

Symposium sur le fonçage de puits et le creusement de galeries

organisé par « The Institution of Mining Engineers »
Londres, 15, 16 et 17 juillet 1959 (suite) (*)

Compte rendu par INICHAR

SAMENVATTING

Het eerste deel van deze nota, gewijd aan de schachtdelving, verscheen in het oktobernummer van de Annalen der Mijnen van België.

Dit tweede deel geeft een samenvatting van de mededelingen betreffende het delven van galeries en van steengangen.

Sedert enkele jaren werden zeer grote vorderingen bereikt op het gebied van de delving der galeries, zowel voor wat de snelheid van uitvoering, als wat de kostprijs betreft.

De concentratie van de bedrijfszetels, opgelegd door de huidige economische conjunctuur, vereist vaak de delving van steengangen van grote lengte. In Groot-Brittannië voorziet het programma de delving van 2.400 km steengangen, verspreid over de jaren 1950 tot 1965. In Duitsland worden jaarlijks ongeveer 300 km steengangen uitgevoerd, in België meer dan 100 km.

De maandelijkse vooruitgang van een steengangsfront van 14,5 m² sectie bedraagt in Duitsland gemiddeld 36,70 m ; men hoopt nochtans in de nabije toekomst 150 à 200 m te bereiken.

In Groot-Brittannië werd in 22 steengangen een gemiddelde vooruitgang van meer dan 72 m per maand gerealiseerd, terwijl in 6 steengangen meer dan 110 m per maand werd bereikt.

In Frankrijk werden maandelijkse vorderingen van meer dan 300 m bereikt en worden normaal gemiddelde rendementen van 62 tot 69 cm per man-dienst en 8 à 9 m³ per man-dienst verwezenlijkt in steengangen van 14 m² sectie. De gemiddelde kostprijs van zulk een steengang bedraagt 5.359 BF.

In Amerika en Australië hebben de meeste tunnels een zeer grote sectie en deze werken zijn sterk gemechaniseerd, wegens de hoge lonen. Dank zij een materieel van groot vermogen en een grondige organisatie van de werken worden zeer gunstige rendementen verkregen.

De organisatie van de werkzaamheden kan gebaseerd worden op een cyclus of op een meervoud van een cyclus per dienst, ofwel op een cyclisch werk zonder rekening te houden van de diensten. Beide organisatie-methodes hebben hun voorstanders en in beide gevallen werden goede resultaten geboekt.

Laadschoppen op rupsbanden of op luchtbanden vinden meer en meer ingang en geven meestal goede voldoening.

Boormachines met auto-percussie worden meer en meer gebruikt, maar men hoopt ze nog in lichtere uitvoering te kunnen leveren.

In Europa wordt zelden gebruik gemaakt van dakbouten, terwijl deze methode zeer verspreid is in Amerika.

Maandelijkse vorderingen van meer dan 300 m zullen moeilijk kunnen bereikt worden zonder het gebruik van continu werkende machines, waarvan de eerste realisaties in verscheidene landen tot stand kwamen.

(*) Voir Annales des Mines de Belgique, octobre 1959.

RESUME

La première partie de cette note consacrée au creusement de puits a été publiée dans le numéro du mois d'octobre des Annales des Mines de Belgique.

Cette deuxième partie donne une synthèse des communications relatives au creusement des galeries et des boueaux.

Depuis quelques années, de très grands progrès ont été réalisés dans le creusement des galeries au double point de vue de la rapidité d'exécution et du prix de revient.

La concentration des sièges, dictée par la conjoncture économique actuelle, entraîne souvent le creusement de boueaux de liaison de grande longueur. En Grande-Bretagne, on a prévu un programme de creusement de 2400 km de boueaux, qui doit s'étaler entre les années 1950 et 1965. En Allemagne, on creuse annuellement près de 300 km de boueaux et, en Belgique, plus de 100 km.

En Allemagne, l'avancement pour une section de 14,5 m² est en moyenne de 36,70 m par mois ; on espère cependant atteindre bientôt 150 à 200 m.

En Grande-Bretagne, 22 boueaux ont réalisé, en 1958, un avancement moyen supérieur à 72 m par mois, tandis que 6 ont dépassé 110 m.

En France, on a dépassé des avancements mensuels de 300 m et on réalise couramment des rendements moyens de 62 à 69 cm/hp et de 8 à 9 m³/hp dans des boueaux de 14 m² de section. Le prix moyen complet d'un tel boueau s'élève à 5.359 FB.

En Amérique et en Australie, la majorité des tunnels ont une très grande section et ces chantiers sont très fortement mécanisés étant donné les salaires très élevés. Grâce à un matériel puissant et à une organisation très étudiée des travaux, on obtient de très bons rendements.

L'organisation des opérations peut être basée, soit sur le cycle ou le multiple d'un cycle par poste, soit sur un travail cyclé sans tenir compte des postes. Les deux types d'organisation gardent leurs partisans et de beaux avancements ont été atteints dans les deux cas.

Les chargeuses à godet montées sur chenilles ou sur pneumatiques commencent à faire leur apparition et ont en général beaucoup de succès.

Les foreuses roto-percutantes sont de plus en plus employées, mais on espère encore les alléger.

En Europe, le boulonnage n'est que rarement utilisé, tandis qu'il demeure un mode de soutènement très employé en Amérique.

Des avancements mensuels supérieurs à 300 m pourront être difficilement réalisés sans l'utilisation de machines continues dont on commence à voir les premières réalisations dans différents pays.

Deuxième partie : CREUSEMENT DE GALERIES

I. ETUDES GENERALES

**Etudes et organisation
des creusements de puits et de boueaux
dans les mines de houille britanniques
par J. N. BOOTH et R. G. WATT**

Au moment de la nationalisation des mines anglaises en 1947, on se trouvait en Grande-Bretagne devant la nécessité absolue d'augmenter très rapidement les sources d'énergie.

Le programme établi à ce moment prévoyait pour les périodes 1950-1965 :

- la reconstruction de 250 charbonnages ;
- l'établissement de 15 à 20 nouvelles mines ;
- le creusement de 70 nouveaux puits ;
- le creusement de 2.400 km de boueaux ;
- la reconstruction des installations de surface et des triages et lavoirs de très nombreuses mines.

Ce n'est qu'en 1953, que le service d'organisation et d'études du National Coal Board a pu travailler

utilement après de nombreuses difficultés de recrutement et de mise au courant.

Jusqu'en 1956, cette organisation a été aidée par le « Field Investigation Group », créé en 1949 pour appliquer dans la mine les techniques de recherches opérationnelles mises au point durant la guerre et composé d'ingénieurs et de savants.

Avant de démarrer l'organisation de chantiers, il faut connaître les possibilités maxima et moyennes des divers engins de forage, abatage, chargement, etc... en fonction des conditions géologiques et de pente des terrains rencontrés.

Il faut aussi déterminer le nombre idéal d'ouvriers devant composer les postes de travail. Chaque phase de travail et chaque opération doivent être effectuées en un temps bien fixé à l'avance.

Il importe aussi d'organiser la desserte, l'amenée et l'entreposage des matériaux et soigner l'entretien du matériel.

Un boueau de 16 m² de section utile, équipé à 3 postes de 6 hommes à front, a réalisé en quinze

postes consécutifs un avancement de 42 m avec une durée moyenne pour un cycle de 2,10 m de 323 minutes ; le rendement est de 8,50 m³/hp front.

Le chargement est effectué par une chargeuse Eimco 40.

En étudiant l'organisation du chantier, on constate qu'il y a moyen de réaliser ce cycle en 247 min, soit un avancement de 10 m par jour avec un rendement de 10 m³/hp.

Le groupe a étudié l'organisation du travail lors du creusement des deux puits de Parkside. Grâce à une étude minutieuse des diverses opérations et au relevé de tous les temps morts, on est parvenu à réaliser des avancements mensuels de 84 m dans un puits de 7,20 m de diamètre utile.

II. ETUDES DU PROBLEME DU CREUSEMENT DES BOUVEAUX

Creusement de tunnels dans les charbonnages de l'Allemagne de l'Ouest par H. MIDDENDORF

La nécessité de creuser les galeries au rocher et les burquins influe sur le prix de revient du charbon.

On estime qu'il faut un réseau de 10 à 12 km de galeries au rocher pour une production journalière de mille tonnes de charbon ; un siège moyen produisant 4.000 tonnes de charbon par jour doit avoir un réseau de 45 km de voies au rocher pour les transports et la ventilation.

Le temps de service moyen d'un bouveau est de 20 ans et celui d'un chassage de 7 ans. Par production journalière de 1.000 tonnes de charbon, il faut abattre et évacuer 35 à 40 m³ de roches en place dont 30 m³ proviennent des galeries et le restant des burquins et des salles de machines.

En 1957, 1.500 km de voies ont été creusés en Allemagne occidentale (y compris la Sarre) dont 300 km de galeries au rocher pour une production totale de 149 millions de tonnes de charbon ; soit environ 1 mètre de voie par 100 tonnes de charbon.

En 1957, 64 % des fronts de creusement des galeries au rocher sont équipés mécaniquement, tandis que le volume abattu par ces chantiers mécanisés représente 87 % du volume total.

L'avancement moyen mensuel des bouveaux est de 36,70 m dans les chantiers mécanisés, avec une section moyenne de 14,3 m², et de 14,70 m pour ceux où le chargement est manuel ; dans ces derniers la section moyenne est de 10,6 m². Les bouveaux équipés de chargeuses et de jumbos de forage,

TABLEAU IV.

Engins de chargement.

Marque	Type	Poids tonnes	Moyen de translation	Rendement moyen m ³ /h	Ouvriers nécessaires	Prix approximatif FB
Salzgitter	HL 221	3,9	sur rails	10 à 20	2 ou 3	330.000
	HL 300	5,6	rails	10 à 30	3 ou 4	410.000
	HL 400	6,5	rails	15 à 40	3 ou 4	445.000
	HL 280 R	4,8	chenilles	15 à 30	3 - 4	480.000
Atlas Copco	LM 30	2	rails	10 à 15	2 - 3	192.000
	T 2 G	2	pneus	10 à 25	2 - 3	390.000
Eimco	12 B	1,9	rails	10 à 18	2 - 3	282.000
	40	7,2	rails	30 à 70	3 - 5	1.045.000
	635	6,8	chenilles	20 à 60	3 - 4	817.000
Wolff	scraper	4 à 7	skis ou pneus	15 à 35	3 - 5	à partir de 300.000
Bergtechnik	duckbill	10	rails	20 à 60	5 - 6	432.000
Westfalia	pelle râteau	12	rails ou chenilles	30 à 70	3 - 5	à partir de 900.000
Joy	11 B U	12	chenilles	40 à 80	3 - 4	2.050.000

qui représentent 8,6 % du nombre de chantiers, réalisent un avancement moyen de 54,50 m, avec une section moyenne de 17,1 m². On estime qu'il faut arriver à réaliser bientôt des avancements mensuels de 150 à 200 m.

Le tableau IV donne les caractéristiques et les rendements des différents types d'engins de chargement utilisés dans les mines de charbon en Allemagne Occidentale.

Le tableau V donne le nombre total de chargeuses en Allemagne de l'Ouest (non compris la Sarre) avec leur pourcentage d'utilisation en février 1958.

TABLEAU V.

	Nombre	Pourcentage	Pourcentage en service
Chargeuses à godet	1.140	80,5	85,6
Scrapers	155	10,8	74,2
Chargeuses à secousses	114	7,3	50,8
Autres types de chargeuses	14	1,4	64,3
Total :	1.432	100	81,4

Parmi les 984 chargeuses à godet utilisées en février, 414 le sont dans des bouevaux, 502 dans des voies de chantier et 68 dans divers travaux. Les scrapers sont utilisés principalement dans des voies en direction avec pentes variables.

Les duck-bills et les chargeuses à râteau sont utilisés presque uniquement dans les travaux au rocher.

Avec les conditions de gisement rencontrées dans la Ruhr, les engins de chargement utilisés doivent être mobiles, de petites dimensions, faciles à manœuvrer, d'un transport facile et, de plus, robustes et d'une grande capacité de chargement pour un prix raisonnable.

Les chargeuses Salzgitter forment la majorité des engins utilisés avec le type HL 221 pour les galeries de petite section et le HL 400 pour les galeries importantes. On commence à utiliser avec beaucoup de succès la chargeuse Salzgitter HL 280 R sur chenilles.

Les chargeuses Atlas-Copco représentent environ le 1/3 des chargeuses à godet sur rails, principalement les types LM 30 et LM 35. Les chargeuses sur pneus T 2 G et T 4 G sont appelées à avoir un très grand avenir pour le creusement de voies de chantier, salles de machines, etc...

La chargeuse Eimco 621 sur chenilles commence aussi à être utilisée.

Il semble qu'à l'avenir les chargeuses à godet sur pneus et sur chenilles seront de plus en plus utilisées.

Le forage percutant reste toujours fort employé en Allemagne où il existe 15.000 marteaux perforateurs de ce type. Jusqu'il y a peu de temps, les marteaux

Atlas-Copco étaient meilleurs que les appareils Flottmann, Demag et Krupp-Esma.

Il semble cependant que les foreuses du type roto-percutant seront de plus en plus employées vu leur vitesse de forage beaucoup plus élevée qu'avec le type percutant. On obtient des vitesses de forage de 150 à 250 cm/min en schiste et 50 à 120 cm/min en grès, avec une poussée variant de 300 à 1.000 kg. Avec les progrès réalisés actuellement pour les mouvements rotatifs et par percussion, on espère arriver à réduire encore l'effort de poussée nécessaire, ce qui permettra de réaliser des engins plus légers.

Il y a actuellement, en Allemagne, 130 jumbos de forage équipés de foreuses roto-percutantes ; certains jumbos sont équipés de 1, 2 ou 5 foreuses. La figure 28 montre un duck-bill équipé par la firme Mönninghoff de 5 sondeuses de 45 à 50 kg.

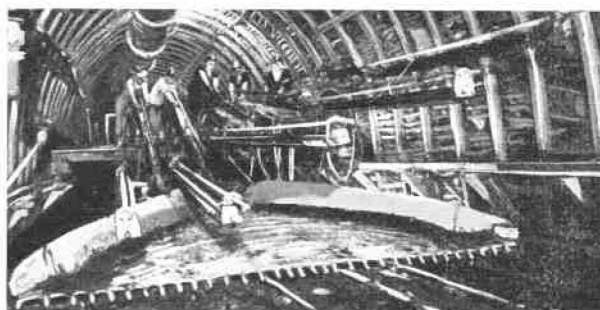


Fig. 28. — Chargeuse Duck-bill équipée de plusieurs foreuses roto-percutantes.

L'aspiration des poussières par voie sèche au moyen de l'appareil Königsborn est de plus en plus employée. On évite ainsi de gonfler les terrains schisteux et la vitesse de forage est augmentée de 10 à 15 %.

En Allemagne, on utilise presque exclusivement des fleurets à taillants amovibles.

L'usage des béquilles pneumatiques pour le forage des mines tend à se généraliser. D'après les essais, il semble que la force de poussée optimum à exercer sur les taillants dans le cas de forage percutant varie de 60 à 110 kg. Cet effort ne peut s'obtenir que si l'angle formé par la béquille est compris entre 20 et 35°.

Pour accélérer le chargement des mines en bouevaux, des dérogations sont accordées en Allemagne permettant la réalisation de ce travail par 3 boute-feux aidés de leurs assistants.

Pour améliorer l'efficacité des explosifs, on utilise couramment des cartouches de 30 et de 60 cm de longueur.

La consommation moyenne d'explosifs est de 1,350 kg/m³ en bouevaux et de 0,850 kg/m³ en voies de chantiers.

Les charbonnages, les mines de potasse, de minerais, etc... se sont groupés pour constituer ensemble un bureau de recherches (G.F.B.S.) qui a pour but d'étudier toutes les techniques de forage et de minage. Cette association possède 4 stations de recherches : Clausthal, l'Académie Minière, la mine Rommelsberg à Goslar et la mine de sel de Mariäglück près de Celle.

La pose du soutènement occupe entre 15 à 30 % de la durée totale du cycle de travail.

Le nombre de galeries non soutenues est insignifiant dans les mines de charbon allemandes.

Le travail nécessaire pour la pose des cadres augmente rapidement avec la section. Dans les mines de la Ruhr, 36 % des boueux ont une section à terre nue comprise entre 12 et 15 m² et 41 % ont une section à terre nue dépassant 15 m². Le poids du revêtement métallique varie de 20 à 40 kg/mètre. L'espacement des cadres varie de 0,50 à 1 m en général.

La section de creusement dépasse en moyenne de 20 à 25 % la section utile, ce qui implique un travail supplémentaire de 30 à 50 % plus élevé que dans le cas d'une galerie sans soutènement.

L'élévateur spécial pour la pose des cadres, livré par la firme Salzgitter, est toujours à l'essai.

Le boulonnage n'est que rarement utilisé à cause des pressions de terrain. Il semble cependant qu'il faut tendre à utiliser conjointement et les boulons et les cadres métalliques. On espère augmenter l'avancement des boueux en utilisant des boulons au toit et des treillis métalliques comme revêtement provisoire et en plaçant ensuite les cadres métalliques à l'arrière.

La ventilation coûte cher, mais de bonnes conditions d'aéragé à front ne peuvent qu'améliorer le rendement des hommes.

En Allemagne, les ouvriers travaillent 30 minutes en moins si la température sèche du chantier atteint 28° C, ce qui est le cas dans 12 % des boueux. On exige à front 100 litres d'air par seconde et par ouvrier du poste le plus nombreux. L'aéragé est en général de 1 m³/s pour les petites sections et de 1,70 m³/s pour les sections plus grandes. Il est interdit de placer plusieurs ventilateurs sur une même colonne d'aéragé, sauf au voisinage immédiat les uns des autres.

Les ventilateurs à air comprimé de type axial prédominent, mais on les remplace souvent par des ventilateurs électriques de 4 à 22 kW suivant la longueur de la conduite d'aéragé. Les diamètres de canars actuellement utilisés sont 400 et 600 mm, les canars en plywood et en plastique coûtent 60 % moins cher que les canars métalliques.

Pour diminuer la température de l'air à la sortie des canars, on fait passer celui-ci par un appareil réfrigérateur, situé à 75 m des fronts. Ces machines retiennent 30.000 à 45.000 kcal/h pour une con-

sommation de puissance de 7 à 10 kW et coûtent 480.000 FB.

Le coût de la consommation journalière d'un ventilateur moyen est de 528 FB s'il est à air comprimé et de 84 F s'il est électrique, tandis que le prix d'achat d'un ventilateur à air comprimé s'élève à 10.800 F et à 54.000 F s'il est électrique.

Si l'avancement du boueu est de 2 m par jour, on peut estimer à 720 FB/m le coût de l'aéragé par ventilateur à air comprimé et à 276 F s'il est électrique.

Dans le cas d'un avancement quotidien de 5 m, le coût de l'aéragé est respectivement de 312 FB/m et 120 FB/m suivant que le ventilateur est à air comprimé ou électrique.

Le rendement d'un ouvrier diminue de 20 % si le terrain est gréseux. La durée moyenne du travail effectif à front s'élève à 345 minutes.

Les deux types d'organisation de travail cyclique et non cyclique ont leurs partisans ; il semble cependant que le travail cyclique s'accorde mieux avec les exigences générales de la mine, au point de vue heure de tir, transport, surveillance.

Le rendement moyen d'un ouvrier est de 2,7 m³ en schiste, de 2,5 m³ en psammite et de 2,3 m³ en grès pour une section utile de 12,5 m². Des avancements de 75 à 100 m par mois sont considérés comme normaux, de 100 à 150 m comme excellents et supérieurs à 200 m comme exceptionnels.

Le salaire moyen d'un ouvrier est de 240 FB et les charges sociales sont estimées à 80 %.

Le coût total des 300 km de boueux creusés annuellement revient à 2.400 millions de FB, soit un coût moyen de 8.000 FB/m de boueu.

On espère réaliser des avancements plus rapides par l'utilisation de chargeuses-abatteuses continues. Des essais sont entrepris par la firme Bade au moyen du Bohrwolf pour creuser des galeries circulaires de 4 m de diamètre. D'autres engins sont fabriqués par les firmes Wohlmyer et Allmann.

Creusement de tunnels dans les mines de charbon britanniques par

R. F. LANSDOWN et W. A. Mc CLUNIE

Entre les deux guerres et avant la nationalisation, les charbonnages anglais ont creusé très peu de galeries au rocher. Au moment de la nationalisation, le N.C.B. a dû créer des techniques et des équipes pour le creusement des boueux. Il s'est inspiré de ce qui a été réalisé dans les galeries hydroélectriques anglaises et dans les mines du continent.

Il a fallu constituer des centres de recherches sur le forage et le minage.

Afin de mettre au point le matériel et l'organisation, le N.C.B. a creusé des boueux modèles dont le premier fut commencé en janvier 1957 à la

mine Ashton Moss dans le Lancashire. Deux types distincts de tunnels sont créés :

1) boueux de démonstration dans lesquels on utilise un matériel courant, mais avec une organisation de travail très poussée ;

2) boueux expérimentaux dans lesquels on essaie de nouveaux engins et où l'on met au point les nouvelles techniques de forage et de minage.

Le tunnel de Ashton Moss a 690 m de longueur et une section de 5 m sur 3,40 m.

Il a été équipé au début de 2 chargeuses Eimco 21 B chargeant dans des berlines de 500 litres et le forage est effectué par 5 marteaux perforateurs Holman Silver III en utilisant un plancher de forage léger.

Le but de l'organisation du travail est de réaliser $1 \frac{3}{4}$ cycle de 2 m par poste de 8 hommes, y compris les surveillants et boute-feux. L'avancement moyen a été 29 m/semaine et le maximum 38 m/semaine de 5 jours. Le rendement moyen a atteint 6,3 m³/hp.

On a poursuivi le boueu en remplaçant les deux petites chargeuses par une Eimco 40 W chargeant dans des berlines de 4 m³. L'avancement moyen s'est élevé à 31 m/semaine avec un maximum de 42 m/semaine. Le rendement moyen est de 7 m³/hp.

Tous les conducteurs et ingénieurs du pays s'occupant du creusement de galeries ont été envoyés en stage par roulement durant 2 semaines pour étudier l'organisation du travail dans ce boueu modèle.

En 1953, seuls trois boueux avaient un avancement hebdomadaire dépassant 18 m, tandis qu'en 1958, 22 boueux dépassent les 18 m par semaine et 6 ont un avancement supérieur à 27 m.

L'avancement record a été réalisé à la mine Tower dans le Pays de Galles, dans un boueu d'une section de 4,80 m sur 3,60 m, avec un avancement de 68 m/semaine de 7 jours avec 6 hommes par poste.

En 1957, on a creusé 83 km de tunnels en Angleterre. Le rendement moyen de tous les tunnels creusés en 1958 est de 3,2 m³/hp front pour une section moyenne de 15 m².

Sur les 267 fronts actuels de creusement de tunnels, 215 utilisent des marteaux-perforateurs percutants, 4 des rotatifs, 4 des percutants-rotatifs et 44 des rotatifs électriques. En 1958, 70 % des perforateurs sont montés sur béquilles et 12,8 % sur jumbo et chariot de forage.

Les perforateurs percutants légers, de 20 à 25 kg, sont préférés à ceux de 50 kg, bien que ceux-ci donnent une vitesse de forage 50 % plus élevée, mais leur vitesse commerciale de forage est équivalente.

Les foreuses électriques sont utilisées en terrains tendres, la force de poussée à fournir devenant prohibitive en terrains durs.

Il semble que les marteaux perforateurs roto-percutants seront de plus en plus utilisés à l'avenir. Leur emploi est restreint actuellement par suite de la grande consommation d'air comprimé.

Aussi bien en schiste qu'en grès, on constate qu'avec les marteaux perforateurs mus à l'air comprimé, la vitesse de forage instantanée des marteaux rotatifs et rotatifs percutants est double de celle des marteaux percutants, mais la consommation d'air comprimé est 50 % plus forte avec les rotatifs et 3 fois avec les roto-percutants qu'avec les percutants.

La plupart des tunnels utilisent un tir par bouchon « burn cut » avec des longueurs de volées de 2 à 3 m.

Si en 1949, il y avait encore 53 % des tunnels dans lesquels le chargement des déblais était manuel, il n'y en a plus que 10,8 % en 1958, presque tous montant ou descendant suivant un grand angle.

Le tableau VI donne la répartition des 299 engins de chargement utilisés dans les creusements de tunnels.

Ce tableau montre que 77 % des engins de chargement sont des chargeuses à godet. Parmi ceux-ci, 75 % sont du type Eimco 21 ; dans 56 tunnels, 2 chargeuses Eimco 21 sont utilisées conjointement. Les Eimco type 621, 622 et 630, montées sur chenilles, sont très maniables. Les chargeuses Eimco 40 sont d'un grand rendement avec l'utilisation des berlines de forte capacité.

TABEAU VI.

<i>Chargeuses à godet</i>	
Eimco type 12 B	5
» type 21	167
» type 621, 622, 630	25
» type 40 H et 40 W	20
Joy Sullivan H L 20	1
Conway 60	1
Atlas Copco L M	9
<i>Chargeuses à bras</i>	
Joy 8 B U, 12 B U	4
Mavor et Coulson 2,3	23
Scrapers	22
Chargeuses à secousses	18
Chargeuses à râteau	4

Les scrapers sont très économiques et permettent de travailler sans interruption, même lors de l'échange des berlines.

Les chargeuses à secousses sont presque entièrement utilisées pour les montages.

La chargeuse à râteau type Westfalia est la plus récente application.

L'utilisation d'un pousseur permet d'augmenter le rendement des chargeuses de 15 à 20 %.

Dans les descenderies, on utilise souvent les chargeuses Eimco 21 et 40 H halées par un câble commandé par une poulie fixée à l'arbre des roues. On peut aller jusqu'à des pentes de 1 à 2 1/2 avec la Eimco 21 et de 1 à 5 avec le type 40.

Le scraper semble avoir beaucoup d'avenir dans le creusement des bouveaux montants ; cependant quand l'inclinaison est faible, on utilise aussi parfois une des chargeuses à secousses.

La seule opération non encore mécanisée du creusement de tunnel est la pose du revêtement. Le pourcentage de temps consacré à cette opération augmente à mesure de la mécanisation des autres opérations. Elle dépend encore entièrement de l'effort physique des ouvriers.

Les cadres en 2 ou 3 pièces forment la majorité des soutènements.

Le garnissage est constitué de rondins en bois, de dalles en béton armé, de treillis métalliques ou de mortier projeté par le procédé « Aliva ».

Jusqu'ici, environ 4.000 m de boulons ont été utilisés comme revêtement, soit seuls, soit (pour 8 % du total) conjointement avec les cadres métalliques.

A peu d'exceptions près, tout l'abatage du charbon s'effectue en Grande-Bretagne au moyen d'engins électriques, mais, sauf dans les terrains tendres, il n'est pas encore possible actuellement d'électrifier entièrement le creusement des voies. Aussi, la plupart des chantiers sont équipés d'un compresseur d'air comprimé.

Lorsque l'on utilise l'air comprimé fourni depuis la surface, il convient d'utiliser un surpresseur.

Fournir de l'air comprimé à 6 kg/cm² au lieu de 5 kg/cm² augmente le rendement de forage de 15 à 20 %. Le diamètre des canars d'aéragé varie de 300 à 750 mm.

Des avancements de 9 à 12 m par jour sont actuellement courants en Angleterre.

Creusement de tunnels au Canada par

M. A. TWIDALE et A. IGNATIEFF

Dans les charbonnages canadiens, la plupart des galeries sont tracées en charbon, tandis que dans les mines métallifères elles sont en général de faible section. La plupart des grands tunnels sont creusés dans le cadre des grands projets hydro-électriques.

1) Un tunnel de 1034 m et de 11° de pente a été creusé à la mine Princess pour relier une vieille mine aux exploitations actuelles. Les parois sont verticales et la couronne semi-circulaire, avec une largeur de 5,30 m au pied et une hauteur de 3,90 m. Le terrain traversé est constitué de roches tendres aquifères avec une venue d'eau de 750 litres/min.

Au début, on réalisait des passes de 1,80 m avec des détonateurs à demi-seconde et chargement des déblais au moyen d'une chargeuse Joy 8 B.U.P.,

mais des difficultés se sont produites par suite des venues d'eau à front. Le rendement a presque doublé en réalisant des passes de 2,40 m avec des détonateurs à micro-retard et chargement des déblais au moyen d'un scraper Ingersoll du type « Pacific ».

Le garnissage provisoire est réalisé par boulonnage, tandis que le revêtement définitif est constitué par cadres métalliques et une couche de béton de 45 cm d'épaisseur.

Le prix de revient par mètre peut se décomposer en :

creusement et revêtement métallique	33.100
bétonnage	21.800
équipement du tunnel	15.800
travaux préparatoires en surface	9.400
surveillance, énergie	8.000

88.100 FB

Ce tunnel est équipé d'une courroie pour l'évacuation du charbon, ainsi que d'une voie auxiliaire.

2) La société Aluminium Company of Canada réalise actuellement de grands travaux hydro-électriques pour fournir l'énergie à une nouvelle usine de traitement de minerais d'aluminium. Au début, cette usine doit produire annuellement 83.000 tonnes d'aluminium. De nombreux tunnels sont à creuser à travers des terrains éruptifs et dans une région inaccessible des Montagnes Rocheuses de la Colombie britannique.

Le tunnel principal de 17 km a été attaqué en 4 points. Il a fallu extraire en moins de trois ans plus de 3.500.000 tonnes de roches.

La hauteur du tunnel en forme de fer à cheval est de 7,50 m et sa largeur est également de 7,50 m. Le forage est effectué par 12 marteaux perforateurs Ingersoll et Atlas montés sur des Jumbos à trois étages (fig. 29).

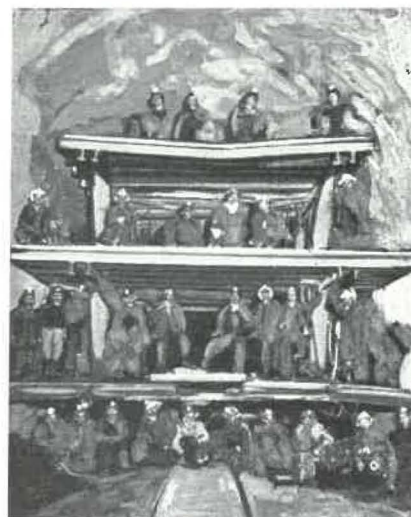


Fig. 29. — Jumbo de forage à 3 étages équipé de 12 marteaux-perforateurs.

La longueur d'une volée est de 3,60 m et le nombre des mines de 105 en moyenne.

Le personnel de forage comprend environ 38 hommes.

Le chargement des déblais est effectué par une chargeuse électrique Conway de 100 ch, chargeant des berlines de 5 m³ du type Granby.

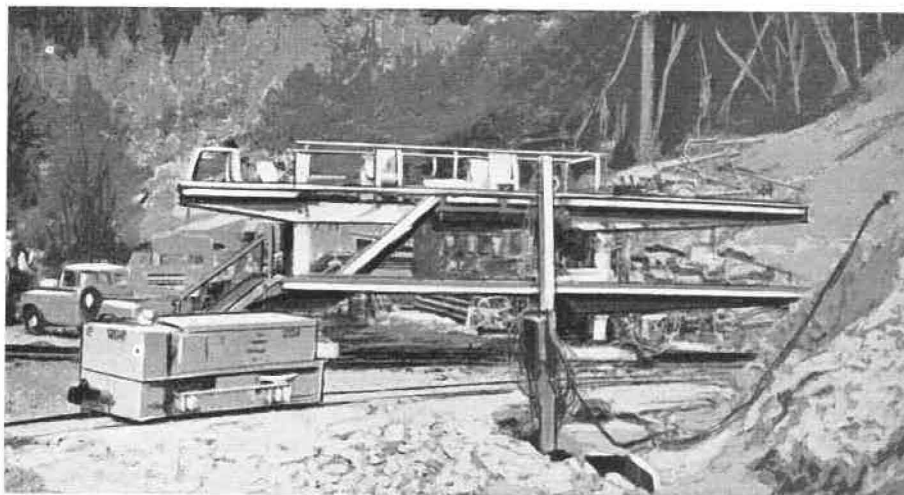


Fig. 30. — Plate-forme de forage utilisée depuis peu aux Etats-Unis.

L'avancement moyen pour chaque chantier est de 9 m par jour à 3 postes ; des avancements quotidiens de 14 m ont été réalisés.

3) La mine Geco, où l'on exploite un filon de cuivre et de zinc découvert en 1953 dans une région inaccessible de la province d'Ontario, a nécessité en deux ans le creusement de 500 m de puits, 3.000 m de galeries, 1.500 m de burquins, sans compter les voies en couches.

La majorité des galeries au rocher ont une section de 2,40 m sur 3 m et sont équipées à 3 postes de 3 hommes.

La méthode de travail est d'un cycle de 2,10 m par poste. Le forage des 36 mines est effectué par 3 marteaux-perforateurs Copco BB 5 21 W en 3 heures. Le chargement des déblais est effectué par une Eimco 21.

Le rendement est de 0,69 m par homme-poste.

D'après l'ensemble des travaux au rocher au Canada, il semble que 2 foreurs doivent pouvoir forer une volée de 3,60 m pour une section de 3 × 3,60 m en 3 heures.

Des essais de forage ont été faits avec des couronnes au diamant, mais ils se sont avérés trop coûteux.

En terrains tendres, on utilise un bouchon convergent, tandis qu'en terrains durs on préfère le bouchon « burn cut » de 5 à 9 trous. Dans ce dernier cas, on fore quelques trous de 42 mm de diamètre qui seront non chargés et on utilise un explosif de plus faible puissance.

Creusement de tunnels aux Etats-Unis d'Amérique par S. KIMBALL

Les salaires sont fort élevés aux Etats-Unis, ce qui oblige les ingénieurs à mécaniser au maximum les chantiers ; toute machine qui fait gagner de la

main-d'œuvre y est rentable. Malgré une forte augmentation des salaires ces vingt dernières années, le prix de revient du creusement des tunnels n'a que très peu augmenté.

Les premiers grands tunnels ont été creusés dans la seconde moitié du siècle dernier lors de la construction des voies ferrées reliant les deux océans. Depuis lors, la plupart des tunnels creusés servent au transport de l'eau pour alimenter les villes, irriguer les champs du sud de la Californie ou produire la houille blanche.



Fig. 31. — Chargeuse montée sur chenilles avec godet d'une capacité de 1.350 litres.

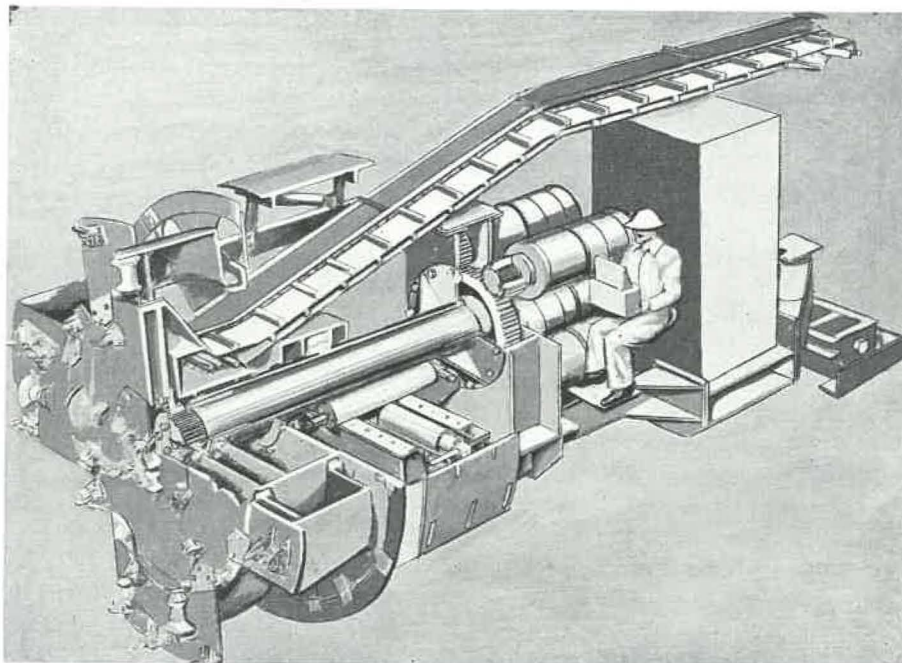


Fig. 32. — Mineur continu appelé « mole » creusant des galeries de 8,70 m de diamètre à la vitesse de 45 m/jour.

La figure 30 montre une plate-forme de forage utilisée depuis peu aux Etats-Unis. Elle est équipée de plusieurs gros marteaux perforateurs percutants montés sur bras et de « positionneurs », appareils

qui permettent au foreur d'amorcer les trous tout seul depuis son moteur de forage.

Pour faciliter le travail de forage, on utilise beaucoup les tirs avec bouchon par « burn cut » en fo-

TABLEAU VII.

Année	Tunnel - Localisation	Terrain	Longueur en km	Section	Avancement jour. moyen en m
1928	Moffat - Tunnel chemin de fer Colorado	schiste granit	10	4,80 × 7,2 fer à cheval	2,20
1931	Cascade - Tunnel chemin de fer Washington	schiste granit	12,5	5,40 × 7,5 fer à cheval	2,70
1935	Aqueduc Metropolitain - Californie	schiste granit	90	4,80 × 4,8 fer à cheval	6
1940	Aqueduc Delaware - New York	grès schiste calcaire	70	5,40 circulaire	10
1955	Tucumbene - Tumut Australie	quartzite	22	7,20 circulaire	11,60
1958	Tunnel Haas - Californie	granit	10	3,90 × 3,9 fer à cheval	19
1958	Aqueduc Delaware - New York	grès schiste	39	4 × 4 fer à cheval	20

rant 1 ou 2 trous de 100 à 200 mm de diamètre au centre de la section.

La figure 31 montre une chargeuse Eimco, avec godet de 1.350 litres, utilisée dans les creusements des tunnels.

Lorsque l'on creuse des galeries dans une région inconnue au point de vue géologique, il importe de forer le terrain à l'avance pour prévoir les modifications éventuelles à apporter aux plans de tir et au soutènement.

Dans les roches dures, on réalise couramment des avancements de 7,50 m/jour.

Le tableau VII cite quelques creusements de tunnels.

Au tunnel de Clear Creek, de 5,30 m de diamètre, des creusements de 15 m/jour ont été réalisés.

Le tunnel Oake, dans le Dakota du Sud, de 8,70 m de diamètre, est creusé au moyen d'un mineur continu appelé « mole » (fig. 32). Ce mineur creuse à la vitesse de 45 m/jour.

Quelques aspects des travaux souterrains réalisés pour l'aménagement des Montagnes Neigeuses en Australie par L. W. GILMOUR

Un plan d'aménagement hydraulique des montagnes neigeuses a été mis au point par les Services hydro-électriques australiens pour augmenter le volume d'eau servant à l'irrigation de plus de 2 milliards de m³ et pour fournir une énergie électrique de 6 millions de kWh.

Ce projet prévoit la construction de plusieurs tunnels et de plusieurs barrages avec les chutes d'eau et les installations de centrales électriques annexes.

La centrale hydro-électrique T₁ est située à 300 m de profondeur dans la vallée de la rivière Tumut. Le terrain est constitué de granit et de gneiss.

La salle de machines mesure 92 m de longueur, 32 m de hauteur et 18 m de largeur, et la salle des transformateurs mesure 39 m de longueur, 14 m de hauteur et 17 m de largeur.

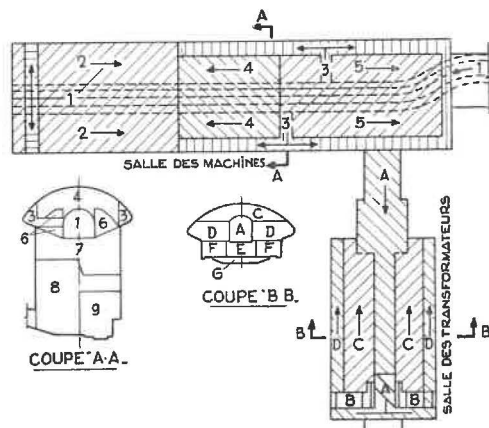


Fig. 33. — Etapes du creusement de la salle de machines et de la salle des transformateurs d'une centrale.

La figure 33 montre les différentes étapes de creusement réalisées pour les 2 salles.

Un tunnel d'accès (1), de 6 m sur 6 m environ comme section et 420 m de longueur, a été creusé depuis la vallée jusqu'à l'extrémité de la salle des machines à hauteur des voûtes. Deux petites galeries latérales ont été creusées à son extrémité, puis toute la section de couronne a été abattue en allant vers la vallée. Le toit était boulonné à mesure de l'avancement. Par suite du danger de chute de blocs, on a préféré placer des cadres provisoires contre le terrain et creuser en deux fois comme indiqué sur la coupe A - A. Après placement des cadres, le toit était boulonné, puis les cadres étaient ôtés. Une culée de béton a été coulée à la base de la voûte qui est constituée par plusieurs nervures en béton. Par plans inclinés et tranchées, le creusement a été



Fig. 34. — Fin du creusement de la salle des machines.

poursuivi jusqu'au bas de la salle. La figure 34 montre la fin du creusement. La coupe B - B montre les étapes du creusement de la salle des transformateurs. Les parois verticales sont boulonnées et, lorsque le terrain est mauvais, un treillis de protection est fixé aux boulons.

Le volume de roches extraites de la salle des machines est de 41.300 m³ et la durée de creusement a été de 21 mois, tandis que le volume de la salle des transformateurs est de 8.250 m³ avec une durée de creusement de 9 mois.

Plusieurs séries de mesures ont été réalisées durant le creusement.

Les mouvements de l'extrémité de 30 boulons ont été suivis au moyen du niveau depuis leur placement jusqu'à la fin des travaux. La variation maximum a été de 9 mm avec une moyenne de 3 mm.

Des disques ont été fixés à différents endroits des nervures en béton et des parois de la salle et leurs mouvements observés au moyen d'un théodolite. Des mesures de convergence ont aussi été faites entre disques des deux parois opposées.

Une vingtaine de bases pour des mesures angulaires par clinomètres ont été placées à la base des nervures et à la tête de quelques boulons.

Des appareils de mesures de déformations Carlson ont été placés dans le béton des nervures.

Des appareils de déformations Huggenburger ont été mis sur des nervures en béton.

Des appareils de mesures acoustiques ont été glissés dans des trous de sonde pour déceler les fissures dans la roche.

Des vérins plats ont été utilisés pour mesurer les tensions horizontales et verticales dues à la pesanteur.

Des essais de résistance de voûtes et de poutres boulonnées ont été effectués en laboratoire avant d'entamer les travaux.

La figure 35 montre un volume de pierres 30/60 de 2 m de hauteur, contenues entre 4 parois en planches de 1,20 m de côté et maintenues en place par boulonnage malgré une surcharge verticale de 6 tonnes.

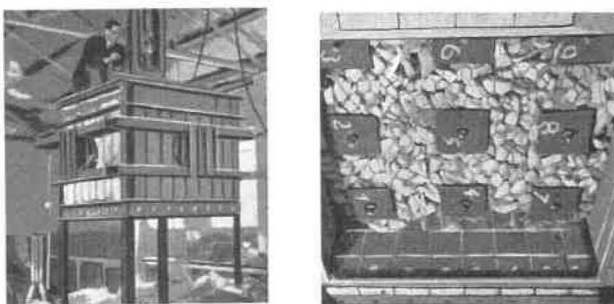


Fig. 35. — a) Volume de pierres maintenu entre 4 planches au moyen de boulons. — b) Vue de la partie inférieure du volume de pierres.

Dans la salle des machines, 2.455 boulons d'une longueur totale de 13.000 m ont été forés dans la voûte et en parois.

Le tunnel Tucumbene-Tumut, de 21 km de longueur et de 7,20 m de diamètre, est creusé par 4 tronçons dont 2 partent de chaque extrémité et les 2 autres sont creusés à partir d'un puits de 100 m.

Le forage est effectué au moyen d'un jumbo équipé de 12 marteaux-perforateurs. La vitesse commerciale de forage (installation comprise) est de 26

cm/min en roches sédimentaires et de 20 cm/min en granit. Le chargement des mines est effectué en 27 min et l'attente après le tir dure 15 min. Les déblais sont chargés par une chargeuse Conway de 950 litres de capacité dans des chariots de 8 m³. Il faut 112 à 130 minutes pour charger toutes les terres d'une volée de 3,60 m.

Le soutènement des parties moins bonnes est fait par cadres, par boulons et par bétonnage.

L'avancement moyen de 64 m/semaine de 6 jours a été réalisé par chantier avec une avance maximum de 146 m/semaine (non compris le bétonnage éventuel qui est effectué par après).

Différents puits allant jusqu'à 360 m de hauteur ont dû être creusés. Trois puits de 360 m, d'un diamètre de 4,20 m pour deux puits et 3,60 m pour le troisième, sont creusés en montant. Quatre puits de 50 à 100 m sont creusés à petite section en descendant, puis sont recarrés à dimension en descendant.

Pour les travaux actuellement en cours, les ingénieurs préconisent l'emploi généralisé de boulons cimentés dans les trous. On espère obtenir ainsi une meilleure adhérence des boulons à la roche et diminuer la corrosion de l'acier.

Le creusement de bouveaux de grande section en terrains tendres et revêtement par claveaux en béton (1) par P. STASSEN et H. van DUYSE

Les terrains du bassin campinois sont en général constitués de schistes très tendres qui s'altèrent très rapidement.

Les revêtements habituels par cadres métalliques n'ont pas résisté aux pressions de terrain et il a fallu adopter un soutènement par claveaux en béton. Dans ce bassin, 75 % des bouveaux, soit 340 km, sont revêtus de claveaux.

Ces galeries, d'un diamètre utile de 4 à 4,80 m, nécessitent le creusement d'un cylindre de plus de 6 m de diamètre.

La figure 36 montre une coupe d'un bouveau de 4,50 m de diamètre. Le vide entre les claveaux et le terrain est bétonné.

Grâce à une technique très étudiée mise au point par les ingénieurs de Beeringen, on est parvenu à y obtenir des vitesses d'avancement de 1,80 m à 2 m/jour avec un personnel quotidien de 13 hommes, ce qui donne un rendement de 1,50 m/hp ou 4,3 m³/hp.

Ces avancements sont obtenus avec le matériel standard, marteaux-perforateurs Atlas ou Colinet, chargeuses Gardner GD 14 avec godet de 250 litres.

La mise en place est faite au moyen d'engins très simples, conçus et réalisés au charbonnage. Toute

(1) Pour plus de détails sur le creusement de bouveaux et claveaux, voir Bulletin Technique « Mines » n° 61.

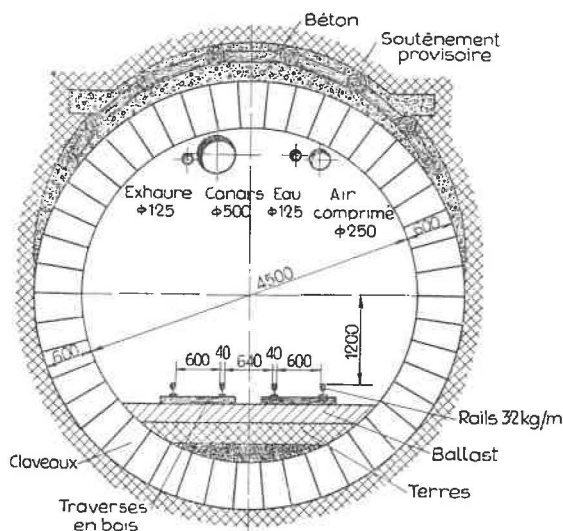


Fig. 36. — Coupe d'un bouveau de 4,50 m de diamètre revêtu au moyen de claveaux en béton.

cette manutention est axée sur un trou de 18 cm de profondeur et de 30 mm de diamètre situé au centre de la face intrados du claveau.

Dans la méthode analysée, le revêtement provisoire constitué par des bèles en bois est laissé en place au-dessus du revêtement définitif en claveaux.

Pour éviter cette dépense en bois et par raison de sécurité, d'autres charbonnages placent un revêtement provisoire constitué par des cadres métalliques, tandis que les claveaux sont placés 4 à 20 m à l'arrière.

Creusement de bouveaux de section moyenne dans le Groupe Henin-Liétard des Charbonnages du Nord et du Pas-de-Calais.

par E. HOUSSIN et R. SINGER

Les irrégularités de gisement du bassin du Nord et du Pas-de-Calais obligent à creuser un vaste réseau de bouveaux ou de galeries au rocher. La concentration consécutive à la nationalisation des mines a considérablement augmenté les longueurs à creuser.

Les travaux préparatoires de l'étage 370 au siège 24 du groupe s'élèvent à 63 millions de FB, dont 48 millions pour les creusements de bouveaux. L'importance de ces sommes exige des creusements très rapides pour accélérer la mise en activité des chantiers d'exploitation.

Dans le Nord, les exploitations s'approfondissent en moyenne de 9 m par an et de 12 m pour certains puits.

Il convient de choisir et d'adopter le matériel le mieux approprié aux conditions imposées par le terrain, la pente ou la section.

Pour le forage des mines, on a essayé successivement, depuis 10 à 12 ans, les jumbos avec marteaux perforateurs de 50 kg, puis les marteaux rotatifs puis les marteaux perforateurs percutants légers actuels.

Pendant la même période, on est passé des chargeuses Eimco 12 aux Eimco 21, puis aux Eimco 40.

L'organisation du travail a été étudiée dans ses moindres détails. La première tâche a été de chronométrer toutes les opérations, puis de réduire chacune de celles-ci au minimum et enfin de coordonner toutes ces tâches pour que tous les ouvriers soient occupés continuellement. On a pu réaliser ainsi 2 cycles par poste.

Les conditions de travail, telles que les transports à front, les conditions climatiques, les bruits, ont été fortement améliorées. Les chantiers au rocher peuvent être considérés maintenant comme les plus sains de la mine.

Les avancements rapides de 10 m par jour en moyenne, dans des bouveaux de 13 m² de section, ont permis de réduire à 5 le nombre de fronts actifs pour réaliser les 60 m/jour de bouveaux à creuser dans l'ensemble du groupe Henin-Liétard. Chacune des équipes creuse de 200 à 250 m/mois.

En 1957, on a creusé 9.905 m de bouveaux dans le groupe pour une production totale de charbon de 5.205.244 tonnes, soit une moyenne de 1,90 m de bouveau par 1.000 t de charbon. Le coût moyen de ces creusements de galeries s'est élevé en 1958 à 5.359 FB/m, dont 2.059 FB en salaires et 3.300 FB pour l'équipement.

Le rendement moyen est de 2,22 m/hp en 1957, tandis qu'il était de 0,50 m en 1950 et 1,04 m en 1955.

On ne pourra probablement plus augmenter de beaucoup les vitesses de creusement actuelles sans bouleverser entièrement la conception des méthodes de travail.

De petits détails ont permis d'améliorer fortement le rendement des machines ; pour le chargement des déblais par exemple, il convient de choisir la plaque d'échange des berlines vides la mieux adaptée aux voies et aux berlines, d'équiper les chargeuses d'un dispositif de fixation des berlines et d'un système de pousseur et d'étudier les allonges appropriées pour le chargement des déblais à front de bouveau.

L'utilisation de l'air comprimé à une pression de 6 à 7 kg/cm² est indispensable pour obtenir les meilleurs rendements des chargeuses et des marteaux-perforateurs ; on utilise en France des surpresseurs qui alimentent le front en air comprimé à une pression de 7 kg/cm².

L'aération doit être très puissante pour éliminer rapidement les fumées des 2 tirs du poste ; les ventilateurs ont une puissance de 10, 20 ou 32 ch suivant la longueur du bouveau, et les canars ont soit 600, soit 700 mm de diamètre. Les canars plastiques ont un meilleur prix de revient que les canars métal-

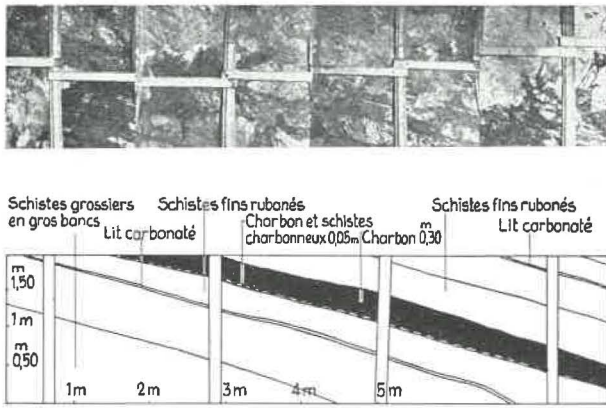


Fig. 37. — Levé photographique des terrains à la paroi d'un bouveau.

liques par suite de leur légèreté et de leur longueur plus grande.

Le personnel d'un front de creusement d'une section moyenne est de 6 hommes qui ont tous une tâche bien définie. Cette méthode ne peut réussir que par un entraînement très suivi de toute l'équipe.

Il faut environ 3 à 4 mois pour former une équipe et un an pour former les 3 équipes d'un chantier.

Le travail continu exige la présence d'un coordinateur entre les 3 équipes, qui veille à l'approvisionnement en matériel et en berlines, à l'entretien et à la réparation de l'équipement et à la bonne entente entre chaque équipe et parmi les ouvriers de chacune de celles-ci. Il est aussi responsable du maintien de la direction et du niveau et de la propreté du chantier, il doit être présent lors de la traversée des failles ou de dérangements.

Les rendements obtenus au siège 24 dans un bouveau de 14 m² de section, depuis février 1956 jusqu'en octobre 1958, varient de 8,05 à 9,05 m³/hp et de 0,62 à 0,69 m/hp suivant la dureté du terrain.

Des avancements de plus de 10 m par jour ne permettent pas de relever convenablement le terrain par le procédé habituel. Immédiatement après la pose des cadres et avant la pose du garnissage, on photographie les 2 parois à chaque cycle au moyen d'un appareil cinématographique de 35 mm et un flash électronique antigrisouteux. La figure 37 représente un de ces relevés photographiques avec son interprétation.