

NOTES DIVERSES

Claveaux en béton pour le soutènement des voies principales dans les charbonnages de la Campine

PAR

J. MARTELEE

Ingénieur au Corps des Mines, à Mons.

Les poussées considérables, la nature éminemment schisteuse du houiller et, de plus, la nécessité de créer des galeries de grande section (en vue de l'exploitation intensive) ont donné en Campine une importance primordiale au problème du soutènement.

Désireux d'étudier les résultats donnés jusqu'à présent par les revêtements continus en claveaux de béton, confectionnés à la surface, d'après des plans établis conformément aux principes de la coupe des pierres, j'ai obtenu l'autorisation de visiter les travaux des charbonnages de *Winterslag*, *Limbourg-Meuse* et *André Dumont*. J'ai pu également voir au siège n° 14 du *Levant du Flénu*, une première application des claveaux dans le Borinage. MM. Grofils et Bourdieu d'Huy, Ingénieurs divisionnaires de ce charbonnage, ont bien voulu me communiquer les notes relatives au voyage d'études qu'ils ont fait en Campine en 1925.

Le charbonnage de Winterslag, après avoir essayé successivement des revêtements de plus en plus résistants (cadres jointifs en chêne, béton armé de 25 centimètres d'épaisseur, gunite simple sur une épaisseur moyenne de 35 centimètres, gunite de 50 centimètres d'épaisseur armée au moyen de cadres en doubles fers U de 100 millimètres posés tous les 50 centimètres; systèmes ne comprenant pas de radier et donc incapables d'empêcher le soufflage du mur), a adopté finalement pour le soutènement des voies principales (bouveaux et burquins) un revêtement cylindrique, continu, en voussoirs de béton non armé (figure 1).

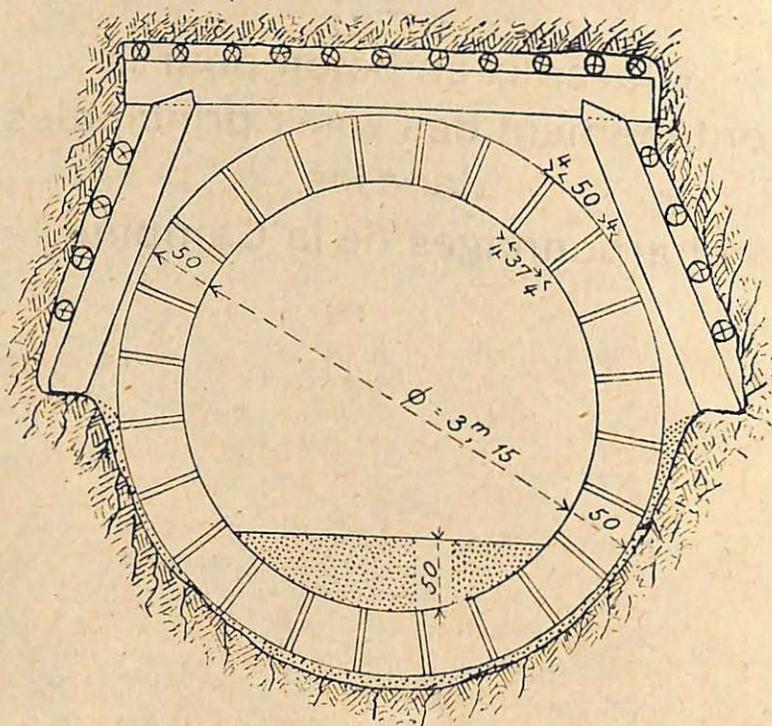


Figure 1.

Le charbonnage de Limbourg-Meuse, en présence des résultats favorables de ses premiers essais, a étendu de plus en plus l'application des revêtements composés de claveaux en béton armé (figure 2) dont il n'avait primitivement décidé l'emploi que pour les percements de failles et pour les accrochages.

Au charbonnage d'André Dumont, les poussées paraissent jusqu'à présent moins importantes. Aussi, les claveaux n'y sont utilisés que dans les zones failleuses et pour le revêtement de l'avaleresse du puits n° 2.

Tous les systèmes que je vais décrire se composent d'une série d'anneaux simplement juxtaposés sans aucune liaison et devant donc supporter séparément la charge qui agit sur eux.

Chaque anneau comprend un certain nombre de voussoirs, en béton armé ou non, de dimensions suffisamment réduites pour

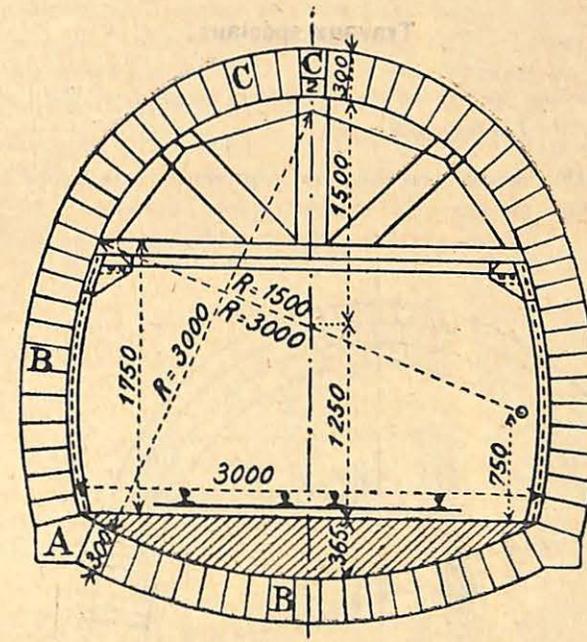


Figure 2.

qu'ils puissent être manipulés par deux hommes, sans engins de levage. (Limbourg-Meuse 80 kgs, Winterslag 115 kgs.)

Le revêtement en claveaux est toujours complet; le radier a une très grande importance. Certains essais avec radiers plats ou bombés en béton armé, coulé sur place, ont donné, en effet, des résultats négatifs et ont fait adopter le radier cintré en claveaux (Limbourg-Meuse).

Après ce rapide aperçu, je décrirai tout d'abord l'application des claveaux en béton dans quelques travaux spéciaux: 1° accrochage à 700 mètres du puits n° 2 du charbonnage de Limbourg-Meuse; 2° établissement d'une galerie pour appareils électriques à ce même charbonnage; 3° revêtement de l'avaleresse du puits n° 2 du charbonnage André Dumont.

J'étudierai ensuite les modes de revêtement adoptés pour les bouveaux: 1° à Winterslag; 2° à Limbourg-Meuse; 3° à André Dumont.

Enfin, je comparerai les différents systèmes et les résultats acquis jusqu'à ce jour.

Travaux spéciaux.

1° Accrochage au niveau de 700 mètres du puits n° 2 du charbonnage de Limbourg-Meuse.

La section de cet accrochage est représentée à la figure 3.

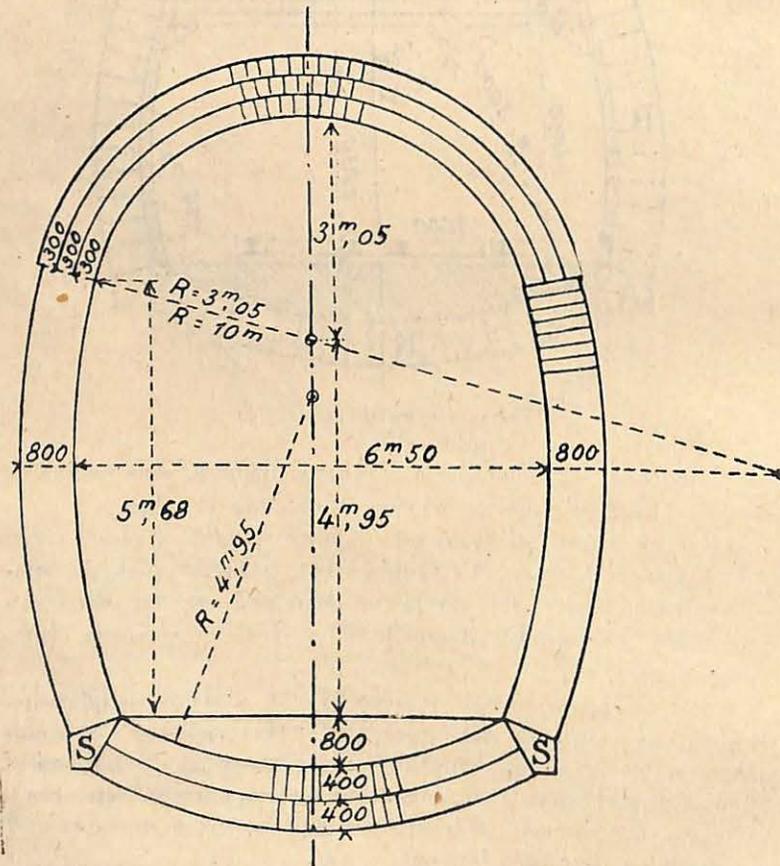


Figure 3.

La voûte (rayon de 3^m,05) est formée par 3 rouleaux superposés de voussoirs armés ayant 30 centimètres d'épaisseur et une longueur de 74 centimètres.

Les piédroits, qui reposent sur 2 pièces spéciales S, ont un rayon de courbure de 10 mètres et une épaisseur de 80 centimètres. Le contour est fermé par un radier courbé sous un rayon de 4^m,95 et comprenant 2 rouleaux de 40 centimètres.

Au niveau de l'accrochage, le revêtement du puits est constitué par une série d'arcs en claveaux, de rayon variable, se raccordant de part et d'autre aux deux premiers anneaux de l'accrochage ainsi que le représente schématiquement la figure 4.

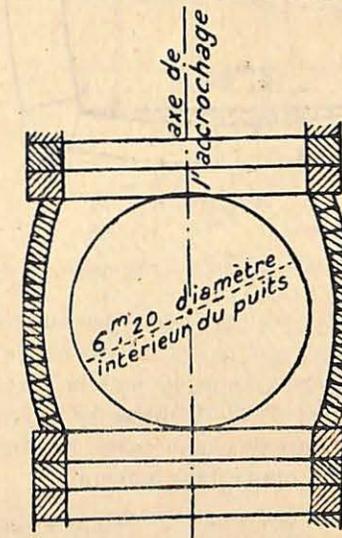


Figure 4.

2° Galerie pour appareils électriques.

La figure 5 montre les dispositions qui ont été adoptées dans ce cas. La voûte est constituée par une série de poutrelles de 180 × 82 × 6,5 millimètres, réunies par des voûtelettes en béton.

Un revêtement du même genre a été employé lors du recarrage d'une partie de bouveau sérieusement endommagée et dont le soutènement primitif était constitué de poutrelles reposant sur deux piédroits en béton sans radier. On emploie maintenant des poutrelles fléchies vers le haut et fournies directement par le laminoir moyennant une légère augmentation de prix.

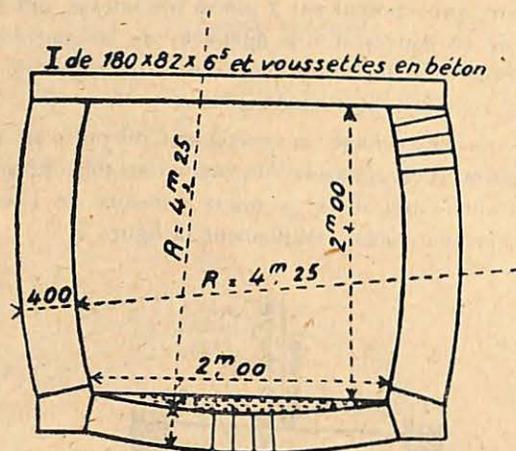


Figure 5.

3° Avaleresse du puits n° 2 du charbonnage André Dumont.

Le revêtement de cette avaleresse est constitué par des claveaux, en béton non armé, posés par passes successives de hauteur variable suivant la qualité des terrains et dont la juxtaposition forme un cylindre continu ayant 6^m,20 de diamètre intérieur et 60 centimètres d'épaisseur. La base de chaque passe est constituée par une assise en béton qui prend appui dans le terrain.

On remplit de béton dammé le vide compris entre les claveaux et la roche.

La figure 6 représente la disposition des claveaux autour des ouvertures de 600 × 200 × 400 prévues dans le revêtement pour sceller les plaques d'assise des traverses du guidonnage.

A l'emplacement de celles-ci, on place de petits claveaux de 20 × 20 × 20 centimètres repérés par une + sur la figure 6.

La cavité est surmontée d'une pièce en béton armé.

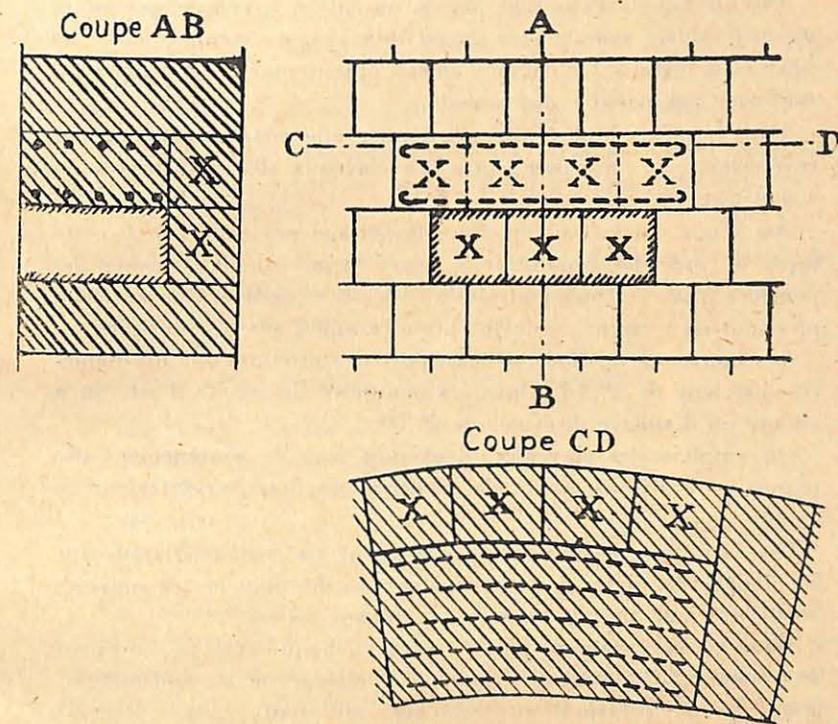


Figure 6.

Revêtement des boueaux.

1° Charbonnage de Winterslag.

La figure 1 représente en coupe le revêtement en claveaux adopté pour les boueaux et la disposition du boisage au moment de la mise en place des voussoirs. Le creusement de ces voies se fait en deux phases. La moitié supérieure, en avance sur la partie inférieure, est creusée sur 5 mètres de largeur et environ 2^m,50 de hauteur. On y place le revêtement en bois représenté sur la figure et destiné à maintenir le toit pendant la construction du revêtement en béton. On creuse ensuite le radier aux dimensions voulues et on pose les voussoirs du demi-anneau inférieur. Puis on établit un cintre en bois destiné à permettre la mise en place des voussoirs supérieurs.

Dès que les claveaux sont placés, on enlève le boilage provisoire et on remblaie avec le plus grand soin l'espace compris entre les blocs et le terrain. On cherche ainsi à obtenir une répartition aussi uniforme que possible des pressions.

Dans le même but et afin de donner une certaine élasticité au revêtement, on interpose entre les claveaux des planchettes de 4 centimètres.

Au début, on laissait en place le boilage provisoire, mais cette façon de procéder présentait le grave inconvénient d'amener des poussées localisées aux endroits où les bêtes, cassées à la suite des pressions de terrains, venaient prendre appui sur les voussoirs.

Les bouveaux destinés au transport des produits ont un diamètre intérieur de 3^m,15. Dans les bouveaux de retour d'air, on a adopté un diamètre intérieur de 2^m,50.

On emploie des claveaux identiques pour le soutènement des parois des burquins, auxquels on donne un diamètre intérieur de 3^m,40.

Ces variations de diamètre s'obtiennent aisément en remplaçant les planchettes plates de 4 centimètres par des planchettes amincies vers l'intérieur ou vers l'extérieur, suivant les cas.

Dans le cas représenté par la figure I, chaque anneau comprend 24 voussoirs. Ces voussoirs ont une épaisseur de 50 centimètres; leurs faces internes et externes mesurent respectivement 23 × 37 centimètres et 23 × 50 centimètres; ils pèsent 115 kilos et coûtent fr. 5.50.

Treize ouvriers et 9 manœuvres répartis en 3 postes arrivent à faire 1^m,40 d'avancement par jour (creusement et pose du revêtement).

Prix de revient. — Le prix de revient total de 1 mètre de bouveau se décompose comme suit :

	Diamètre de 3 ^m ,15	Diamètre de 2 ^m ,50
Creusement	fr. 550	fr. 450
Main-d'œuvre revêtement	350	250
Claveaux	528	440
Planchettes	200	200
	1628	1340

Il faut encore y ajouter le prix du transport des matériaux.

Actuellement, plusieurs kilomètres de bouveaux ont déjà reçu un revêtement de ce genre. La Direction considère avoir ainsi résolu la question du soutènement des voies principales.

Bifurcations. — Le revêtement des bifurcations est constitué par un véritable massif en béton monolithe dont l'épaisseur varie de 1^m,50 jusqu'à 2^m,50.

Fabrication des voussoirs. — La fabrication des voussoirs est assurée par 4 équipes de 11 ouvriers qui confectionnent au total 2,000 à 2,400 blocs par jour.

La composition du béton utilisé est la suivante :

- 1.320 kilos de pierrailles,
- 330 kilos de poussier-grenailles,
- 420 kilos de sable de Campine,
- 350 kilos de ciment,
- 58 litres d'eau en moyenne.

Les voussoirs sont moulés sur des aires planes prévues à proximité de la bétonnière, dans des moules composés uniquement de deux planches portant des rainures dans lesquelles on introduit des tôles destinées à délimiter les claveaux (voir figure 7).

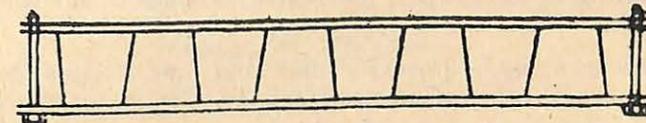


Figure 7.

Après quelques jours de prise, les blocs sont mis en tas et on les laisse durcir pendant au moins deux mois avant de les envoyer au fond.

2° Charbonnage de Limbourg-Meuse.

La concession de Limbourg-Meuse est affectée au voisinage des puits par une faille radiale, à rejet important, présentant un remplissage de terres complètement triturées et presque boulanges.

Dans un bouveau qui recoupe obliquement cette faille, plusieurs modes de soutènement avaient été essayés sans succès (1923).

On se décida alors à tenter l'emploi des claveaux en béton fretté (voir figure 2).

Ceux-ci résistèrent parfaitement et n'ont dû subir aucune réparation jusqu'à ce jour. Depuis lors, la Direction a étendu de plus en plus l'application de ce mode de revêtement.

Pour la mise en place des voussoirs, on procède comme suit :

On pose tout d'abord soigneusement les deux pièces A. Puis on élève les piédroits composés de blocs B donnant un rayon de courbure de 3 mètres.

Ensuite, on place le cintre composé d'une partie supérieure en bois et d'une partie inférieure métallique posée sur les rebords des voussoirs A et dont la forme a été déterminée de façon à laisser libre l'espace nécessaire au passage des wagonnets.

On établit enfin la voûte au moyen de voussoirs C et on la ferme à la clé au moyen d'une pièce C ou $\frac{C}{2}$.

On remplit soigneusement de béton damé le vide compris entre les claveaux et le terrain. Ce vide est réduit au minimum grâce aux soins constants des bouveleurs qui parviennent à le ramener à 4 ou 5 centimètres, ainsi que je l'ai constaté.

Le revêtement suit le creusement de très près (2 à 3 mètres); généralement les terrains sont provisoirement soutenus uniquement par quelques longérons.

Lorsqu'on a posé plusieurs voûtes, ainsi que je viens de le décrire, on revient en arrière, on dégage le mur de la voie et on pose les radiers composés de pièces B qui viennent se raccorder aux blocs A.

Ensuite, on amène des déblais afin d'égaliser l'aire de voie et on pose les voies ferrées.

Six ouvriers et quelques manœuvres, répartis en trois postes, font un avancement moyen de 74 centimètres par jour; ce qui correspond à un anneau complet de revêtement.

Bifurcations. — Primitivement, les bifurcations et les croisements étaient exécutés en béton coulé sur place.

Mais, depuis quelques mois, la Direction, après avoir fixé uniformément à 30° l'angle de rencontre des voies, a adopté un revê-

tement en claveaux composé d'anneaux croissants (voir figures 8 et 9) avec voûtes en anse de panier obtenues en faisant varier convenablement les nombres de voussoirs B, C et D (voir figure 10) dont les rayons de courbure valent respectivement 3 mètres, 1^m,50 et 4^m,25.

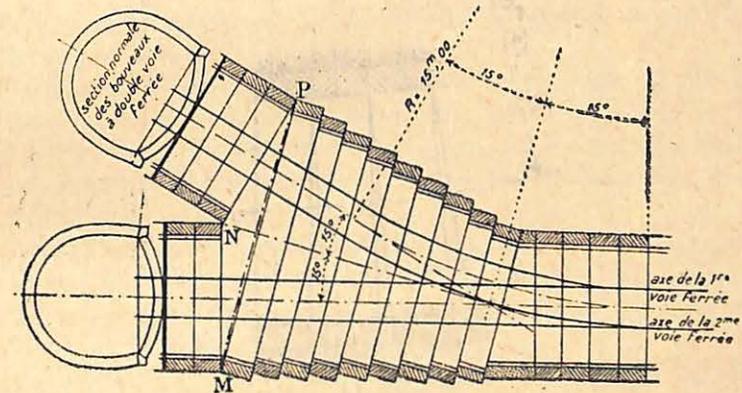
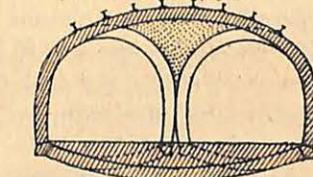


Figure 8.

Coupe MP (fig 9)



Soutènement de l'espace MN représenté sur la fig. 8



Figure 9.

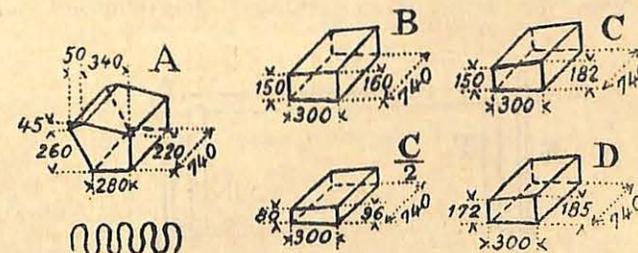


Figure 10.

Courbes. — Dans les courbes, on donne un léger décalage angulaire aux anneaux successifs, ainsi que le représente la figure 11, et on remplit de béton le vide qui se forme du côté extérieur.

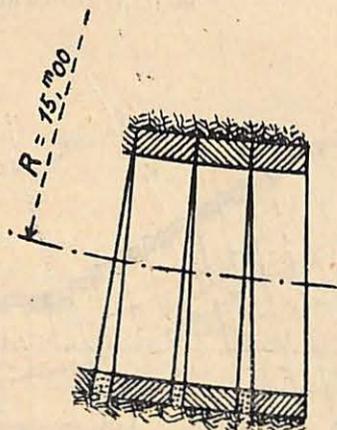


Figure 11.

Armatures des voussoirs. — Les voussoirs ont les dimensions représentées sur la figure 10; ils sont en béton fretté. Les armatures y sont disposées parallèlement aux grands côtés, conformément aux indications qui ont été données par M. Considère.

Dans les pièces B, C et D, elles se composent de deux séries de barres droites et de quatre armatures ondulées confectionnées à l'aide de barres rondes de 8 millimètres pliées autour de deux bouts de tuyaux de 75 millimètres de diamètre extérieur et dont la distance de centre à centre est réglée suivant la largeur de l'armature que l'on désire réaliser.

Moules. — Les blocs sont façonnés dans des moules placés sur des aires planes.

Ces moules (voir figure 12) comprennent deux planches longi-

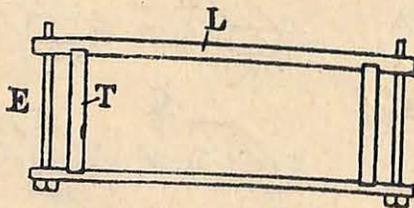


Figure 12.

tudinales L portant deux rainures destinées à recevoir les extrémités des parois transversales T et assemblées à l'aide des tirants E de 15 millimètres de diamètre, terminés à une extrémité par une tête de boulon et à l'autre par un œillet dans lequel on chasse une clavette.

Moulage du claveau. — Le moulage du claveau se fait de la façon suivante :

On commence par assembler le moule et on le pose sur une aire plane. Le béton frais ayant été amené, un ouvrier place les fers constituant l'armature, tandis qu'un autre verse le béton dans le moule. S'il s'agit du moulage d'un claveau B, on opère comme suit :

On jette du béton frais dans le fond du moule, de manière à obtenir une épaisseur de 20 à 25 millimètres. Sur cette couche de béton, on place une série de barres droites distantes entre elles d'environ 50 millimètres.

Au-dessus de ces barres, on jette une nouvelle couche de béton et on répartit sur la hauteur totale du claveau, quatre armatures ondulées et une dernière série de barres longitudinales, de manière que celles-ci restent à environ 20 millimètres de la face supérieure du bloc.

Ces six armatures sont noyées dans le béton que l'on dame énergiquement en deux ou trois fois. On parachève ensuite la surface du bloc avec une truelle, après avoir raclé le béton qui dépasse le moule.

Cinq ouvriers pavent à faire en 8 heures 80 pièces de 30 à 40 litres, ce qui correspond à 3 m³ de béton.

Séchage et démoulage. — Le lendemain de la fabrication, les blocs sont démoulés, on les laisse sécher sur place pendant 5 jours, puis on les met en magasin.

Composition du béton. — La composition du béton est la suivante :

800 litres de gravier de Campine (2-20 millimètres),
400 litres de sable jaune de Campine,
350 kilos de ciments.

Il faut 160 kilos d'armatures pour 1 m³ de béton.

Prix de revient. — 1 m³ de claveaux coûte 335 francs. L'armature intervient dans ce prix pour environ 200 francs.

3° Charbonnage d'André Dumont.

Ce charbonnage, ainsi que je l'ai déjà dit, ne fait pas un grand usage des claveaux. La forme de revêtement adoptée pour les bouveaux est identique à celle de Limbourg-Meuse; les claveaux ont à peu près les mêmes dimensions. Ils sont également en béton fretté, mais les armatures sont constituées ici par des barres rondes de 8 millimètres pliées en hélice; elles sont placées normalement aux larges faces des claveaux. Le vide compris entre les voussoirs et le terrain est remblayé soigneusement (à Limbourg-Meuse, on le remplit de béton).

Comme, d'autre part, la Direction désire surtout obtenir une grande vitesse d'avancement dans les bouveaux, afin de hâter les travaux préparatoires, elle a décidé d'entreprendre des essais de revêtement en gunite armée au moyen de cadres en fer U.

En résumé, nous nous trouvons donc, en Campine, devant deux procédés distincts basés sur des principes très différents.

A Winterslag, on veut un revêtement très solide (50 centimètres d'épaisseur, mais sans armature) et doué d'une certaine élasticité (planchettes entre les blocs, remblayage de l'espace compris entre les claveaux et la roche), afin qu'il puisse céder, sans se rompre, sous la première poussée des terrains et uniformiser autant que possible les pressions.

Par contre, à Limbourg-Meuse et André Dumont, on a adopté un revêtement rigide (sans interposition de planchettes), en béton fretté, serré contre la roche avec le plus grand soin, mis en place aussitôt que possible après le creusement et destiné à s'opposer par sa solidité à tout mouvement de terrain et à se substituer en quelque sorte aux roches enlevées lors du creusement.

Les deux systèmes résistent, depuis plusieurs années, à des poussées certainement considérables, ainsi que le témoignent les déformations qu'ils ont subies.

Au charbonnage de Winterslag, j'ai vu des claveaux complètement écrasés et réduits en miettes dans des sections qui avaient pris la forme représentée par la figure 13.

Généralement, les voussoirs brisés sont enlevés immédiatement et remplacés par une maçonnerie en briques scellées au mortier de ciment (la conicité des claveaux rend impossible le placement d'un nouveau bloc).

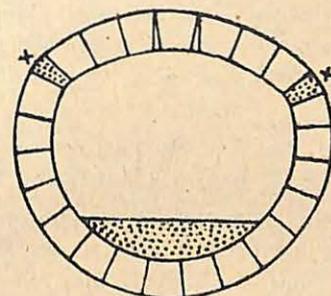


Figure 13.

La figure 14 montre des déformations constatées à André Dumont.

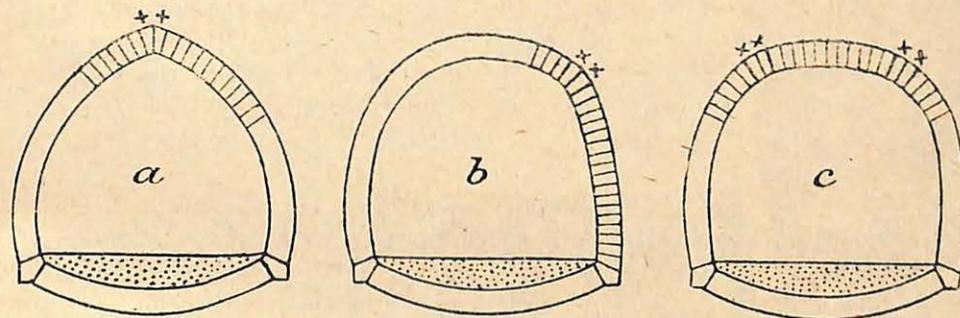


Figure 14.

Les cas *a* et *b* paraissent dus à des poussées latérales, alors que la déformation représentée par le croquis *c* semble résulter d'un effort vertical. (Les claveaux qui subissent les efforts maxima sont marqués d'une croix.)

A Limbourg-Meuse, les déformations sont moins importantes, à cause du bétonnage de l'espace compris entre le revêtement et le terrain.

Les poussées y produisent cependant (de même qu'à André Dumont) le détachement d'écailles de la face interne de certains blocs et la mise à nu de l'armature. Mais, à partir de ce moment, on ne constate plus aucune dégradation. Ceci montre bien l'effet du frettage.

Le procédé avec claveaux non armés et planchettes a nécessité quelques petites réparations (faciles à cause de l'absence d'armatures). Son prix de revient est de 1.600 à 1.700 francs le mètre courant.

Les claveaux frettés ont résisté parfaitement jusqu'à présent, mais ils sont plus chers (environ 2.000 francs le mètre courant).

Il faudrait une expérience plus longue pour pouvoir se faire une opinion définitive de la supériorité de l'un des systèmes sur l'autre.

Ils ont donné, en tout cas, tous les deux, d'excellents résultats et, de part et d'autre, les Ingénieurs s'en déclarent entièrement satisfaits; ils sont d'accord pour dire que le pourtour de ces revêtements doit être remblayé avec le plus grand soin.

La mise au point de ces modes de soutènement constitue, sans contredit, un progrès sensible dans l'Art des Mines. Ainsi que MM. Grofils et Bourdiaud'hui le disaient déjà dans la conclusion de leur rapport, leur prix de revient peut, à bon droit, paraître exorbitant, mais il est des circonstances où de tels sacrifices sont, pour la bonne marche d'une exploitation, question de vie ou de mort. C'est le cas en Campine; ce peut l'être également dans les vieux bassins.

Si l'on songe aux frais parfois considérables que nécessite, pendant la durée d'un étage d'exploitation, l'entretien de certaines galeries, il faut se demander s'il n'aurait pas été plus sage de créer, dès le début, des voies solides qui, ne nécessitant pas d'entretien, n'auraient pas coûté plus cher en fin de compte, auraient diminué le personnel et les charges qu'il entraîne et présenteraient, au surplus, l'avantage, qui n'est pas des moindres, d'offrir une résistance considérablement réduite au passage de l'air.

Dispositif de sûreté pour balance

RAR

G. PAQUES

Ingénieur au Corps des Mines, à Charleroi.

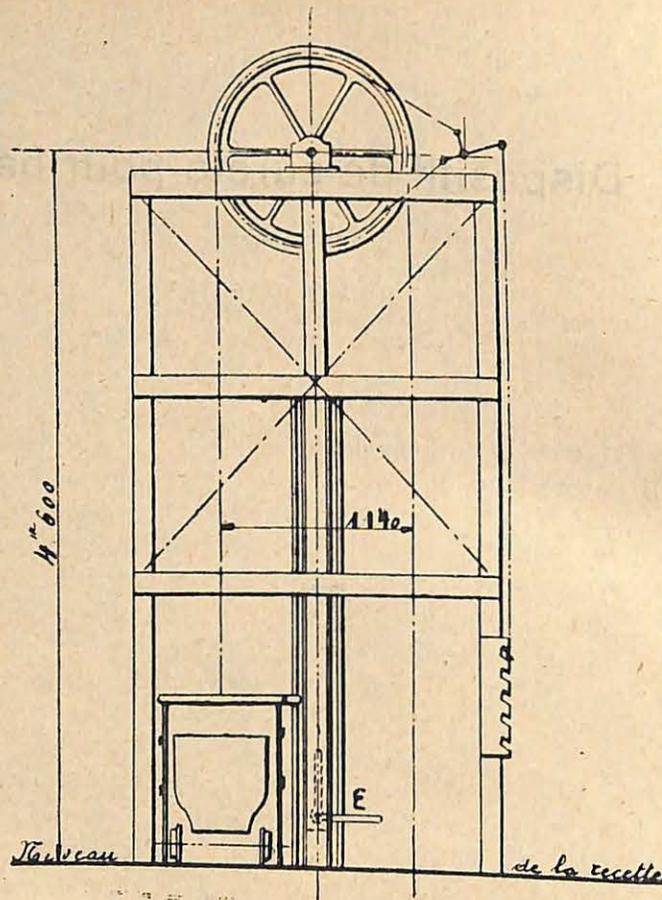
Dans la 3^e livraison de 1927 des *Annales des Mines* a été donnée la description d'un dispositif de sûreté pour balance, réalisé au siège Saint-Nicolas du charbonnage de l'Espérance et Bonne-Fortune, dispositif visant à empêcher la chute, dans les puits intérieurs, burquins, balances, etc., de wagonnets poussés intempestivement par le préposé à l'encagement.

Reprenant cette idée, je crois intéressant de décrire un autre appareil, ayant le même but, réalisé d'abord aux charbonnages du Poirier, à Montigny-s.-S. et, par la suite, dans plusieurs autres mines du bassin de Charleroi.

Comme le représentent les croquis suivants figurant une tête de burquin à 2 compartiments d'extraction, l'appareil consiste simplement en une équerre métallique E à angle droit, munie en son sommet d'une articulation fixée à la solive axiale d'appui du guidonage vis-à-vis de l'envoyage.

La cage montante (ou le contrepoids), en arrivant au niveau de recette, soulève la branche correspondante, jusqu'alors horizontale, de l'équerre et place ainsi la deuxième branche, jusqu'alors verticale, en travers du compartiment voisin, devenu libre par la descente de la cage voisine (ou du contrepoids). A la manœuvre suivante, l'équerre se replacera dans sa première position par l'arrivée de l'autre cage au niveau du chargeage.

Pendant tout le temps où il reste libre, chaque compartiment d'extraction reste ainsi obturé par une branche de l'équerre de sûreté dont la hauteur au-dessus du taquage voisin sera inférieure à la hauteur d'un wagonnet. En plaçant l'articulation à distance convenable sur la solive, le caisson d'un wagonnet qui serait intempestivement, par erreur ou par distraction, présenté au-dessus du compartiment vide viendra buter et s'arrêter contre la branche de l'équerre.



Outre son extrême simplicité, sa grande robustesse et son automaticité parfaite qui donne une sécurité paraissant absolue, ce dispositif a encore comme avantage de ne pouvoir être calé, de ne gêner en rien les services accessoires et de pouvoir s'adapter à n'importe quelle recette supérieure de balance, burquin ou puits intérieur, soit à une cage et contrepoids, soit à deux cages, aussi bien avec barrières coulissantes (latéralement ou verticalement) qu'avec barrières à charnières. Dans ce dernier cas, il remédie non seulement à un oubli de fermeture mais encore à une ouverture accidentelle, toujours à craindre, des dites barrières.

