

*Conduite générale des travaux de fond.*

La méthode des aplombs et la méthode optique permirent de déterminer avec précision les coordonnées des deux points A et B. Partant des coordonnées de ces points, on calcula le gisement de l'axe A B de la partie rectiligne du tunnel. Connaissant les gisements des droites A C et B D, on calcula les angles C A B et D B A qui déterminaient, en A et B, les directions A B et B A, directions suivant lesquelles les repères R et R' furent placés, ainsi qu'il a été expliqué plus haut.

Les directions A R et B R' furent prolongées au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

**B. — Opérations de nivellement.**

Les opérations de nivellement ne présentant aucune difficulté spéciale, nous en ferons une description très rapide. On effectua un nivellement de précision à la lunette de nivellement entre les deux taques de surface des deux puits de l'Espérance et Bonne-Fortune. Ce nivellement fut effectué aller et retour, à deux reprises, une fois au début des travaux, une seconde fois un peu avant le percement. On chaîna la profondeur du puits et on prolongea le cheminement de nivellement dans le fond jusqu'aux tablettes des repères A et B. Ce sont ces points qui servirent pour tous les nivellements dans les galeries.

Ces nivellements furent exécutés avec le plus grand soin et la différence de niveau entre les deux tablettes A et B était connue à moins de 10 mm. près.

**C. — Résultats du percement.**

Lorsque les deux tronçons du tunnel se rencontrèrent vers le milieu de A B, nous fîmes des opérations topographiques de vérification. On constata que le raccordement des axes A B et B A se faisait à 15 mm. près en direction et 10 mm. près en nivellement.

## Note sur le tir d'ébranlement à front des chassages en couches sujettes à dégagement instantané

par E. DEMELENNE,

Ingénieur des Mines à Mons.

Les travaux préparatoires entrepris dans les couches Veine A et Veine B, à l'étage de 1.100 mètres du siège n° 7 Saint-Antoine, des Charbonnages de l'Agrappe-Escouffiaux, ayant donné lieu à de petits dégagements instantanés, l'exploitation de ces couches, avec remblayage par « foudroyage dirigé du toit », fut autorisée moyennant l'usage de tirs d'ébranlement à front des costresses.

La couche Veine A se présente avec une inclinaison moyenne de 15 degrés vers le Midi et avec la composition suivante :

Toit géologique — grès psammitiques.

faux toit . . . . .	0 m. 15	
laie . . . . .	0 m. 15	} de dureté moyenne
laie . . . . .	0 m. 15	
laie . . . . .	0 m. 20	
mur . . . . .	dur	

Puissance = 0 m. 65; ouverture 0 m. 80.

La couche Veine B est inclinée à environ 20 degrés vers le Midi et sa composition s'établit comme suit :

Toit (géologique) . . . . .	0 m. 10	
laie . . . . .	0 m. 20	} charbon dur.
laie . . . . .	0 m. 30	
laie . . . . .	0 m. 30	
mur . . . . .	dur	

Puissance = 0 m. 80; ouverture = 0 m. 90.

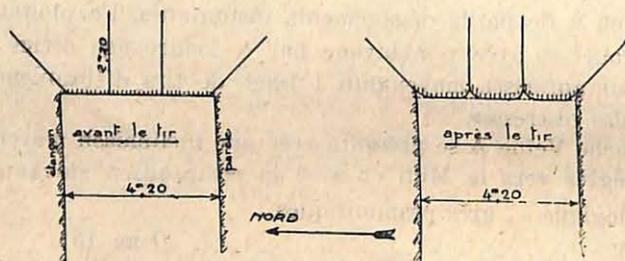
Ces couches sont exploitées par tailles chassantes d'environ 150 mètres de longueur. Les costresses sont coupées à la section nue de 4 m. 20 de largeur sur 2 m. 90 de hauteur et le travail y est organisé comme suit :

Entre les postes de nuit et du matin, vers 6 heures, tirs d'ébranlement;

Au poste du matin, abatage du charbon ébranlé;

Ces exploitations commencèrent en octobre 1940 et, dès ce moment, les costresses furent poussées en ferme sur 5 ou 6 mètres.

1) Les tirs d'ébranlement en costresses (voir croquis n° 1) comprenaient 4 trous, de 2 m. 20 de longueur, chargés chacun de 4 cartouches de 100 grammes d'explosif S.G.P. gainé et bourrés à l'argile sur 40 cm. Deux trous étaient disposés en direction vers le milieu du front et les deux autres en éventail respectivement au parèle et à l'étaçon de la voie.



Croquis n° 1.

4 trous de 2 m. 20 au marteau perforateur.

Charge : 4 cartouches.

Bourrage argile : 0 m. 40.

En général, ces tirs n'abattaient qu'un peu de charbon autour de l'orifice des trous de mine et créaient ainsi des petits entonnoirs, de 20 et 30 cm. de diamètre et de profondeur, au delà desquels les trous de mines conservèrent toujours leur diamètre primitif de 40 mm. environ. Après ces tirs, le charbon restait dur et il fallait employer le marteau-pie pour l'abattre.

Le 18 mars 1941, cette façon de procéder n'empêcha pas un dégagement instantané de se produire, dans la costresse

de Veine A, 7 heures après le tir et immédiatement après l'abatage qui avait été poussé sur 2 mètres de longueur.

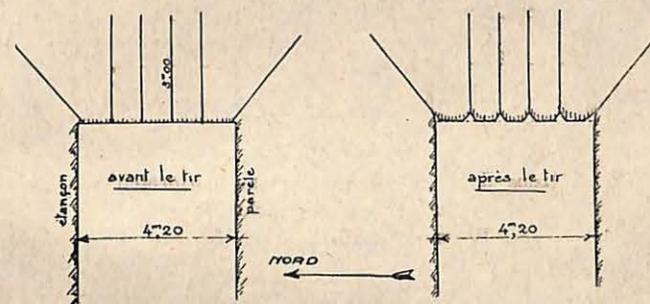
C'est à la suite de cet incident que nous avons demandé à la direction du charbonnage :

1) de pousser les costresses en ferme sur 20 à 25 mètres de façon à éviter l'obstruction de l'entrée des tailles en cas de dégagement instantané important;

2) de miner plus fort pour ébranler davantage de charbon.

II) Dès lors, les costresses furent poussées en ferme sur une vingtaine de mètres et l'on fit des tirs d'ébranlement comprenant 6 trous de 3 mètres de longueur, chargés chacun de 6 cartouches de 100 grammes d'explosif S.G.P. gainé et disposés à raison de 4 en direction et les 2 extrêmes en éventail, tous avec bourrage à l'argile de 40 cm. de longueur.

Ces tirs eurent un effet visible fort semblable à celui des tirs précédents (voir croquis n° 2);



Croquis n° 2.

6 trous de 3 m. 00 au marteau perforateur.

Charge : 6 cartouches.

Bourrage argile : 0 m. 40.

1) un peu de charbon était abattu en entonnoir autour de l'orifice des trous de mines. Au delà de ces entonnoirs, de 20 à 30 cm. de diamètre et de profondeur, les trous conservaient leur diamètre primitif;

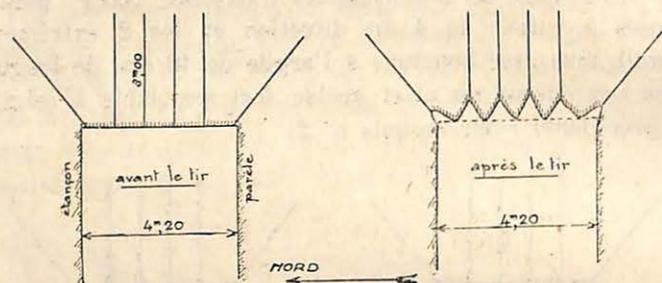
2) le charbon en place était aussi dur après qu'avant le tir et nécessitait l'emploi du marteau-pie pour son abatage.

III) Ces trous de mine n'étant pas déformés et la quantité de charbon abattu étant insignifiante, il fallait bien conclure

que l'énergie de l'explosif ne devait se transformer en travail mécanique que pour emporter le bourrage, le reste se perdant sous forme de chaleur. En résumé, on avait donc affaire à des coups débourrants, toujours très dangereux à l'égard du grisou et des poussières et n'ébranlant pratiquement pas la couche.

On décida donc de renforcer le bourrage d'argile dont la longueur fut portée à 80 cm.

Bien qu'un peu meilleur, l'effet de ces tirs ne fut, tout de même, pas fort différent de celui des précédents comme l'indique le croquis n° 3.



Croquis n° 3.

6 trous de 3 m. 00 au marteau perforateur.  
Charge : 6 cartouches.  
Bourrage argile : 0 m. 80.

1) un peu de charbon était abattu en entonnoir, de 50 à 60 cm. de diamètre et de profondeur, puis les trous de mines reprenaient leur diamètre primitif de 40 mm.;

2) le charbon en place restait dur et son abatage réclamait l'usage du marteau-pic.

IV) En surveillant ces tirs de plus près, on constata que l'on ne parvenait pas souvent à mettre la charge au fond des trous où il restait presque toujours un vide de 50 cm., 1 mètre, et parfois plus, de longueur. Cela devait assurément nuire à l'efficacité de l'explosif.

En effet, considérons un explosif ayant un volume spécifique  $V_s$  (volume de gaz provenant de 1 kg. d'explosif et ramené à la pression atmosphérique et à la température de

0° C.) et une température de détonation  $T_d$  (température à laquelle sont portés les produits de la décomposition au moment de l'explosion).

L'équation d'état des gaz permet de calculer la pression initiale  $p_i$  ou pression à laquelle les gaz seront portés au moment de l'explosion.

$$p_i = p_a \times \frac{V_s}{v - \alpha} \times \frac{T_d}{T_0}$$

$v$  étant le volume dans lequel est enfermé l'explosif.

$\alpha$ , étant un terme de correction que l'on appelle le co-volu-

me, est égal à environ  $\frac{1}{1000} V_s$ . (C'est le volume réel des molécules du gaz.)

Cette formule, dans laquelle il n'a pas été tenu compte du résidu solide laissé par l'explosif après décomposition, résidu souvent négligeable, montre que pour un même explosif, la pression initiale dépendra exclusivement du terme  $(v - \alpha)$  auquel elle est inversement proportionnelle, terme dépendant exclusivement à son tour de  $v$  ou volume contenant la charge.

L'exemple suivant fixera les idées au sujet de l'influence de ce facteur  $v$ .

Prenons le cas d'un explosif S.G.P. à base de nitrate ayant un  $V_s = 600$  litres et un  $T_d = 2000^\circ \text{C}$ .

Supposons que nous ayons placé 1 kg. de cet explosif dans un volume  $v = 1$  litre.

Dans ces conditions :

$$p_i = 1 \times \frac{600}{(1 - 0,6)} \times \frac{2.000 + 273}{273} = 12.000 \text{ atm.}$$

si nous doublons le volume  $v$  contenant le kg d'explosif, il vient que :

$$p_i = \frac{1 \times 600}{2 - 0,6} \times \frac{2.000 + 273}{273} = 3.440 \text{ atm.}$$

soit près de quatre fois plus petite.

Or, le but du tir d'ébranlement est de soumettre la veine à un choc qu'il convient de rendre le plus violent possible.

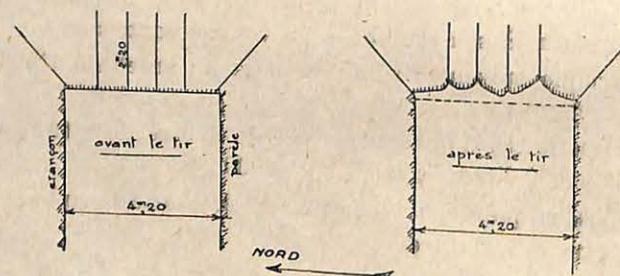
C'est ce qui explique l'emploi de la dynamite pour la recoupe des couches de troisième catégorie.

Dès lors, comme ce choc est directement fonction de la pression initiale  $p_i$ , il fallait conclure qu'il y avait lieu de supprimer, ou de diminuer autant que possible, le vide restant au fond des trous après chargement.

A cet effet, on continua les tirs comme indiqué au cas précédent mais en réduisant la longueur des trous de mine à 2 m. 20.

Ces tirs donnèrent de meilleurs résultats (voir croquis n° 4).

- 1) Le charbon était abattu sur 30 à 40 cm. d'épaisseur;
- 2) A front, les trous de mine étaient évasés sur quelques 20 cm., mais, plus loin, ils avaient toujours leur diamètre primitif;
- 3) Le charbon en place restait dur et il fallait le marteau-pic pour l'enlever.



Croquis n° 4.

6 trous de 2 m. 20, au marteau perforateur.  
Charge : 6 cartouches.  
Bourrage argile : 0 m. 80.

Cependant, on remarqua que l'effet de ces tirs n'était pas régulier. Le front, après tir, était souvent bosselé, le charbon étant abattu plus profondément à l'endroit de certains trous de mine.

V) En surveillant ces tirs de plus près, on constata que, fréquemment, lors du déhouillement consécutif au tir, on

retrouvait des culots d'une ou plusieurs cartouches ce qui d'ailleurs, comme on l'apprit à ce moment, s'était normalement présenté depuis la pratique des tirs d'ébranlement en charbon.

Des tirs furent faits avec des explosifs différents, ce qui montra que la qualité de ceux-ci ne pouvait que partiellement être mise en cause.

En cherchant ailleurs, on remarqua que, malgré la réduction de longueur des trous de mine, des vides, de 10 à 20 cm. de longueur, restaient encore normalement entre le fond de ces trous et la charge. De plus, il apparut qu'il y avait parfois, entre les cartouches de celle-ci, des intercalations de poussières de charbon dont la présence pouvait s'expliquer par le fait que le boutefeuf poussait les cartouches l'une après l'autre aussi loin qu'il pouvait.

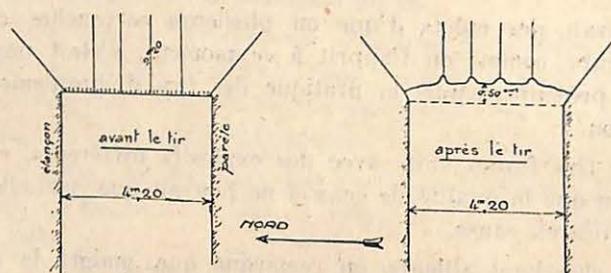
Les vides au fond des trous, réduisant la pression initiale et par conséquent la vitesse de détonation, diminuaient l'aptitude à la détonation de l'explosif tandis que les intercalations de poussières gênaient la propagation de l'onde explosive.

Ces deux facteurs devant favoriser la formation des culots, on y remédia comme suit :

Au sujet des vides au fond des trous de mine, on nota que jusqu'alors le forage avait été effectué à l'aide du marteau perforateur, dont la progression se fait par percussion, ce qui pouvait créer une zone de dislocation autour des trous et, dès lors, on imposa le forage au moyen de la sondeuse qui agit simplement par rotation.

En ce qui concerne le chargement, il fut décidé que le boutefeuf introduirait d'abord les cartouches l'une contre l'autre au début du trou, puis les pousserait toutes ensemble au fond.

Les tirs faits dans ces conditions, toujours avec un bourrage à l'argile de 0 m. 80, donnèrent régulièrement un abatage de 40 à 50 cm. (voir croquis n° 5) mais au delà, la situation se présentait comme dans le cas précédent, à savoir : le charbon dur et trous de mine conservant leur diamètre primitif.



Croquis n° 5.

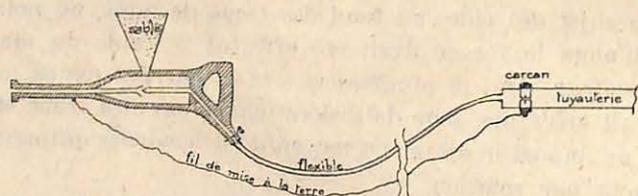
6 trous de 2 m. 20 à la sondeuse.

Charge : 6 cartouches poussées ensemble.

Bourrage argile : 0 m. 80.

VI) Afin de bien mettre en évidence, l'influence du bourrage, on fit exécuter celui-ci avec du sable fin sec que l'on mettait en place à l'aide d'un injecteur à air comprimé.

L'appareillage employé, représenté au croquis n° 6a, consistait en un marteau (La+, type A) dont on avait retiré la boîte de distribution ainsi que le cylindre et le piston et dans lequel on avait placé un Giffard. Au-dessus du convergent divergent, se trouvait un entonnoir destiné à contenir le sable du bourrage.



Croquis n° 6a.

Marteau bourreur.

Le décaleur du marteau était prolongé par un tube de 20 cm. de longueur terminé par une bague de diamètre égal à celui des cartouches de façon à pouvoir pénétrer dans le trou de mine.

Un fil de mise à la terre était soudé, d'une part, au corps du marteau et, d'autre part, à un carcan que l'on fixait sur

la tuyauterie métallique d'air comprimé à laquelle le marteau était raccordé par un flexible possédant une armature métallique intérieure.

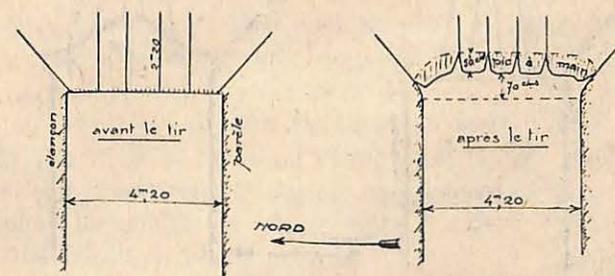
L'entonnoir avait une capacité de 1.350 cm<sup>3</sup> et permettait donc de faire un bourrage, de l'ordre de 1 m. de longueur, dans des trous de 40 mm. de diamètre.

Les essais, effectués à la surface, montrèrent que la réalisation de la mise à la terre était bonne, qu'au sortir de l'appareil, les grains de sable n'étaient pas chauds par suite de la détente d'air comprimé, que le bourrage obtenu était très dur et compact, que ce bourrage était exécuté très rapidement, 3 à 4 minutes par mètre par un personnel inexpérimenté.

Ils permirent aussi de constater que, comme cela avait déjà été observé à l'Institut National des Mines de Pâturages (voir rapport sur les travaux de 1937 de cet Institut), le jet de sable détruisait parfois l'isolement des fils des détonateurs ainsi que la masselotte isolante du tube en cuivre de ceux-ci, ce qui pouvait amener des ratés.

On évita ces inconvénients, en protégeant la charge amorcée au moyen d'un petit coussin d'argile introduit avant le sable et en utilisant des détonateurs à temps n° 0, dont l'isolement est plus résistant que celui des détonateurs ordinaires.

Les tirs effectués dans les conditions précitées, mais avec ce nouveau genre de bourrage, donnèrent les résultats suivants (voir croquis n° 6b) :



Croquis n° 6b.

6 trous de 2 m. 20 à la sondeuse.

Charge : 6 cartouches poussées ensemble.

Bourrage au sable : 1 m. 00.

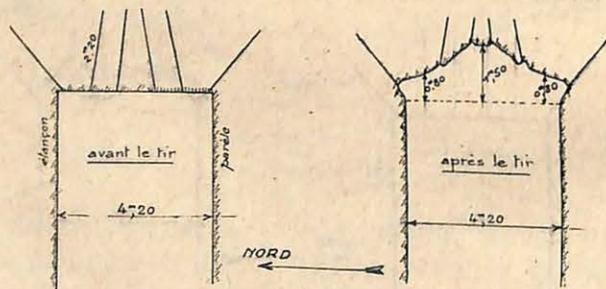
- 1) charbon abattu sur 60 à 70 cm. de profondeur;
- 2) charbon en place disloqué sur 40 à 60 cm. de profondeur et pouvant être enlevé au pic à main;
- 3) plus loin, charbon dur mais trous de mines généralement agrandis, au diamètre de 10 cm, dans le charbon en place disloqué.

VII) Cependant, étant donné que l'avancement journalier de la taille dépassait parfois 1 m. 20, que l'on ne pouvait, par suite des conditions imposées, faire plus d'un tir d'ébranlement par jour, et que, par mesure de sécurité, on désirait proscrire l'emploi du marteau-pic pour l'abatage du charbon ébranlé, ces tirs n'étaient pas encore satisfaisants.

De plus, l'utilisation systématique du marteau-bourreur ne put être décidée par suite des défauts que présentèrent les dispositifs de mise à terre de cet appareil : le fil se cassait facilement à la soudure et l'armature métallique du flexible n'inspirait pas toute la confiance voulue.

Ces inconvénients auraient pu être évités par l'emploi de flexibles comprenant une couche de caoutchouc rendue conductrice, comme cela est décrit dans le rapport des travaux de 1940 de l'Institut National des Mines, mais, par suite des événements, le charbonnage ne parvint pas à se procurer ce matériel.

On recommença donc les tirs avec bourrage à l'argile de 80 cm. de longueur mais en faisant converger les trous de



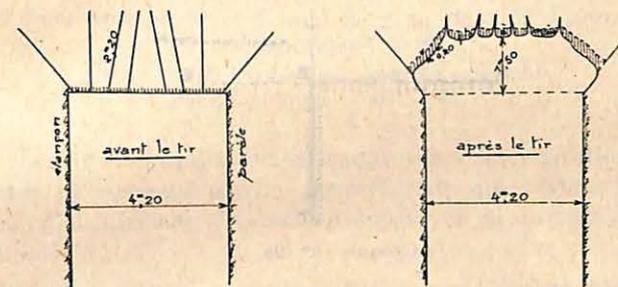
Croquis n° 7.

6 trous de 2 m. 20, à la sondeuse.  
Charge : 6 cartouches poussées ensemble.  
Bourrage argile : 0 m. 80.

mine médians comme le montre le croquis n° 7. Ces tirs donnaient les résultats suivants :

- 1) abatage plus important. Au centre, il atteignait 1 m. 50 mais sur les côtés, il ne dépassait pas 80 cm.;
- 2) le charbon en place restait dur et les trous de mines y conservaieent leur diamètre primitif.

VIII) Afin d'assurer une disposition plus homogène des charges d'explosifs, on ajouta 2 trous de mine, de 6 cartouches chacun, forés en direction de part et d'autre des trous de bouchon (convergeants) comme indiqué au croquis n° 8.



Croquis n° 8.

8 trous de 2 m. 20 à la sondeuse.  
Charge : 6 cartouches poussées ensemble.  
Bourrage argile : 0 m. 80.

Ces tirs agissaient comme suit :

- 1) abatage de la couche sur 1 m. 50 de profondeur, sur une grande partie du front, mais ne dépassant cependant pas encore 0 m. 80 au voisinage des parois latérales;
- 2) dislocation du charbon resté en place et possibilité d'abatage au pic à main sur une vingtaine de centimètres;
- 3) agrandissement, au diamètre de 0 m. 10, des trous de mine, à l'exception de ceux de l'étauçon et du parèle.

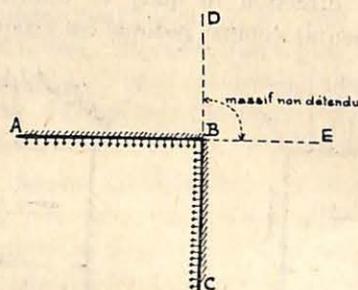
IX) Les trous de l'étauçon et du parèle avaient jusqu'alors été inclinés à environ 45° sur la direction de la voie.

Comme ils semblaient plutôt faire « canon » on diminua leur inclinaison de moitié environ.

Ces trous sont les plus nécessaires parce qu'ils sont destinés à secouer la couche aux endroits les plus dangereux.

On sait, en effet, qu'en général les dégagements instantanés surviennent dans les angles supérieur ou inférieur du front des voies ou des tailles et que, souvent, l'axe de l'excavation produite par le dégagement semble coïncider plus ou moins avec la bissectrice de ces angles. Ce phénomène peut d'ailleurs s'expliquer comme suit :

Considérons un angle ABC (croquis n° 9a) dans un massif de charbon.



Croquis n° 9a.

La partie ABD de ce massif pourra se détendre normalement à AB et la partie CBE normalement à BC.

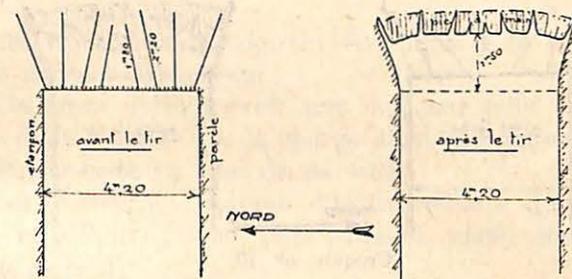
La partie DBE, ne pouvant se détendre dans aucune direction, conservera intégralement sa tension et sera par conséquent beaucoup plus dangereuse.

A remarquer, en passant, que, dans le cas d'un angle obtus, cette partie, non détendue, diminue tandis qu'elle augmente si l'angle est aigu.

En outre, dans le but de régulariser l'abatage, on réduisit à 1 m. 80 la longueur des deux trous intérieurs du bouchon.

Ces tirs, représentés au croquis n° 9b, donnèrent les résultats suivants :

- 1) charbon abattu sur 1 m. 50 de profondeur et sur toute la largeur du front;
- 2) charbon en place, disloqué et pouvant être enlevé au pic à main jusqu'au fond des trous de mine de 2 m. 20;
- 3) agrandissement, au diamètre de 10 à 15 cm., de tous les trous de mine, jusqu'au fond, dans le charbon resté en place.



Croquis n° 9b.

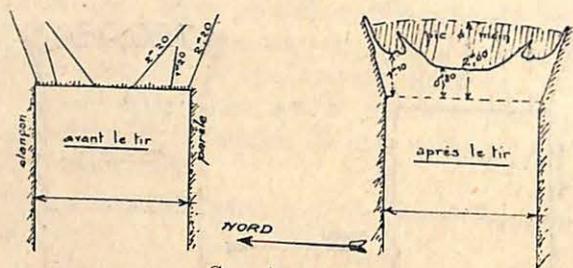
4 trous de 1 m. 80 et 6 trous de 2 m. 20, à la sondeuse,  
Trous en éventail à 20°.  
Charge : 6 cartouches poussées ensemble.  
Bourrage argile : 0 m. 80.

X) Le tir d'ébranlement pratiqué dans les conditions précédentes ne présente qu'un inconvénient qui réside dans le danger d'éboulement du toit au-dessus de la grande surface déhouillée.

Cependant, dans le cas des couches considérées, comme le toit est généralement bon, cet incident n'est pas fréquent et c'est ce dernier type de tir qui fut définitivement adopté.

Toutefois, en prévision de l'exécution de tirs d'ébranlement dans les couches à toit plus mauvais, on fit une nouvelle série d'essais au cours desquels on visa à abattre la couche au voisinage des parois plutôt qu'au centre du front où le charbon restant en place, même disloqué, devait constituer un soutènement provisoire, cette manière de procéder devant en outre favoriser l'ébranlement aux endroits les plus dangereux comme dit ci-dessus. On arriva ainsi au tir à deux bouchons, représenté au croquis n° 10 et comprenant quatre trous de 2 m. 20 et deux trous de 1 m. 20, avec bourrage d'argile de 80 cm. de longueur et charge de 6 cartouches dans les quatre plus longs et de 4 cartouches dans les deux plus courts.

Ces tirs donnèrent entière satisfaction puisque le charbon n'était abattu que sur 80 cm. au centre et 1 m. 10 sur les côtés, que les trous étaient agrandis jusqu'au fond et que l'on pouvait abattre le charbon, resté en place, au pic à main jusqu'à une distance de 2 mètres en avant du front de tir.



Croquis n° 10.

4 trous de 2 m. 20 et 2 trous de 1 m. 20 à la sondeuse.  
Charge : 6 et 4 cartouches poussées ensemble.  
Bourrage argile : 0 m. 80.

*Remarque.* — Au cours des essais précités :

1) L'aérage du front des costresses était assuré par une ligne de canars soufflants, de 40 cm. de diamètre, débitant 500 litres d'air frais par seconde, et dont l'intérieur était maintenu en surpression, par rapport à la galerie, au moyen d'un turbo-ventilateur placé, à l'origine de la ligne, à quelques mètres en arrière du pied de taille.

Ces canars étaient installés à couronne de la voie de façon à être difficilement obstrués par les projections du tir ou d'un dégagement instantané éventuel;

2) La présence de grisou fut toujours observée, dans la galerie en ferme, lors du retour à front, une demi-heure après le tir. Avec le dernier système de tir, l'auréole à la lampe à huile était régulièrement de l'ordre de 1,5 cm. Avec les autres systèmes de tir, elle était irrégulière et généralement plus petite.

Ce grisou disparaissait progressivement pendant l'heure suivante et, dès lors, la lampe à huile ne marquait plus, même pendant le déhouillement, au pic à main, du charbon ébranlé.

### CONCLUSIONS

Les essais, décrits ci-dessus, montrent que, pour donner des résultats satisfaisants, les tirs d'ébranlement, pratiqués dans les voies d'exploitation, doivent notamment satisfaire aux conditions suivantes :

1) Les trous de mine doivent être forés à la sondeuse et non au marteau-perforateur;

2) Ces trous doivent avoir une longueur telle (suivant la nature de la couche) que la charge d'explosif puisse normalement être poussée au fond de ces trous;

3) Les cartouches doivent être introduites l'une contre l'autre au début du trou, puis poussées, toutes ensemble, au fond de ce trou;

4) Le bourrage doit être le plus résistant possible et sa longueur d'au moins 0 m. 80.

Dans le cas de bourrage au sable, l'injecteur à air comprimé doit être convenablement mis à la terre, la charge amorcée doit être protégée par un petit coussin d'argile introduit avant le sable et les fils des détonateurs doivent être pourvus d'un isolement résistant;

5) Certains trous doivent être disposés en « bouchon » et d'autres « en éventail » au parèle et à l'étauçon, ces derniers étant inclinés à 20° au moins sur la direction de la voie;

6) Le nombre de trous et la charge de ceux-ci doivent être tels que l'avancement, consécutif au tir, puisse être réalisé à la pelle ou au pic à main, à l'exclusion du marteau-pic;

7) Cet avancement doit être arrêté dès que l'on constate que les trous de mine ne sont plus agrandis et, en tous cas, il ne peut jamais dépasser le fond de ces trous.

Enfin, dans un autre ordre d'idées, j'ajouterai qu'il convient que les canars d'aérage soient installés à couronne de la galerie et que leur intérieur soit maintenu en surpression dans le retour d'air du front où sont pratiqués les tirs d'ébranlement.

Février 1942.