

tion de la fonte, en formant du graphite dont les particules, en mélange intime avec le reste de la masse, donnent à la fonte la cassure grise.

Un refroidissement subit ne permettant pas cette formation successive du graphite, occasionne toujours une cassure blanche.

5°. Il y a des corps qui, unis au fer, empêchent cette séparation du carbone sous la forme de graphite, tels que le phosphore, le soufre, les bases métalliques, les oxides-terres, etc., d'autres métaux, sur-tout le manganèse. En ce cas, la fonte qui contient autant et plus de carbone que la fonte la plus grise, conserve la cassure blanche, même après le refroidissement le plus lent et le plus ménagé possible.

II. *Fer pur. Fer forgé.* Le fer forgé est considéré comme du fer pur contenant des substances étrangères, sur-tout le carbone, en trop petites quantités pour en altérer les propriétés: ce sont les propriétés plus ou moins nuisibles que ces substances lui communiquent qui en forment autant de variétés.

III. *Acier.* Sa composition chimique paraît être identique avec celle de la fonte blanche, c'est-à-dire qu'il serait formé de fer pur, de carbone et d'un troisième corps, tel que de l'aluminium, du silicium, du manganèse, etc., etc., qui rendraient stable l'union du carbone et du fer. La différence entre la fonte blanche et l'acier ne paraît résider, d'après M. Muller, que dans l'arrangement mécanique des molécules.

NOTE

Sur le muraillement des puits aux mines de Fins ;

PAR M. J. GUILLEMIN.

Le muraillement des puits, lorsqu'ils doivent être de longue durée, est incontestablement préférable à leur revêtement en bois. Je pense en outre qu'au moyen du procédé qui fait l'objet de cette note, et qui a été avantageusement suivi aux houillères de Fins, ce mode de soutènement est plus économique de toute manière; que les frais d'établissement sont moindres, même dans un pays comme celui-ci, où les bois ne sont pas encore d'un prix très-élevé, et que, par conséquent, il mérite la préférence sur le boisage dans presque tous les cas. Ce procédé étant peu connu, j'entrerai dans des détails suffisans pour que son exécution soit facile; je crois rendre un véritable service à toutes les personnes qui dirigent des exploitations de mines.

Le muraillement se fait au fur et à mesure qu'on descend et sans employer de boisages provisoires, qui occasionnent toujours une assez grande dépense. On s'enfoncé autant que la solidité du terrain le permet, et aussitôt qu'on ne peut plus le faire sans danger, on muraille; puis on creuse de nouveau, et l'on muraille encore aussitôt qu'on le juge nécessaire, et ainsi de suite.

La grande difficulté est de soutenir le muraillement pendant qu'on descend, car la bâtisse en elle-même n'a rien de difficile.

La première partie du muraillement est assu-

rée par les moyens suivans : lorsqu'on a atteint une certaine profondeur, qu'on ne peut dépasser sans péril, 6 ou 10 mètres, par exemple, on place horizontalement, au fond de l'excavation, un cadre en bois (Pl. II, *fig. 1^{re}*), formé de quatre pièces, jointes à mi-bois et réunies aux angles par quatre liens, qui sont placés à une distance égale au diamètre du puits; les dimensions de ce cadre sont, en œuvre, de 0^m, 11 plus petites que celle du puits indiquée par la ligne circulaire; mais il est disposé de manière à ne pas gêner le jeu des tonneaux, qui a lieu, dans la direction de la ligne ponctuée, perpendiculaire aux liens du cadre. Sur ce cadre, dont les extrémités vont s'appuyer le plus loin qu'il est possible dans le terrain, on pose une *courbe* circulaire en bois, *fig. 2*, dont le diamètre est égal à celui du puits; elle est formée de plusieurs pièces courbées, taillées en voussoirs et réunies à mi-bois : ceci disposé convenablement, on commence le muraillement; plusieurs fils-à-plomb placés tout-autour dirigent l'ouvrier maçon, qui élève ainsi la construction verticalement jusqu'à la hauteur du sol; là, on interrompt le muraillement pour placer un cadre semblable à celui *fig. 1^{re}*, mais dont les extrémités, beaucoup plus longues, s'appuient au loin sur la surface du sol; il est destiné à soutenir, au moyen de chaînes ou de tirans en fer ou en bois, le cadre inférieur et toute la maçonnerie que celui-ci supporte. On exhausse le muraillement de 2 ou 3 mètres pour retenir les décombres extraits.

Cela fait, on creuse de nouveau sans aucun danger; on a cependant le soin de laisser du terrain sous le cadre inférieur; c'est-à-dire qu'en

s'enfonçant avec le diamètre *intrà muros* on ne s'élargit que peu à peu pour obtenir le diamètre extérieur du puits; cette espèce de corniche circulaire, qu'on laisse, soutient en partie la maçonnerie supérieure; on l'enlève ensuite par portions, et on la remplace incontinent par la bâtisse. La profondeur qu'on peut atteindre sans s'exposer varie considérablement; la moindre est d'un mètre, et ne se rencontre que dans les terres ébouleuses, les schistes argileux friables (menus noirs), etc. Alors on se hâte de murailleur tout autour sur une courbe circulaire pareille à la première, posée horizontalement et à l'à-plomb des parois du puits, et on serre fortement le dernier rang de briques contre le cadre avec des coins de bois; puis, pour soutenir cette portion de mur, on cloue autour du puits un certain nombre de palplanches ou croûtes de la courbe inférieure à celle de dessus. Avec ces précautions, et le soin de ménager toujours la corniche pour soutenir les travaux précédens, on peut creuser sans aucun danger.

Si la profondeur qu'on peut atteindre sans risque était de plusieurs mètres, ce qui arrive souvent, après avoir placé une courbe au fond de l'excavation, on bâtirait jusqu'à la hauteur de 2 mètres environ; on poserait une nouvelle courbe, on bâtirait dessus, et ainsi de suite, divisant la hauteur totale par des courbes placées à deux ou trois mètres l'une de l'autre, qu'on lierait entre elles par des planches de la longueur convenable.

Quand en creusant on trouve un rocher solide, on en profite pour *décharger* le puits, au moyen d'un cadre en bois, *fig. 3*, dont les extrémités

s'appuient sur les parties consistantes de ce rocher. Il en résulte un autre avantage, c'est qu'on peut sans inconvénient interrompre le revêtement jusqu'à ce qu'on ait passé le terrain dur, dont l'arrachement à la poudre cause souvent des dommages au muraillement; on peut même se dispenser de bâtir dans ces endroits solides, et la partie supérieure se trouve néanmoins assurée.

Je dois maintenant faire connaître les matériaux qui ont été employés aux mines de Fins.

Les premiers muraillemens ont été faits en pierres de grès taillées en voussoirs; mais plusieurs raisons en ont bientôt décidé l'abandon; la taille seule du mètre courant de grès pour un puits de six pieds de diamètre, coûtait 24 francs; les frais d'extraction et de transport, ajoutés à la taille, portaient cette dépense à un taux trop élevé. Il est impossible d'ailleurs de faire un choix parfait de pierres propres à soutenir une grande pression sans s'écraser: de là les réparations coûteuses qu'on est obligé de faire ensuite à cette sorte de revêtement.

L'emploi de la brique a été substitué à celui des grès avec beaucoup d'avantage; on trouve par-tout de la terre propre à leur fabrication, et on peut, sans augmentation de frais, donner à la brique la forme d'un voussoir et obtenir par là une grande solidité, en même temps qu'on rend le travail plus facile. Il suffit d'avoir le soin de n'employer que celles qui sont bien cuites, on est assuré de la solidité des muraillemens.

Voici les dimensions qu'on donne à ces briques.

Dans les terres ébouleuses, dans les roches tendres ou susceptibles de le devenir, elles ont la

forme représentée *fig. A*; leur longueur est de 8 pouces ($0^m,22$); leur largeur moyenne, de 4 pouces ($0^m,11$), et leur épaisseur, de 3 pouces ($0^m,08$).

Dans les terrains solides, roches schisteuses sèches, etc., la longueur moyenne est de 8 pouces, la largeur de 4 pouces, et l'épaisseur de 3 pouces (voir *fig. B*).

Les *courbes* sont en bois de chêne; elles ont 8 pouces de large dans les terrains tendres, et 6 pouces dans les autres; l'épaisseur de 4 pouces restant la même.

Le mortier est fait avec beaucoup de soin; le sable et la chaux, éteinte spontanément à l'air, sont passés au tamis dans les proportions convenables; le mélange est seulement gâché à l'instant de l'employer; il acquiert une dureté suffisante.

Presque toujours il existe un vide entre la bâ-tisse et les parois de l'excavation, on a l'attention de le remplir exactement avec des déblais et quelquefois avec de l'argile délayée quand on veut détourner les eaux. La courbe est toujours serrée avec des coins de bois pour prévenir le moindre dérangement.

Il arrive quelquefois, lorsqu'on creuse dans des terrains ébouleux, qu'il se forme des vides derrière la partie du muraillement antérieurement faite. Comme on ne peut pas l'empêcher totalement, on se hâte de murailles le peu qu'on a creusé et souvent par portions de la circonférence, puis de combler ce vide en dessus par un trou pratiqué dans le briquage, avant que l'ébranlement se soit propagé à une plus grande distance: sans cette précaution, le puits quitte-

rait la verticale, les pressions latérales n'étant plus contrebalancées.

La dépense par mètre courant d'un puits de sept pieds de diamètre, dans un terrain dur, est; savoir,

	fr.	c.
<i>Briques.</i> — 300 à 16 fr. le mille, au bord du puits.	4	80
<i>Mortier.</i> — 2 hectolitres, préparés, à 2 fr.	4	»
<i>Bois.</i> — Un tiers de courbe	5	»
Les frais d'assemblage et de la mise en place d'une courbe sont de 5 fr.; il faut pour la faire 5 pieds cubes de bois, à 2 fr. ou 10 fr. Total. 15 fr.		
6 mètres de croûtes, pose et clous.	2	50
On n'en compte que 6, quoiqu'on en mette un plus grand nombre, parce que les mêmes peuvent resservir une ou plusieurs fois.		
Cales ou coins de bois, à 0,60 le 100.	»	20
<i>Main-d'œuvre du maçon.</i> — Prix convenu	4	»
Il emploie 96 heures pour élever 10 mètres de puits.		
<i>Idem.</i> — de son aide	»	85
<i>Service des matériaux</i> , jusqu'à la profondeur de 30 ^m . , 4 hommes à 0,85 = 3,50; de 30 ^m . à 180, 3 hommes et 2 chevaux, les premiers à 0,85, les autres à 2 fr. = 7,50; plus profondément, 3 hommes, 3 chevaux. = 11,50.	moyenne.	6 45
<i>Éclairage.</i>		
TOTAL	30	30

En terrain tendre,

<i>Briques.</i> — 600, à 16 fr. le 100	9	60
<i>Mortier.</i> — 4 hectolitres	8	»
<i>Bois.</i> — Cinq sixièmes de courbes, à 20 fr.	16	66
6 croûtes, pose et clous	2	50
Cales	1	»

	fr.	c.
<i>Main-d'œuvre du maçon.</i> (Elle est la même par marché fait.)	4	»
<i>Idem.</i> — de son aide	1	»
<i>Service des matériaux</i> jusqu'à 200 ^m . , moyenne	8	95
<i>Éclairage</i>	3	50
TOTAL	35	20

Prix comparé du boisage d'un puits rectangulaire allongé, faisant le même service.

1 cadre avec étrésillon, cubant 22 pieds, à 1,65 le pied cube	36	50
4 porteurs équareissant 5 à 6 pouces	4	»
8 croûtes avec clous	2	»
50 écoins ou eselèmes, à 7,50 le 100	3	75
100 callons, à 2,50 le 100	2	50
Pose (2 mineurs travaillant 8 heures) et lumière	2	70
Service extérieur jusqu'à 200 mètres, moyenne	5	15
TOTAL	56	40

Quelquefois, dans les terrains peu consistants et aux approches des galeries, on double le boisage, la dépense devient alors :

2 cadres avec étrésillon	72	60
8 porteurs	6	»
8 croûtes	2	»
50 écoins	3	75
150 callons	3	75
Pose (4 mineurs travaillant 8 heures) et lumière	5	40
Service extérieur	10	50
TOTAL	103	80

En supposant, comme cela a lieu dans les puits de Fins, que le muraillement soit fait moitié *en tendre* et moitié *en dur*, et que le boisage soit doublé sur un cinquième de la hauteur,

	fr. 50.
La dépense du boisage est de	65 80
Celle du muraillement de	<u>42 75</u>

et la différence ou l'avantage du muraillement... 23 05

Cet avantage est bien plus grand, si l'on considère que la durée du muraillement est double au moins et qu'il exige pendant ce temps moins de réparations que le boisage.

En outre les frais de creusement sont moindres pour le puits circulaire que pour le rectangulaire, puisque la surface de ce dernier est à celle de l'autre comme 5 : 4.

Prix d'un puits cuvelé, à huit pans, de 7 pieds de diamètre, par mètre courant.

Bois, 17,75 pieds cubes de plateaux de 3 pouces d'épaisseur, au prix actuel de 2 fr. (0m ³ ,610, à 58,35 le mètre cube)	35 50
Main-d'œuvre du charpentier	6 »
Pose (2 mineurs, en 4 heures) et lumière	1 35
Service au jour, moyenne	<u>2 65</u>

TOTAL 45 50

Prix du cuvelage 45 50

Prix du muraillement 42 75

on a

2 75

pour la différence ou l'avantage du muraillement, sans compter sa plus grande durée et la difficulté des réparations d'un pareil boisage. Quant au creusement, le solide à enlever a les mêmes dimensions dans les deux puits.

Je doute que des plateaux de 3 pouces d'épaisseur puissent résister dans les schistes argileux friables (menus noirs). La dépense augmenterait encore si l'on était obligé de leur donner plus de force.

On estime la durée d'un puits murillé à au moins 50 ans, et celle d'un puits boisé de 15 à 20.

Le puits cuvelé désigné ci-dessus a été commencé il y a 24 ans; il était presque plein d'eau quand la compagnie Riant l'a repris. Toute la partie submergée était parfaitement conservée, l'autre, au contraire, était entièrement pourrie; malgré la forme avantageuse de ce puits pour résister à la poussée, on a remarqué, depuis qu'on en a retiré les eaux, que les plateaux fléchissaient en plusieurs points: ainsi, la durée de 15 à 20 ans, si on suppose un travail continu dans ce puits, est certainement suffisante.

Il importe encore de faire connaître les moyens employés pour préserver le muraillement de l'action destructive des eaux qui sourdent des parois du puits.

Il est très-rare de ne pas rencontrer quelques sources à différentes profondeurs. Si on laissait les eaux couler sur toutes les parties du muraillement, elles auraient bientôt entraîné le mortier et les déblais placés derrière; ce qui amènerait infailliblement la ruine de l'ouvrage. En outre, les eaux, en tombant d'une certaine hauteur, se dispersent en pluie, mouillent sans cesse les ouvriers, et nuisent à leur santé et à leur travail: il convient de les recueillir pour les diriger à volonté.

Lorsqu'on a trouvé une source, on cherche un peu au-dessous une place solide, et on y établit une large courbe ayant à son bord antérieur une rigole de 3 pouces de largeur et de 2 pouces de profondeur (*fig. 4*). La courbe est goudronnée dans toutes les jointures et placée à l'aplomb des parois du puits; elle est serrée contre

la roche par un picotage ou simplement par un conroi de terre glaise; on la recouvre d'une autre courbe peu épaisse, dont les surfaces brutes ne s'appliquent pas exactement sur elle, et dont le diamètre est assez grand pour laisser la rigole à découvert; puis le muraillement se construit à l'aplomb ordinaire. L'eau qui arrive derrière la bâtisse est arrêtée par le conroi et forcée de se rendre dans la rigole par l'intervalle laissé entre les deux courbes; celle qui a traversé le muraillement, et qui coule sur les parois intérieures, s'y rendra également si on a le soin d'écorner les briques saillantes et d'en enlever les aspérités, qui pourraient écarter l'eau, à la manière d'un Jarmier.

Un petit tuyau en bois reçoit l'eau de la rigole et la conduit au fond du puits. Ce tuyau est formé de la réunion de deux planches étroites et un peu épaisses, dans lesquelles on a fait au rabot une rainure demi-cylindrique. Le mètre de tuyau coûte à peine 0,50 centimes.

Le mineur, obligé de travailler à l'endroit où aboutit le tuyau, serait incommodé par la chute de l'eau s'il n'avait pas un moyen de la détourner à volonté.

Une corde assez grosse et peu tordue est attachée à la partie inférieure du tuyau par une de ses extrémités, l'autre est lâchée au fond du puits, et peut être dirigée vers un point où l'eau en tombant ne peut gêner: par l'attraction capillaire, l'eau suit la route détournée qu'on lui a offerte; ce procédé très-simple suffit pour diriger un volume d'eau assez considérable. Pour n'être pas dans la nécessité d'allonger le tuyau à chaque instant, on donne à la corde assez de

longueur pour qu'elle puisse le remplacer pendant quelque temps; on la déroule au fur et à mesure qu'on va plus profondément.

Je citerai encore une disposition relative à la conduite des eaux.

C'est principalement dans les couches les plus voisines de la surface et sous la terre végétale que les eaux pénètrent le mieux. On ne peut pas toujours les détourner par des travaux au jour: alors on les reçoit, au moyen d'une courbe à rigole, dans une citerne placée sur le côté du puits, et on les élève de là, au moyen d'une pompe mue par le manège ou la machine employée à l'extraction. On a l'avantage de ne pas être embarrassé par ces eaux au fond du puits, et de les élever d'une moindre profondeur, par conséquent avec moins de force motrice.

Il est impossible que, dans un puits d'une grande profondeur, on travaille, dans toutes les saisons de l'année, sans moyens d'airage, qui sont le plus souvent dispendieux.

En Angleterre, on est dans l'habitude de creuser deux puits à-la-fois et à une petite distance l'un de l'autre, et de les mettre en communication par des galeries aussi souvent que le défaut d'air l'exige. Ce moyen est certainement le meilleur, mais il est coûteux: un puits est toujours une dépense assez grande pour qu'on les multiplie le moins que l'on peut et pour qu'on les espace le plus possible pour l'exploitation du minerai, sans rendre le roulage intérieur trop dispendieux.

Souvent, pour arriver au même but, on place dans une portion de la fosse des tuyaux en bois;

mais ce moyen est insuffisant et la circulation des tonneaux est toujours gênée.

Les puits rectangulaires à compartimens sont bien préférables : c'est en quelque sorte deux puits creusés à-la-fois et sans cesse en communication.

Ce mode d'airage a été adopté à Fins avec les modifications qu'exigeait la forme circulaire des puits.

Sur les diverses courbes engagées dans la maçonnerie, on a cloué de chaque côté, sur toute la hauteur du puits, deux linteaux ou pièces de bois triangulaires, espacées de deux pouces et formant coulisses ; des planches de deux pouces d'épaisseur, dressées sur la tranche, sont placées dans ces coulisses et forment par leur réunion une séparation impénétrable à l'air.

On prolonge cette séparation d'un mètre au-dessus de l'orifice du puits, dans le but de forcer le vent à descendre dans un des compartimens et à déterminer un courant d'air frais dans l'intérieur ; ce prolongement abrite encore l'autre côté et empêche que le vent ne refoule la colonne d'air ascendante.

Ce simple mode d'airage a permis de descendre à plus de 200 mètres et de faire des galeries sinueuses et brisées à angle droit jusqu'à des distances de 100 mètres, sans jamais manquer d'air : c'est plus que suffisant pour mettre en communication des puits distans de 150 mètres et plus.

Au-dessus d'une courbe à rigole placée dans la maçonnerie, les planches de la séparation sont entaillées d'un demi-pouce environ, suivant une

ligne inclinée de 35 à 45 degrés, pour recevoir les eaux qui coulent sur leurs surfaces, et les faire rendre avec cette pente dans la rigole circulaire.

Détail du prix d'un mètre de séparation.

	fr.	c.
3 planches de 0 ^m ,054 d'épais. , cubant 0 ^m ³,040, à 58f,35c. le mètre cube	2	40
Dressage. (Un charpentier en dresse douze dans une journée)		50
4 linteaux d'un mètre, à 0,30.	1	20
Dressage des 4 linteaux	»	30
Pose. { 3 charpentiers. 6 } 14 pour 10 mètres		
{ service au jour. 8 } courans		
	5 80	

La dépense de la séparation dans un puits rectangulaire ne coûte que 3 francs 60 centimes. Le travail se réduit dans ce cas à clouer des planches sur les étrépillons.

Cette division des puits a un autre avantage bien précieux ; elle empêche le choc des tonneaux, et par suite leur rupture, qui est si fréquente lorsqu'on se sert de machines douées d'une grande vitesse.

On a ajouté des guides ou *conducteurs*, qui comprennent le tonneau depuis le bas jusqu'au haut de sa course, sans qu'il puisse osciller d'une manière préjudiciable à la maçonnerie. La figure d'ensemble représente cette disposition ; un cadre mobile, armé de roulettes, est placé un peu au-dessus du tonneau ; si on emploie des caisses quadrangulaires au lieu de tonneaux ronds, on place deux chaînes au lieu d'une : par ce moyen, la caisse ne peut pas tourner, et ses angles ne vont pas accrocher la maçonnerie.

Les conducteurs, qu'on n'établit qu'après le creusement du puits, sont en bois; on les fait en fer en Angleterre, mais nous ne sommes pas encore arrivés au point de multiplier ainsi l'emploi de ce métal; ils sont cloués sur les courbes et le planchéage, auquel ils donnent une grande solidité. Je dois dire que l'on a eu le soin de placer dans le muraillement des briques de bois de distance en distance lorsque les courbes étaient trop éloignées les unes des autres; on peut, par ce moyen, assujettir autant qu'on le veut les lin-teaux et les conducteurs.

La coupe d'ensemble que l'on voit à la droite de la planche ci-jointe fera concevoir ce travail; des chiffres indiquent la concordance des figures en plan et dans la section verticale, où on a tâché de réunir toutes les dispositions.

ANALYSE

De quelques produits métallurgiques;

PAR M. P. BERTHIER.

1. *Fonte et laitiers de Musen (grand-duché du Rhin, rive droite).*

ON fond dans les hauts-fourneaux des environs de Musen un fer spathique très-manganésien, que l'on extrait de la grande mine du Stalberg: il en résulte des fontes qui produisent à l'affinage d'excellent acier naturel. Ces fontes sont quelquefois truitées; mais le plus ordinairement elles sont d'un blanc éclatant, lamelleuses, à très-grandes lames, présentant dans les cavités beaucoup d'indices de cristallisations régulières, et tellement semblables à du zinc, qu'au premier aspect il serait difficile de les en distinguer. Les fontes blanches de Musen sont très-fragiles, et l'on peut même les réduire en poudre dans le mortier. On y a trouvé par l'analyse:

Manganèse. 0,046 à 0,052.

Carbone. . . 0,040

Silicium. . . 0,003

0,089,

point de cuivre.

Dans un fourneau des environs d'Allemont (département de l'Isère), on a obtenu, pendant quelques jours seulement, une fonte blanche à grandes lames comme celle de Musen; mais on n'a pu faire avec cette fonte que de mauvais acier et de mauvais fer. Elle contenait:

Manganèse. . 0,040

Silicium. . . 0,002

Cuivre. — Quantité très-notable, qu'un accident a empêché de doser.