

battu chauffé au rouge, de l'épaisseur de 4 à 5 centimètres, qu'on coupe ensuite à ras de la surface afin de déterminer le centre de la lumière à sa partie supérieure.

Pour faire cela, on place le canon sur un chantier ou sur deux poutrelles, la lumière en haut, l'axe de l'âme et celui des tourillons parfaitement horizontaux; ensuite on trace sur la surface de la pièce sa ligne d'intersection avec le plan vertical de l'axe, ligne qui doit passer par le centre de la lumière; cela peut se faire facilement pour les canons coulés à Liège, parce qu'ils portent entre leurs tourillons un point marqué correspondant à ce plan, ainsi que deux autres sur la tranche; points qui ont servi à déterminer l'emplacement de la lumière lors de son perçage; mais s'ils étaient effacés il faudrait de nouveau les construire, comme on l'a expliqué plus haut au perçage des lumières.

On tient une règle, suivant l'alignement des deux points du diamètre vertical marqués sur la tranche, de manière que l'une de ses extrémités dépasse la hauteur du bourrelet; au côté de cette règle qui indique l'alignement des points en question, on attache un cordon qu'on tend par-dessus le point marqué entre les tourillons, jusque contre la plate-bande de culasse; on marque en cet endroit le point correspondant à son extrémité, et l'on trace le long du cordon tendu, avec une pointe acérée, une ligne à l'endroit où se trouvait l'ancienne lumière, c'est-à-dire à la surface du tampon en fer qu'on a enfoncé dans la lumière évasée. Ensuite on porte, depuis la partie antérieure de la plate-bande de culasse, la distance entre ce point et le centre de la lumière, donnée par les tables de construction, et l'on marque au moyen d'un poinçon ce centre déterminé.

La direction de la lumière n'est pas perpendiculaire à l'axe de l'âme, mais a une certaine inclinaison sur ce dernier, de manière que l'axe de la lumière fasse, avec la perpendiculaire à l'axe du canon, un angle qui est pour les divers calibres comme suit (10):

Canon de	24 liv.	3°	1' 11"
id.	18	3°	23' 59"
id.	12	3°	54' 55"
id.	6	5°	2' 33"

(10) Depuis 1827, le fond de l'âme des canons en fonte est hémisphérique, et le prolongement de l'axe de leur lumière aboutissant au centre, forme un angle de $16^{\circ} \frac{1}{2}$ avec la perpendiculaire à l'axe de la pièce. (T.)

Il faut donc laisser descendre la bouche du canon assez pour que son axe fasse avec l'horizontale un angle égal à celui que la lumière doit faire avec la perpendiculaire à l'axe pour le calibre, ce qui met la direction de la lumière exactement dans la verticale.

On peut donner cette direction à l'axe de l'âme avec toute la rigueur que le cas exige, en y passant une règle bien dressée reposant sur le fond de l'âme, et dont on voit les degrés d'inclinaison au moyen d'un quart de cercle bien divisé. On peut aussi placer le quart de cercle suivant le diamètre vertical tracé sur la tranche.

Quand le canon est placé aussi exactement que possible dans cette direction, on peut forer l'ouverture pour le grain avec des forets verticaux; pour cela il faut encore un appareil qui presse les forets verticalement; cet appareil est bien simple et peut être facilement confectionné: on place de chaque côté du premier renfort un support de bascule à deux montants et pied en croix, à la hauteur de la lumière à forer; les montants ont entre eux un décimètre d'ouverture, et sont soutenus par des arcs-boutants sur leurs pieds. Entre la partie supérieure des deux montants de l'un de ces supports, on introduit l'extrémité de la bascule en bois, et on l'y fixe au moyen d'un boulon cylindrique à clavette qui sert de tourillon à la bascule pour se mouvoir; les deux pieds doivent être placés de manière que la bascule étant horizontale, elle se trouve verticalement au-dessus du centre déterminé de la lumière, et que son extrémité libre passe entre les montants du second pied, et puisse monter et descendre entre ces derniers dans un plan vertical contenant l'axe de la lumière. Ensuite on suspend à l'extrémité libre de la bascule un poids destiné à la faire presser sur les forets, pour les faire mordre.

Le petit foret pointu, fig. 8, pl. X, sert à forer une ouverture cylindrique dans le tampon en fer forgé, à l'endroit où la lumière doit venir (voyez fig. 13). On le fixe à un vilbrequin en fer, qui a, à sa branche supérieure, précisément au-dessus de l'extrémité pointue devant correspondre à l'axe du foret, un petit trou qui tourne sous une pointe conique; cette pointe fait partie d'une plaque de recouvrement qui reçoit la pression de la bascule, après qu'on s'est assuré au moyen d'un fil à plomb, que le foret et le pivot conique soient dans la position verticale; le foret doit ensuite toujours être maintenu dans cette position, lorsqu'en tournant la manivelle on lui fait creuser une ouverture cylindrique dans le tampon en fer forgé, qu'on a forcé dans l'ouverture de la lumière évasée.

Ensuite on emploie le second foret, fig. 9, à couteaux et à téton.

Le téton cylindrique *aa*, adapté à son extrémité inférieure, est introduit dans l'ouverture déjà creusée, afin qu'il serve de directeur et maintienne toujours ce foret dans la voie du premier forage (*voyez* fig. 14). Comme ce foret est trop grand pour qu'on puisse lui faire enlever le fer au moyen de la manivelle de vilbrequin, on en fixe l'extrémité supérieure au moyen de deux boulons entre les mâchoires d'une tige en fer, qui porte à son extrémité une petite cavité pour recevoir le pivot conique de la plaque de recouvrement, et une partie carrée vers son milieu pour recevoir le tourne-à-gauche. Quand la position verticale de ce système a été vérifiée dans tous les sens, on fait agir le tourne-à-gauche, tandis que le pivot avec la plaque de recouvrement est pressé par la bascule; on fore ainsi une ouverture d'un diamètre plus grand que celui du tampon en fer forgé qu'on a introduit dans la lumière. Mais comme la pression qui doit être exercée sur ce foret et sur les suivants est assez grande, on a dû fixer au sol les pieds du support de bascule à boulon, afin d'empêcher ce support d'être soulevé par le boulon qui retient l'extrémité de cette dernière.

Comme le téton du foret, fig. 9, sert de directeur pour forer l'ouverture suivant la direction exigée, on ne doit pas le faire pénétrer trop profondément, c'est-à-dire on ne doit pas enlever le tampon en fer jusqu'à son extrémité, comme l'indique la fig. 14; car le téton de ce foret dévierait; mais l'ouverture doit être assez profonde pour que le goujon ou directeur cylindrique *f*, au-dessus des couteaux *ee* du troisième foret, fig. 10 (fixé à la tige comme le second), puisse y tourner, fig. 15, afin de diriger les couteaux de ce foret pendant le forage du restant du tampon en fer forgé, et des bords inégaux de l'ancienne lumière évasée à travers toute l'épaisseur de la pièce. La pression et la rotation lui sont communiquées de même qu'au deuxième.

Enfin l'on se sert du dernier foret ou de l'allézoir, fig. 11 et 16, qui est destiné à forer avec la partie antérieure *gh*, une ouverture tronconique près de l'âme, et avec sa partie supérieure *hi*, à rendre cylindrique le reste du trou, et lui donner un diamètre un peu supérieur à celui du grain sans le filet. La largeur de ce foret à la partie inférieure *g*, qui doit produire la petite base du tronc de cône destiné à recevoir le téton du grain, est un peu plus grande que celle du foret précédent; le forage s'exécute d'ailleurs de la même manière que celui avec le deuxième foret, fig. 9; mais on doit avoir soin de ne pas pénétrer plus loin qu'il ne faut pour donner à cette partie tronco-

nique à forer les dimensions du téton du grain qui doit y entrer.

Enfin, au moyen d'un tourne-à-gauche et d'un taraud en acier trempé, ayant les dimensions du grain, on forme l'écrou jusqu'à la profondeur voulue et de la manière ordinaire; de sorte qu'on puisse y visser le grain à frottement.

Le grain, soit en cuivre pur, soit en fer ductile, doit être fortement battu ou écroué, afin qu'il acquière beaucoup de densité par la compression de ses pores. On lui donne d'abord la forme cylindrique ayant 5 à 6 millimètres de plus en diamètre que l'écrou avec son filet, et 0^m,25 à 0^m,30 de longueur excédant l'épaisseur du métal à hauteur de la lumière; ensuite on le tourne au diamètre exact pour y tarauder le filet, excepté le téton qu'on tourne simplement à ses dimensions exactes, de manière que la coupe par l'axe du grain ait les dimensions de l'allézoir, fig. 11. De plus, l'extrémité supérieure du grain doit être taillée en carré, afin qu'on puisse se servir du même tourne-à-gauche employé pour les forets, lorsqu'on le visse dans l'écrou taraudé dans la pièce. Le téton doit alors entrer dans l'ouverture tronconique qui lui correspond au bas de l'écrou, de manière qu'il ne laisse pas le moindre jour, mais joigne par tous ses points (*voyez* fig. 16); cependant, comme les filets coupés dans la fonte ne cèdent pas à la pression et ne peuvent pas se modifier, ne possédant pas assez de ductilité pour cela, on doit placer le grain avec beaucoup de précautions, et sans exercer une trop grande force sur le tourne-à-gauche; c'est pour la même raison que le grain doit être taraudé aussi exactement que possible, afin qu'il joigne bien partout, et qu'il n'exerce pas de pression à faux sur les filets de l'écrou en fonte.

La lumière peut être forée dans le centre du grain, avant ou après que celui-ci est placé, surtout quand la position du canon, pendant le forage de l'ouverture pour le grain, n'a pas subi de changement. Dans ce cas, on coupe d'abord le carré du grain excédant la surface du canon, et on l'égalise à ras de cette dernière (*voyez* fig. 17).

Comme la partie inférieure du grain vient précisément correspondre à l'arrondissement du fond de l'âme, il reste dans cette dernière une partie saillante, comme l'indiquent les fig. 17 et 18, *mm*. Cette saillie doit donc encore être coupée suivant la forme de la paroi de l'âme, ce qui se fait facilement à Liège sur un des bancs de forage; mais, comme les bouches à feu doivent subir aussi cette opération dans les places fortes, quand, par un long siège, l'approvisionnement en bouches à feu est devenu trop faible, on a inventé un

moyen plus simple pour atteindre ce but, et qui consiste à couper avec la partie *ek* de la fraise circulaire, fig. 12, l'excédant *mm* du téton.

Pour exécuter cette opération on pratique dans le sol un puits vertical, tel, que le canon y étant descendu sur son bouton de culasse, la volée dépasse encore le sol d'environ un mètre. Après avoir étayé et assujéti la pièce dans cette position, on fixe à la queue de la fraise une tige en fer qui doit dépasser la tranche de 0^m,10 à 0^m,15, lorsque la fraise est au fond de l'âme. Cette tige porte à son extrémité un carré qui doit entrer dans la mortaise du tourne-à-gauche, afin qu'on puisse la faire tourner avec sa fraise. Quand le canon et la tige sont placés exactement dans la position verticale, on pose les deux pieds de bascule qu'on a employés pour forer le trou du grain, des deux côtés de la pièce à une distance suffisante, pour qu'ils ne puissent gêner le mouvement du tourne-à-gauche, et on fait peser la bascule sur l'extrémité de la tige de la fraise, afin de presser celle-ci contre la partie qui doit être coupée dans l'âme. Cette pression s'exerce encore par l'intermédiaire de la pièce de recouvrement à pivot, dont ce dernier est reçu au centre de l'extrémité de la tige.

Il faut remarquer enfin à ce sujet, que si tous les canons de même calibre étaient exactement forés aux mêmes dimensions, il suffirait d'une fraise par calibre; mais comme cela n'est pas ainsi, et qu'il y a des variations de 0^m,00025 à 0^m,0005, il vaut mieux d'avoir une fraise à lames mobiles au nombre de six ou plus, ayant la forme nécessaire et qu'on fixe chacune au moyen de deux petits boulons dans les rainures pratiquées à cet effet sur le pourtour d'un porte-lame.

Ces lames doivent avoir une hauteur telle, qu'étant fixées au porte-lame, elles touchent dans tous les sens l'âme des canons qui ont le minimum de diamètre suivant les tolérances; tandis que par l'interposition de minces bandelettes de fer, entre le fond des rainures et le dos des lames, on augmente le calibre de l'instrument à volonté, jusqu'à concurrence du véritable diamètre de l'âme du canon auquel il a fallu mettre un grain; si cela n'était pas il resterait une partie du téton du grain dans l'âme de la pièce.

Quand le grain a été mis, il doit pouvoir supporter les coups d'épreuve ordinaires sans se déranger; et à l'épreuve de l'eau cette dernière ne doit pas suinter à la surface en passant entre les filets de l'écrou et du grain; si cela arrivait, la mise du grain n'aurait pas été convenablement exécutée. D'un autre côté, comme un canon qui a exigé la réparation de la lumière, peut déjà avoir considérablement

souffert avant cette opération, les coups à charge extraordinaire de poudre et de boulets lui feront plus de tort qu'aux pièces neuves; c'est pour cela qu'il vaudrait mieux n'éprouver que par quelques coups à charge de guerre ordinaire, les canons auxquels on a mis des grains.

OBSERVATIONS CONCERNANT LE COULAGE DES BOMBES, DES OBUS
ET DES BOULETS.

Quand on veut couler les projectiles en sable, comme cela se pratique maintenant presque généralement, il faut prendre en considération diverses circonstances, qui ont une influence marquante sur la réussite ou la non réussite du coulage; ces circonstances consistent principalement :

- 1^o Dans l'espèce du sable et le mode de moulage à employer.
- 2^o Dans la qualité de la fonte dont ils doivent être coulés.
- 3^o Dans l'espèce de fourneau employé pour opérer la fusion et dans le procédé de fusion même.

DU SABLE DE MOULAGE.

Il se présente trois cas relatifs à l'espèce de sable à employer :

1^o Quand on veut laisser entièrement sécher les moules. Alors on se sert du sable avec lequel on moule les bouches à feu, excepté qu'il doit contenir moins d'argile, afin de diminuer le retrait, qui est plus défavorable à cause de la petitesse des moules. Le sable ne doit donc contenir que l'argile nécessaire pour lui donner de la liaison et lui faire conserver ses moulures malgré la dessiccation.

Ce sable doit être fortement damé autour du modèle, et on passe sur le moule les deux enduits prescrits au moulage des bouches à feu; d'un côté, pour en prévenir l'égrènement et l'écaillage par la dessiccation, et d'un autre côté, afin d'empêcher autant que possible, l'adhésion de la fonte coulée.

Ces moules doivent être séchés de manière qu'ils ne retiennent plus d'humidité, surtout à leur surface intérieure; parce que cette humidité serait décomposée en ses éléments gazeux, qui ne pourraient pas s'échapper par les parois bien damées du moule, et restant dans le métal, causeraient des chambres dans les projectiles.

L'avantage de ces moules consiste en ce que les objets qui y sont

coulés ont une surface bien lisse, lorsque l'enduit épais a été uniformément distribué ; et ensuite en ce que la fonte reste bien grise sur toute son épaisseur, et par conséquent douce au ciseau. Ils ont, d'un autre côté, le désavantage de produire des coutures un peu plus fortes, ce qui provient du retrait des parties du moule, produit par le séchage ; et comme c'est l'argile qui cause principalement ce retrait, ces coutures deviennent d'autant plus larges, que le sable contient plus de cette terre. Il faut encore ajouter que ces moules coûtent plus que ceux qui ne sont pas séchés, à cause du combustible employé à l'opération de la dessiccation ; et comme elle dure d'ailleurs 24 heures, il faut deux fois autant de châssis qu'il n'est nécessaire d'en avoir pour couler le même nombre de projectiles de même espèce, en moules non séchés.

2° Quand on ne veut laisser sécher que la surface intérieure des moules, on se sert d'un sable contenant moins d'argile, et on ne le dame pas plus fort pendant le moulage, qu'il n'est nécessaire pour faire conserver à la surface sa forme après cette dessiccation partielle. C'est encore pour obtenir cela qu'on les recouvre légèrement des deux enduits ordinaires. Le damage modéré se fait dans le but de conserver assez de pores à la masse de sable pour que les parties aqueuses contenues dans les parois puissent s'échapper sous forme soit de vapeur, soit de gaz.

Mais pour pouvoir opérer convenablement cette dessiccation intérieure des moules, il a fallu construire un petit four à cet effet ; ce four est fermé à sa partie supérieure par une plaque de fonte percée d'un grand nombre de trous, au-dessus desquels on range les moules avec la partie ouverte en bas ; on observe de plus de placer le plus près du foyer les châssis qui contiennent les événements et les jets. Le foyer est à la partie antérieure du four, de manière que la flamme et la fumée doivent longer la plaque pour se rendre dans la cheminée.

Comme on a vu que ce mode de moulage n'était pas moins satisfaisant que le précédent, quant aux résultats, et qu'il demandait beaucoup moins de combustible, en ce que la dessiccation se faisait non-seulement en très-peu de temps, mais aussi, n'exigeait qu'un premier feu de houille fraîche, le reste se faisant avec le fraisil, on a maintenant, à la fonderie de l'État, adopté cette méthode comme étant la plus avantageuse.

Les noyaux des projectiles creux sont de même séchés à leur surface, parce que leurs parties aqueuses peuvent s'échapper en vapeur ou en gaz, par les événements des arbres de noyau.

3° Quand enfin l'on veut couler en sable humide immédiatement après le moulage, ce sable ne doit pas contenir plus d'argile qu'il n'est absolument nécessaire, pour lui communiquer à l'aide d'une faible quantité d'eau, une cohérence suffisante, afin que quand on en comprime une poignée dans la main, il ne se sépare plus spontanément ; de cette manière la quantité de gaz qui se développent lors du coulage est la moindre possible, et afin que ces gaz trouvent une issue par les pores de la masse, cette dernière ne doit être que très-légèrement comprimée ; sans cela les parties aqueuses ne trouveraient pas d'issue et causeraient un bouillonnement dans le moule.

Les surfaces intérieures de ces moules ne sont pas couvertes de l'enduit ; seulement on les saupoudre de poussière de charbon de bois ou de fraisil, qu'on comprime et qu'on égalise ensuite légèrement avec les champignons et avec les petites truelles. Les grains de ce sable doivent être très-fins afin que les surfaces des objets coulés deviennent lisses ; car celles-ci deviennent d'autant plus raboteuses, que le grain est plus gros. Comme cependant on ne peut pas, ou du moins rarement, se procurer du sable mêlé d'argile, qui ne se liquéfie un peu, ou ne devienne collant par le contact de la fonte liquide, et ne s'attache à la surface de l'objet coulé, on doit démouler les projectiles obtenus par cette méthode, aussitôt qu'ils sont solidifiés, afin de prévenir autant que possible l'adhésion du sable. Malgré ces précautions il s'en attache plus ou moins aux surfaces ; c'est ce qui a porté les fondeurs anglais à mêler au sable le plus maigre $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{6}$ de charbon de terre pulvérisé et tamisé. Mais il n'est pas indifférent quelle espèce de houille on emploie à cet objet ; celle de l'espèce n° 1^{er}, que nous avons énumérée plus haut, est la seule qui convienne ; cette houille s'enflamme vivement et contient beaucoup d'huile empyreumatique et de bitume qui, lorsque la fonte coule dans le moule, se transforme par la chaleur en une espèce de vernis, qui paraît posséder une propriété répulsive à l'égard du métal liquide, et empêcher ainsi l'adhésion du sable aux surfaces. Il résulte de là, que la houille maigre qui, au lieu des matières ci-dessus, contient quelquefois du soufre, et plus de parties terreuses, n'est pas convenable pour entrer dans le mélange. Le sable qu'on mélange ainsi doit d'ailleurs être très-maigre parce que, sans cela, les parties argileuses qu'il contient empêcheraient la fusion des matières en question.

À la fonderie de Liège on a observé, que pour couler avec succès dans des moules préparés avec ce mélange de sable et de charbon, on doit se servir d'une fonte grise douce et fusible ; car avec la fonte

dure et blanche on risque d'obtenir des objets qui ont plus de soufflures et de défauts. La première fournit d'ailleurs de belles surfaces bien lisses, et une nuance bleue agréable à l'œil. On a remarqué de plus, que lorsqu'on dame trop fort ces moules, la fonte y reste quelque temps en mouvement après la coulée, avant de se figer, d'où résultent des chambres et des saillies (tacons) à la surface, qui proviennent de ce que de petites masses de sable se sont détachées de la paroi du moule et se sont portées en d'autres endroits. Quand encore la quantité de houille mêlée au sable est trop grande, la surface des objets coulés devient inégale, elle présente alors l'aspect d'une surface couverte par les mailles d'un réseau.

Comme enfin, dans l'emploi de ces charbons mêlés au sable de moulage, on a observé, que parmi les projectiles de diverses fontes qu'on y a coulés, la quantité des rebutés n'est certainement pas moindre, si pas plus grande que celle des bons, et comme d'ailleurs ce procédé est coûteux, on a substitué du fraïsil à ces charbons; ce fraïsil consiste dans la houille calcinée qui tombe à travers les barres de la grille du fourneau à réverbère; lorsqu'il est bien pulvérisé et bluté, on le mêle au sable maigre, ce qui détruit en grande partie la propriété collante de celui-ci. Mais les objets coulés d'après cette méthode n'ont pas la surface aussi belle que ceux réussis par le moulage en sable maigre mêlé de houille grasse. D'un autre côté l'emploi du fraïsil qui ne servait à rien précédemment, a occasionné une économie réelle, en ce qu'on n'est pas obligé de l'acheter (iii).

Quoique l'on ne se serve plus actuellement de sable mélangé de fraïsil pour mouler les projectiles, on continue encore à l'employer au moulage d'autres objets qu'on coulait ordinairement en sable humide, comme n'exigeant pas la même précision que les projectiles.

Le plus ou moins d'adhésion du sable du moule, aux surfaces des objets coulés, paraît cependant ne pas devoir uniquement être attribué à l'espèce du sable employé; car on a observé que le même sable s'attachait plus à une espèce de fonte qu'à l'autre. De plus, le sable s'attache en général plus aux boulets, surtout de fort calibre, qu'aux bombes et aux obus; ce qui paraît provenir de ce que ces derniers,

(iii) En outre on a découvert que ce fraïsil peut être employé non-seulement à cet usage, mais qu'étant pulvérisé et bluté, il peut servir au lieu de charbon de bois pour saupoudrer les moules, et même être employé dans le mélange de l'enduit épais mentionné plus haut.

ayant une épaisseur de métal moindre, se figent et se refroidissent plus promptement que les premiers. Enfin l'adhésion du sable augmente encore avec la température de la fonte à la coulée.

DE LA FONTE.

Toutes les espèces de fonte ne sont pas également propres au coulage des projectiles, et celle qui l'est le moins, est la fonte blanche provenant d'une conversion de minerais mal conduite. De même, la fonte la plus forte et la meilleure pour les bouches à feu, comme la fonte de Suède, ou celle connue chez nous pour la plus tenace, ne sont pas celles à préférer pour cet objet; car les objets qu'on en coule en sable humide ou en coquilles, se cristallisent en lames blanches, deviennent durs et résistent au ciseau et à la lime. On peut vérifier ce résultat sur une foule d'anciennes bombes de 29 centimètres, et d'obus de 20 centimètres, qui se trouvent à la fonderie de Liège et qui ont été coulés anciennement en coquilles, probablement en Suède; et cependant quand on les refond convenablement et en grande masse, ils produisent une fonte grise et tenace. On a ensuite eu l'expérience de ce que la fonte, plus elle est forte, moins elle est fusible au fourneau à réverbère, et plus elle exige de chaleur ou du moins de temps pour passer à la fluidité nécessaire; par cette chaleur supérieure de la fonte, les grains de sable se liquéfient plus vite, et s'attachent plus à la surface des objets coulés, que quand on coule avec une fonte d'une fusion facile, et demandant par conséquent un moindre degré de température.

La fonte douce et moins tenace, d'une fusion facile, connue ici sous le nom de fonte tendre, et dont on coule de menus objets à parois minces, tels que les poêles, pots, etc., est aussi très-convenable pour les projectiles; mais celle qui paraît la plus propre à cet usage, provient de la réduction par le coke, des minerais provenant des houillères (fer carbonaté terreux), comme on en produit en Angleterre. Cette fonte est très-bien fusible et possède la propriété, précieuse pour le coulage de pareils objets, de ne pas cristalliser par le contact des moules froids et humides, ou des coquilles, et de rester grise et douce, quelque minces que soient ces objets; c'est là la raison pour laquelle on coule en Angleterre de beaux boulets bien lisses en coquilles de fer, sans qu'il soit nécessaire de les soumettre au battage, lequel est employé encore aujourd'hui en France.

Le coulage le plus désavantageux des projectiles, est celui qu'on fait avec une grande partie de vieilles fontes de diverses espèces; car dans ce cas on ne peut rien préjuger quant à la nature du mélange, ni régler les dimensions des noyaux, et le plus ou moins de consistance que leur sable doit posséder. A ces inconvénients s'ajoute l'ignorance du degré de chaleur qu'il faudra pour porter ce mélange à la liquidité nécessaire à la réussite de la coulée; voilà pourquoi en pareille circonstance beaucoup de projectiles sont manqués, et occasionnent une perte qui compense largement le bénéfice qu'aurait pu produire l'emploi de cette fonte de bas prix.

FOURNEAUX POUR LA FUSION DE LA FONTE.

On emploie trois sortes de fourneaux pour fondre la fonte destinée au coulage des projectiles, savoir : les *hauts-fourneaux*, les *coupelots* et les *fourneaux à réverbère*.

HAUTS-FOURNEAUX.

Ces fourneaux sont les plus avantageux pour le coulage des projectiles sous le rapport de la réussite, lorsqu'on traite des minerais donnant une fonte de fusion facile; d'un côté, parce que dans ce cas on obtient toujours une même espèce de fonte, qui devient rarement dure et blanche dans les moules humides, et d'un autre côté, parce qu'elle gagne généralement par la réduction le même degré de température, convenable au coulage des projectiles. On puise hors du creuset la fonte provenant de la réduction à mesure qu'elle s'y rassemble, et on répète cette opération aussitôt qu'une nouvelle quantité de fonte remplace la première. Comme la réduction continue jour et nuit, aussi longtemps que le fourneau est tenu en haleine, il faut deux détachements de mouleurs et de fondeurs qui se relèvent l'un l'autre; ou bien on ne coule des projectiles que dans la journée, et la nuit on fond la fonte nécessaire pour couler une gueuse le matin. Comme, par cette méthode, on emploie de la fonte de première fusion, on a l'avantage d'épargner le chauffage nécessaire à une deuxième fusion, et d'obtenir moins de projectiles défectueux, à cause des circonstances détaillées ci-dessus.

COPELOTS.

Cette espèce de fourneaux est destinée à fondre toutes les petites pièces de fonte : telles que vieux projectiles, petits et minces objets, manqués dans les coulées du haut-fourneau, et cassés en morceaux; c'est pour cet objet que les coupelots sont principalement employés dans les fonderies de fer de l'Allemagne et de l'Angleterre. Leur forme a beaucoup d'analogie avec celle des hauts-fourneaux, et on les chauffe au coke ou au charbon de bois au moyen d'une soufflerie proportionnée à leur capacité.

On place ces fourneaux sur un massif de maçonnerie; leur revêtement extérieur est composé d'un ou de plusieurs cylindres creux en fonte superposés, ou bien de plaques en fonte de dimensions telles, qu'elles puissent être assemblées en prismes à six ou à huit faces. La paroi ou chemise de ces fourneaux est quelquefois faite en sable de moulage, ou, ce qui est plus solide, en briques réfractaires; l'espace intérieur est entièrement cylindrique; ou bien, on donne à la partie inférieure la forme tronconique, la petite base étant en bas sur le massif; sur le côté se trouve une ouverture servant de trou de coulée, qui est bouché avec du sable de moulage, quand la fonte commence à se liquéfier; on a dû faire le fond du fourneau, sur le massif de maçonnerie, en sable de moulage, ayant une légère inclinaison du côté de la coulée, et de la circonférence vers le centre. Ensuite il y a encore d'un côté deux ouvertures pour recevoir la buse des porte-vent de la soufflerie; afin de pouvoir au besoin hausser cette buse, l'ouverture qui ne sert pas pour le moment, est bouchée d'en dehors au sable ou à l'argile.

Le combustible et la fonte à liquéfier sont mis par couches dans ces fourneaux; et à mesure que ces couches descendent on en jette de nouvelles par-dessus. Pendant ce temps la fonte liquéfiée se rassemble au fond, et quand on juge qu'il y en a une quantité suffisante, on ouvre le trou de la coulée, en perçant le sable qui l'obstrue, et on reçoit la fonte dans une cuiller ou poche (*kkk*).

Les avantages de ces fourneaux consistent en ce qu'on peut y fondre en petite quantité de fonte, et qu'on peut de suite couler

(*kkk*) On trouve une description détaillée des coupelots et de leur emploi dans l'ouvrage du docteur Karsten, intitulé : *Handbuch der Eisenhüttenkunde*, 2^{es} Theil, § 724, etc.

dans les moules celle qui est fondue et rassemblée au fond sans l'exposer plus longtemps à la chaleur qu'on ne le trouve convenable; mais comme la fusion s'opère à l'aide du vent, il y a combustion d'une partie de carbone de la fonte, et déchet d'autant plus considérable, que les morceaux soumis à la fusion sont plus gros. Pour prévenir la combustion du carbone, quelques fondeurs mélangent aux charges une partie des scories provenant du haut-fourneau, afin que ces scories entourent sous forme de laitiers la fonte qui se liquéfie, et la garantisse de l'action de l'oxygène, comme nous l'avons déjà expliqué à propos des hauts-fourneaux.

On peut conclure de ce que nous venons de dire sur ces fourneaux, qu'ils peuvent servir à couler avec succès de petits objets tels que des projectiles, et sans qu'il en résulte beaucoup de rebuts, quand toutefois ils sont disposés et employés convenablement pour la fusion.

FOURNEAUX À RÉVERBÈRE.

Le coulage de projectiles et autres menus objets par le moyen de ces fourneaux n'est pas favorable; mais quand on doit fondre de grosses masses de fonte qui ne peuvent pas être brisées en petits morceaux, il n'y pas d'autre moyen que de se servir du fourneau à réverbère, quelque peu convenable qu'il soit pour couler de petits objets sans produire beaucoup de rebut. La raison en est que la quantité de la fonte à fondre, doit être proportionnée à la capacité du fourneau, ce qui ne permet pas de fixer la charge de fonte à volonté; d'un côté, parce que la fusion d'une petite charge coûte trop de combustible, et d'un autre côté, parce que la fonte liquide couvre une trop grande surface du fourneau, eu égard à sa quantité, d'où résulte une combustion de carbone trop considérable. Or, comme pour le coulage des projectiles, on puise la fonte dans le bain avec des poches, la coulée (même lors d'une petite charge) dure très-longtemps avant que le bain ne soit épuisé; de là résulte que ce bain de fonte diminuant continuellement, est porté continuellement à une température plus élevée par la continuation de l'action de la flamme, fournit de la fonte de chaleur inégale, et en même temps d'une teneur de carbone différente; ceci cause un retrait différent dans les projectiles coulés consécutivement, et nuit à leur uniformité; les uns sont trop grands, les autres trop petits; de plus, ceux coulés

avec la fonte la plus chaude retiennent le sable à leur surface, et gagnent souvent de petites soufflures nombreuses ou de grandes chambres; enfin il arrive encore, que la dernière fonte puisée dans le fourneau, a perdu tant de carbone, qu'elle ne possède plus la fluidité nécessaire, ou est devenue trop épaisse pour prendre convenablement la forme du moule; alors elle s'est rapprochée de l'état du fer affiné, et ne peut plus être fondue que simultanément avec de la fonte riche en carbone. Le coulage des projectiles par le fourneau à réverbère, est donc sujet à beaucoup d'inconvénients, qu'on doit tâcher d'écartier autant que possible (11).

DES DEMI-GLOBES ET CHASSIS NÉCESSAIRES AU MOULAGE DES PROJECTILES.

Les modèles servant à mouler les projectiles, sont des globes creux ou ellipsoïdes de révolution, composés de deux demi-globes en laiton, ou en fonte, réunis par gorge et feuillure (*voyez* les demi-globes *vv*, fig. 7, pl. XII); ces globes doivent être tournés et polis bien nettement; et comme le laiton se prête mieux au poli que la fonte, et n'est pas sujet à se rouiller comme cette dernière, les globes en laiton sont préférables.

Leurs dimensions doivent être fixées de manière que les projectiles, coulés dans les moules qu'ils servent à former, obtiennent autant que possible le calibre exigé et la forme parfaitement sphérique. Comme la fonte prend du retrait par le refroidissement, les deux demi-globes du modèle doivent faire un tout de dimensions plus fortes que les projectiles qu'on veut obtenir; cela doit du moins avoir lieu pour ceux de ces modèles destinés à mouler en sable, devant subir une dessiccation complète, et devant être fortement comprimés autour du modèle. Car ce sable ne peut céder que fort peu, excepté suivant la direction verticale, quand on coule des boulets de gros calibre; alors le poids de la fonte liquide le comprime légèrement dans ce sens; c'est pour cette raison que le diamètre vertical du modèle doit être moindre que le diamètre horizontal, de manière qu'au lieu d'une sphère, il forme un ellipsoïde de révolution dont l'axe est le petit diamètre.

Pour mouler les projectiles, le sable ne devant être séché que par-

(11) On coule actuellement les projectiles à la fonderie de Liège, au moyen d'un coupelot à air chaud. (T.)