment, la composition de ces charges, et le produit journalier du fourneau, varient beaucoup dans les différentes usines d'après la qualité du *coaks*, celle du minerai, le degré de compression et de vitesse que l'on donne à l'air des machines soufflantes, et la disposition des tuyères. Dans les fourneaux de *Glamorgau*, de 50 à 65 pieds de hauteur, et où l'on donne au vent une direction un peu ascendante, on passe 80 et même 90 charges par 24 heures. Chacune de ces charges est composée d'environ 4 quintaux de *coaks*, 4 quintaux de minerai et un quintal de castine. On coule deux fois pendant cet espace de tems. Chaque coulée donne de trois tonnes à trois tonnes et demie (6 à 7 milliers) de fonte, ce qui fait pour le produit d'un fourneau 42 à 49 tonnes (84 à 98 milliers) par semaine, et 2000 à 2500 tonnes (4 à 5 millions) par an.

Dans le *Shropshire* et le *Staffordshire*, où la houille est d'une qualité un peu inférieure, où les fourneaux sont moins grands, et où les tuyères sont horizontales, on fait journellement un nombre de charges un peu moins considérables, et dans chacune d'elles le *coaks* se trouve en proportion plus grande que le minerai. Ainsi l'on charge 3 quintaux et demi de *coaks* pour 3 quintaux de minerai, et moins d'un quintal de castine. Le produit d'un fourneau est dans ces provinces de 5 tonnes à 6 tonnes et demie par jour, de 35 à 45 tonnes par semaine, et de 1800 à 2200 tonnes par an.

En s'arrêtant un moment ici pour comparer les proportions de combustible que l'on fait entrer dans les charges avec celles employées au

même

même usage, et pour obtenir le même effet dans toutes les usines du continent, on sera sans doute étonné de voir qu'on brûle deux et trois fois plus de *coaks*, même dans les fourneaux où on l'épargne le plus, qu'on ne brûle ailleurs de charbon de bois pour des résultats analogues.

Cependant la chaleur produite par le premier de ces deux combustibles en ignition est plus forte que celle dégagée par un poids égal du second. A quoi peut donc tenir une aussi énorme différence? Il est probable que les principes unis au carbone dans ces deux substances, et peut-être encore le différent degré d'oxydation auquel ce carbone se trouve dans chacune d'elles, entrent pour beaucoup dans la solution de cette difficulté, mais nous n'avons encore à cet égard aucune donnée satisfaisante, et cette question mérite de fixer l'attention des hommes instruits qui voudront essayer de substituer en France l'emploi de la houille à celui du charbon de bois dans toutes les parties du traitement du fer.

Au reste, si, comme on peut le présumer, la tendance du charbon pour s'unir à l'oxygène, ou au moins la facilité avec laquelle il se combine avec cet aliment de la combustion, est diminuée dans le *coaks* par les causes que je viens d'indiquer, ou par des raisons d'une autre nature et encore inconnues; toujours est-il certain qu'il n'en est pas de même pour ce qui a rapport à la combinaison du carbone avec le fer; car (et ceci paraît d'ailleurs une suite naturelle de la plus grande quantité de combustible avec laquelle ce métal se trouve

en contact, et du tems plus long pendant lequel ce contact a lieu dans des fourneaux d'une hauteur beaucoup plus considérable) (1) les fontes produites avec du *coaks* sont en général beaucoup plus carbonées que celles obtenues avec du charbon de bois. Il semble même que l'union des deux substances dans le premier cas, soit pour ainsi dire plus intime; car il arrive dans plusieurs circonstances que le refroidissement ne l'altère presque pas, et la rend par conséquent moins sensible à la vue.

Coulée.

Pour faire la coulée, on pratique dans le sable qui forme le sol de la fonderie, une grande quantité de rigoles de 3-4 pieds de longueur, dans lesquelles la fonte se répand et se moule en petites gueuses ou saumons de cette dimension. On nomme cette fonte *pig iron* (fer en saumons). Sa qualité et son aspect varient d'après toutes les circonstances qui doivent en effet influencer diversement sa nature: ainsi, celle obtenue dans les premiers mois d'un fondage, est en général plus grise et plus douce que celle des mois suivans.

Nature des fontes.  
Moulage.

Dans les usines du *Glamorgau*, où l'on ne s'attache qu'à obtenir la plus grande quantité

(1) Cependant si la combinaison du fer avec le carbone n'a lieu que dans l'instant très-court pendant lequel la goutte de minerai en fusion reste suspendue à la *voûte* avant de tomber dans le creuset, la hauteur des fourneaux n'entre pour rien dans le degré plus ou moins grand de carbonisation de la fonte, et la proportion seule du charbon employé contribue à produire ce résultat, ce qui ne fait que confirmer ce que j'avance au sujet de la tendance du fer à s'unir au carbone contenu dans le *coaks*.

possible de produit, et où l'on ne fait entrer dans la composition de chaque charge qu'un poids de *coaks* égal à celui du minerai, le *pig-iron* présente dans sa cassure un aspect blanc et brillant, et son intérieur est rempli de petites crevasses sphériques, dont la surface interne est souvent irisée. Cette espèce de fonte est assez cassante, et pour pouvoir l'employer à mouler des objets qui demandent quelque soin, on est obligé de la refondre dans des fourneaux à réverbère, encore les pièces moulées, après cette seconde fusion, ne sont-elles jamais d'une qualité supérieure. Mais dans les usines où cette fonte est obtenue, on ne fait en général presque aucun commerce en fer coulé ou *cast-iron*, et excepté ce que l'on emploie à la confection des machines ou instrumens nécessaires aux besoins de l'usine même, on convertit en fer forgé à-peu-près tout le produit des hauts fourneaux.

Dans les autres forges du *Glamorgau*, ainsi que dans le *Staffordshire*, où les charges sont moins nombreuses, et où la proportion du *coaks* est plus grande, on obtient une fonte plus douce à cassure grise et grenue, et avec laquelle on peut fabriquer, soit immédiatement au sortir des hauts fourneaux, soit et mieux encore après une fusion aux fourneaux à réverbère, de fort bon *cast-iron*, dont on fait un commerce assez étendu.

Mais c'est principalement dans le *Shropshire*, et sur-tout à *Colebrookdale*, que les fourneaux donnent une fonte douce; et l'on apporte un soin particulier à obtenir ce résultat, parce que cette fonte à l'état de *pig iron*, et sur-tout

à celui de *cast-iron*, est presque le seul produit que l'on y fabrique, et qu'on en tire un parti extrêmement avantageux. On exécute dans ce pays, avec la plus grande perfection, tous les ouvrages de fonte moulée, soit en terre, soit en sable, tels que des roues et des cylindres de toute espèce et de toutes dimensions, des vis fort exactes, ainsi que leurs écrous, des cheminées très-ornées et avec plusieurs roues à engrainage, etc. etc. Je ne puis donner une meilleure idée de la bonté de cette fonte, qu'en rapportant une expérience qu'on a faite sous mes yeux. Une barre de fonte moulée en caisse, de 8-9 pieds de longueur, étant supportée par ses deux extrémités sur des points d'appui à quelques pouces de terre, on est parvenu, en appuyant le pied sur le milieu de cette barre, à la plier jusque à lui faire toucher le sol, et aussitôt que la pression exercée sur elle a cessé, elle a repris sa forme première avec élasticité (1).

On fabrique aussi dans le Shropshire une grande quantité de canons de bonne qualité, et l'on regarde en Angleterre la fonte produite au *coaks*, comme préférable pour cet usage, ainsi qu'en général pour la confection des objets moulés, à celle obtenue avec du charbon de bois. Son plus grand degré de carbonisation, et par conséquent de désoxydation, est sans

(1) J'ai vu faire cette épreuve dans l'usine où l'on carbonise une partie de la houille dans des fours, en en distillant le bitume: elle prouve que le *coaks* obtenu de cette manière n'est point aussi nuisible à la qualité de la fonte, que quelques propriétaires de fourneaux voisins voudraient le faire croire.

doute la cause de cette supériorité, et il est probable que les principes nuisibles fournis par la houille, qui suffisent pour vicier la qualité du fer forgé que l'on fabrique avec elle, quoique bien évidemment déjà contenus dans la fonte, n'y sont pas en assez grande quantité pour l'empêcher d'être bonne aux usages auxquels elle est destinée, parce que la *douceur* exigée pour ces usages ne peut pas entrer en comparaison avec les qualités que doit nécessairement posséder le fer doux pour être propre à tous ceux auxquels il est employé.

#### SECONDE OPÉRATION.

##### *Préparation de la fonte.*

La fonte que l'on destine à la fabrication du fer forgé, est regardée au sortir des hauts fourneaux, comme n'étant pas dans le cas d'être traitée de suite avec avantage dans les fourneaux à réverbère. On dit qu'elle est trop *impure*, qu'elle n'est pas assez *affinée* pour pouvoir être soumise à cette opération. La véritable raison est qu'elle est trop carbonisée, et que l'affinage par une seule opération en serait trop long et trop dispendieux.

Les procédés qui me restent à décrire sont beaucoup moins anciennement pratiqués que ceux de la fonte du minerai par le moyen du *coaks*. La découverte de cette dernière opération date du commencement du dix-septième siècle, et elle est généralement en usage depuis plus de 60 ans. Les procédés pour la préparation et l'affinage de la fonte ne sont au contraire

Nécessité  
de cette  
opération.

Anciennes  
méthodes.

découverts que depuis 15 ou 20 années. Avant cette époque on affinait dans des foyers assez semblables aux nôtres et par différens moyens. Pour rendre ces opérations moins longues et moins coûteuses, on préparait aussi la fonte en lui enlevant une partie de son carbone par plusieurs méthodes, de l'une desquelles M. Monge a parlé dans l'excellent Traité du fer qui fait partie de son ouvrage *sur la Fabrication des canons*. Cette méthode consistait à faire entrer la fonte en fusion dans des pots placés sur l'âtre d'un fourneau à réverbère. En se fondant elle poussait à sa surface une grande partie du carbone qu'elle contenait, et la presque totalité de cette fonte devenait blanche, peu carbonée, et plus facilement susceptible de l'affinage. Mais on perdait par cette opération la partie qui était à la surface, et qui devenait surcarbonée; au moins était-il impossible de l'employer à la fabrication du fer (1).

Procédé  
actuel.

Le procédé généralement employé aujourd'hui, consiste à faire subir à la fonte une seconde fusion dans des foyers nommés *fineris*, assez semblables à nos feux d'affinerie, mais plus grands, et qui sont alimentés avec du *coaks*. Pour cet effet, après avoir cassé les *pig-irons* en morceaux de 50-60 livres pesans, on place un ou plusieurs de ces morceaux sur le *coaks* dont le foyer est rempli, et au-dessus du vent des soufflets. La matière se fond, et

(1) Un très-petit nombre d'usines ont conservé les anciennes méthodes d'affinage. J'ai vu une petite forge à *Colebrookdale* où l'on exécute cette opération par un moyen assez analogue à celui que M. Monge a décrit.

en passant devant la tuyère tombe dans le creuset, où le vent qui plonge continuellement brûle la presque totalité du carbone qu'elle contient, et où les scories qui la couvrent l'empêchent d'être en contact avec le combustible qui pourrait lui en fournir de nouveau. On ajoute ainsi successivement de nouveaux morceaux de *pig-iron* au-dessus des charbons, à mesure que les premiers se fondent, et le creuset se remplissant de métal, les crasses surnageantes sont chassées par le vent des tuyères, et s'écoulent naturellement par-dessus les bords du foyer.

De deux en deux heures, ou même plus souvent, on débouche un trou qui existe au bas de la plaque qui forme la paroi antérieure du foyer, et la fonte coule dans des rigoles qu'on a préparées dans le sable pour la recevoir, et où elle se moule en saumons plus considérables que ceux que l'on forme au sortir des hauts fourneaux. On en fait deux à chaque coulée. On nomme cette fonte *fine metal*. Les ouvriers qui savent qu'ils doivent obtenir une fonte blanche, ont souvent soin de donner aux saumons une forme large et peu épaisse, et de les arroser de beaucoup d'eau, afin de rendre leur cassure aussi blanche que possible par un refroidissement plus subit.

Ces foyers sont continuellement en feu. On y passe environ 1500 livres de fonte en six heures. Cette fonte éprouve un déchet qui varie d'après la qualité du *coaks*, celle du *pig-iron*, et la manière de travailler de l'ouvrier, de manière à ce qu'on emploie 2200 à 2250 livres de *pig-iron* pour obtenir une tonne ou deux milliers.

Consom-  
mation et  
produit.

de *fine metal*. Les renseignemens que l'on m'a donnés sur la quantité de combustible brûlée dans cette opération, portent cette consommation à une livre de *coaks* par chaque livre de *fine metal* obtenu, ce qui me paraît devoir être au-dessus de la réalité.

Nature de  
la fonte pré-  
parée.

Ce *fine metal* a toujours une cassure blanche et brillante, mais très-peu écailleuse. Il a aussi une apparence plus compacte et plus homogène que le *pig-iron*. Il doit être en effet plus pur, et dégagé de beaucoup de substances étrangères au fer qui sont entrées dans la composition des crasses. Il doit aussi contenir beaucoup d'oxygène et fort peu de carbone; car l'action du vent des soufflets, à laquelle il a été exposé, a nécessairement été de détruire une grande partie de l'un de ces principes, et d'augmenter au contraire considérablement la proportion de l'autre. C'est dans cet état que l'on considère la fonte comme susceptible d'être affinée facilement dans les fourneaux à réverbère.

## SECONDE PARTIE.

### *Conversion de la fonte en fer forgé.*

#### TROISIÈME OPÉRATION.

### *Affinage au fourneau à réverbère, et ébauchage des loupes.*

Fourneaux.

Les fourneaux en usage pour cette opération portent le nom de *puddling furnaces*. Leur âtre

a environ 6 pieds et demi de longueur sur 3 pieds 10 pouces de largeur. Il est un peu creusé, construit en briques, ainsi que tout le reste du fourneau, et recouvert de sable. La grille de la chauffe a environ 2 pieds de largeur. L'ouverture qui donne entrée à la flamme dans le fourneau a 2 pieds et demi de côté, et celle par où elle en sort pour entrer dans le *rampant* de la cheminée, est de 2 pieds en carré. Ce *rampant* est garni d'un registre qu'on ouvre ou ferme à volonté, pour augmenter ou diminuer la force du courant et l'intensité de la chaleur. Audessous de son entrée est un petit bassin destiné à recevoir les scories.

Dans les usines du *Glamorgau* la chauffe a deux portes, situées antérieurement et latéralement. Dans celles du *Staffordshire*, au contraire, il n'y en a qu'une placée à la partie antérieure. Je n'ai vu dans aucune forge une cheminée au-dessus de la chauffe, comme il en a été représenté une dans la coupe d'un *puddling furnace*, figurée dans le n°. 2 des *Annales des Arts et Manufactures*.

L'ouverture antérieure du fourneau par laquelle on charge le *fine metal*, et on retire les loupes, se ferme avec une porte en fonte, de 20 à 24 pouces en carré, suspendue à l'extrémité d'un levier horizontal, au moyen duquel on l'élève ou l'abaisse à volonté. Cette porte est percée à son milieu d'une ouverture de 7 à 8 pouces de côté, qui sert à l'ouvrier pour introduire les instrumens avec lesquels il travaille dans l'intérieur du fourneau, et qui se ferme par une petite porte dans laquelle est pratiqué un trou circulaire de 8-10 lignes de diamètre,

par où l'on peut regarder pour connaître à quel point en est l'opération.

**Combustibles.** Les *puddling furnaces* sont chauffées avec de la houille en nature. On choisit pour cet effet celle de seconde qualité, dont l'emploi à cet usage laisse la faculté de réserver celle d'une qualité supérieure pour la préparation du *coaks*.

**Charge du fourneau.** Après avoir garni de sable le sol du fourneau, on le *charge* en y plaçant près de l'autel 300 livres de *fine metal* en morceaux plus ou moins volumineux. On ferme alors la porte aussi hermétiquement que possible, en *margeant* tous les bords avec de l'argile, et bouchant même le petit trou du milieu. On jette de la houille sur la grille, et on entretient le feu, en laissant ouverte la porte antérieure de la chauffe, et fermant à moitié le registre de la cheminée. Au bout d'une demi-heure environ, lorsque la fonte est devenue d'un rouge blanc, on donne un coup de feu plus fort en continuant à alimenter la grille, fermant hermétiquement la porte de la chauffe, et ouvrant en entier le registre de la cheminée. Ce coup de feu a pour objet d'opérer la fusion du métal qui en effet se ramollit aussitôt et commence à couler. On observe ordinairement, à cette époque de l'opération, que les parties fondues bouillonnent pendant quelques instans. Au bout de moins d'un quart-d'heure, la fusion étant presque entièrement achevée, l'ouvrier ouvre la petite porte du fourneau, et y introduit un *ringard*, avec lequel il casse les morceaux qui existent encore, et les rapproche du foyer pour accélérer leur liquéfaction. En effet, après quelques minutes, tout est ordinairement fondu. Alors l'ouvrier se servant alter-

**Brassage du bain.**

nativement de *ringards* et de *râbles*, et les agitant continuellement dans le bain du métal, le brasse fortement, de manière à renouveler sans cesse les points de contact avec la flamme qui désoxyde successivement les molécules métalliques qui sont séchées par elle. En perdant ce principe étranger, le fer perd également sa fusibilité, aussi les parties revivifiées reprennent-elles aussitôt l'état solide? et au bout d'une demi-heure de brassage, la substance présente l'aspect d'une pâte à demi-liquide, et renfermant une multitude de petits grains. Pendant la durée de ce travail, l'ouvrier jette quelquefois un peu de sable sur la partie du bain qu'il est occupé à brasser, afin de faciliter la formation d'escories, qui, à mesure qu'elles viennent, surnagent le bain métallique, sont poussées dans le bassin destiné à les recevoir, où l'on a soin d'entretenir leur liquidité avec des morceaux de houille enflammée, et duquel on les fait écouler de tems à autre, en débouchant un trou destiné à cet usage. Dans le *Stafforshire* on a l'habitude de jeter aussi à plusieurs reprises de l'eau sur le bain pendant la durée du brassage. Je n'ai point vu mettre cette pratique en usage dans le *Glamorgau*.

La porte ou les portes de la chauffe, et le registre de la cheminée, servent à l'ouvrier de régulateurs pour augmenter ou diminuer la force de la chaleur ou l'effet de la flamme. Quelquefois il referme toutes les ouvertures du fourneau pour donner encore des coups de feu plus violens, mais qui ne sont jamais qu'instan-

Formation  
d'escories.

Formation  
des loupes.

toujours les points de contact de la flamme avec les molécules de la substance métallique qui devient de plus en plus pâteuse. Les grains s'agglutinent ensemble et forment des morceaux que l'ouvrier réunit avec ses outils, et qu'il achève de coller l'un à l'autre, soit en les pressant avec son ringard, soit en les frappant avec une masse de fer assez pesante. Il forme de cette manière un nombre de petites loupes qui varie de trois à sept, suivant les usages auxquels elles sont destinées, mais qui est ordinairement de cinq. Il les range autour de l'âtre, et fermant la porte du fourneau et ouvrant celle de la chauffe, il les laisse encore exposées à l'action du courant de flamme, jusqu'au moment où il doit les sortir pour les forger.

Durée de  
l'opération.

La durée de cette opération, depuis l'instant où l'on a chargé le fourneau, jusqu'à celui où on le referme après avoir formé les loupes, est dans le *Glamorgau* d'environ sept quarts d'heure. Dans le *Staffordshire*, on met une plus grande activité dans le brassage, aussi le travail est-il ordinairement terminé en une heure et demie, mais les loupes, au sortir du fourneau, sont plus molles, et paraissent moins bien agglutinées qu'elles ne semblent l'être dans les forges du *Glamorgau*.

Théorie de  
l'affinage.

Avant de suivre les loupes au sortir des *puddling furnaces*, revenons un moment sur la théorie de l'affinage que l'on opère dans ces fourneaux.

On est accoutumé à regarder les opérations qui s'exécutent dans les fourneaux à réverbère, comme ayant souvent pour but et pour effet principal l'oxydation des substances métalliques qui

y sont soumises. Les personnes qui jusqu'ici ont voulu donner en France une idée de l'affinage de la fonte dans ces fourneaux, d'après les procédés usités en Angleterre, ne pouvant avoir que des notions incomplètes sur l'ensemble et les détails du travail métallurgique exécuté dans ce pays pour le traitement du fer, ont été conduites par analogie, à vouloir appliquer cette opération par l'effet oxydant de la flamme sur les fontes très-carbonées obtenues au moyen du *coaks*, qui en détruisant le principe charbonneux, regardé comme la partie essentielle à enlever à ces fontes, rendait au fer sa malléabilité. J'avoue qu'il m'est impossible de ne pas être sur la théorie de cette opération, d'une opinion presque entièrement opposée, ainsi qu'on l'a déjà pu remarquer plusieurs fois dans le cours de ce Mémoire. Ma manière de voir à cet égard me paraît fondée sur des raisons prises dans l'ensemble des opérations précédentes et des effets produits par chacune d'elles, ainsi que dans la manière même dont s'opère celle de l'affinage.

On a vu les fontes très-carbonées produites par les hauts fourneaux, être regardées comme non susceptibles d'être affinées dans les *puddling furnaces*, sans avoir été auparavant fondues une seconde fois, et exposées liquides à l'action du vent des soufflets, qui ne peut avoir d'autre effet sur elles que de brûler une partie du carbone qu'elles contiennent, et d'oxyder le métal. On a vu aussi le produit de cette opération présenter l'apparence d'une fonte fort peu carbonée, et au contraire très-oxygénée. On voit maintenant cette même fonte exposée pendant

quelque tems à l'action de la flamme des fourneaux à réverbère, prendre tous les caractères du fer à l'état malléable. Il devient donc d'abord évident qu'un pareil changement n'a pu avoir lieu que par la désoxydation de la fonte, et que cet effet a dû être le principal but de l'opération, comme il en est le principal résultat. Mais je dis en outre qu'on peut trouver la raison de ce résultat dans l'opération elle-même.

En effet, la combustion de la houille sur la grille d'un fourneau à réverbère, n'est pas tellement complète, qu'il ne s'échappe toujours avec la flamme beaucoup de principes combustibles non brûlés, tels que du gaz hydrogène carboné, du bitume, des huiles, etc. etc. La rapidité même du courant d'air nécessaire pour entretenir un feu actif, occasionne la perte d'une grande quantité de ces substances, qui dégagées de la houille par l'action de la chaleur, sont, à cause de leur légèreté, emportées aussitôt par lui avant d'avoir pu s'emparer de l'oxygène qui aurait opéré leur combustion. Si on diminue la force de ce courant, et par suite la vivacité du feu, il en résulte encore une plus grande perte de principes volatils, parce que la quantité d'oxygène qui alimente le feu, ne peut plus suffire à en brûler qu'une moindre quantité; aussi voit-on que la fumée devient dans ce cas encore plus noire et plus épaisse qu'elle ne l'est quand la combustion est plus rapide. L'effet de ces substances, extrêmement avides d'oxygène, à la haute température à laquelle elles sont élevées, sur des molécules de fonte très-chargées de ce principe, et que le brassage met continuellement en contact avec elles, doit

nécessairement être de s'emparer de cet oxygène, et de réduire successivement la fonte à l'état métallique. Une diminution dans la rapidité du courant d'air, doit, d'après ce qui vient d'être dit, produire à cet égard un résultat encore plus considérable; aussi voit-on dans la suite de l'opération que l'ouvrier ne donne guère de forts coups de feu que pour opérer la fusion du métal, et que pendant la plus grande partie du tems que dure le brassage, il a soin d'exciter un feu moins vif, et par conséquent une vaporisation plus grande de principes combustibles non brûlés. On sent facilement que ces changemens, dans la rapidité de la combustion, doivent cependant être renfermés dans des limites très-rapprochées l'une de l'autre, et que la diminution poussée trop loin, deviendrait bientôt nuisible au succès de l'affinage, soit en produisant le refroidissement du fourneau, soit en viciant la qualité du fer par le contact de trop de parties sulfureuses et bitumineuses.

On a vu que le carbone contenu dans le *sine metal*, devait être en petite quantité. Sa combustion a lieu probablement en grande partie à l'aide de l'oxygène renfermé dans la fonte, et produit sans doute l'espèce de bouillonnement qu'on remarque dans les commencemens de l'opération. Mais on doit croire que le courant de flamme contribue lui-même à la combustion de ce carbone. Car il est impossible que ce courant ne soit pas aussi chargé d'une certaine quantité d'oxygène, qui doit même tendre à oxyder encore davantage le bain de métal en fusion, mais qui n'a de véritable effet que sur

les parties charbonneuses, qu'il réduit en gaz aussitôt après les avoir brûlées; au lieu que les molécules métalliques auxquelles il peut s'être combiné, sont aussitôt raréfiées par les principes combustibles de la flamme dont l'action est prédominante.

Lorsque le *fine metal* contient une plus grande proportion de carbone, comme cela doit avoir lieu dans le *Staffordshire*, où il provient de fontes plus carbonées, on peut, en jetant de l'eau sur le bain du métal, ainsi qu'on le pratique dans ce pays, accélérer la combustion du carbone, et par suite l'affinage de la fonte. L'action oxydante de cette eau sur le fer, est détruite à l'instant même, comme celle de l'oxygène de la flamme.

Il me semble donc que l'effet principal des fourneaux à réverbère employés à l'affinage de la fonte, est la désoxydation du métal; et je crois que l'opération, telle que je l'ai décrite, exécutée sur des fontes grises ou charbonneuses, produirait un fer acieré ou même de véritable acier. J'ai communiqué cette dernière idée à un directeur de forge Anglais intelligent et instruit, qui adoptait entièrement mon opinion à cet égard.

**Ebauchage des loupes.** La méthode de travailler et d'ébaucher les loupes formées dans les *puddling furnaces*, varie beaucoup, même dans les différentes usines d'une même contrée. Je parlerai d'abord de celle qui est le plus généralement suivie, et qui consiste à les porter immédiatement sous le marteau.

**Marteaux.** Les marteaux employés dans toute l'Angleterre sont excessivement pesans. Le manche est en

en fonte, coulé en une seule pièce, avec la tête qui a 15 à 18 pouces en carré de base, et pèse environ 1200 livres. A la partie antérieure de la panne, sont deux entailles carrées qui aident à donner aux massets la forme que l'on veut leur faire prendre. En avant de la tête est une espèce de mentonnet, au moyen duquel le marteau est soulevé par les canes d'un arbre tournant qui est mis en mouvement par le balancier d'une machine à vapeur.

L'ouvrier tire avec son râble une des loupes du fourneau, et la fait tomber sur le sol de l'atelier. Il la traîne aussitôt jusqu'au marteau, la pose sur l'enclume et la livre au marteleur. Au même instant, un enfant apporte à celui-ci une barre de fer carrée de 8 à 9 lignes d'épaisseur, dont un des bouts chauffé sur la grille du fourneau pendant l'affinage, est devenu d'un rouge blanc. Le marteleur pose cette extrémité de la barre sur la loupe, et le premier coup de marteau lui fait faire corps avec elle. Il s'en sert alors en la tenant par la partie froide pour retourner la loupe dans tous les sens, et l'exposer dans toutes ses parties au choc de la masse qui la frappe. Après l'avoir allongée, il la retourne verticalement, et c'est dans cette position qu'elle reçoit les derniers coups qui achèvent de souder ses deux extrémités. Cette loupe étant à peine solide, par l'extrême degré de chaleur auquel elle est élevée, les scories qu'elle contient en sont exprimées avec beaucoup de facilité, et au bout d'une minute et demie elle a acquis une forme cylindrique de 18 à 20 pouces de long sur trois ou quatre de diamètre. Elle porte dans

Volume 17. †

Cinglage.

cet état le nom de *lump*. Une loupe succède à l'autre sans interruption ; ainsi , le produit d'un fourneau , qui est le plus ordinairement de cinq loupes , est ébauché en un demi-quart-d'heure. A la fin de chaque cinglage , on plie dans tous les sens la barre de fer qui a servi à manœuvrer la loupe , jusqu'à ce qu'on parvienne à la casser , de sorte qu'il en reste toujours un morceau qui fait partie du *lump* obtenu.

Chacun de ces *lumps* est ordinairement destiné à donner dans l'opération suivante une seule barre de fer , mais quand on doit obtenir plusieurs barres avec un seul masset , on le porte en sortant du marteau et encore rouge , dans des cisailles qui le coupent en deux ou trois parties , suivant les dimensions des fers que l'on doit fabriquer avec lui.

Disposition  
du travail.

Un marteau peut suffire pour douze *puddling furnaces* , dont les produits se succèdent immédiatement l'un à l'autre dans les mains du marteleur , et dont le travail est disposé de telle manière , que l'ouvrier du second fourneau termine la formation de ses loupes un instant avant que celui du premier ait fini de faire cingler les siennes , et ainsi successivement pour les autres , de sorte que le travail de chacun d'eux , est en arrière d'environ un demi-quart-d'heure sur celui du fourneau qui le précède , et d'autant en avance sur celui du fourneau qui le suit. Ainsi , l'on peut voir dans un même atelier et dans le même instant , l'opération à tous ses périodes.

Chaque *puddling furnace* fournit ordinairement cinq loupes , et l'ébauchage de 60 pièces

produites par les 12 fourneaux , est terminé avant que l'affinage qui a été recommencé dans chacun d'eux , aussitôt après la confection de ses *lumps* , soit achevé dans le premier. On profite de cet intervalle de tems pour faire reposer le marteau , en arrêtant la machine à vapeur qui le met en mouvement , et on l'arrose pour le refroidir.

Les marteleurs ont ordinairement un cuir attaché à leur chapeau , au milieu duquel est un verre circulaire , et qu'ils laissent tomber devant leur visage pendant qu'ils travaillent , afin d'éviter d'être brûlés par les scories qui jaillissent avec assez de force.

Le produit d'un *puddling furnace* est de 250 livres en *lumps* ; ainsi le fer éprouve un sixième de déchet dans l'opération de l'affinage. On y consomme environ  $\frac{1}{2}$  de livre de houille pour chaque livre de fer obtenu , ou  $\frac{1}{7}$  de livre de houille pour chaque livre de *fine metal* employé.

Déchet.

Dans un grand nombre d'usines , au lieu de porter les loupes sous le marteau au sortir des *puddling furnaces* , on les passe entre des cylindres cannelés , semblables à ceux dont la coupe est représentée dans la *fig. 1, pl. VI (1)* , et que j'appelle *cylindres ébaucheurs*.

Ebauchage  
entre des  
cylindres  
cannelés.

Ces cylindres sont mûs par une machine à

(1) Je répète ici que je n'ai pris sur place aucun dessin ni mesure , aucune dimension. Ainsi je ne prétends point donner de figures exactes , mais seulement des espèces de croquis , destinés à faire connaître à-peu-près ce que sont les cylindres anglais , et à faciliter l'intelligence de l'exposé des opérations.

vapeur, à l'extrémité du balancier de laquelle est adaptée une tige verticale avec une manivelle qui fait tourner un arbre horizontal. Sur cet arbre est une grande roue dentée qui engrène avec une roue plus petite située sur un second arbre parallèle au premier, et sur l'axe duquel un des cylindres est placé. Ce cylindre, en tournant sur lui-même, fait tourner le second en sens contraire, au moyen d'un engrenage. Un grand volant de fonte, situé sur l'arbre du premier cylindre, contribue à entretenir l'uniformité du mouvement.

On passe la loupe successivement dans les cannelures *a*, *a'*, *a''*, *a'''*, qui en la comprimant de plus en plus, font jaillir les scories qu'elle renferme, et lui donnent une forme cylindrique et allongée, assez semblable à celle des *lumps* obtenus sous le marteau. On opère ensuite sur ces *lumps* de l'une des trois manières suivantes.

1°. Quelquefois on leur fait subir sur-le-champ, et sans les réchauffer, l'opération de de l'étirage que je décrirai plus bas; mais il faut pour que cela puisse avoir lieu, que les *lumps* aient conservé un grand degré de chaleur, et que l'affinage ayant été poussé fort loin dans le fourneau, les molécules de fer aient entre elles une adhérence qu'elles n'y acquièrent pas ordinairement. Aussi n'arrive-t-il que rarement que l'on puisse employer cette méthode et épargner une chauffe. Encore, le fer obtenu de cette manière, n'a-t-il jamais beaucoup de nerf, et n'est-il pas aussi bien soudé que celui qui a éprouvé une chauffe de plus.

2°. Le plus ordinairement, on met les *lumps* de côté pour être traités postérieurement comme ceux obtenus sous le marteau.

3°. Quand on veut soigner davantage la qualité du fer, on passe les *lumps* au sortir de la cannelure *a'''*, entre des cylindres unis qui les aplatissent, et en font des espèces de barres fort larges et fort épaisses, remplies d'un grand nombre de gerçures, et présentant tous les caractères d'un fer très imparfait. Ces barres sont refroidies et cassées en morceaux de 18 pouces de long environ. On met ensuite quatre de ces morceaux l'un sur l'autre pour leur faire subir la quatrième opération. On donne aux paquets faits de cette manière le nom de *blums*.

Dans d'autres forges, on passe les loupes immédiatement au sortir des fourneaux entre des cylindres unis, où elles s'étendent en espèces de plaques épaisses et uniformes, puis et de suite, entre d'autres cylindres, sur le pourtour desquels sont seulement quelques saillans tranchans qui coupent la surface de ces plaques, et y font des entailles au moyen desquelles on parvient, quand elles sont refroidies, à les briser facilement et uniformément. Les morceaux obtenus sont ainsi presque tous semblables entre eux. On en place plusieurs les uns sur les autres, et on fait subir à ces *blums* une nouvelle chauffe dans des fourneaux à réverbère semblables à ceux qui servent à l'affinage. Quand elles sont d'un rouge blanc, on les porte sous le marteau, où l'on en fait des *lumps* semblables à ceux obtenus ailleurs d'une première opération, et que l'on met de côté pour être

Ebauchage  
entre des  
cylindres  
unis.

traités postérieurement comme ceux-ci. Cette méthode fait subir au fer une chauffe de plus. Elle occasionne par cette raison un déchet plus considérable, et nécessite l'emploi d'une plus grande proportion de combustible. Mais le fer qu'elle fait obtenir est aussi mieux soudé, plus pur et plus nerveux.

Ebauchage  
entre des  
cylindres  
de quatre  
pieds de  
diamètre.

Dans l'usine de *Bradley* en *Staffordshire*, on passe les loupes au sortir des *puddling furnaces*, entre des cylindres cannelés qui ont environ quatre pieds de diamètre. Ces cylindres sont, ainsi que les autres, mis en mouvement par une machine à vapeur; mais la tige verticale adaptée au balancier de cette machine, au lieu d'être perpendiculairement au-dessus de l'axe qu'elle fait tourner, est située à environ cinq pieds de distance horizontale de cet axe, de sorte que la manivelle ne fait qu'à-peu-près un tiers de tour pendant la levée totale du balancier, et lorsqu'il descend, retourne dans un sens opposé. Il en résulte que les cylindres, au lieu de tourner autour de leur axe, n'ont qu'un mouvement de va et vient, et pour ainsi dire oscillatoire. Cette méthode présente cet avantage qu'un seul homme suffit pour travailler une loupe, qu'il place dans une des cannelures des cylindres, et qui revient à lui d'elle-même lorsque le mouvement change de direction; au lieu qu'il faut deux ouvriers pour ébaucher une loupe avec les cylindres ordinaires. Cependant on la regarde généralement comme offrant plus d'inconvéniens que d'utilité, par l'embarras qu'occasionne une aussi énorme machine. Ces cylindres pèsent, dit-on, chacun 10 tonnes ou 20

milliers. Ils ne sont pas surmontés de vis de pression. Leur propre poids, et celui d'une caisse qui charge encore le cylindre supérieur, suffisent pour opérer sur le fer la compression nécessaire.

Ces cylindres ont des cannelures pareilles à celles de ceux de la *fig. 2*, mais ils en portent aussi de semblables à celles des cylindres de la *figure 3*, et seulement d'une proportion plus grande. On y ébauche du fer de deux manières, soit en formant seulement avec les cannelures de la première espèce des *lumps* que l'on porte de suite à la chauffe de la quatrième opération, soit en aplatissant ces *lumps* dans les cannelures de la seconde espèce, et les laissant refroidir. Quand ils sont froids on les casse en morceaux, et on en fait des blums semblables à ceux obtenus avec d'autres cylindres, et que l'on réserve comme eux pour l'opération qui me reste à décrire.

#### QUATRIÈME OPÉRATION.

##### *Etirage du fer en barres.*

Cette partie du travail s'exécute d'une manière uniforme dans toutes les forges que j'ai visitées, quels que soient les procédés dont on ait fait usage pour l'opération précédente.

On porte d'abord les *lumps* ou les *blums* dans un fourneau à réverbère nommé *blowing furnace*, dont les dimensions sont plus grandes que celles des *puddling furnaces*. On les chauffe jusqu'à ce qu'ils soient devenus d'un rouge

Fourneaux.

blanc ; alors le chauffeur saisissant un d'entre eux avec une pince, le porte jusqu'aux cylindres, et l'abandonne aux ouvriers chargés de l'étirage.

Cylindres

Ces cylindres, que je nomme *préparateurs* et *étireurs*, sont représentés en coupe, *fig. 2 et 3*. Ils sont travaillés avec beaucoup plus de soin que ceux destinés à ébaucher les loupes. Les cannelures de la première paire ou des cylindres *préparateurs*, sont semblables à celles des cylindres *ébaucheurs*, mais plus petites ; les dimensions des plus grandes d'entre elles étant proportionnées à celles des lumps que l'on doit y passer ; les cannelures de la seconde paire sont d'une figure différente, parce qu'elles sont destinées à faire prendre aux massets déjà fort allongés, la forme aplatie et rectangulaire d'une barre. Le cylindre inférieur est seul entaillé, et les parois latérales de *b*, *b'*, *b''*, etc. Chaque entaille sont perpendiculaires à la surface du fond *c*, *c'*, *c''*, etc. et à l'axe du cylindre. A chacune d'elles répond un collet *d* du cylindre supérieur qui s'adapte exactement dans son intérieur pour former la quatrième face de l'espèce de moule dans lequel la barre doit prendre la forme qu'on veut lui faire acquérir. Ces cannelures diminuent successivement de grandeur d'un bout à l'autre des cylindres, de même que celles des autres paires, et les dernières ont des dimensions proportionnées aux divers échantillons des fers que l'on veut fabriquer.

Etirage.

Deux ouvriers sont attachés à chaque paire de cylindre. L'un d'eux place les massets dans

les cannelures, l'autre les reçoit et les repasse au premier. Chaque masset passe ainsi ordinairement 3-4 fois en tout dans les différentes cannelures *o*, *o'*, *o''*, etc. des cylindres *préparateurs*, autant dans celles *b c*, *b' c'*, *b'' c''*, etc. des cylindres *étireurs*, et il a alors acquis les dimensions que l'on veut donner aux barres que l'on fabrique. Les scorées qui restent dans le fer en sont exprimées avec beaucoup de force, et chassées au loin pendant cette opération, surtout la première fois que le masset passe dans les cannelures des derniers cylindres, et perd la forme presque cylindrique qu'il avait conservée jusqu'alors pour prendre celle d'une barre.

Le déchet qui a lieu est peu considérable, parce que le fer était déjà presque entièrement purifié. La proportion de houille brûlée est aussi très-petite, puisque ce n'est que celle nécessaire pour rougir les *lumps* dans un fourneau qui est presque continuellement en feu. On pourrait, dans le plus grand nombre de cas, la diminuer encore et la rendre presque nulle, si l'on parvenait à combiner assez exactement la marche des fourneaux avec celle des *puddling furnaces*, pour que les *lumps*, sortant du marteau ou des cylindres ébaucheurs, fussent portés de suite et encore rotiges dans le *blowing furnace*, où ils n'auraient que fort peu d'instans à rester pour acquérir le degré de chaleur qui leur est nécessaire ; mais cette précision serait assez difficile à obtenir, à cause de la grande vitesse avec laquelle s'exécute l'étirage du fer, comparativement au tems que demande l'opération précédente.

Déchet.  
Consomma-  
tion.

Rapidité  
du travail.

Ce travail marche en effet avec une extrême rapidité. Des massets pesant 50 livres, et longs de 18 à 20 pouces, n'ont besoin de passer que sept fois dans les diverses cannelures des deux paires de cylindres, pour devenir des barres de 11 à 12 pieds de longueur. La totalité de cette opération s'exécute en 40 secondes environ; et comme aussitôt que la barre passe aux seconds cylindres, on apporte un nouveau *masset* entre les premiers, il y a toujours en une minute deux barres complètement achevées. En calculant, d'après ces données, la quantité de fer que peuvent fabriquer deux paires de cylindres semblables, qui ne se reposeraient que quatre heures par jour, et qui travailleraient 300 jours dans l'année, on trouvera pour produit annuel 18000 tonnes ou 36 millions pesant de fer, résultat prodigieux dont on n'approche dans aucune usine, mais dont plusieurs fabriquent environ la moitié.

Redressement des  
barres.

Si les barres sortant des cylindres sont parfaitement droites, on les marque de suite pendant qu'elles sont rouges, et quand elles sont refroidies, on coupe leurs deux bouts avec des cisailles; mais le plus souvent elles ont besoin d'être redressées. Pour cet effet, on les chauffe successivement par les deux bouts, dans un fourneau à deux chauffés, et quand elles sont d'un rouge cerise, on les bat un peu sous un marteau à panne plate et carrée, dont un des coups sert à leur donner la marque de l'établissement dans lequel elles ont été fariquées.

Je terminerai ce Mémoire par quelques observations sur l'ensemble des procédés que je viens de décrire, considérés relativement, 1°. à la quantité de combustibles employés dans les diverses opérations; 2°. aux déchets qu'elles occasionnent pour la conversion de la fonte en fer forgé; 3°. à la valeur des produits de la fabrication; 4°. à la qualité de ces produits.

J'ai déjà fait remarquer à l'article de la fonte des minerais, combien la proportion du *coaks* brûlé dans cette opération, était considérable et plus forte que celle de charbon de bois consommé ailleurs pour des résultats analogues. On a vu qu'elle était au moins de 3 livres de *coaks* (ce qui, d'après nos données, correspond à 5 livres de houille) pour une livre de *pig-iron* obtenu.

Le nombre d'opérations successives que l'on exécute pour faire passer ce *pig-iron* à l'état de fer doux, et pour produire un résultat que nous obtenons dans nos forges avec une seule de ces opérations, doit nécessairement encore occasionner l'emploi de beaucoup de combustibles; et si l'on veut calculer la quantité que l'on en consomme en tout pour fabriquer une livre de fer, on trouvera qu'il faut pour cet effet environ 10 livres de houille. Ce résultat effraiera peut-être d'abord les personnes qui seraient tentées de chercher à substituer dans nos usines ce genre de fabrication à celui qui jusqu'à présent a été généralement en usage; cependant il est probable que si l'on veut comparer le prix de la houille avec celui du charbon

Observations générales.

Sur la proportion de combustibles brûlés.

de bois, on trouvera encore de l'avantage dans tous les pays houillers à faire usage de la houille, en considérant seulement la dépense qu'occasionne l'achat des combustibles.

D'ailleurs, on doit croire qu'en s'attachant à étudier dans toutes ses parties cette suite d'opérations, qui sont encore presque neuves, même en Angleterre, et par conséquent susceptibles de beaucoup d'amélioration, on parviendra à les perfectionner, et principalement à épargner d'avantage la houille qu'on ne le fait dans un pays où sa valeur est presque nulle, eu égard à la profusion avec laquelle elle y est répandue, et à l'extrême facilité que présente son exploitation.

Sur les déchets subis par la fonte.

Enfin l'avantage deviendra encore bien plus sensible, si l'on considère avec la valeur des combustibles employés, les déchets que subit la fonte jusqu'à sa conversion en fer forgé dans les deux genres de procédés. On verra, en reprenant ce qui a été dit plus haut, que le déchet total est de très-peu plus du quart de la fonte obtenue du haut fourneau, tandis que dans nos seules forges d'affinerie, les fontes provenant de minerais de nature semblable à celui que j'ai vu employer en Angleterre, donnent ordinairement un déchet du tiers, et souvent de plus du tiers, pour être converties en fer forgé. Une différence aussi sensible, et qui devient encore plus frappante, si l'on considère que les fontes obtenues avec du *coaks*, contiennent en général plus de substances étrangères au fer, et principalement de parties charbonneuses, que celles qui résultent du traitement au char-

bon de bois, doit nécessairement provenir de la différence des procédés; et il est peut-être permis de comparer ce qui se passe dans ce travail avec ce qui a lieu dans beaucoup d'autres genres de fabrication, particulièrement dans les arts mécaniques, et de faire ici une application de ce principe: qu'en général, *diviser le travail, c'est l'abrégé, et multiplier les opérations, c'est perfectionner*; principe dont dans un grand nombre de circonstances, la théorie et la pratique démontrent également l'exactitude. En effet, et sans prétendre pousser trop loin cette comparaison, qui pourrait alors devenir défectueuse, si dans les arts mécaniques on perfectionne en multipliant les opérations, parce qu'alors un ouvrier ayant moins de choses à faire, parvient à faire mieux, plus uniformément et plus vite le travail dont il est uniquement chargé, on peut penser que dans les arts chimiques et métallurgiques, des changemens semblables amèneront de semblables résultats, parce que chaque opération ayant un but unique, on pourra beaucoup plus facilement faire concourir à ce but tous les agens que l'on emploie, de la manière la plus prompte, la plus économique et la meilleure, que dans le cas où l'on se propose de produire à la fois plusieurs effets, et où les agens nécessaires pour chacun d'eux ont des actions entièrement distinctes, et qui peuvent même quelquefois devenir contraires l'une à l'autre, entraver la marche de l'opération, et diminuer ou vicier les résultats.

Ainsi, dans l'affinage de la fonte, où l'on a

pour double but principal d'enlever au métal le carbone et l'oxygène qui lui sont unis, quand on veut exécuter ces deux effets en une seule opération, comme on le fait dans nos feux d'affinerie, il doit arriver nécessairement, 1°. qu'en mettant le métal en contact avec des charbons ardents, qui tendent à lui enlever l'oxygène, on facilite en même-tems l'union du carbone et du fer, qui ont à une haute température beaucoup d'affinité l'un pour l'autre, et on augmente ainsi la proportion d'un principe que l'on veut détruire. 2°. Qu'en exposant le métal à l'action du vent qui tend à brûler le carbone qu'il renferme, on favorise ainsi l'oxydation du métal lui-même : ainsi chacun des deux agens principaux a, indépendamment de l'effet pour lequel on l'emploie, une tendance et une action entièrement contraire à l'action de l'autre, et au but général de l'opération.

Il résulte de cette espèce de lutte, que le travail est beaucoup retardé, et enfin que l'action de l'oxygène l'emportant sur celle du carbone, le fer se trouve purifié de ce dernier principe, mais aussi qu'une quantité considérable de ce métal reste oxydé, s'unit aux substances terreuses, et forme avec elles des scories dont on ne tire aucun parti, et qui contiennent pourtant 40 à 50 pour 100 de parties métalliques.

La division du travail en deux opérations, dont chacune a un objet distinct, pare en partie à ces deux inconvéniens, et prévient drait entièrement leur existence, s'il était pos-

sible de parvenir à brûler tout le carbone dans la première, pour ne plus avoir qu'à désoxyder la fonte dans la seconde. Elle tend à ce but, et si elle n'a pas encore pu l'atteindre complètement, du moins apporte-t-elle toujours beaucoup d'améliorations dans les résultats ; car en même-tems qu'elle diminue la perte que l'on éprouve, on peut même dire qu'elle abrège le travail en l'allongeant, puisqu'elle met dans le cas de fabriquer dans un tems donné, une quantité de fer beaucoup plus grande qu'il ne serait possible de le faire, toutes choses égales d'ailleurs avec les méthodes d'affinage employées généralement. Je ne reviendrai point maintenant sur les détails qui ont été donnés à ce sujet dans le cours du Mémoire. Je n'ai voulu ici que considérer les procédés par rapport au perfectionnement que produit la division des opérations en diminuant les déchets occasionnés par l'ensemble du travail.

Sans revenir non plus sur les opérations décrites pour examiner ce que chacune d'elles doit coûter au propriétaire d'usines qui les met en pratique, je donnerai, je crois, une idée suffisante du plus ou moins de dépense que peut occasionner la fabrication du fer par le moyen de la houille, par la seule indication des prix auxquels sont vendus en Angleterre les produits de cette fabrication. Ces prix sont ceux qui avaient cours au commencement de l'année 1853, pour les produits des forges du *Glamorgau*.

Le *pig-iron* valait alors 5 livres sterlings la tonne, ou environ 60 francs le millier.

Sur la valeur des produits.

La valeur du *cast-iron* varie toujours beaucoup, selon qu'il a été fondu une seconde fois ou non, et d'après la grandeur et la difficulté du moulage des pièces coulées. Ses prix étaient alors depuis 9 jusqu'à 16 livres sterlings la tonne, ou de 108 à 192 francs le millier.

Le *fine metal* valait 7 livres sterlings la tonne, ou 84 francs le millier.

Le fer en barres rendu par un canal ou par des chemins ferrés au port de *Cardiff*, situé à plus de 20 milles des usines, valait 15 livres sterlings la tonne, ou 180 francs le millier. — Rendu à Londres par mer, 17 livres sterlings la tonne, ou 204 francs le millier.

Si l'on observe que ces prix sont tous de beaucoup inférieurs à ceux des produits de nos forges, si l'on fait entrer en considération, qu'en Angleterre toutes les choses nécessaires à la vie, sont en général de moitié en sus, et la main-d'œuvre de plus du double, plus chères qu'elles ne le sont en France, et si l'on remarque enfin que presque tous les maîtres de forge anglais ont fait de grandes fortunes depuis la découverte des nouveaux procédés, on aura sur l'avantage économique de ces procédés un ensemble de faits qui dispense de toute réflexion ultérieure à cet égard.

Sur la qualité des produits.

En considérant maintenant la qualité des produits, on verra que les fontes sont douces, et très-bonnes pour fabriquer des canons, des cylindres, des roues, et tous les ouvrages de

de moulerie ; mais on ne pourra se dissimuler que les fers forgés sont inférieurs aux bons fers du continent. On leur reproche d'être plus ou moins cassans à chaud, et quelquefois même à froid. Aussi emploie-t-on à l'état de fonte la plus grande partie des produits des hauts fourneaux, et en convertit-on en fer seulement une petite quantité, dont on ne fait usage que pour les ouvrages grossiers, ou pour fendre, ou pour faire des tôles, ou enfin pour exporter.

Le fer du *Shropshire* est en général mieux travaillé et meilleur que celui du *Glamorgau*, et cependant les essais qu'un propriétaire de forges a fait pour l'employer à la fabrication de l'acier n'ont pas réussi, et il a été obligé d'abandonner son entreprise. Le fer destiné à cet usage, ainsi qu'à tous ceux qui demandent une très-bonne qualité, se tire de Suède et de Russie. J'ai indiqué les principales raisons des défauts communs à tous les fers anglais, dans l'article du Mémoire qui a eu pour objet la préparation du coaks, et je les regarde comme provenant de la nature même de la houille. Il me paraît donc certain que dans l'état actuel de nos connaissances, nous ne pouvons pas fabriquer entièrement avec ce combustible du fer de très-bonne qualité ; mais chacune des deux parties principales des travaux de la fabrication, peut s'exécuter séparément et produire de très-bons résultats. Ainsi, la fonte de nos hauts fourneaux peut être affinée à la houille avec grand avantage par les procédés anglais ; et l'introduction

de cette méthode pour cette seule opération, produirait un fer qui (vu l'extrême chaleur à laquelle il est élevé dans les fourneaux à réverbère) serait peut-être encore mieux affiné que celui que nous pouvons obtenir dans nos foyers de forge, souffrirait moins de déchet, et reviendrait à beaucoup meilleur marché; en même-tems qu'elle aurait pour résultat immédiat d'épargner à-peu-près le tiers du charbon de bois employé pour le traitement du fer (1). Ainsi, la fonte qu'on obtiendrait en alimentant des hauts fourneaux avec du *coaks* de bonne qualité, serait au moins aussi bonne pour couler des canons et tous les objets de moulerie que celle obtenue au charbon de bois. Des usines établies sous ce seul point de vue, pourraient, dans beaucoup de parties de la France, donner à leurs propriétaires un bénéfice considérable et assuré, et il pourrait même devenir avantageux de convertir en fer forgé une partie des fontes qu'elles fourniraient. Un grand nombre d'ateliers ont besoin de fers d'une qualité médiocre, et en

---

(1) Les propriétaires des belles usines de Dilling et Betting, situées dans le département de la Moselle, ont fait à cet égard depuis deux ans une suite d'expériences en grand qui leur ont donné pour résultat un fer d'excellente qualité. Ils ont seulement éprouvé dans les premières opérations un déchet considérable, suite inévitable des premières tentatives sur des procédés nouveaux. Leurs connaissances et leur activité ne laissent pas de doutes sur le succès d'une entreprise aussi importante, et pour laquelle il vient de leur être accordé un brevet d'importation.

emploie tous les jours, qui, quoique fabriqués au charbon de bois, est d'une qualité souvent inférieure à celle de celui qu'on pourrait obtenir avec de la houille. D'ailleurs, rien ne dit qu'il ne soit pas possible d'acquérir sur ce point de nouvelles idées qui nous mettent à même de faire mieux qu'on n'a fait jusqu'ici, soit en perfectionnant la carbonisation, soit, et plutôt encore, en trouvant les moyens de détruire ou neutraliser les principes nuisibles que contient la houille. Ce but est le premier de ceux auxquels devra s'attacher l'homme éclairé qui voudra consacrer ses travaux au perfectionnement d'une branche d'industrie aussi importante et aussi généralement utile.

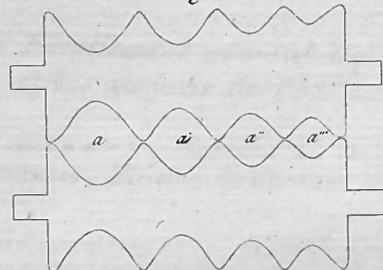
Mais avant d'en venir à ce point, il faut nous approprier ce qui est fait. Il faut enlever à nos rivaux, ou au moins partager avec eux l'avantage immense que leur présentent des procédés simples et peu dispendieux. Il faut donner une nouvelle vie à l'exploitation des nombreuses houillères que renferme le sol de la France, en offrant à leurs produits un nouveau débouché aussi assuré qu'étendu. Il faut enfin cesser d'épuiser nos forêts pour une fabrication dont nous pouvons facilement, au moyen de la houille, obtenir avec économie, et considérablement étendre les résultats. Il ne peut plus y avoir de doute à cet égard: les faits parlent, et parlent plus victorieusement que ne pourraient le faire les argumens fondés sur la plus saine théorie. Une nouvelle source de richesses s'offre au spéculateur habile et

entreprenant qui voudra s'en emparer. Une foule de découvertes intéressantes attendent l'homme instruit et laborieux qui se vouera à leur recherche. L'un et l'autre augmenteront leur fortune, acquerront une gloire à la fois facile et durable, et jouiront encore de la satisfaction d'être éminemment utiles à leur patrie.

TRAITEMENT DU FER A LA HOUILLE.

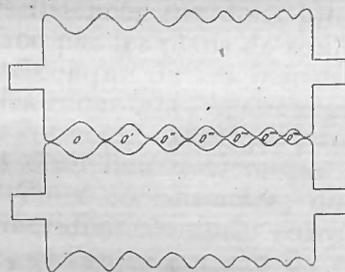
*Cylindres brucheurs.*

*Fig. 1<sup>re</sup>*



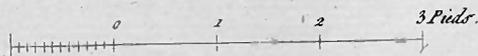
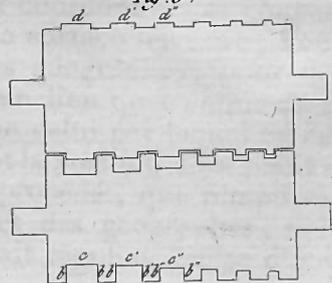
*Cylindres préparateurs.*

*Fig. 2.*



*Cylindres ciréurs.*

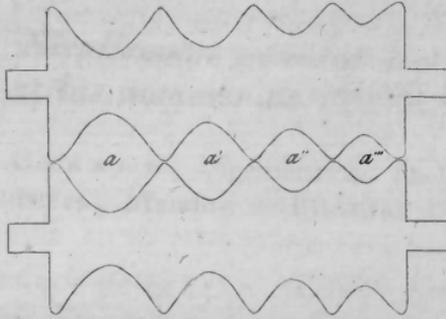
*Fig. 3.*



TRAITEMENT DU FER A LA HOUILLE .

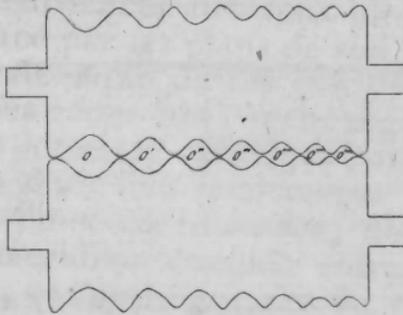
*Cylindres ébaucheurs.*

*Fig. 1<sup>re</sup>*



*Cylindres préparateurs.*

*Fig. 2.*



*Cylindres étirés.*

*Fig. 3.*

