

savants, partie intégrante de la fonte; et en effet, comme l'oxygène est enlevé aux minerais par le carbone, pendant la décomposition qui s'opère dans le fourneau, et que d'ailleurs le fer absorbe en outre une certaine quantité de carbone pour passer à l'état de fonte, nous ne pouvons pas bien comprendre comment cette dernière peut encore contenir une quantité appréciable d'oxygène, vu que celui-ci aurait déjà dû absorber dans le fourneau une partie du carbone combiné avec le fer.

A l'égard des matières terreuses que la fonte contient, d'après le dictionnaire cité, il est difficile qu'il existe encore quelque doute, quand on considère qu'il est presque impossible de fixer la quantité de fondant à ajouter à chaque charge, avec une telle exactitude, qu'il se trouve précisément dans la proportion voulue à l'égard des terres contenues dans les minerais, pour qu'il en résulte des laitiers, sans qu'il reste dans la fonte aucune partie excédante non fondue d'un ou de deux de ces corps. De plus, il n'est pas invraisemblable que dans la fonte telle que la livrent les hauts-fourneaux, il ne reste aussi une partie de ces matières, même fondues, qui ne sont pas détachées des gouttelettes de fonte après la chute de celles-ci dans le creuset; car cette fonte refondue dans le four à réverbère produit encore une quantité considérable de laitiers qui surnagent au bain de métal (x); et même, après qu'elle a été débarrassée de ces scories, si on la coule dans un moule d'une grande profondeur (comme par exemple celui d'un canon), la chute du métal développe encore des matières étrangères qui surnagent à la surface de la fonte dans le moule.

La présence des laitiers dans la fonte se manifeste encore lorsqu'on l'affine pour obtenir du fer forgé; car lorsqu'une partie de gueuse a été sur un foyer d'affinerie amenée à l'aide du soufflage à l'état d'une loupe de consistance pâteuse, et que celle-ci est martelée sous les coups d'un martinet destiné à cet effet, et pesant quelques centaines de kilogrammes, ou est pressée entre les deux cylindres du laminoir, on voit s'écouler de tous côtés en filets éblouissants des laitiers en fusion mêlés de carbone que le fer abandonne.

(x) Ici il est nécessaire de rappeler que par la fusion des pierres réfractaires des parois du fourneau dont les gouttes tombent dans la masse liquide, la quantité de laitiers est augmentée; mais comme cela n'a pas lieu pour les fourneaux revêtus de parois neuves, les laitiers produits dans ce cas ne peuvent être regardés que comme provenant de la fonte.

On ne peut pas douter que le carbone ne soit un composant principal de la fonte, et que cette dernière ne peut être produite par aucun procédé artificiel sans en contenir; car, à mesure que par l'affinage, on chasse le carbone de la fonte, elle s'approche de l'état de fer battu, et augmente en ténacité à mesure qu'elle perd en carbone et autres matières étrangères. Cependant il est certain qu'une fonte contient plus de carbone que l'autre, mais il est très-difficile de déterminer en quelle proportion et en quel état il est contenu dans les différentes espèces (y).

Le docteur Karsten dit qu'à peu d'exceptions près, on a généralement admis que la cause des différences, non-seulement de la fonte et du fer, ainsi que de l'acier, mais aussi de la fonte blanche et de la grise git dans la quantité de carbone qui y est contenue (z). Le même auteur dit encore qu'on ne peut aucunement, d'après la quantité de charbon seulement, prononcer sur la différence entre la fonte grise et la blanche; mais que la manière dont le carbone est uni au fer, doit principalement servir à décider (aa); qu'il sait par expérience que la fonte blanche ne contient pas toujours moins de carbone que la grise, quoique cela soit presque généralement admis par

(y) Voyez sur ce sujet le Dr C. J. B. Karsten, *Archiv für Bergbau und Hüttenwesen*, Band VIII, Heft I; über die Verbindung des Eisens mit Kohle.

(z) Dans la même partie de l'ouvrage cité dans la note précédente, il est dit: Que Mushet (probablement le fondeur anglais de ce nom) croit pouvoir conclure de ses expériences, que l'acier le plus riche, ou l'acier fondu doux contient $\frac{4}{5}$ pour cent de carbone, l'acier fondu ordinaire 1, l'acier plus dur 1,1, celui qui est trop dur 2, la fonte blanche 4, celle gris clair 5, et celle gris foncé 6 $\frac{2}{3}$.

(aa) Le carbone est contenu dans la fonte en différentes proportions et à différents états; une partie peut en être séparée facilement par les décompositions chimiques, et cette partie est dite se trouver dans le fer à l'état libre; quant à l'autre partie, on ne peut que difficilement déterminer sa quantité, ou la séparer du résultat de la première décomposition; cette deuxième partie a été désignée pour cette raison sous le nom de carbone combiné; et le composé qui contient ce carbone combiné s'appelle carbure de fer. La fonte produite par les hauts-fourneaux au moyen d'une quantité de charbon excédante, présente aussi quelquefois dans sa cassure des grains d'un brillant métallique, avec lesquels on peut noircir le papier comme avec un crayon; ces parties étant monillées ne s'oxydent pas, et la matière qui les compose est connue sous le nom de graphite. Le docteur Karsten conclut de ses recherches à ce sujet, que cette matière dans la fonte grise, telle que la fournissent les hauts-fourneaux, n'est que du carbone pur; d'où il suit que l'opinion de quelques auteurs qui prennent le carbure de fer et le graphite pour la même chose, doit être considérée comme erronée.

les fondeurs (9). Il ne sera pas inutile d'examiner plus attentivement ce sujet important.

Quand on coule des objets de grandeurs et d'épaisseurs variées de la même coulée et du même fourneau dans des moules bien desséchés, et qu'après avoir laissé lentement refroidir ces objets on les casse, leurs surfaces de rupture présentent un grain et une couleur très-différents entre eux. Celles des objets minces ont presque toujours un grain fin et une couleur grise uniforme très-peu brillante; celles des objets plus massifs, au contraire, offrent un grain gros, jouissent en quelque sorte du brillant métallique, et à côté duquel se trouvent de petites taches obscures et noirâtres. La cause de ceci est que la fonte se combine à différentes proportions avec le carbone, tant qu'elle est en fusion, et par conséquent à une haute température; mais à mesure que celle-ci diminue, l'affinité de la fonte pour le carbone décroît également, d'où il résulte que ce dernier étant repoussé se réunit en petits globules. Plus donc les objets coulés sont gros, plus lentement ils se refroidissent, et mieux les molécules de fer se lient en formant un tout cohérent; quant aux objets coulés minces, comme ils se refroidissent plus promptement, les particules de leur fonte ne peuvent s'aggréger qu'en grains très-fins ou en fibres très-minces, et le carbone n'est réuni qu'en masses très-petites, quoiqu'il soit abandonné en plus grande quantité par les particules de fonte; de là résulte donc un grain fin et une couleur presque uniformément grise dans leurs surfaces de cassure. Par le refroidissement lent, qui a lieu dans les objets de fortes épaisseurs, les particules de fonte, conservant plus longtemps leur haute température après le coulage, se réunissent en fibres plus grosses et par conséquent plus résistantes, et se débarrassant plus lentement du carbone, celui-ci peut s'aggréger en parties plus considérables; d'où provient que les

(9) D'après M. Karsten, la fonte blanche contient du carbone combiné avec le fer et répandu dans toute la masse d'une manière uniforme. L'acier trempé est dans le même cas.

La fonte blanche adoucie par le grillage contient un carbure de fer riche en carbone disséminé dans une grande quantité de fer aciéreux ou carbure de fer bien moins riche en carbone. L'acier non trempé est dans le même cas.

La fonte grise se compose essentiellement de ce même fer aciéreux mélangé de charbon cristallin ou graphite.

Le charbon peut donc exister sous trois formes dans les fontes: à l'état libre, à l'état de carbure de fer disséminé, à l'état de combinaison uniforme dans toute la masse. (T.)

surfaces de ruptures présentent dans ce cas des fibres en plus gros grains, et le carbone en taches plus grandes et moins nombreuses.

En partant de ces principes, on peut expliquer également pourquoi, quand on coule la fonte à une très-haute température dans de petits moules en sable froids, et surtout humides, ou dans des coquilles en fonte, elle acquiert souvent une cassure cristallisée blanche et *rayonneuse* ou *lamelleuse*; dans ces cas le refroidissement de la fonte a lieu d'une manière si subite, que la répulsion des molécules de carbone mêlées intimement à la fonte, ne peut avoir lieu; et ces molécules restent par conséquent distribuées dans un très-grand état de division, de manière que l'œil nu ne les distingue ordinairement pas ou très-difficilement; cependant en examinant la fonte blanche cristallisée très-attentivement, à l'aide d'un microscope, on peut les découvrir (bb).

Comme la fonte liquide, par le coulage dans un moule froid, acquiert une espèce de trempe comme l'acier, et que ses particules, à cause du carbone qui y est répandu à un grand état de division, ne peuvent être réunies qu'en grains ou fibres très-fines, et ne jouissant par conséquent que d'une faible force de cohésion, elle doit non-seulement être très-dure, mais encore ne posséder qu'une ténacité inférieure à celle de la fonte grise. Plus les objets coulés sont petits, plus ces phénomènes sont prononcés. Quand on coule des pièces de dimensions assez considérables dans les moules froids en question, la fonte ne durcit que sous la surface en contact avec le moule, et la blancheur et la dureté diminuent à mesure qu'on approche de l'intérieur où la fonte est grise.

Comme dans le cas que nous avons supposé ici, aucune perte de carbone ne peut avoir lieu, il n'existe pas de raison pour laquelle les

(bb) Le prompt refroidissement des objets coulés en coquilles de fer, doit être attribué à la propriété que possèdent les métaux en général, d'être bons conducteurs du calorique; par là ils enlèvent la chaleur des objets échauffés, plus promptement que la plupart des autres corps qui le sont moins. Il en résulte que les moules en fer ou coquilles, reçoivent et transmettent au dehors le calorique de la fonte, bien plus promptement que les moules secs en terre ou en sable; et qu'en outre ils exercent cette transmission du calorique avec d'autant plus d'activité, que leur épaisseur de fer est plus considérable; c'est là la cause pour laquelle les objets coulés en moules épais présentent une cassure plus blanche et lamelleuse que quand les mêmes objets sont coulés en coquilles de fer minces; car l'air qui entoure ces dernières est beaucoup moins conducteur de calorique que l'épaisseur excédante de fer des premiers.

trois différentes fontes, qu'on admet comme provenant du même bain, ne contiendraient pas la même quantité de ce corps. — Ceci s'accorde aussi entièrement avec les expériences de M. le docteur Karsten, qui a conclu de là : que la différence de ces diverses espèces de fonte résulte de la mobilité du carbone, et du refroidissement plus ou moins subit des objets coulés.

D'après ce principe, on peut supposer que cette fonte blanche cristallisée peut être ramenée à l'état de fonte grise, et en effet, d'après les épreuves faites à ce sujet par le docteur Karsten, il lui a paru que quand on amène à la fusion complète dans un creuset une pareille fonte blanche, dure et aigre, et qu'on l'y laisse refroidir très-lentement, elle se change en fonte grise. — La même chose a lieu lorsqu'on expose un morceau de fonte blanche cristallisée au vent de la tuyère sur un foyer de forge; il se forme alors à sa surface une croûte de paillettes appelées *battitures*, et elle redevient grise comme quand, après sa fusion, on l'a laissée refroidir sans le contact de l'air.

Quand la fonte n'est pas épaisse, les petites parties blanches cristallisées qui la composent, peuvent être changées en fonte grise à grain fin qui est douce, et se laisse facilement limer et travailler (cc).

(cc) Les épreuves citées ci-dessus ont été répétées à la fonderie de l'État à Liège avec le meilleur succès; on les exécuta avec des morceaux de vieux obus, qui avaient anciennement été coulés des hauts-fourneaux dans des moules en fer, et dont les surfaces de cassure présentaient un aspect blanc, cristallisé et rayonné. On fondit un de ces morceaux sans y rien ajouter, dans un creuset en argile, couvert d'une pierre réfractaire, le tout étant placé dans un petit fourneau; après quoi on laissa refroidir l'ensemble sans découvrir le creuset, et en empêchant l'accès de tout courant d'air, et on y trouva, après le refroidissement, un culot d'excellente fonte grise. Cette épreuve fut répétée avec le même succès sur une partie d'un obus de même espèce en fonte blanche cristallisée. On chauffa encore au foyer d'une forge, au moyen du soufflet, un petit morceau de grenade à main, qui avait été coulée à la fonderie même au moyen d'un fourneau à réverbère, et dans un moule en sable humide, et dont la fonte était également blanche et d'une cristallisation lamelleuse, mais de seconde fusion; ce morceau fut porté à une température telle qu'il commençait à fondre en partie; on le laissa refroidir, à l'abri du contact de l'air, sous les cendres brûlantes, et on trouva après, que sa cassure, au lieu d'une cristallisation blanche et lamelleuse, présentait une texture de fonte grise douce et un grain fin.

On répéta la même épreuve avec un morceau d'un des obus déjà mentionnés, mais on ne l'exposa pas aussi longtemps au vent du soufflet, et quoique ce morceau fût beaucoup plus épais que celui de la grenade à main, on trouva, après le refroidissement, qu'il avait gagné intérieurement une couleur grise parfaite, mais sans perdre sa texture lamelleuse, excepté vers les surfaces, où la fonte avait commencé à prendre la texture grenue de la fonte grise ordinaire. Cependant ce fut

Quand, au contraire, on refroidit subitement dans l'eau un morceau de fonte grise élevé à une très-haute température, il se change en fonte blanche dure et aigre, et cela d'autant plus que le refroidissement a été plus prompt. Quand on soumet de grosses masses à cette expérience, les parties qui avoisinent leur surface se changent entièrement en fonte blanche, quoique le noyau intérieur, qui est le plus lent à se refroidir, puisse encore rester gris, et les parties moyennes, c'est-à-dire entre le centre et la surface, présentent un mélange de fonte grise et de blanche. Quand, d'un autre côté, on chauffe de la fonte grise qui a été coulée en grosse masse par un haut-fourneau au charbon de bois, et que l'ayant laissé refroidir len-

cru, malgré la cristallisation lamelleuse qu'il avait conservée, était assez doux; on le travaillait et le limait facilement.

Quoique ces épreuves confirmassent celles de M. Karsten, on crut encore nécessaire d'examiner si cette fonte blanche lamelleuse, étant refondue isolément dans un fourneau à réverbère, aurait encore la propriété de se convertir en fonte grise. A cette fin on fondit dans un fourneau à réverbère 1100 kilogrammes des obus en question sans y ajouter aucune autre fonte, et on en coula de bons projectiles et d'autres objets, dont la fonte était très-grise et très-douce, vu qu'on en coupait les jets, etc., et qu'on les travaillait avec facilité.

Enfin l'on a encore essayé de fondre dans le fourneau à réverbère une charge uniquement composée de vieilles bombes de 50 liv. de pierre (29 cm), qui avaient été coulées anciennement des hauts-fourneaux en coquilles, c'est-à-dire dans des moules en fer. Ces projectiles n'avaient pas la cassure cristallisée lamelleuse, excepté quelques-uns en partie; mais un grain fin et une apparence moins grise que les bonnes gueuses grises modernes, fournies par les fondeurs. Néanmoins, ils fondirent assez promptement, et les objets qu'on en coula furent très-doux, et beaucoup plus gris que les bombes mêmes; de là nous concluons: que ces bombes avaient été coulées avec de la fonte très-grise, qui subit un refroidissement moins prompt que les obus de 20 centimètres à la cassure blanche et cristallisation lamelleuse, dont nous avons parlé plus haut, mais perdirent cependant encore leur calorique trop vite, pour pouvoir isoler convenablement leur carbone, et acquérir par là un aspect plus gris.

Quoique les deux espèces de fonte blanche dont nous venons de parler, étant convenablement fondues et coulées dans des moules de fortes dimensions, soient très-grises, elles acquièrent une cassure blanche cristallisée quand on les coule en objets minces dans des moules de sable humide; elles n'en conservent pas moins leur carbone qui se montre de nouveau lorsqu'on les fond et qu'on les coule en masse épaisse.

On s'est convaincu de cette vérité, en fondant dans un creuset quelques jets et évents très-minces, à cristallisation blanche, provenant d'objets qui étaient coulés de cette fonte, et en laissant refroidir lentement le creuset avec son contenu, qui était converti par là en fonte grise, quoique ce fût la troisième fusion qu'elle eut subie.

tement jusqu'au point où la surface présente encore la nuance rouge brun, on accélère tout à coup le refroidissement en plongeant la masse dans l'eau froide, on remarque, après le refroidissement, le phénomène opposé sur la surface de cassure, c'est-à-dire que la partie située vers le centre sera blanche et la partie extérieure grise; la raison en est que le noyau de la masse de fonte n'est pas encore refroidi quand les parties extérieures commencent à l'être, et que l'action de plonger cette masse dans l'eau a causé une solidification subite dans l'intérieur.

Comme en général la surface extérieure de la fonte grise coulée dans des moules quoique parfaitement secs se solidifie à cause du contact de ces derniers plus vite que les parties intérieures, on remarque, dans les surfaces de cassure, vers les bords extérieurs, un grain plus fin qu'au milieu; de manière que la partie au grain fin forme une espèce de croûte plus dure que la masse de la fonte, croûte par laquelle l'objet est enveloppé; et si le coulage se fait dans un moule trop humide, cette croûte devient blanche et très-dure, ce qui provient d'un côté du contact de la fonte chaude avec le moule froid, et de l'autre côté, de ce que la grande chaleur décompose une partie de l'humidité du moule en ses principes gazeux, l'hydrogène et l'oxygène, dont le dernier absorbe une partie du carbone de la fonte, et contribue ainsi à la rendre dure, blanche et aigre, tellement que des objets minces coulés dans ces circonstances présentent une cassure entièrement blanche et d'une cristallisation lamelleuse (dd).

(dd) D'après l'ouvrage du docteur Karsten déjà plusieurs fois cité, la fonte provenant de la réduction par le coke, ne devient pas si facilement dure et blanche par le contact des corps froids ou humides, que celle produite au moyen du charbon de bois; c'est pourquoi la première serait aussi plus propre que la seconde, au coulage de menus objets.

On a aussi dans ce pays-ci des fontes grises, produits de la réduction des minerais par le charbon de bois, avec lesquelles on peut couler des objets minces en sable humide, sans qu'elles deviennent blanches de cassure. Cette propriété paraît être plus commune dans la fonte douce que dans la fonte forte; du moins c'est ce qu'on peut déduire des épreuves suivantes qu'on fit à ce sujet: Un petit morceau de bonne fonte grise suédoise provenant d'un vieux canon, fut fondu dans un creuset et coulé dans un moule en fer, ce qui le changea en fonte très-blanche à cristallisation lamelleuse. La même chose arriva avec un même objet dont le coulage avait mal réussi, et qui avait été coulé dans un moule humide, avec le mélange de fontes qui sert pour nos bouches à feu. Pour vérifier si cette fonte blanche cristallisée avait dans le coulage perdu son carbone ou non, on en refondit une partie dans un creuset; et après l'avoir laissé refroidir lentement, on avait obtenu de nouveau une fonte aussi grise que celle des bouches à feu.

Ce cas se présente souvent lorsque l'on coule dans des sables humides. Dans les moules en terre ou en sable séché cela n'a cependant pas lieu; mais quand leur surface contient intérieurement un peu d'humidité, les gazes produits par ces parties aqueuses décomposées par la chaleur, ne pouvant s'échapper au dehors à cause de la dureté des moules séchés, s'introduisent sous forme de bulles dans le métal de l'objet coulé, et y forment des creux à chambres dont les surfaces présentent une cassure extraordinairement dure et blanche. Si cette entrée de l'hydrogène provenu de la décomposition de l'eau a lieu vers la surface de la fonte coulant dans le moule, il se produit un bouillonnement pareil à celui de l'eau bouillante, et si alors ce gaz ne trouve pas d'issue par en haut, il reste dans la masse et produit des chambres dans l'objet coulé, d'où résulte que l'humidité contribue aussi à rendre dure et blanche la fonte grise.

C'est pour la même raison que les surfaces des objets coulés en fonte grise deviennent quelquefois blanches et dures, pour autant qu'on expose ces objets encore rouges à l'action de l'air, et surtout d'un courant.

Si l'on a donc des objets coulés qui sont très-durs et ont une cassure de cristallisation blanche et lamelleuse, on ne doit aucunement en chercher la cause dans le mode de traitement des minerais; on ne doit pas s'imaginer, par exemple, que cela provienne de ce qu'on aurait employé une quantité de charbon insuffisante pour la réduction, car les gueuses produites par une pareille opération ont bien la teinte gris très-clair tirant sur le blanc et sont dures sous le ciseau, mais ne présentent pas de cassures d'une cristallisation lamelleuse. La fonte blanche par défaut de carbone suffisant est difficile à amener, au moyen du fourneau à réverbère, au degré de fluidité nécessaire, tandis que cela s'obtient facilement pour la fonte blanche lamelleuse.

La facilité avec laquelle la fonte se prend en cristallisation lamelleuse, ne doit donc aucunement être attribuée au défaut de carbone. Le docteur Karsten dit au contraire que la fonte la plus riche en carbone possède cette propriété à un plus haut degré que celle qui en contient moins, de telle sorte que le fer peu riche en carbone peut se solidifier en une masse molle, douce et d'une nuance obscure, tandis qu'au contraire la fonte qui en contiendra beaucoup plus pourra dans les mêmes circonstances se prendre par une contexture lamelleuse en masse fragile.

Ce que nous venons de dire, quoique paraissant contradictoire,

s'accorde cependant parfaitement avec le principe ci-dessus exposé, concernant l'isolation du carbone; car si l'on se représente deux masses de fonte pareilles et également grandes, dont l'une contient beaucoup plus de carbone que l'autre, les molécules de carbone plus nombreuses dans la masse qui contient le plus de ce corps, se trouveront à des distances moins grandes que dans la fonte pauvre en carbone, de manière que dans cette dernière les petites parties de fonte seront plus grosses et plus unies ensemble; et comme d'un autre côté les charbons s'éteignent quand ils n'ont pas le contact de l'air, et ne peuvent par conséquent dans ces deux masses liquides se maintenir à leur température qu'au moyen de la chaleur des particules de fonte, il est clair que la masse de fonte la moins riche en carbone se refroidira moins vite que celle contenant plus de carbone et moins de fer, et qu'ainsi la première, par son refroidissement lent, pourra plus longtemps isoler des molécules de carbone, acquérir un aspect plus gris et devenir plus douce que celle qui est la plus riche en carbone, et qui, par le refroidissement trop prompt, peut devenir blanche, dure et lamelleuse.

Pour qu'on puisse refondre la fonte dans un fourneau à réverbère, il faut qu'elle contienne une quantité suffisante de carbone, parce que sans cela la fusion ne peut pas s'opérer convenablement; le fer forgé, par exemple, est dans ce cas, car il ne contient que peu ou point de carbone.

La fonte destinée au coulage d'objets qui doivent offrir une grande résistance, tels que les bouches à feu, ne doit cependant pas contenir une quantité trop grande de carbone, parce que dans ce cas, comme nous l'avons dit plus haut, elle provient de minerai dont la réduction n'a pas été opérée convenablement. La fonte destinée à cet usage doit être extraite des minerais au moyen d'un haut degré de chaleur et de la quantité de charbon nécessaire, et cela afin qu'elle soit autant que possible débarrassée de toutes matières étrangères; et comme la fonte qui est produite par une pareille méthode de réduction ne peut pas contenir beaucoup de carbone, elle doit offrir dans sa cassure une couleur grise claire.

Quelques fondeurs entretiennent le préjugé que la fonte augmente en ténacité à mesure qu'elle contient plus de carbone, et par conséquent à mesure que sa nuance est plus foncée; l'expérience nous a appris le contraire, car, aux épreuves extraordinaires faites à Liège, aucun des canons composés d'une pareille fonte foncée tirant sur le noir, n'a soutenu le nombre de coups fixé pour l'épreuve, mais ils

crevèrent avant la fin de celle-ci; outre les causes déjà mentionnées, on peut attribuer encore une partie de ces résultats à l'excès de carbone interposé entre les particules de fonte, lequel empêche ces dernières de s'unir par la cohésion, et de former ainsi des fibres ou des grains plus forts, comme cela est nécessaire pour produire une grande ténacité. Et quoique cette fonte surchargée de carbone en perde beaucoup par la fusion dans le fourneau à réverbère, et, après son coulage dans le moule, en rejette encore une partie jusqu'à la surface du métal (sur laquelle on trouve alors une quantité considérable de charbon sous la forme de poudre noire très-divisée), les canons qui en sont coulés ne soutiennent cependant pas autant de coups d'épreuve que ceux qui le sont avec des gueuses produites par un fondage plus régulier dans le haut-fourneau, et par conséquent d'un gris plus clair.

Quand on fait refondre dans un fourneau à réverbère à bon tirage la fonte grise provenant de la conversion des minerais, elle est portée souvent par la haute température à une fluidité supérieure à celle qui a servi à obtenir des minerais dans le haut-fourneau, ce qui fait qu'une partie des matières étrangères qui y sont encore contenues s'en développent à cette seconde fusion, et en couvrent la surface sous forme de laitiers avec lequel s'unit le carbone excédant abandonné par la fonte, lui communiquant ordinairement un aspect noirâtre opaque. En outre une partie du carbone de la fonte est pendant cette fusion comburée par le contact continu de la flamme, que le courant d'air chasse de la grille sur le métal. Nous concluons de là que la fonte grise, par la seconde fusion qu'elle subit dans un fourneau à réverbère, acquiert une couleur grise un peu moins foncée, et une cohésion supérieure, à cause de la séparation des matières étrangères (sous forme de laitiers) et de la perte du carbone superflu, ce qui la rend plus dense et plus tenace. Les surfaces de rupture des objets de fortes dimensions, comme des bouches à feu, gagnent aussi un aspect moins foncé, moucheté de point noirs, ce que ne présentent pas celles des bouches à feu coulées immédiatement du haut-fourneau, car ces dernières offrent bien de grosses fibres entourées de carbone sans avoir l'aspect moucheté en question.

Le bon fer cru acquiert par une seconde fusion convenablement exécutée, un degré de cohésion supérieur, ou bien plus de ténacité; cela résulte suffisamment de ce que les cylindres qu'on en coule pour les laminoirs et qu'on emploie à la fabrication de fer plat, soutiennent beaucoup plus longtemps ce travail violent que ceux qui pro-

viennent de première fusion. Cela est d'ailleurs suffisamment établi par des épreuves qu'a faites Montcenis, au Creusot en France, avec des canons et des barres coulés avec des fontes de première et de deuxième fusion, épreuves dont nous parlerons plus tard d'une manière plus détaillée.

Quoique les différences de nuances des fontes, résultant en partie des diverses proportions suivant lesquelles le carbone leur est combiné, ne forment pas un critère suffisamment exact et général pour leur classification, nous pouvons cependant les ranger sous les espèces principales suivantes :

1° Gueuses à cassure très-peu grise et d'un grain blanchâtre mat. Ces fontes proviennent ordinairement d'un mauvais traitement de minerai, sont peu tenaces, difficiles à liquéfier complètement, et par conséquent peu propres à subir la seconde fusion.

2° Fontes très-dures et aigres (cassantes) à cassure d'un blanc scintillant et d'une cristallisation lamelleuse. Cette fonte ne se rencontre pas en gueuses mais dans des objets de fonte grise, qui à leur coulage ont éprouvé un refroidissement subit. Cette fonte contient encore son carbone, et peut facilement être refondue et coulée en objets exigeant une fonte douce.

3° Fonte grise. Elle est en général douce et facile à travailler ; de plus, elle est propre à cause de son carbone à subir une deuxième fusion.

4° Fonte gris foncé ou tirant sur le noir. Elle est en général très-douce, mais elle jouit de peu de ténacité à cause de l'excès de carbone qu'elle contient et de la présence de matières hétérogènes causée par le défaut de chaleur suffisante lors de la conversion des minerais. On ne doit donc en couler que des objets destinés à exercer peu de résistance. Elle s'emploie avantageusement mélangée avec la fonte blanchâtre de (1°), et produit alors une fonte grise moyenne propre au coulage des projectiles et d'autres objets, lesquels se laisseront bien travailler et posséderont un degré de ténacité suffisante.

5° Fonte truitée (blanchâtre à points noirs). Elle est très-rarement rencontrée parmi les fontes de première fusion, mais elle résulte toujours de la seconde fusion de la fonte grise citée sous (3°) dans le coulage des objets de fortes dimensions tels que les bouches à feu. Comme cette fonte, convenablement traitée dans un fourneau à réverbère, est, par sa deuxième fusion, purifiée, et a acquis un degré de ténacité supérieur à celui de la fonte de première fusion, il s'ensuit que les bouches à feu coulés de la fonte de deuxième fusion offriront à

la force expansive du fluide produit par l'inflammation de la poudre, une résistance plus grande que celles coulés avec la fonte de première fusion ne pourraient opposer.

On rencontre quelquefois de vieux canons coulés de la fonte de première fusion, et qui néanmoins présentent une surface de rupture mouchetée, à peu près comme la fonte traitée de deuxième fusion citée sous (5°).

Cette fonte ne contient pas beaucoup de carbone, et paraît provenir d'un fondage opéré à une très-haute température ; c'est pour cette raison qu'elle ne peut être, de même que la fonte de seconde fusion, amenée isolément à une fusion convenable, mais qu'elle doit être pour cela mélangée avec une certaine quantité de fonte de première fusion plus riche en carbone.

Pour le coulage des bouches à feu au moyen du fourneau à réverbère on préfère la fonte grise mentionnée sous (3°) ; elle est fournie en gueuses par les hauts-fourneaux situés dans le voisinage des mines de fer, connues par expérience comme contenant des minerais qui, soumis à un bon traitement, peuvent produire une fonte tenace ; mais comme on sait que toute fonte grise ne possède pas cette propriété au même degré, vu que la fonte jouissant de peu de cohésion, peut aussi bien que la fonte tenace, avoir la couleur grise, il est nécessaire de pouvoir s'assurer par d'autres symptômes, et au besoin par des épreuves, que les gueuses et les autres fontes à employer à la fabrication des bouches à feu, sont le produit de la conversion convenablement opérée de minerais fournissant un fer cru fort. Alors on pourra s'attendre à obtenir par la seconde fusion la fonte propre au coulage des bouches à feu.

Il serait à désirer qu'on pût découvrir les qualités des fontes par un procédé facile, admissible dans la pratique. Les décompositions chimiques qui ont pour but de faire connaître tous les corps entrant dans la composition de la fonte à analyser, sont non-seulement laborieuses, mais encore jusqu'à présent leurs résultats ne sont pas certains ; mais quand ils le seraient, l'analyse ne peut agir que sur une quantité tellement petite, qu'on ne peut pas bien, d'après ses résultats, conclure quant à la masse totale de la fonte à employer.

La qualité de la fonte des gueuses, ainsi que des vieux canons, peut néanmoins, pour ce qui regarde la ténacité, être jugée en quelque sorte d'après l'état des surfaces de rupture ; car, outre la teinte grise claire déjà mentionnée, que les gueuses doivent présenter dans leur cassure, l'obliquité, l'angulosité de cette dernière, et les arra-

chéments et fibres saillantes que présente sa surface, sont encore des indices de la ténacité de la fonte. Les vieilles bouches à feu cassées doivent présenter les mêmes caractères d'une manière d'autant plus prononcée, que leur calibre est plus fort; c'est-à-dire, que les arrachements doivent être plus profonds, et les fibres saillantes plus fortes, à mesure que la masse de fonte est plus épaisse; par là leurs surfaces de rupture auront un aspect différent de celui que présente la cassure des gueuses; elles présenteront de gros grains de fonte d'une nuance plus blanche, et entourées d'une plus grande quantité de taches de carbone. Ce sont principalement les anciens canons suédois de première fusion, qui sont dans ce cas. Mais quand au contraire les gueuses ou les vieux canons ont une cassure nette et unie, sans présenter des fibres saillantes, et ressemblant à la cassure d'un grès, on peut regarder comme suffisamment certain, que la fonte dont ils sont composés ne jouit pas d'une cohésion considérable et ne possède aucunement la ténacité exigée pour le coulage des bouches à feu et autres objets devant résister à de puissants efforts.

On examine encore superficiellement la ténacité de la fonte qui compose les vieilles bouches à feu, en abattant un tourillon au moyen d'une masse en fer d'un poids déterminé; et d'après le nombre de coups que le tourillon a soutenus avant de se séparer du canon, on juge du plus ou moins de ténacité de la fonte; on doit cependant encore prendre en considération l'état plus ou moins uni de la surface de rupture. On doit de plus avoir égard à la grosseur du tourillon et à la manière dont il est réuni au canon; car ces circonstances peuvent influer beaucoup sur la résistance qu'il offrira à la force qui tend à l'abattre.

Quoique la cassure des gueuses puisse faire juger en partie de leur qualité, et servir à classer les fontes provenant du même fourneau, elle ne fournit plus un indice suffisant pour apprécier les fontes livrées par des hauts-fourneaux différents; car les divers fondeurs ne se servent pas des mêmes minerais de fer, ne les assortissent pas dans les mêmes proportions, ne suivent pas les mêmes procédés dans la préparation mécanique du lavage et du grillage, ou dans la réduction; d'où résulte que les cassures des gueuses livrées par les divers entrepreneurs ont souvent un aspect différent.

Pour comparer donc la force de cohésion des fontes fournies en gueuses par les divers entrepreneurs, on a adopté une épreuve, consistant à fabriquer un canon avec la fonte fournie par chaque fournisseur; on éprouve ce canon suivant une loi déterminée avec des

charges toujours croissantes, en continuant jusqu'à ce qu'il crève.

On a donné à cette épreuve le nom d'épreuve à outrance. Elle fut introduite à la fonderie de Liège sous le gouvernement français, et le canon qu'on coulait pour cet objet était du calibre de 8 liv. long, modèle français. — Afin de pouvoir comparer les fontes en gueuses livrées aujourd'hui à celles qui l'étaient autrefois, on a conservé le même modèle pour cette épreuve, ainsi que les mêmes charges: c'est-à-dire, des boulets français et la poudre en poids français (poids de marc), ainsi que la même série de coups consistant en

20 coups à 4 livres de poudre, un boulet et 2 valets (bouchons en cordage).
20 — id. — — deux — id. —
10 — id. — — trois — id. —
5 — 8 — — six — id. —
5 — 18 — — treize — id. —

Si le canon soutient ces 60 coups sans crever, on peut continuer avec la dernière charge, ou bien augmenter le nombre de boulets et de bouchons. Par là, il ne reste pas beaucoup d'espace dans l'âme, car aux cinq derniers coups elle est remplie jusqu'au collet; mais depuis qu'on a livré de la fonte au gouvernement des Pays-Bas, ceci n'a pas encore été nécessaire, vu que le canon d'épreuve, qui a soutenu le plus de coups, sauta au soixantième, c'est-à-dire au dernier des cinq coups à 16 livres de poudre, 13 boulets et 2 valets.

Comme on ignorait autrefois jusqu'à quel degré de ténacité les propriétaires de hauts-fourneaux pouvaient porter leur fonte, et qu'en outre, le même fourneau chargé des mêmes minerais, ne fournit pas toujours du fer cru de la même qualité, il était nécessaire de déterminer combien de ces coups le canon d'épreuve devait supporter sans sauter, ou découvrir quelque défaut visible, afin qu'on pût s'assurer que les bouches à feu, coulées avec cette fonte, possédaient un degré suffisant de solidité pour résister à toutes les espèces de charges qui, en temps de guerre, sont en usage tant dans la marine que dans l'armée. On arrêta à ce sujet, à la deuxième réception de fontes, que chaque canon d'épreuve devait soutenir les 52 premiers coups sans être endommagé, et que, dans le cas contraire, toute la fourniture à faire par l'entrepreneur dont il représentait la fonte, devait être écartée, parce que si le canon vient à sauter avant, ou même par le 52^e coup, il n'y a pas de doute qu'il n'ait déjà tant souffert dans la cohésion de ses particules par le 51^e coup précédent