

# Enfoncement de puits par la méthode de creusement et revêtement descendants simultanés

par

H. DARDENNE

Ingénieur A.I.Ms.,  
Ingénieur Principal au Charbonnage du Hainaut

et

C. LEBRUN

Ingénieur A.I.Ms.,  
Ingénieur Principal au Charbonnage de Bernissart.

Le Charbonnage du Hainaut et le Charbonnage de Bernissart ont procédé depuis quelques années à l'approfondissement de plusieurs de leurs puits par la méthode dite de creusement et revêtement simultanés.

Ils y ont été amenés par l'idée d'introduire, dans ce genre de travail, le chargement des terres par grappins.

Dans cette note, nous nous proposons d'exposer :

1. la description du plancher de sécurité avec son grappin suspendu ;
2. le creusement proprement dit ;
3. le système de revêtement par claveaux suspendus ;
4. le prix de revient par mètre de puits.

En annexe, nous donnons des détails sur la fabrication des claveaux utilisés.

## Principe de la méthode.

Le creusement s'effectue par courtes passes de 1,25 m de hauteur.

Le revêtement en claveaux suspendus est établi au fur et à mesure de l'approfondissement ; la hauteur non revêtue du puits est ainsi limitée au maximum à 1,50 m.

## A. Installations générales.

L'extraction et tous les transports s'effectuent au moyen de cagettes de 1,50 m de longueur, 1,16 m de largeur et 1,84 m de hauteur. La figure 1 montre une cagette posée sur le plancher de recette à l'accrochage. Les deux cagettes sont placées l'une der-

rière l'autre, avec un guidonnage latéral prenant appui sur les mêmes traverses. Ces guides sont constitués de rails type vicinal de 23 kg/mètre.



Fig. 1. — Cagette pour tous les transports dans l'avaleresse en creusement, y compris celui des déblais.

1. Recette.

Les trappes permettant le passage des cages sont composées de deux demi-trappes rabattables autour de deux axes horizontaux et commandées par levier et inverseur avec contrepoids. La figure 1 montre ce levier, ainsi que les arbres de rotation des trappes. Les demi-trappes côté guidonage doivent s'ouvrir en se rabattant au-delà des guides. On a interrompu le guidonage de ce côté sur une longueur égale à la hauteur d'une demi-trappe plus 10 cm. Pour permettre cette manœuvre, on a muni la cagette de deux mains courantes d'une longueur égale à la hauteur de la cage.

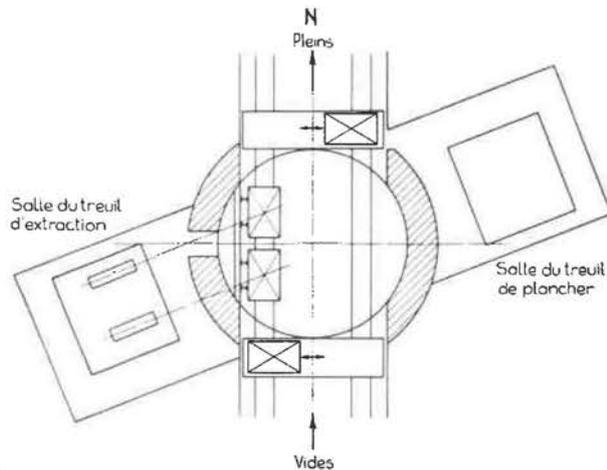


Fig. 1bis. — Vue en plan de la recette montrant l'emplacement des treuils et des transbordeurs pour les manœuvres des vides et des pleins.

Un transbordement des chariots d'une voie à l'autre est installé à la sortie de chaque cagette. Les transbordeurs sont montés sur roues (fig. 1 bis).

2. Plancher de sécurité.

Le plancher de sécurité est situé entre 10 et 25 mètres du fond du puits. Son poids total est de 6,5 tonnes. Il est suspendu par 4 élingues à un balancier, fixé à un câble rond de 32 mm de diamètre, manœuvré à la main par le treuil du plancher de 10 tonnes situé à la recette. Il faut au total 25 minutes pour la manœuvre du plancher.

Celui-ci repose en plus par 4 verrous glissés dans les potelles de la maçonnerie.

La figure 2 donne un schéma de ce plancher. Il est composé du plancher proprement dit, recouvert de madriers sauf à l'aplomb du passage des cages. Sous ce premier plancher sont fixées deux poutrelles en U. Celles-ci servent de chemin de roulement à un transbordeur qui peut ainsi occuper toutes les positions dans le sens yy' (fig. 3). Ce transbordeur est lui-même constitué de deux poutrelles en U qui, à leur tour, servent de chemin de roulement à un chariot qui peut occuper toutes les positions dans le sens xx'. Le chariot peut ainsi se trouver à l'aplomb

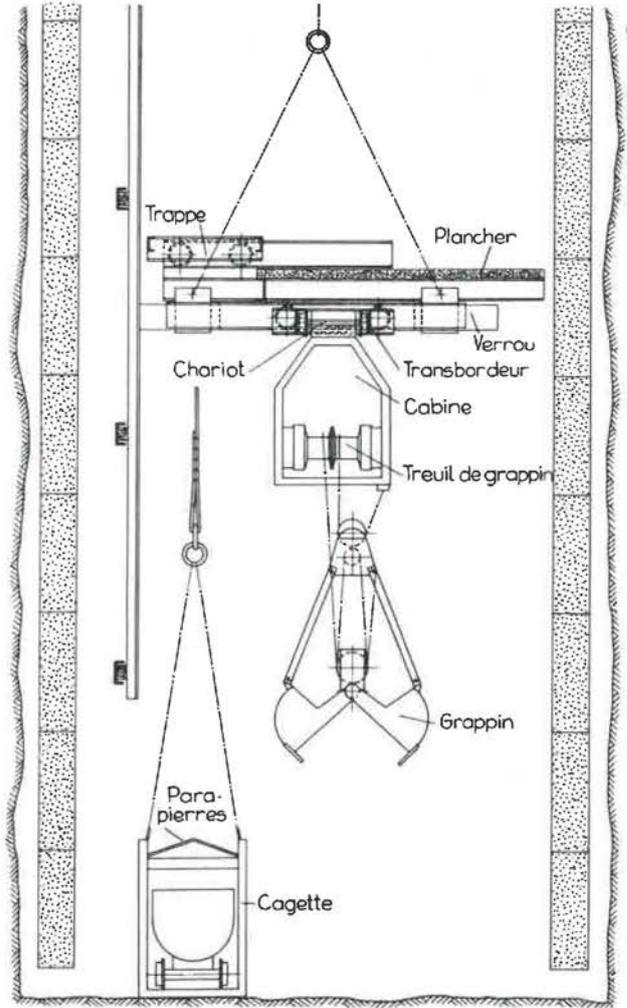


Fig. 2. — Schéma du plancher de sécurité. On remarque les trappes montées sur roues pour le passage des cagettes d'extraction et le chariot portant la cabine et le treuil du grappin.

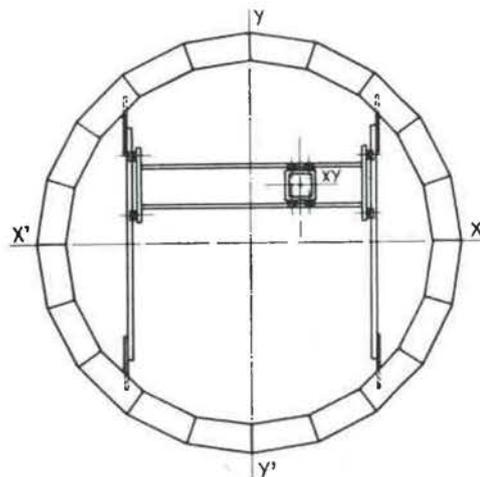


Fig. 3. — Représentation schématique des chemins de roulement du chariot et du transbordeur porte grappin.

de toutes les positions désirées du fond du puits.

Lors du passage des cagettes, une trappe glisse horizontalement sur roues guidées par des fers U

(fig. 2). Un moteur Hausherr à air comprimé commande l'ouverture et la fermeture de cette trappe.

### B. Chargements des déblais.

Sous le chariot suspendu est fixé un châssis dans lequel est logé le treuil de manœuvre du grappin servant à charger les déblais.

Le machiniste est accroupi sur ce treuil de manœuvre. Il a sept manettes ou pédales à commander : un robinet à trois voies pour la commande à distance du moteur du plancher mobile pour le passage des cagettes ; au moyen de 4 pédales, il commande les deux moteurs Hausherr à air comprimé pour la double translation du chariot et de son transbordeur ; les deux autres manettes commandent les moteurs Gardner-Denver pour la descente ou la montée du grappin et l'ouverture ou fermeture de ses mâchoires. Celles-ci sont munies de dents en acier spécial. La figure 4 donne une vue du plancher et du grappin, prise du bas vers le haut.

Le toit de la cagette est en une pièce et peut être rapidement enlevé ou remplacé. Il n'est d'ailleurs placé que lors des translations du personnel.

Les cagettes sont suspendues par 4 élingues au câble d'extraction. Ainsi qu'on peut le voir sur la figure 1, les broches de fixation des manilles de ces élingues aux montants des cagettes sont fixées par une serrure pénétrant dans une boutonnière ménagée dans l'écrou. Il suffit simplement d'enlever ces serrures pour libérer la cagette de sa suspension. Cette dernière est alors fixée à la cagette dont le chariot est plein.

Les cagettes sont munies à l'intérieur de guides métalliques formant trémies pour diriger les pierres vers le chariot (on peut voir cette trémie de guidage en place dans la cage sur la fig. 10). Le chariot est calé dans la cagette par arrêts-chariot et grillages.

Le système de guidonage est composé de rails de 23 kg/mètre de 6 mètres de longueur. Après chaque enfoncement de cette longueur, on place

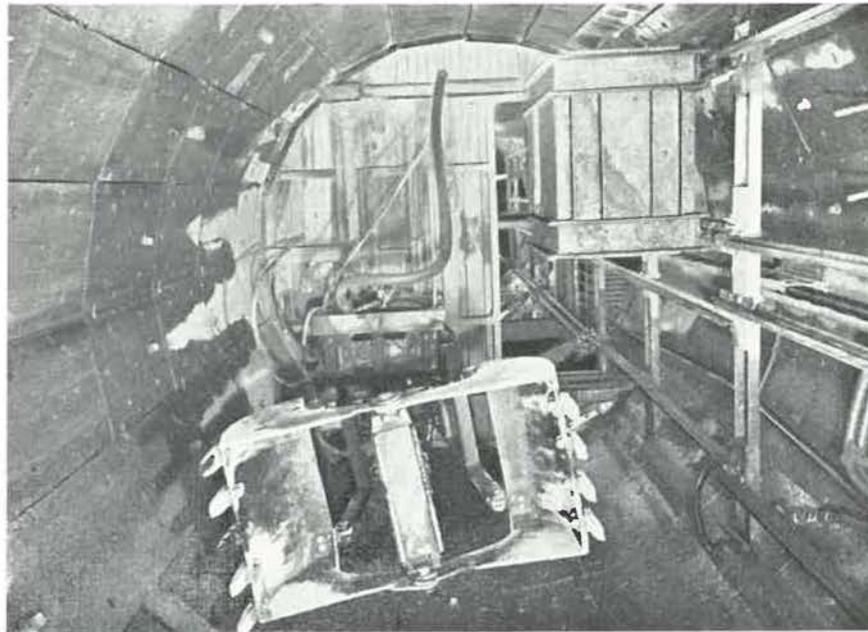


Fig. 4. — Vue du plancher de sécurité du grappin, d'une des cagettes d'extraction et des guidages.

Ce grappin peut charger 600 litres par manœuvre. Il déverse les déblais directement dans le chariot qui reste dans la cagette. Les chariots employés au charbonnage ont une contenance de 800 litres. Il faut donc 2 manœuvres du grappin pour remplir le chariot. Exactement comme avec l'extraction par cuffsats, il y a 3 cagettes au total, dont 2 en translation ou en manœuvre et la troisième en chargement.

Le guidonage s'arrête à environ 2,50 m du fond pour permettre de placer la cagette à l'endroit le plus favorable.

les guides (R) (fig. 5). Pour suivre journellement le creusement, un jeu de rails identiques (R') est placé latéralement au dernier guide et est abaissé au fur et à mesure. Les mains courantes des cagettes sont en bois de Jarrah d'une seule pièce sur la hauteur de la cagette. La figure 6 montre une coupe horizontale indiquant la disposition des rails R et R' par rapport aux mains courantes. Les mains courantes sont symétriques et, dans la partie de guidonage doublée, elles coulisent entre les bourrelets intérieurs des rails R et R' (voir fig. 6 en haut).

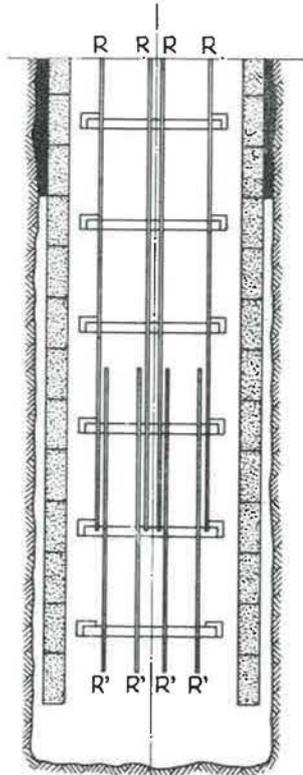


Fig. 5. — Vue en coupe des guidages R des cages et des pièces R' de rallonge.

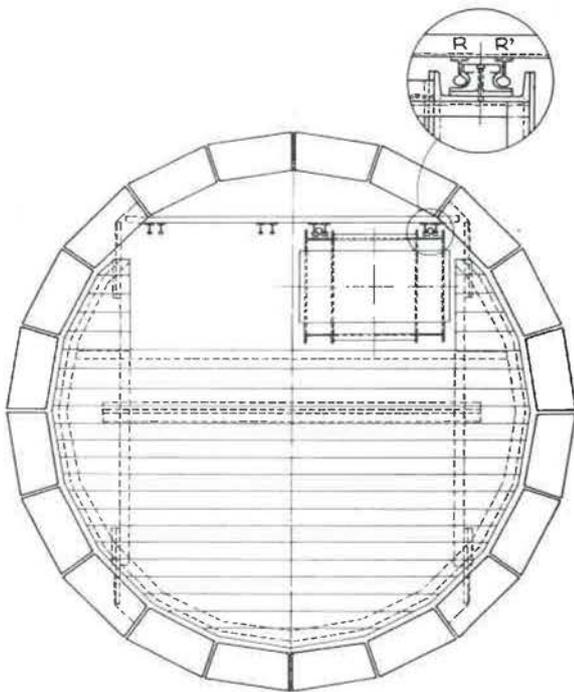


Fig. 6. — Coupe horizontale montrant les guidages doubles. En haut (en médaillon) vue d'une main courante symétrique qui peut ensermer simultanément les rails R et R'.

**C. Le revêtement.**

Le diamètre utile du puits décrit dans cette note est de 5,10 m et le diamètre de creusement atteint 6,20 m environ.

Après chaque passe de 1,25 m, on place le revêtement en claveaux de béton vibré.

Les figures 7, 8 et 9 montrent la forme et les dimensions des claveaux.

Par anneau, il y a 20 claveaux dont 16 simples, identiques à ceux représentés à la figure 7, et 4 claveaux avec potelles (fig. 8).

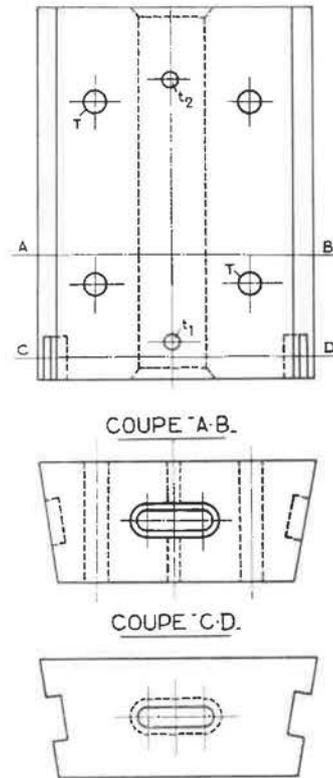


Fig. 7. — Forme d'un claveau ordinaire.

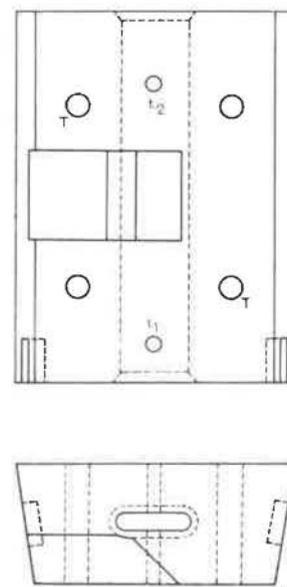


Fig. 8. — Forme d'un claveau avec potelle. Ce claveau est destiné à recevoir les moises définitives.

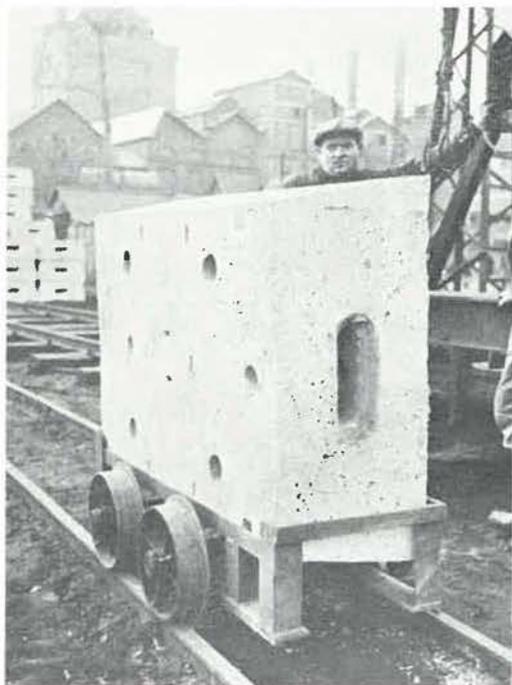


Fig. 9. — Claveau de béton placé sur un truck pour sa descente dans l'avaleresse.



Fig. 10. — Chargement du truck dans la cage. On remarque : à droite, le plat vertical qui sera glissé dans la cheminée centrale; au centre, les 2 broches  $t_1$  et  $t_2$  pour suspendre le claveau au plat central; dans la main de l'homme, la planchette qui s'intercale dans les points horizontaux des claveaux.

Ces figures montrent que chaque claveau possède une cheminée verticale de  $225 \times 50$  mm, quatre trous horizontaux T de 65 mm de diamètre et deux trous ( $t_1$  et  $t_2$ ) de 55 mm de diamètre. La cheminée est biseautée à ses deux extrémités pour faciliter le passage des ferrures (fig. 9).

Chaque claveau est suspendu au supérieur au moyen d'un plat de  $200 \times 20$  mm et 1,45 m de longueur, placé dans la cheminée verticale, et de broches de 54,5 mm de diamètre, introduites dans les trous horizontaux  $t_1$  et  $t_2$ .

Les claveaux descendent de la recette avec le plat vertical fixé dans son logement par la broche  $t_2$ . Il suffit donc de soulever le claveau, d'introduire les 20 cm supérieurs du plat dans la cheminée du claveau supérieur et de le suspendre en introduisant la broche  $t_1$  dans son logement.

L'entre-axe des deux trous supérieurs des ferrures est prévu pour laisser un jeu de 1 cm par rapport à la dimension théorique des claveaux. Ce joint est bouché par une planchette de 1 cm d'épaisseur avec ouverture centrale pour le passage du plat (fig. 10). La planchette est bien visible dans la main de l'homme à droite de la photographie.

Cette planchette sert à étancher le joint et est placée sur le claveau avant sa pose.

Le claveau est placé sur un truck (fig. 10) dans la cage. Arrivé au fond, on détache les 4 élin-

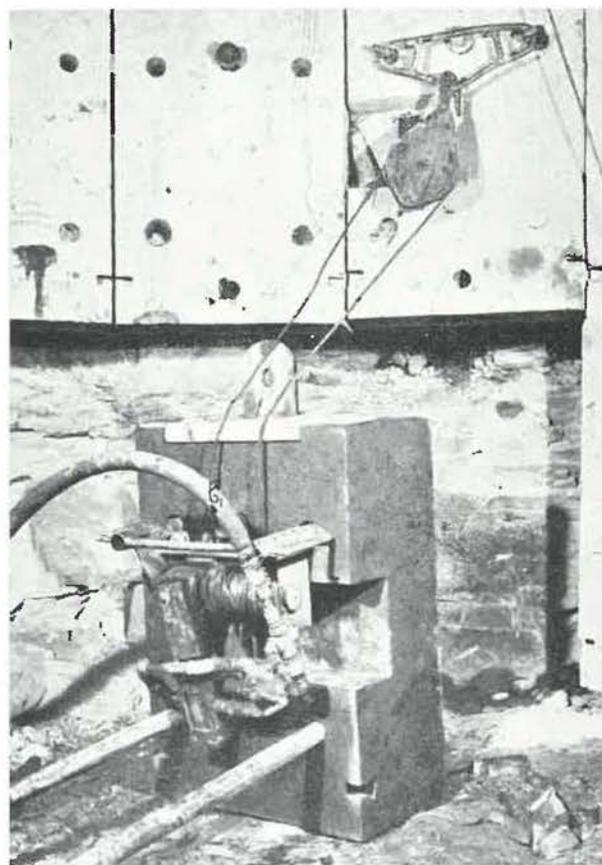


Fig. 11. — Treuil Hausherr pour la mise en place des claveaux.

gues de la cage et, au moyen de celles-ci, on soulève le claveau par l'intermédiaire de deux barres introduites dans deux ouvertures de 65 mm de diamètre. Le claveau est disposé verticalement sur le fond du puits. On introduit deux barres de fer dans les deux trous latéraux supérieurs. Ces barres sont solidaires d'un châssis sur lequel est monté un petit treuil Hausherr dont le câble passe sur une poulie de renvoi fixée sur le claveau supérieur au moyen d'une suspension à broches (fig. 11). Le rapport de réduction de ce treuil à air comprimé est de 42, ce qui permet d'obtenir une vitesse très lente (3 cm/sec) pour régler le placement du claveau et placer la broche (fig. 12). L'effort développé par le treuil

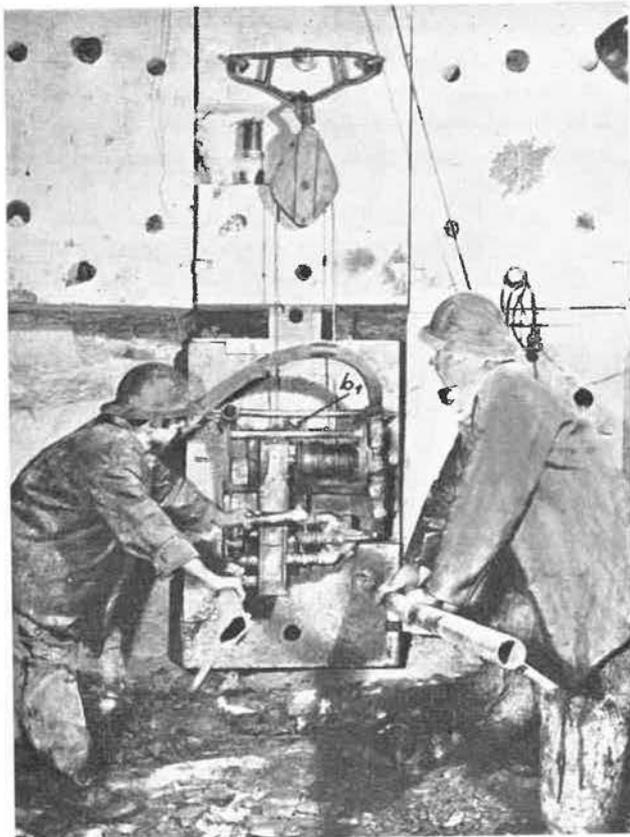


Fig. 12. — Le claveau est amené en place et sera suspendu au précédent par une broche introduite dans le fer plat.

grâce à cette réduction permet de soulever les claveaux qui pèsent 900 kg chacun. Le nouveau claveau à placer est halé par le treuil jusque sous le claveau du rouleau supérieur. Grâce à la position du point d'attache du treuil au claveau, celui-ci se présente en position inclinée (fig. 13). Il est redressé au moyen de 2 tubes P de 2 m de longueur, introduits dans les trous inférieurs et utilisés comme leviers.

Il faut moins de 2 heures pour placer les 20 claveaux d'un anneau, soit pour 1,25 m de hauteur.

Le réglage de la maçonnerie se fait par 4 plombs placés à hauteur des potelles.

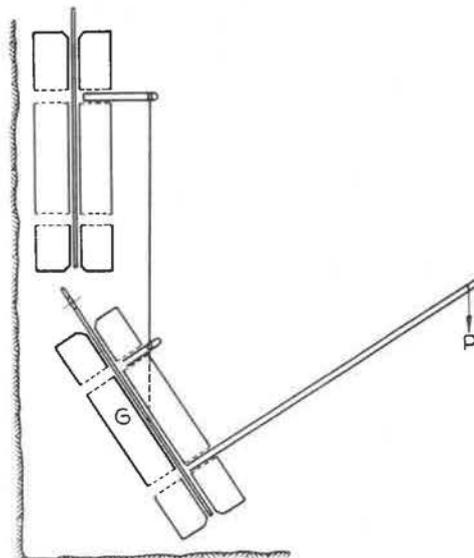


Fig. 13. — Leviers introduits dans les trous inférieurs T des claveaux pour en faciliter la manœuvre et le basculement.

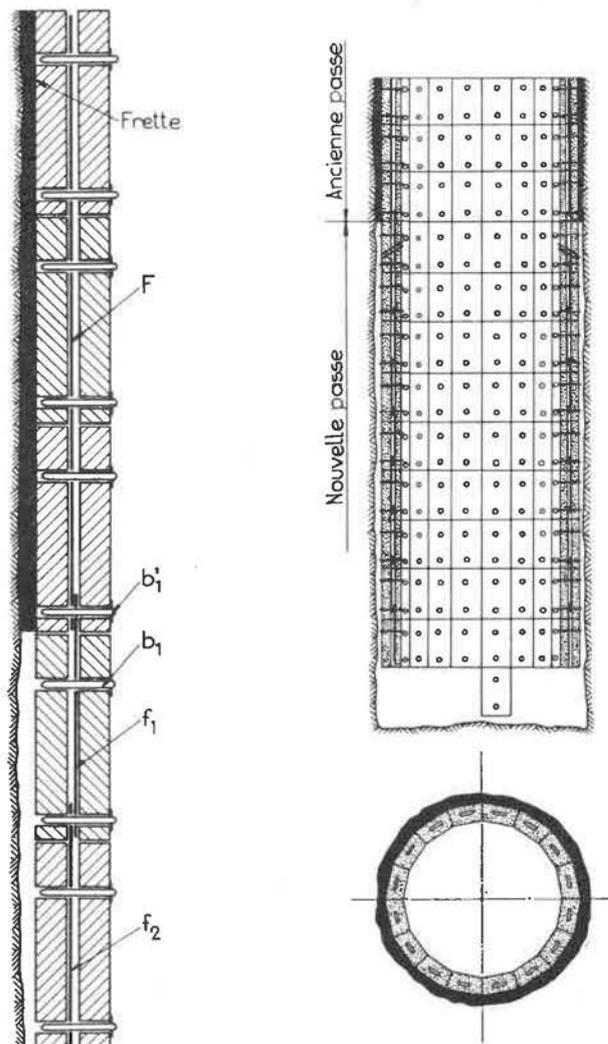


Fig. 14. — A gauche, coupe montrant le début d'une nouvelle passe.

Fig. 15. — A droite, coupe montrant l'achèvement d'une passe avant la phase de bétonnage derrière les claveaux.

**Frettage.**

Les figures 14 et 15 montrent un ensemble de claveaux suspendus les uns aux autres. Chacun de ceux-ci est suspendu au précédent qui à son tour l'est au supérieur. Il est cependant certain que les plats et broches des anneaux supérieurs ne sauraient pas résister au poids d'une centaine de mètres de maçonnerie. Pour ne pas atteindre la charge de rupture par cisaillement des broches, on injecte du béton derrière les claveaux tous les 12 anneaux pour solidariser ce cylindre de 15 m avec le terrain.

Le béton est préparé à la recette dans une bétonnière et est déversé à l'état liquide par une tuyauterie de 150 mm de diamètre, terminée par un flexible de 100 mm de diamètre. Il est versé directement dans les 4 ouvertures ménagées dans l'anneau supérieur de la passe.

On injecte d'abord du sable pour obtenir un anneau de 0,50 m à la base des claveaux. Ce sable empêche le repassage du béton sur le fond du puits par dessous le revêtement. On a d'abord essayé de réaliser cette base au moyen de ciment liquide, mais on constatait trop d'usure à la pompe d'exhaure.

Pour augmenter l'adhérence de ce frettage sur les claveaux, ceux-ci ne sont pas lissés sur leur face externe.

Les 4 trous de 65 mm de diamètre doivent être bouchés pour empêcher le béton de s'écouler par ces ouvertures vers l'intérieur du puits. Les 2 trous

supérieurs sont bouchés à la recette par une broche en bois de 10 cm placée à la surface externe du claveau.

Dans chacun des 2 trous inférieurs, on place un bois qu'on cale contre le terrain (fig. 16). Ce bois est fendu sur 10 cm à son extrémité côté intrados. Un coin en bois est calé entre les deux lèvres pour obtenir un ancrage solide. On scie ensuite ce qui dépasse à l'intérieur du puits. Ces broches en bois sont placées lors du revêtement et servent aussi à empêcher les claveaux de reculer lors des inévitables coups de butoir occasionnés par les manœuvres du grappin. La figure 16 bis est une photographie prise derrière le revêtement et montrant ces bouts de bois

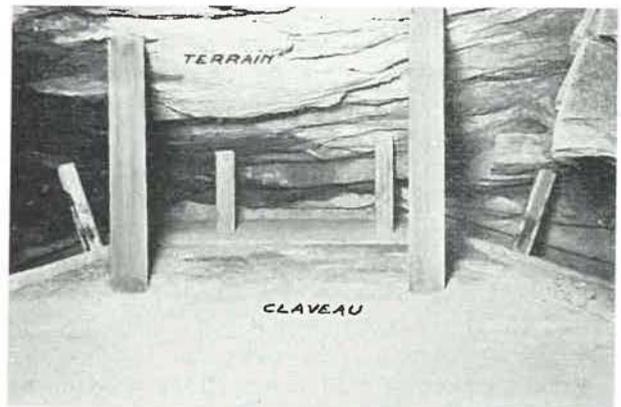


Fig. 16bis. — Les broches qui obturent les trous inférieurs sont enfoncées jusque contre la roche pour maintenir les claveaux et éviter tout recul sous les coups de butoirs du grappin.

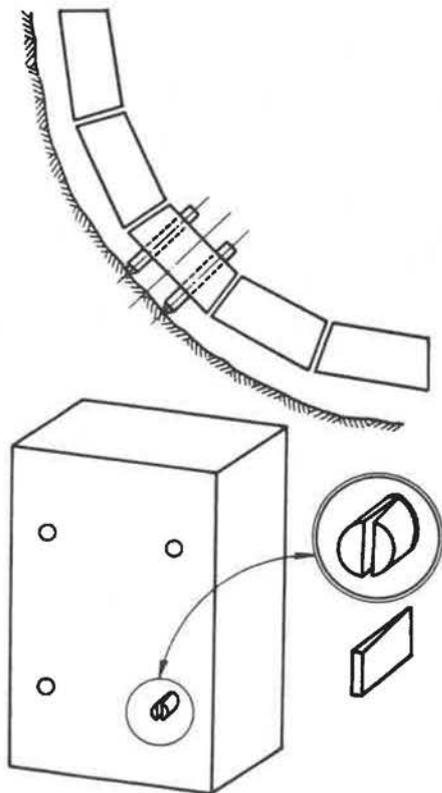


Fig. 16. — Les trous T sont obturés par des broches en bois pour empêcher l'écoulement du béton vers le puits.

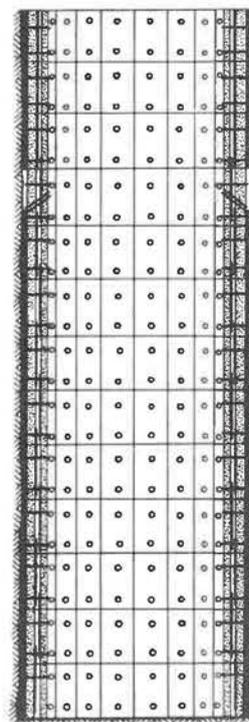


Fig. 17. — Achèvement du bétonnage.

s'appuyant au terrain. (La photographie a été agrandie, le vide n'est que de l'ordre de 20 cm).

Le béton est composé de  
 gravier 2 - 5  
 sable 0 - 2  
 ciment à durcissement rapide (450 kg/m<sup>3</sup>).

On a constaté que le béton se répandait très bien tout autour du cylindre de maçonnerie. A mi-distance, entre deux points de déversement, le sommet de la couche de béton se trouve à peine à 20 cm sous le niveau de l'ouverture.

La durée du frettage est de 3 à 4 heures. Il faut une moyenne de 40 m<sup>3</sup> de béton par passes de 15 mètres. La figure 17 montre l'état du revêtement après frettage.

### Déferrage.

Après le frettage, on creuse la passe suivante pour laisser au béton le temps de faire prise ; le niveau de cette passe se trouve à 1,50 m sous la maçonnerie.

Avant de revêtir cette passe, on récupère toutes les broches et plats. Au début, on ne parvenait pas à récupérer ces fers qui représentent une somme de 5.000 F par mètre de maçonnerie. A cause du poids des claveaux s'appuyant sur les broches, on ne pouvait les retirer. Le poids sur chacune des broches supérieures représente environ 11 tonnes et avec un coefficient de frottement acier sur acier de

0,25, il faut exercer un effort horizontal de 2,7 t. Les broches inférieures exigent déjà des efforts horizontaux de 225 kg.

MM. Dardenne et Lebrun ont réalisé un système breveté de broches à came avec jeu de 5 mm. Par rotation de 180°, on fait descendre les plats de 5 mm et on peut ainsi récupérer facilement les ferrures. La seule résistance restant à vaincre est celle du poids des plats (fig. 18). Pour augmenter l'assise à laquelle les 12 anneaux sont suspendus, on répartit l'effort dû au poids de ce cylindre de 220 tonnes sur les 3 anneaux inférieurs de la passe précédente. On emploie à cet effet un fer plat (F) d'une longueur de 3,75 m, qu'on place à la fin de la passe précédente. Les 6 broches fixant ce fer plat sont toutes à came.

La figure 18 donne une coupe du puits montrant les diverses broches.

Dans cette figure, on remarque que :

- les trous t dans les claveaux ont 60 mm de diamètre ;
- les trous dans la ferrure F ont aussi 60 mm de diamètre ;
- les broches ordinaires ont un alésage de 55 mm et les broches à came 60 mm.

Toutes les broches présentent une collerette d'arrêt et un trou carré de 20 mm de côté.

Comme la hauteur de la passe est d'environ 1,50 m et que les ferrures habituelles ont 1,40 m,

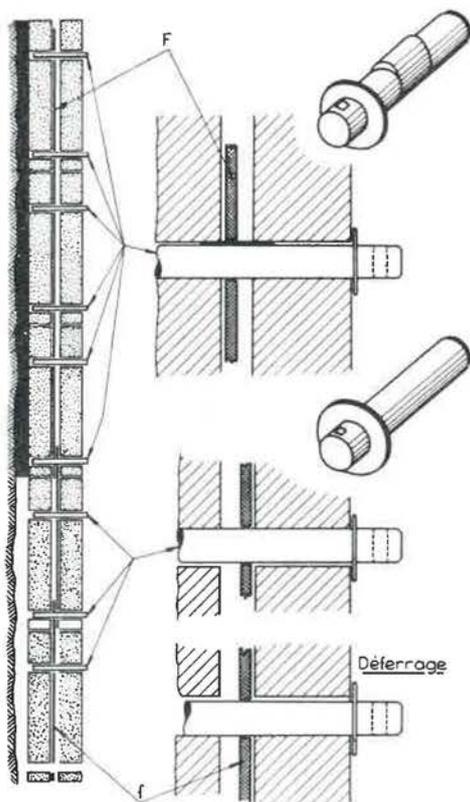


Fig. 18. — Broches à came, pour faciliter la reprise des plats de suspension après le bétonnage.

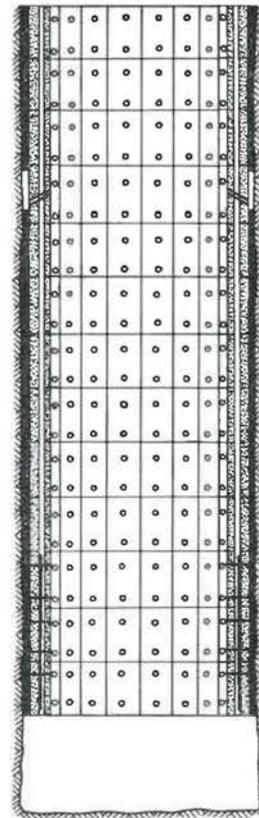


Fig. 19. — Etat du revêtement après l'opération de déferrage. Seuls les plats spéciaux de 3,75 m sont encore en place pour y suspendre les claveaux de la passe suivante.

on les récupère facilement, tandis que les plats spéciaux de 3,75 m sont remontés à la main à l'intérieur de leurs alvéoles pour pouvoir les fixer au moyen des broches spéciales.

La figure 19 montre l'état du revêtement après l'opération de déferrage.

Auparavant, on ne plaçait que 5 anneaux par passe. Mr. Dardenne a augmenté les dimensions des broches et des plats pour les rendre capables de supporter des charges plus élevées.

En principe, la passe (sauf les 0,50 m inférieurs) est frettée sur toute sa hauteur. C'est une mesure de sécurité surabondante. Comme on va le voir, les trois derniers tours de claveaux suffisent amplement pour soutenir la passe suivante de 12 anneaux.

Rappelons que l'ensemble des claveaux plus le poids des ferrures est suspendu à la passe précédente par l'intermédiaire des ferrures F dont la longueur équivaut à 3 hauteurs de claveaux.

En fin de compte, ce sont ces 3 dernières viroles qui doivent résister :

1. à l'effort de compression (largement couvert) ;
2. à l'effort de cisaillement du frettage entre terrains et claveaux.

Effort total :

C'est le poids des 3 + 12 claveaux de la nouvelle passe, soit 15 viroles de 20 claveaux  $\times$  900 kg = 270 t.

$$\pi D. h. = 3,14 \times 600 \times 325 = 614.000 \text{ cm}^2.$$

On a déduit la hauteur de l'anneau de sable (3,75 m — 0,50 m = 3,25 m).

Charge de rupture au cisaillement :

$$28 \text{ kg/cm}^2 - \text{béton sur béton.}$$

Pour déterminer ce chiffre, Mr. Jacquemin, Professeur de Résistance des Matériaux de la Faculté Polytechnique de Mons, a procédé sur un modèle réduit à l'essai suivant (fig. 20).

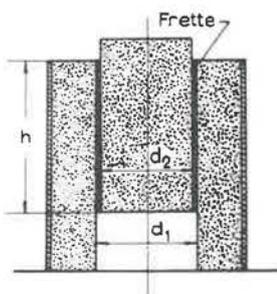


Fig. 20. — Essai réalisé en laboratoire pour déterminer l'adhérence des claveaux au terrain après bétonnage.

Un manchon au diamètre intérieur égal à  $d_1$  représente un puits. Un cylindre C de béton de diamètre extérieur  $d_2$ .

$$(d_1 - d_2 = 2 \text{ cm})$$

est introduit dans le manchon et fretté de béton fin et liquide.

L'ensemble, mis au séchage pendant 24 h, est porté sous la presse. La charge de rupture au cisaillement béton/béton s'est élevée à 28 kg/cm<sup>2</sup>.

Reportant ce chiffre dans le calcul, on a :

Résistance totale au cisaillement :  $614.000 \times 28 \text{ kg} = 17.200.000 \text{ kg}$  d'où un coefficient de sécurité :

$$\frac{17.200.000}{270.000} = 64$$

Ce coefficient est très élevé ; les passes pourraient être allongées, mais elles n'ont jamais dépassé 15 m pour les raisons suivantes :

1. les broches b et les ferrures f avaient été déterminées pour 15 m de passe ;
2. le chiffre de 28 kg correspond au cisaillement béton/béton (ce qui n'est pas tout à fait le cas ici), le béton de frettage s'insérant entre claveaux et terrains houillers ;
3. dans le calcul, nous n'avons pas tenu compte de la surcharge de la colonne de béton liquide dont il est difficile de chiffrer l'importance, mais qui est loin d'être négligeable.

Pour toutes ces raisons, les passes n'ont pas excédé 15 m.

#### D. Equipement.

Le guidonnage des cagettes s'applique sur les traverses du guidonnage définitif et ainsi, le fonçage

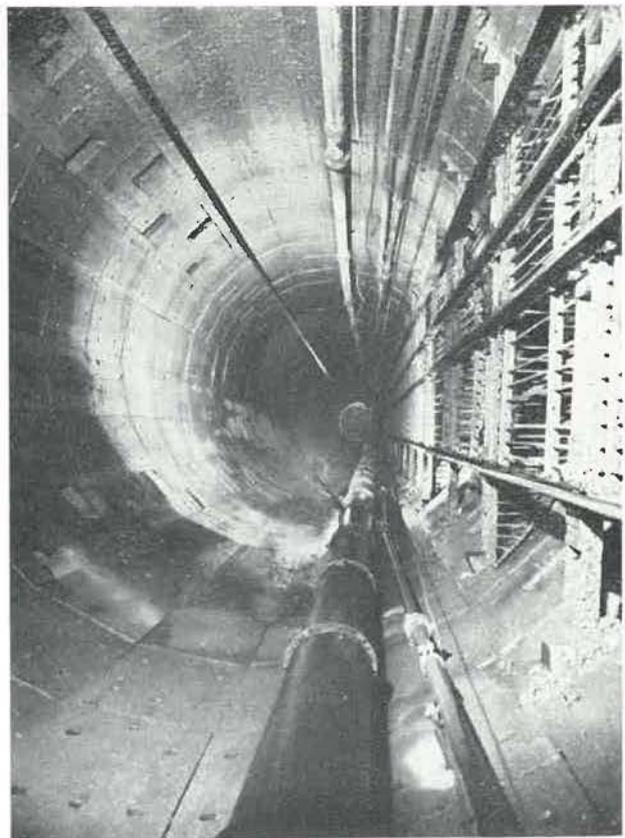


Fig. 21. — Vue générale du revêtement du puits (on remarque à droite les guidages en rails pour les cagettes).

terminé, le puits est équipé des traverses de guidonnage, échelles, paliers et garde-corps du compartiment des échelles.

La figure 21 donne une vue du puits ainsi revêtu.

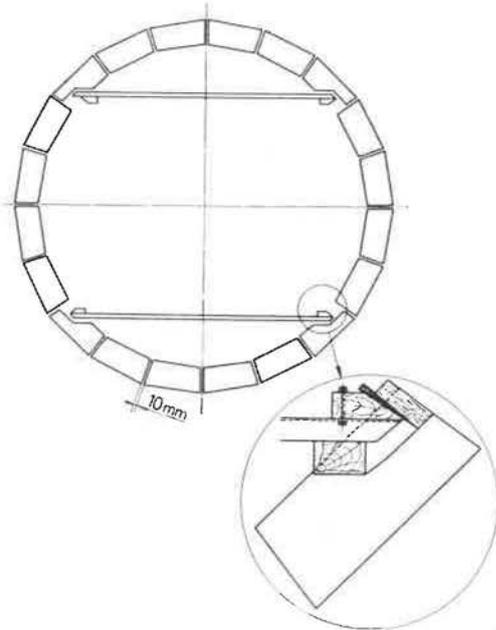


Fig. 22. — Détail du calage des traverses dans leurs potelles.

La figure 22 donne le détail du calage des traverses dans leurs potelles.

### Personnel, avancement et prix de revient.

#### 1. Personnel fond.

Le personnel du fond du puits ne comprend que 4 postes de 4 hommes (dont le grappeur) + 2 surveillants (chacun à recoutelage sur 2 postes).

#### 2. Personnel hors fond.

A la recette : 3 fois (1 machiniste + 1 taqueur + 2 rouleurs) + 1 ajusteur = 13 hommes.

A la surface : 2 manœuvres (claveaux) et 2 hommes à l'atelier pour la confection des échelles et du garde-corps du compartiment des échelles = 4 hommes.

Total hors fond : 17 personnes.

3. Total du personnel de l'enfoncement du puits : (fond et surface) : 18 + 17 = 35 personnes.

### Résultats obtenus.

#### 1. Avancement journalier :

On a creusé 136,25 m en 108 journées de travail, soit 1,26 m/jour (puits achevé avec traverses de guidonnage et garde-corps pour échelles).

#### 2. Avancement par homme/poste :

$$\frac{1,26 \text{ m}}{4 \times 4} = 7,87 \text{ cm ;}$$

Nombre de m<sup>3</sup> par homme/poste : 2,2 m<sup>3</sup>.

#### 3. Prix de revient :

##### Salaires :

Fond :	11.408	} y compris 50 % charges sociales.
Niveau ± 0 :	6.304	

##### Entretien du dimanche :

$\frac{12.100}{6} =$	$\frac{2.016}{19.728}$	} y compris 50 % charges sociales.

soit 19.728 divisé par 1,26 m, soit: 15.650,90

##### Revêtement :

Claveaux :	6.706	
Frettage :	2.590	
		9.286,—

##### Divers :

##### Minage :

Poudre + détonateurs :	1.100
Fers :	
Poutrelles - guidonnages :	1.340
Air comprimé :	255
Electricité :	912
Bois :	210

Perforateurs	}		
Fleurets		1.348	5.165,—
Huile			30.111,90 F

### Avantages offerts par cette méthode.

1. *Suppression des câbles-guides* et des manœuvres toujours laborieuses des treuils de câbles-guides. Les manœuvres du plancher en sont grandement facilitées, tout en permettant la translation des cagettes durant la manœuvre du plancher.

#### 2. Plancher de sécurité.

La sécurité offerte par ce plancher est accrue du fait que l'ouverture ménagée pour le passage des cagettes est refermée après chaque voyage, ce qui n'est pas le cas avec les transports par ciffats.

#### 3. Gain de temps au revêtement.

Cette méthode de creusement ne nécessite aucun revêtement provisoire avec croisure et lambour dage.

Il faut moins de deux heures pour revêtir un anneau de claveaux de 1,25 m de hauteur.

Il faut compter 1/2 heure pour le frettage et le déferrage rapportés au mètre de puits.

4. *Chargement au grappin.*

Avec la méthode employée, on peut atteindre tous les points de la section du puits.

5. *Améliorations possibles.*

a) claveaux de hauteur plus grande pour permet-

tre le creusement de passes de 1,60 m à 1,80 m ;

b) renforcement des broches et plats pour réaliser des passes de 20 m pour l'opération de frettage ;

c) On pourrait envisager des cages à 2 chariots ou bien 2 treuils d'extraction avec des cagettes contenant 1 chariot. On diminuerait ainsi notablement les temps morts lors du chargement des déblais et lors du revêtement.

Annexe.

Fabrication du claveau.

1. *Principe.*

Le claveau est fait en béton vibré, sans armature, au moyen d'un moule spécial permettant de réaliser la cheminée et les 6 trous T et t. Il n'y a aucune difficulté à réaliser les trous T disposés en pleine masse du claveau et d'un façon symétrique.

Par contre, la réalisation des trous t est plus difficile, parce que ces trous sont disposés dans l'axe du claveau et de la cheminée. Ils la traversent aux cotes  $z_1$  et  $z_2$ .

La distance  $z_1 z_2$  séparant ces trous se retrouve également dans les ferrures f ; elle doit donc être respectée scrupuleusement.

Cette condition rejette l'idée de vibrer le claveau et de le démouler dans la position debout. Il faut donc le réaliser suivant son épaisseur et le moule devra être conçu en fonction de cette servitude.

2. *Réalisation des moules M et m.*

Le moule M doit réaliser la grosse masse et le moule m la cheminée centrale.

La figure 23 montre le moule M.

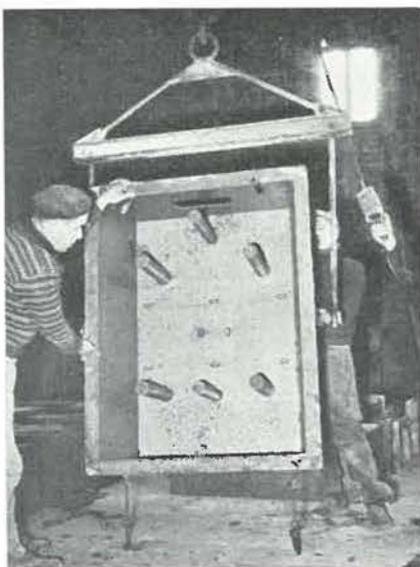


Fig. 23. — Moule M pour la fabrication des claveaux.

Sur le fond du moule correspondant à la face intrados du claveau sont soudés :

4 tubulures pour les trous T et

2 tubulures médianes pour les trous t.

Toutes ces tubulures présentent un fruit de 5 %.

Deux tourillons, soudés sur les faces latérales, servent au renversement du moule.

Les faces trapézoïdales sont découpées pour recevoir le moule m de la cheminée centrale.

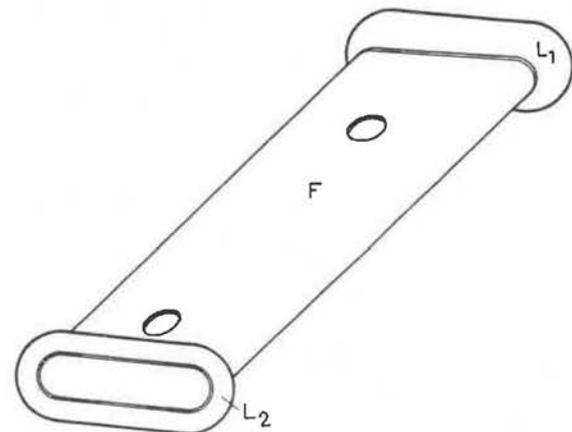


Fig. 24. — Moule m pour la cheminée centrale.

Le moule m (fig. 24) qui devrait comporter un fût élargi à chacune de ses extrémités doit, pour les besoins du démoulage, être décomposé en ses éléments.

Un fût F et les deux bourrelets  $L_1 - L_2$ .

Ces deux derniers seront soudés sur des portes p, elles-mêmes clavetées sur les faces trapézoïdales du moule M, comme l'indique la figure 25.

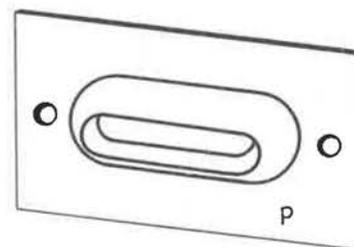


Fig. 25. — Porte clavetée sur la face trapézoïdale du moule M.

Les portes  $p$  sur lesquelles sont soudés les bourrelets.

### Le fût $F$ .

Sa longueur est égale à une hauteur de clavier ( $H$ ).

Il ne présente pas de fruit.

Lui aussi, pour la même raison de démoulage, est décomposé en ses éléments (fig. 26).

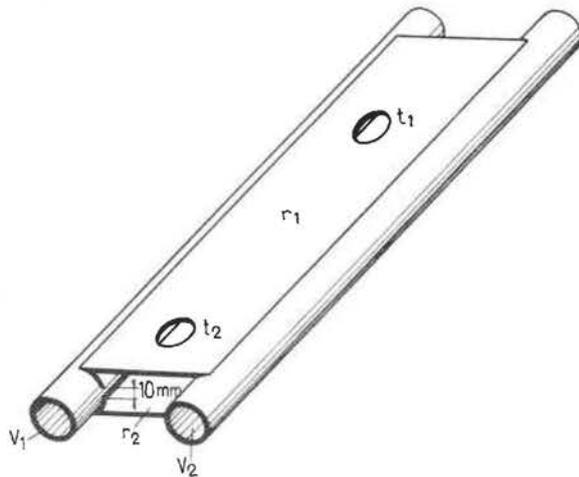


Fig. 26. — Eléments internes du moule  $m$ .

Deux tuyaux  $V_1$  et  $V_2$  et deux tôles  $r_1$  et  $r_2$ .

Les tuyaux  $V$  ont un diamètre extérieur égal à la largeur de la cheminée et débordent de 10 cm de chaque côté des faces trapézoïdales du moule  $M$ . Ils ont donc une longueur égale à  $H + 20$  cm.

Les deux tôles  $r$  s'insèrent entre les tuyaux  $V$ , laissant entre elles un espace de 10 mm.

Un système « coins-vis » les relie et permet un rapprochement allant de 0 à 10 mm.

Après enlèvement des tubes  $V$ , les 2 tôles affaîsées présentent alors un jeu de 10 mm pour le démoulage.

### 3. Moulage.

Le montage des moules  $M$  et  $m$  s'opère dans l'ordre suivant (fig. 27-a-b-c).

1. On pose  $M$  couché sur sa plus grande face ;
2. Le fût (tôles  $r_1 + r_2$ ) est introduit en l'embrochant dans les deux tubulures  $t_1$  et  $t_2$  et maintenu à mi-hauteur ;
3. Les tuyaux  $V$  sont enfoncés et au moyen du système coins-vis, on amène les tôles à s'emboîter exactement sur les tuyaux  $V$ .
4. Les portes  $p$  sont emboîtées et clavetées sur les faces trapézoïdales ;

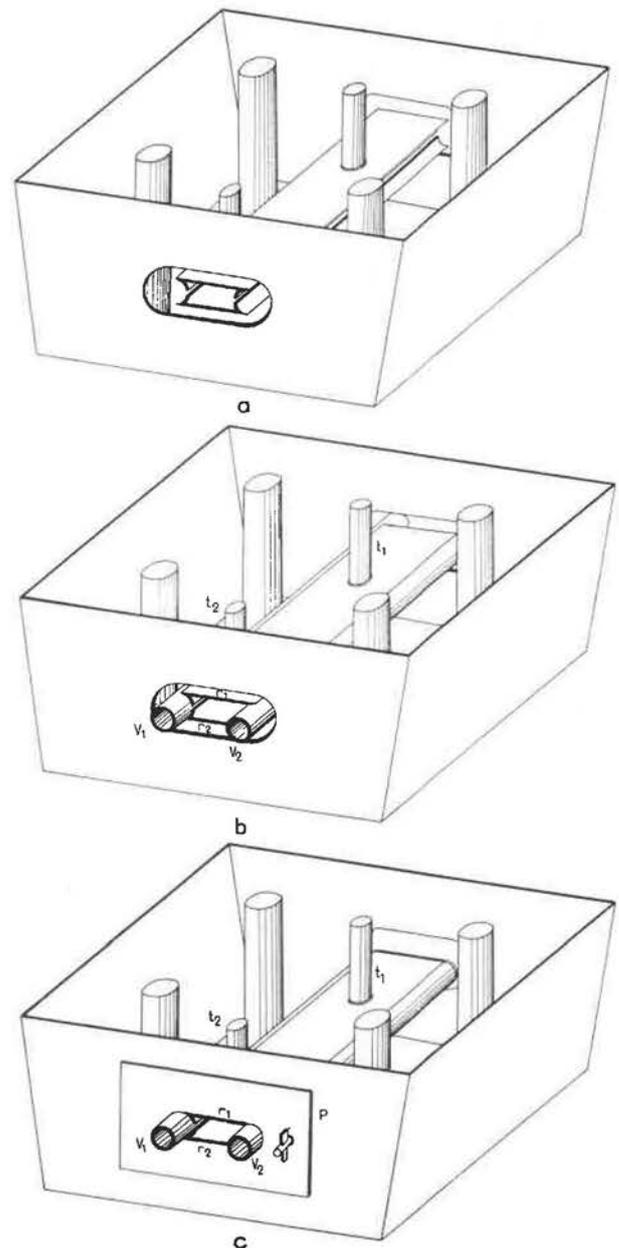


Fig. 27. — Cette figure montre les différentes phases du montage du moule  $m$  à l'intérieur du moule  $M$ .



Fig. 28. — Démoulage d'un clavier.

#### 4. Démoulage.

Après vibration, on enlève successivement les tuyaux V et les portes p.

On renverse le moule par les tourillons (fig. 28).

Le moule M est soulevé.

Par le système coins-vis, on affaisse m à l'intérieur de la cheminée et on l'enlève.

Le claveau est fini et stocké jusqu'à durcissement (8 à 10 h).

Pour éviter l'affaissement du béton, à la verticale de la cheminée, on enfonce un tampon de bois de section légèrement inférieure à la section de la cheminée (fig. 28 - tampon p).