

Symposium sur le fonçage de puits et le creusement de galeries

organisé par « The Institution of Mining Engineers »

Londres, 15, 16, 17 juillet 1959

Compte rendu par INICHAR

SAMENVATTING

Dit Symposium bracht meerdere honderden deelnemers uit meest alle mijnontginnende landen der wereld samen. Vijfentwintig mededelingen werden ingebracht door veertien verschillende landen.

Huidige nota heeft tot doel aan de lezer de essentiële gedachten te doen kennen die door de auteurs werden naar voren gebracht. De mededelingen zijn daartoe in twee hoofdgroepen ingedeeld; de ene betreft de delving van de schachten, de andere de delving der steengangen.

In deze aflevering van de *Annalen der Mijnen van België* wordt een samenvatting gegeven van de mededelingen betreffende de schacht delving.

De delving der schachten blijft een zeer belangrijk probleem en grote vorderingen werden geboekt tijdens de laatste tien jaar. De huidige schachten bereiken delvingsdoormeters van 10 m en de diepte groeit aan naarmate de uitputting van de afzettingen.

Wegens de omvang van de investeringen die vereist zijn voor de delving en de uitrusting van de schachten en voor de bovengrondse installaties, is het van het hoogste belang al deze werken met de grootste spoed uit te voeren om zohaast mogelijk de winning te kunnen aanvangen.

De delvingssnelheid schijnt een hoogtepunt bereikt te hebben met een maandelijkse vordering van 300 m die in Zuid-Afrika bereikt werd. Met het huidige materieel en de gebruikelijke arbeidsmethoden zal men slechts moeilijk dit rekord kunnen overtreffen. Het doel van de Zuid-Afrikaanse ingenieurs is blijkbaar deze prestaties te veralgemenen en vervolgens het zeer talrijke personeel te verminderen om het rendement per man-dienst te verbeteren.

Het streven van de overige landen blijft meer bescheiden. Men tracht een maandelijkse vooruitgang van 100 m te bereiken, maar met veel minder personeel dan in Zuid-Afrika.

De tendens voor de volgende decade schijnt zich te richten naar het ontwerpen en op punt stellen van volledig automatische delfmachines, bediend door een zeer beperkt aantal specialisten.

De doorboring van de waterhoudende dekterreinen blijft steeds moeilijke en delicate problemen stellen. Drie methoden blijven hoofdzakelijk in gebruik: de cementatie, de bevrozing en het schachtboren. Al deze methoden ondergingen verdere verbeteringen tijdens de laatste jaren.

De cementatie-methode heeft voordeel gehaald uit de vooruitgang van de boortechiek en de verbetering van het boormaterieel enerzijds en uit de ontwikkeling van nieuwe injectieprodukten: cement, silticaten, bentonite, enz. anderzijds.

De bevrozingsmethode is eveneens begunstigd geweest door de snellere uitvoering der boorgaten en de mogelijkheden tot veelvuldiger en doelmatiger controle van hun afwijkingen, en tot hun eventuele rectificatie.

De methode Honigmann - De Voos die in Nederland en in sommige Duitse mijnen wordt toegepast maakt grote boorsnelheden mogelijk tot op diepten van 500 m die tot dan toe nooit bereikt werden met deze methode.

Voor wat betreft de eigenlijke delving hebben de Zuid-Afrikaanse ingenieurs delvingsmethoden ontwikkeld met semi-gelijktijdige en zelfs met gelijktijdige plaatsing van de bekleding.

Bij de schachtbekleding wordt de gietijzeren cuvelage steeds minder gebruikt. Voor de doorboring der dekterreinen maakt men voornamelijk gebruik van gemengde cuvelages, gevormd door beton gevat tussen twee stalen ringen. De ruimte tussen de stalen buitenwand en het terrein wordt gevuld met bitumen. Dit produkt verzekert de waterdichtheid en geeft een betere verdeling van de spanningen.

In droge terreinen of in gecementeerde waterhoudende terreinen gebruikt men bij voorkeur een betonbekleding. Deze wordt vanaf de bovengrond langs een leiding gestort in passen van 15 tot 30 m hoogte.

In België heeft Mijnheer Dardenne een schachtbekleding met opgehangen betonblokken verwezenlijkt die grote vooruitgang mogelijk maakt met zeer eenvoudige middelen en die geen voorlopige bekleding eist.

RESUME

Ce Symposium a groupé plusieurs centaines de participants venus de la plupart des pays miniers du monde. Vingt-cinq communications ont été présentées en provenance de 14 pays différents.

Cette note vise à faire connaître aux lecteurs les idées essentielles qui ont été développées par les auteurs. Les rapports peuvent être classés en deux groupes principaux, traitant l'un du fonçage des puits et l'autre du creusement des galeries.

Ce numéro des Annales des Mines de Belgique donne un résumé des communications relatives au fonçage des puits. Les rapports traitant du creusement des galeries et des tunnels seront analysés dans le numéro suivant.

Le fonçage des puits reste un problème très important et de très grands progrès ont été réalisés au cours de cette dernière décade. Les puits creusés actuellement ont des diamètres à terre nue qui peuvent atteindre 10 mètres, tandis que la profondeur croît à mesure de l'épuisement des gisements.

Etant donné l'importance des investissements nécessaires au creusement et à l'aménagement des puits et des installations annexes, il est indispensable d'accélérer tous ces travaux pour extraire le plus tôt possible le charbon ou le minerai.

La vitesse de fonçage semble avoir atteint un sommet avec un record mensuel voisin de 300 mètres réalisé en Afrique du Sud. Avec le matériel actuel et les méthodes de travail habituellement employées, on ne pourra que très difficilement dépasser ce record. Le but des ingénieurs sud-africains est sans doute de généraliser ces avancements, puis de diminuer le personnel très abondant pour améliorer le rendement par homme/poste.

Le but des autres pays semble plus modeste. Il vise généralement à atteindre des avancements mensuels de l'ordre de 100 m, mais avec beaucoup moins de personnel qu'en Afrique du Sud.

Il semble que la prochaine décade verra la création et la mise au point de nouvelles machines de fonçage entièrement automatiques, actionnées par un nombre de spécialistes très limité.

Le problème de la traversée des morts-terrains aquifères reste un des points des plus difficiles et des plus délicats. Trois procédés sont toujours fort utilisés, à savoir la cimentation, la congélation et le forage à niveau plein. Chacune de ces techniques a fait de grands progrès au cours de ces dernières années.

La cimentation a bénéficié, d'une part, des progrès réalisés dans les techniques et le matériel de forage et, d'autre part, de la découverte et de la mise au point de nouveaux produits à injecter : ciment, silicate, bentonite...

La congélation profite surtout de l'exécution beaucoup plus rapide des forages, de la possibilité de contrôler fréquemment et efficacement leur déviation et de les rectifier éventuellement.

Le procédé Honigmann - De Vooy, adopté en Hollande et dans certaines mines allemandes, permet de réaliser de grandes vitesses de fonçage jusqu'à la profondeur jamais atteinte de 500 mètres.

Pour ce qui est du fonçage proprement dit, les ingénieurs sud-africains ont mis au point des procédés de creusement et de pose de revêtement semi-simultanés et même simultanés.

Dans les revêtements de puits, les cuvelages en fonte sont de moins en moins employés. Pour la traversée des morts-terrains, on utilise principalement des cuvelages mixtes constitués d'anneaux de béton emprisonnés entre deux anneaux métalliques ; le vide entre la paroi métallique et le terrain est alors rempli de bitume. Ce produit assure l'étanchéité et donne une meilleure répartition des tensions. En terrains non aquifères ou aquifères mais cimentés, on utilise de préférence un revêtement en béton. Celui-ci est déversé depuis la surface par une tuyauterie et on travaille généralement par passes de 15 à 30 mètres de hauteur.

En Belgique, Mr. Dardenne a mis au point un revêtement définitif par claveaux en béton suspendus, permettant de grands avancements avec des moyens très simples et ne nécessitant pas de boisage provisoire.

1^{re} partie : FONÇAGE DES PUIITS

I. ETUDES GENERALES

Etudes sur l'emplacement et le diamètre des nouveaux puits dans le Groupe « New Consolidated Gold Fields »

par D. M. JAMIESON et M. P. PEARSE

Le Groupe « New Consolidated Gold Fields » a creusé, de juillet 1948 à juin 1958, 21.000 mètres de puits dans l'état libre d'Orange et au Witwatersrand.

Le prix de revient moyen d'un mètre de puits de grande profondeur est de 82.000 FB, y compris le creusement, le revêtement, l'équipement et les treuils d'extraction avec les installations complètes.

Avant d'entreprendre le creusement d'un puits, il faut en justifier la nécessité, établir l'amortissement, fixer l'emplacement, connaître les futures utilisations du puits pour en déterminer les dimensions et ensuite choisir la méthode de fonçage la plus économique.

1. Etude de la nécessité de creuser un puits.

Avant d'entreprendre le creusement d'un nouveau puits, il importe de se rendre compte si l'on ne peut l'éviter par d'autres moyens.

1.1. Creusement de galeries à flanc de coteau.

Le gisement s'y prête rarement.

1.2. Descenderie.

Le creusement d'une descenderie revient moins cher que le fonçage d'un puits. Avec l'emploi de convoyeurs à courroies, on obtient de fortes capacités d'extraction à un prix modéré, mais leur emploi est limité à des gisements à faible profondeur jusque vers 600 mètres.

1.3. Approfondissement d'un puits existant.

Le coût d'un approfondissement est assez élevé s'il doit s'effectuer sans arrêter l'extraction des étages supérieurs. De plus, pour extraire la même capacité pour le puits à une profondeur plus grande qu'avant, il faut augmenter la puissance des treuils. Il faut aussi étudier si les emplacements des futures recettes sont bien centrés par rapport aux exploitations et si le volume d'air sera suffisant pour la ventilation des travaux présents et futurs.

1.4. Augmentation de la capacité d'extraction d'un puits existant.

La capacité d'extraction peut être augmentée par une organisation très poussée des translations diverses, par l'emploi d'acier à plus haute résistance à la traction pour les cages ou skips et pour les

câbles d'extraction et par une commande automatique ou même semi-automatique du treuil d'extraction.

1.5. Augmentation de la capacité de ventilation d'un puits existant.

Cette capacité peut être accrue en augmentant la section des galeries, en diminuant les pertes aux portes d'aéragé, en arrondissant les coudes et les accrochages, en aérodynamisant les moises.

2. Questions économiques.

Après que la nécessité technique de creuser un puits a été démontrée, il faut estimer le coût du creusement du puits et voir si le gisement est suffisamment important pour amortir les capitaux investis.

3. Choix du site.

Ce choix est conditionné par les conditions de gisement dans le fond, la nature géologique des couches, des fissures à traverser, et par les conditions d'accès en surface.

4. Utilisation du puits.

Il importe d'estimer le tonnage moyen et le tonnage maximum à remonter par le puits, ainsi que l'importance du personnel et du matériel à transporter.

5. Dimensions du puits.

Le puits comporte les compartiments de skips et le compartiment des cages.

Le nombre et la capacité des skips dépendent du tonnage maximum à extraire, de la profondeur, de la puissance des treuils d'extraction, du choix du système de suspension.

Les capacités des cages dépendent du personnel à descendre par poste. On s'arrange pour que toutes les manœuvres de personnel se fassent en moins d'une heure et demie. Il faut aussi que la cage puisse transporter les pièces les plus encombrantes et les plus longues.

La section circulaire avec revêtement en béton est adoptée en général pour les puits profonds, car elle est la plus favorable pour la ventilation et résiste le mieux aux pressions de terrain.

6. Choix de la méthode de fonçage.

La méthode de fonçage la plus économique, au point de vue prix de revient, est celle qui fait réaliser les plus grands avancements. Dans le cas du

creusement d'un nouveau puits de grand diamètre, les frais mensuels s'élèvent à 5.600.000 FB. Si l'on tient compte en plus de l'intérêt du capital, on peut estimer à 225 millions le bénéfice qu'un gain de temps de un an peut faire réaliser.

6.1. Nécessité ou non de faire la cimentation à partir de la surface.

On estime qu'en général le forage de 3 trous de très grande profondeur, jusqu'en dessous des terrains aquifères, est beaucoup plus économique que le forage, tous les 30 m, d'environ une trentaine de trous de 40 m de profondeur à partir du fond de creusement.

Pour le creusement d'un puits, la cimentation préalable de trois trous de 600 m a coûté 3.600.000 F, y compris la cimentation proprement dite.

Pour le puits voisin, on avait préféré cimenter à mesure de l'approfondissement ; la cimentation a coûté 2 à 3 fois plus cher que dans l'application précédente.

Dans le cas de roches dolomitiques à grandes cavités et dans le cas de grès fort poreux, il est cependant préférable de cimenter à mesure du creusement.

6.2. Utilisation immédiate du châssis à molette définitif.

La nécessité d'amortir le châssis à molette définitif deux ans plus tôt revient à 2.100.000 F, ce qui est inférieur à ce qu'auraient coûté l'installation, l'amortissement et le démantèlement du châssis provisoire, sans compter le gain énorme de temps et les facilités de fonçage.

6.3. Chargement mécanique.

Le grappin de 600 litres peut charger 200 t de déblais par heure en utilisant des cuffats de 10,5 t.

On préfère utiliser une chargeuse à godet sur chenilles, malgré une capacité de chargement moindre.

6.4. Simultanéité des opérations de creusement et de pose du revêtement.

Cette méthode a pu être réalisée grâce à l'utilisation d'un coffrage spécial, suspendu à la maçonnerie supérieure, pour les bagues de départ de chaque passe du revêtement.

6.5. Equipement du puits.

Il est préférable d'équiper le puits en une fois ; la vitesse d'exécution augmente rapidement après quelques passes et l'alignement parfait des moises et des guides est plus facile à vérifier. De plus, en cas de coups d'eau durant le fonçage, les dégâts à l'équipement sont évités.

Problèmes du creusement de puits en Pologne par J. GALANKA

Avant de creuser un puits, il importe de sonder soigneusement le terrain à traverser pour connaître l'importance et l'inclinaison des divers bancs et étudier les propriétés physiques des échantillons de roches ramenés par carottage. Il faut aussi mesurer les niveaux d'eau avec l'importance des venues.

Deux méthodes de fonçage sont utilisées, la méthode classique par forage et chargement des déblais, pour les puits en terrains non ou légèrement aquifères dont la venue d'eau est inférieure à 50 m³/h, et la méthode par congélation.

Dans l'étude du mode de revêtement de puits, il faut tenir compte des pressions horizontales dues aux roches. Ces pressions varient suivant que les roches sont aquifères ou non, cohérentes ou non, affectées tectoniquement ou non.

Il faut que les résistances offertes par le revêtement à toute profondeur soient supérieures à la résultante des tensions radiales, tangentiellles et verticales à laquelle le revêtement est soumis.

La pratique du minage dans les creusements de puits et de tunnels

par B. G. FISH et R. WESTWATER

L'abatage des roches à l'explosif est un des facteurs essentiels dans la bonne réussite des creusements de puits et de tunnels. Le bon déroulement du cycle de travail peut être perturbé par un mauvais tir ou par une mauvaise granulométrie des produits d'abatage.

Dans les creusements de puits, il importe d'utiliser un explosif très puissant, fort concentré et résistant à l'eau ; on y emploie en général de la nitroglycérine gélatineuse et, dans le cas d'une zone grisouteuse, de la nitroglycérine de sécurité. Les diamètres autorisés de cartouches sont de 32 et de 36 mm. En Grande-Bretagne, on emploie les détonateurs à micro-secondes, avec délais de retard de 0 à 15 espacés de 25 millisecondes pour les premiers retards et de 70 millisecondes pour les derniers, et les détonateurs à demi-secondes avec délais de retard de 0 à 10.

Dans le creusement de puits, on mine souvent par volées de 3 m avec de bons résultats au point de vue granulométrie des produits.

Pour comparer les divers terrains que l'on rencontre en Grande-Bretagne, on les caractérise par leur « rapport de minage ». Ce rapport est obtenu en considérant, soit la longueur forée par m³ de terrain en place, soit la charge d'explosif par m³ de terrain.

Pour des puits de 8 m de diamètre utile, la charge d'explosif varie de 0,400 à 0,700 kg/m³ en schiste et de 0,700 à 1 kg/m³ en grès.

Dans deux puits de 8,40 m de diamètre de creusement, on a essayé le minage par cordeaux détonants. Il semble que cette technique ne puisse être utilisée avec pleine efficacité que dans des puits de petit diamètre où l'on tire au maximum 4 séries de mines.

On estime à 100 mines le nombre maximum de détonateurs qui puissent être raccordés en série. Pour pouvoir augmenter le nombre de mines, on utilise couramment le raccordement des mines en parallèle. La résistance du circuit est ainsi fortement

La figure 1 montre un circuit de raccordement en parallèle des mines dans le creusement d'un puits.

Pour le creusement de galeries au rocher, on commence à utiliser avec succès le tir avec bouchon canadien. Il offre l'avantage, par rapport au bouchon pyramidal ou conique, de pouvoir augmenter la longueur de volée et de faciliter le travail de forage. Des volées de 4,50 m sont réalisées avec succès en Grande-Bretagne, avec emploi de marteaux-perforateurs montés sur affûts.

Il existe deux possibilités d'usage de bouchon canadien ou du « burn cut », soit en forant uniquement des trous de petit diamètre, soit en forant quelques mines de grand diamètre (150 mm). Dans le

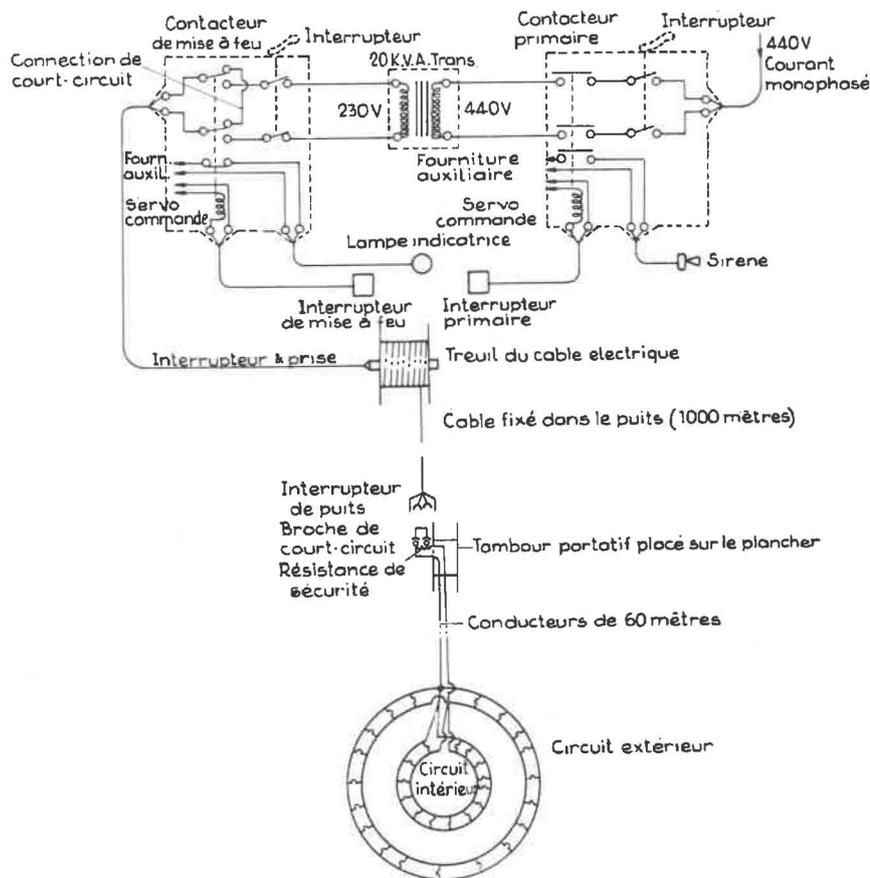


Fig. 1. — Circuit de raccordement et de mise à feu en parallèle des mines.

réduite ; de plus, chaque détonateur reçoit la quantité d'énergie suffisante pour sauter. Des détonateurs spéciaux inertes sont utilisés dans le cas de raccordement en parallèle. Les assemblages des mines sont préparés en surface et seuls, 5 à 6 raccords sont à effectuer au fond. Un gain de chargement des mines de 30 min a pu être réalisé de cette façon.

premier cas, on limite la volée à 5 m, tandis que dans le second cas on peut réaliser des volées de 6 m.

La figure 2 montre un plan de tir avec bouchon canadien et uniquement des trous de petit diamètre.

La moyenne de la durée de chargement des mines dans une galerie de 20 m² est de 55 minutes.

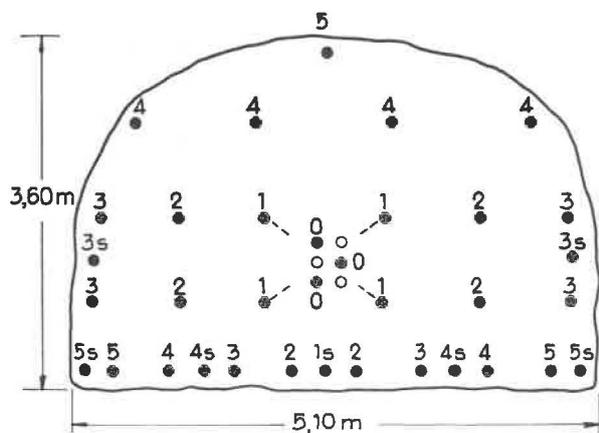


Fig. 2. — Plan de tir avec bouchon canadien et uniquement des trous de petit diamètre.

Les chiffres indiquent le retard des mines
 O — trous non chargés du bouchon
 S — trous courts de 1,80 m

Conditions de tir
 roches : schistes moyennement durs
 explosifs : gélatine
 charge maximum par trous : 1.500 kg
 longueur de la volée : 3,60 m

II. ETUDES DU PROBLEME DU CREUSEMENT DU PUIITS

Creusement de puits dans l'industrie charbonnière de l'Allemagne de l'Ouest

par F. JANSEN et E. GLEBE

Depuis 25 ans, existe en Allemagne un Comité pour le forage à grande profondeur et le creusement de puits. Ce Comité met au point les procédés de fonçage et étudie toutes les nouvelles méthodes trou-

vées à l'étranger. Grâce aux derniers fonçages entrepris en Allemagne et dans les pays voisins, ce Comité peut comparer utilement les divers types de soutènement, la corrosion des revêtements, l'exploitation des couches de charbon situées dans le pilier de protection des puits.

A mesure du déplacement des exploitations vers le nord, les nouveaux puits à creuser atteignent des profondeurs de plus en plus grandes. Le puits le plus profond actuel atteint 1.220 m.

Le tableau I donne le nombre de puits existant dans le bassin de la Ruhr.

Par suite d'une concentration plus poussée des sociétés, il a été possible de réduire le nombre de puits d'extraction.

Depuis 1904, on a creusé dans ce bassin 250 puits dont 20 durant les années 1941 à 1950 et 22 de 1951 à 1958 ; de plus, 22 puits étaient en fonçage en décembre 1958.

Dans le bassin d'Aix-la-Chapelle, 6 puits furent foncés de 1932 à 1958.

D'après les auteurs, il semble que le forage de trous à grand diamètre au moyen d'une sondeuse Bade, Salzgitter ou similaire soit souvent plus économique que le fonçage de puits d'aérage.

Les plus grandes difficultés rencontrées lors des fonçages proviennent de la traversée des couches aquifères des morts-terrains qui atteignent 500 à 800 m et même 1.000 m.

Les diverses méthodes de fonçage de puits utilisées en Allemagne sont la congélation, le cimentage et le forage.

Les revêtements des puits lors de la traversée des terrains aquifères peuvent être en fonte, acier ou béton armé. Les assemblages métalliques peuvent être à simple paroi ou à double paroi.

Le vide entre le terrain et les panneaux est rempli de béton, ainsi que l'espace entre les deux parois

TABLEAU I.

Puits existant dans le bassin de la Ruhr.

Buts	1920		1931		1958	
	nombre	%	nombre	%	nombre	%
Extraction, ventilation et personnel	405	70	282	54	177	33
Puits de ventilation pour la translation du personnel	172	30	238	46	359	67
Total :	577	100	520	100	536	100

éventuelles. Parfois, un lit de bitume est coulé entre un revêtement provisoire du puits et le cylindre métallique extérieur.

Les revêtements en acier sont constitués par un assemblage de panneaux cintrés ou de fers [.

Pour le seul bassin de la Ruhr, 306 puits sont revêtus de cuvelage en fonte sur une hauteur totale de 30.372 m.

La figure 3 montre une coupe du revêtement d'un puits traversant une couche de sable aquifère de la cote 170 à la cote 430. Ce puits est revêtu, au-dessus du sable, d'un cuvelage simple en fonte, tandis qu'à la traversée du sable, le revêtement est formé de 2 cuvelages en fonte concentriques.

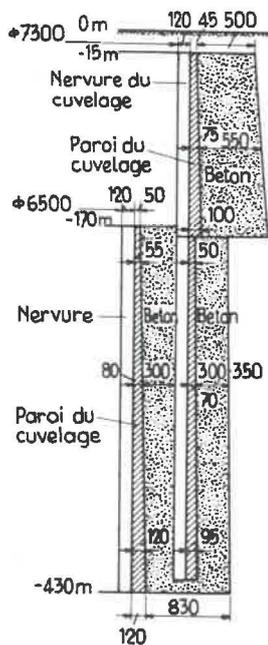


Fig. 3. — Coupe du revêtement d'un puits traversant une couche de sable aquifère de la cote 170 à la cote 430, au moyen de 2 cuvelages concentriques.

La figure 4 montre une vue d'un puits revêtu de 2 cuvelages concentriques en acier. Au moment du fonçage par congélation, ce puits est revêtu, à mesure du creusement, d'un revêtement en maçonnerie. Les anneaux métalliques sont placés en montant à partir du fond avec un béton de remplissage, tandis que l'espace de 15 cm entre l'anneau extérieur et le revêtement provisoire est rempli de bitume.

La figure 5 montre un revêtement de puits constitué par 2 assemblages concentriques de fers [boulonnés à une paroi et rivés à l'autre.

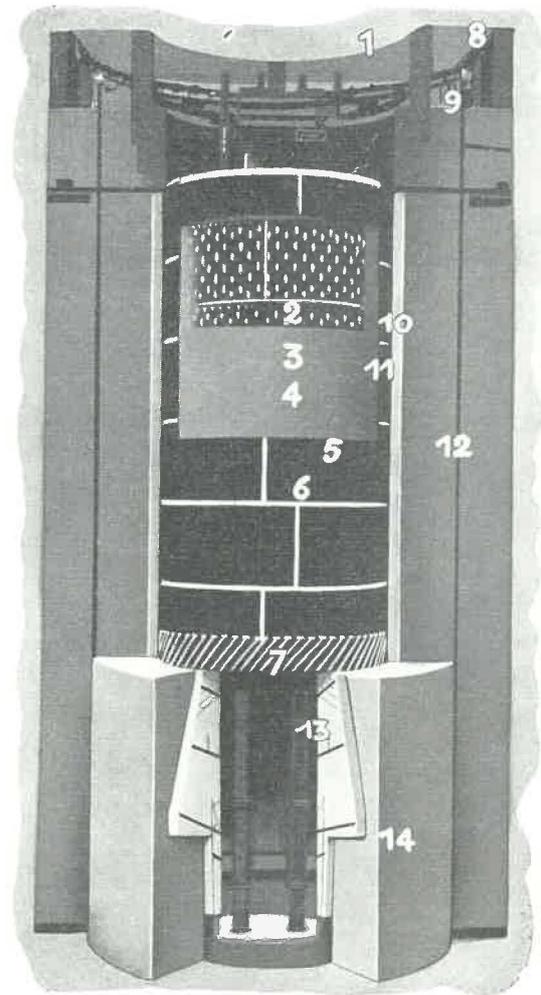


Fig. 4. — Revêtement d'un puits constitué de 2 cuvelages concentriques en acier.

1. banquette de puits ;
2. anneau intérieur en acier ;
3. ancrages ;
4. couche intermédiaire en béton ;
5. anneau extérieur en acier ;
6. joint soudé ;
7. anneau de fondation pour les anneaux métalliques ;
8. anneau ;
9. fondation en béton ;
10. béton de 35 cm du revêtement provisoire ;
11. intercalaire en bitume ;
12. 40 trous de congélation de 270 m ;
13. chambre de cimentation ;
14. fondation en béton armé.

La figure 6 montre un puits revêtu d'un treillis métallique fixé par boulons. Ce puits était revêtu préalablement d'une maçonnerie en briques qui, malgré un recarrage, n'a pas résisté à la pression des terrains.

Dans la mise en exploitation de nouvelles mines, on désire parfois extraire le plus tôt possible. Pour gagner du temps, on y exploite le charbon situé dans le stot de protection des puits, ce qui néces-

site des mesures spéciales pour le choix du revêtement, comme par exemple le cylindre de bitume visqueux coulé entre un anneau métallique et le revêtement provisoire des puits.

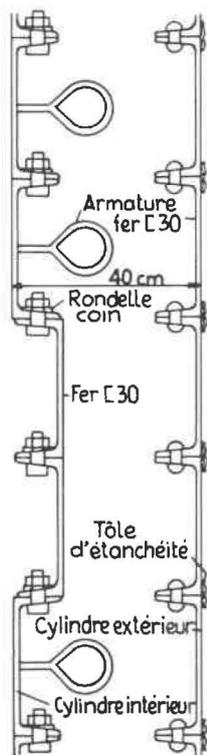


Fig. 5. — Revêtement de puits constitué par 2 assemblages concentriques en fers [boulonnés à une paroi et rivés à l'autre.

Des appareils de mesure du type à cordes vibrantes de Maihac sont placés dans le revêtement de divers puits pour améliorer les connaissances sur les pressions de terrain. Une campagne de mesures statiques est en cours sur le comportement des divers matériaux possibles comme revêtement de puits.

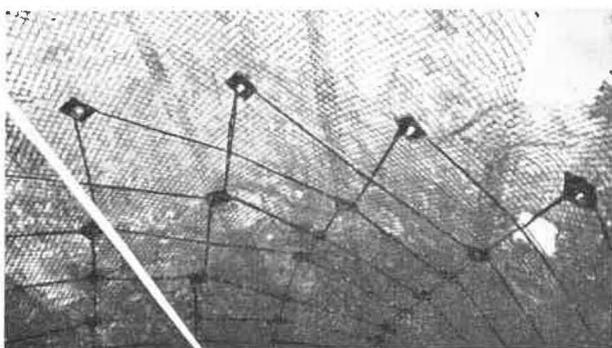


Fig. 6. — Treillis de protection fixé par boulons et servant de revêtement de protection lors du creusement d'un puits.

Creusement de puits en montant et en descendant en Suède par V. S. EPSTEIN

Un comité pour le creusement de puits a été créé en Suède pour étudier l'organisation du travail et la mise au point du matériel de fonçage.

La grande majorité des puits doit traverser les roches ignées très dures du Précambrien, telles que le granite, le quartzite, le porphyre...

Des burquins sont creusés en montant par la méthode des deux compartiments, dont l'un pour le personnel, le compartiment d'évacuation des déblais étant maintenu plein. Cette méthode, assez dangereuse, est assez coûteuse dès que la hauteur dépasse 50 m. L'avancement atteint 1 m par homme-poste pour une section de 4 m².

Pour le creusement de puits inclinés à plus de 45°, on utilise un seul compartiment, avec évacuation immédiate des déblais. La figure 7 montre un de ces puits avec une inclinaison de 40 à 50°. Seul, un côté est boisé au moyen de bèles sur lesquelles sont posées les échelles. La plate-forme de forage et de travail repose sur deux échelles et sur une des bèles du soutènement. Des rendements pouvant atteindre 2,40 m par homme-poste ont pu être réalisés par cette méthode.

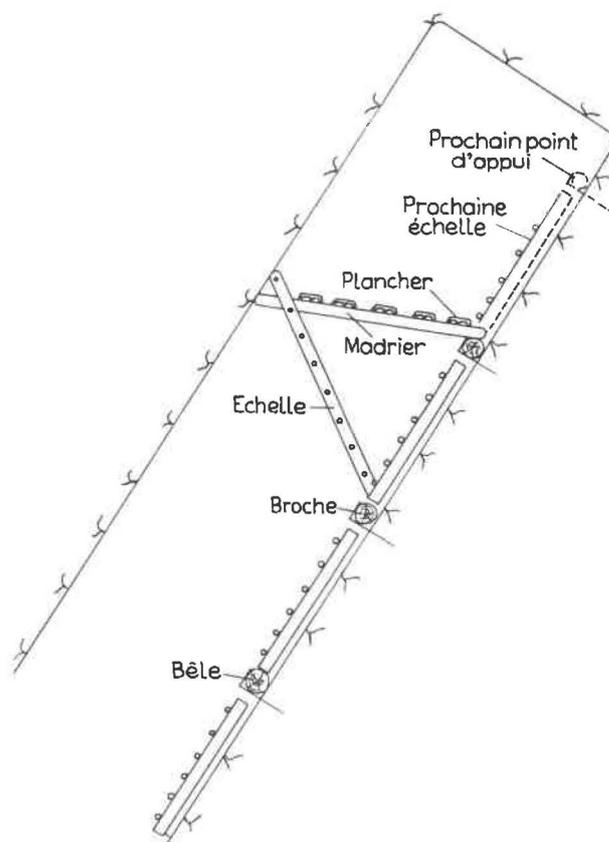


Fig. 7. — Puits de 40 à 50° d'inclinaison creusé en montant avec un seul compartiment.

Cette installation a encore été améliorée en adoptant en tête du montage une caisse-torpedo qui peut contenir le plancher de travail replié et qui renferme aussi tout l'équipement de forage. Par sa forme spéciale et sa robustesse, cet engin peut rester en place au moment du minage.

Quand de nombreux burquins doivent être creusés à proximité l'un de l'autre et que les deux niveaux sont accessibles, on fore un trou pilote de 150 mm de diamètre et, au moyen d'un treuil placé à l'étage supérieur, on monte et on descend une plate-forme de forage avec para-pierre.

D'autres burquins de 40 à 60 m et de 4 à 6 m² de section sont creusés par minages successifs de longs trous de mine reliant les deux étages. Ces trous sont forés autour d'un trou de grand diamètre (100 à 150 mm) qui sert de bouchon.

La société Alimak a mis au point une plate-forme de forage pouvant monter et descendre dans le puits en égrenant par un pignon actionné par un moteur à air comprimé sur des rails crémaillères fixés par boulons contre la paroi du puits. Près de 30 de ces plates-formes sont utilisées actuellement. Celles-ci sont reliées par téléphone avec le niveau inférieur et sont munies de flexibles à air et à eau, ainsi que de tout l'équipement de forage. Au moment du tir, la plate-forme est descendue au niveau inférieur. La figure 8 montre un ouvrier purgeant le toit après le minage.

Des rendements de 2 m par homme-poste sont obtenus au moyen de ces machines.

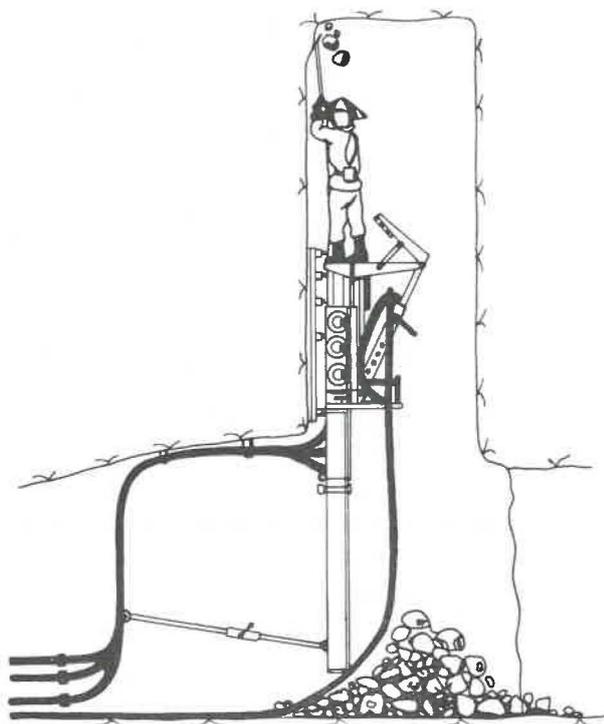


Fig. 8. — Elévateur Alimak — ouvrier purgeant le toit.

Les niveaux d'exploitation des minerais sont peu profonds en Suède. C'est ainsi que, pour des puits d'une section dépassant 25 m², les ingénieurs suédois préfèrent foncer un puits auxiliaire de petit diamètre et creuser le puits principal en montant.

Creusement de puits en Grande-Bretagne depuis 1947

par F. MARSH

Très peu de puits ont été foncés en Grande-Bretagne entre les deux guerres.

Au moment de la réorganisation de l'ensemble de l'industrie charbonnière après guerre, il fut décidé de creuser un nombre de puits très important pour permettre une concentration des anciennes exploitations. Cependant, étant donné le peu de puits creusés auparavant, on manquait de spécialistes et de matériel approprié.

Les avancements moyens réalisés au cours d'un fonçage complet étaient de 24 m par mois. On réalise actuellement une moyenne de 36 à 45 m de puits finis par mois, tandis que la moyenne de creusement et revêtement de 6 puits dépasse les 60 m par mois et qu'un puits réalise 90 m par mois. Avec l'amélioration du matériel et une meilleure organisation du travail, on espère réaliser des avancements mensuels de 60 à 90 m pour tous les creusements de puits en couches non-aquifères.

Durant la période 1950-1958, 35 puits ont été foncés, tandis que 20 sont en cours de fonçage et que des études sont en cours pour foncer éventuellement 15 autres puits, suivant l'évolution des conditions économiques du moment.

Tous les nouveaux puits doivent traverser des morts-terrains souvent aquifères. Dans la plupart des puits en creusement, le terrain houiller se trouve entre 150 et 360 m de profondeur. L'épaisseur de la zone aquifère est très variable et peut atteindre 360 m.

Le niveau d'exploitation actuel le plus bas est situé à 1.200 m de profondeur.

La profondeur moyenne des 20 puits actuellement en fonçage est de 750 m.

Le chargement des déblais des nouveaux puits s'effectue entièrement par grappin ou par chargeuse. La vitesse de chargement des déblais a pu être plus que doublée avec un personnel réduit de moitié.

Pour des profondeurs dépassant 500 m, on préconise l'utilisation de 2 treuils d'extraction à simple tambour, avec des cuffats de grande capacité, une vitesse de translation élevée et un déchargement très rapide du cuffat en surface.

La pose du revêtement prend en général 30 % du temps total de creusement. Pour diminuer ce

temps, on entreprend actuellement en Grande-Bretagne le creusement d'un puits par la méthode semi-simultanée en combinant la pose du revêtement et le fonçage.

La traversée des morts-terrains aquifères présente de grandes difficultés ; la plupart de ces couches donnent des venues d'eau dépassant 3 m³/h.

Des 55 puits achevés après guerre, ou en fonçage, 44 ont utilisé la cimentation et 11 la congélation pour la traversée des zones aquifères.

De grands progrès ont été réalisés dans le procédé de fonçage par congélation.

Le forage est effectué au moyen de tricônes. Des avancements mensuels de 5.000 m de trous ont été réalisés au puits Kellingley.

La mesure de la verticalité s'effectue au moyen de l'appareil Gerhardt ou du télécclinographe Denis-Foraky.

La mesure de la bonne progression du mur de glace est donnée par des mesures de débit d'eau et de température faites dans un trou de sonde foré au centre du futur puits.

La quantité de frigories déversée par les tubes de sondages pendant le creusement dépasse la quantité nécessaire pour obtenir le mur de glace afin de contre-balancer les pertes de chaleur au contact des terrains avoisinants. Le rideau de glace s'étend ainsi sur plusieurs mètres au-delà de l'anneau de congélation et, à l'intérieur du cercle, la zone non congelée disparaît petit à petit. Cette mesure procure une marge de sécurité en cas de panne à l'installation de congélation ou si l'un ou l'autre trou de congélation était avarié.

La décongélation naturelle durerait plusieurs mois ; elle est activée par envoi d'eau chaude dans les tubes. On réalise très souvent d'abord une décongélation partielle qui diminue l'épaisseur du mur de glace et qui permet de localiser les petites venues d'eau. Celles-ci sont obturées par injection de ciment au moyen de trous horizontaux forés à partir de l'intérieur du puits.

Des progrès ont aussi été réalisés dans l'installation frigorifique. Des compresseurs plus puissants sont installés.

La quantité d'ammoniaque utilisée est de 500 kg par unité, souvent au nombre de 4. La saumure consiste en 70 t de chlorure de calcium dilué et le débit des pompes de refoulement est de 300.000 litres/h.

Un regain de succès de la méthode de fonçage par congélation provient de la suppression des cuvelages en fonte très coûteux et lents à placer, et leur remplacement par un revêtement en béton. Les 8 puits foncés par cette méthode depuis 1958 sont revêtus de béton. Le placement de ce béton doit être fait soigneusement pour éviter des fissures horizontales par suite de la chaleur d'hydratation du

ciment ; il convient d'arroser abondamment avec de l'eau le béton et le coffrage.

Deux facteurs limitent les fonçages proprement dits en terrain congelé : d'abord le forage des mines est plus lent et 30 % des trous doivent être rejetés par suite de leur congélation, il faut ensuite doser soigneusement la charge d'explosif pour ne pas détériorer les tubes de congélation.

L'avancement moyen actuel des fonçages par congélation est d'environ 4,50 m par semaine et, en décomptant le temps de formation du mur de glace, on arrive à 7,50 m par semaine.

Il existe des cas où le procédé par congélation ne pourrait réussir et où il faut choisir la méthode par cimentation, par exemple, s'il n'y a pas de couches imperméables pour permettre d'« ancrer » le mur de glace.

Beaucoup de puits sont foncés par la méthode de cimentation, qui est décrite dans l'article de MM. Antherton et Garrett.

Avant de cimenter, il convient parfois de silicatiser les terrains poreux. On utilise du silicate de soude qui forme, avec le calcium contenu dans le terrain, du carbonate de calcium. S'il n'y a pas de calcium en suffisance dans le sol, on injecte du chlorure de calcium.

Dans un fonçage, une venue d'eau de 60 à 216 m³/h à une pression de 70 kg/cm² a dû être vaincue en utilisant un matériel d'injection très puissant permettant une injection de 170 t de ciment sur une hauteur de puits de 30 m à une pression de 140 kg/cm².

L'auteur donne ensuite quelques exemples du creusement de puits.

1. Puits de Cynheidre au Sud du Pays de Galles.

Les deux puits d'environ 700 m de profondeur et de 6 et 7,20 m de diamètre sont revêtus de béton. Le creusement d'un des puits a lieu avec deux machines d'extraction à double tambour. Ceci a été réalisé pour pouvoir commencer le creusement d'un accrochage et d'un bouveau pendant le fonçage dès que ce niveau a été atteint. La figure 9 montre une vue de l'installation adoptée. Deux planchers ont été montés à l'accrochage avec une trémie pour le chargement des déblais en cuffat.

Le chargement des terres est fait par grappin ; l'avancement du creusement est de 3 m par jour.

Le béton est déversé par tuyauterie depuis la surface, mais il a fallu faire face à quelques difficultés pour éviter la ségrégation du béton.

Jusqu'à 450 m de profondeur, le coffrage de 3 m de hauteur était suspendu à des câbles fixés à des treuils installés à la surface. Plus bas, on a utilisé les coffrages habituels. La vitesse de pose du revêtement a été de 9 m/jour.

Au puits n° 1, on a atteint un avancement mensuel moyen de 35 m pour le fonçage et la pose du revêtement. Au puits n° 2, cet avancement s'est élevé à 40 m.

Des avancements mensuels de 60 à 75 m y ont été réalisés.

Un treuil de 40 t à 4 tambours supporte un plancher à 3 niveaux de 6,60 m de diamètre et de 11 m de hauteur. Les 4 câbles de suspension servent de câbles-guides aux cuffats.

Le plancher inférieur supporte l'installation de grappin polypier Priestman de 600 litres de capacité.

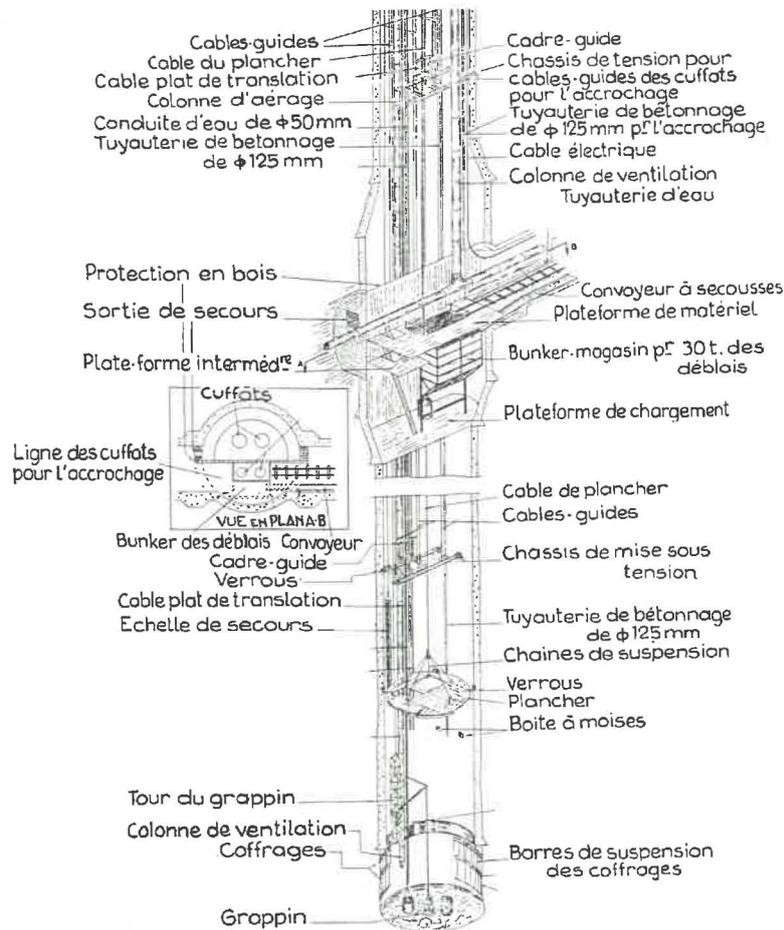


Fig. 9. — Vue générale du fonçage du puits n° 1 à Cynheidre; installation permettant simultanément d'approfondir le puits et de creuser les accrochages et les boueaux à un étage supérieur.

2. Puits de Parkside au Lancashire.

Les deux puits de 7,20 m de diamètre utile ont environ 800 m de profondeur; leur revêtement est en béton.

Les terrains aquifères entre 45 et 210 m ont été traversés en appliquant le procédé de cimentation.

Dans les deux puits, on a procédé simultanément au creusement et au bétonnage des parois.

Ces fonçages ont été réalisés en collaboration avec des spécialistes sud-africains; ceux-ci ont dû d'abord adapter leur méthode aux conditions locales de sécurité plus sévères et de terrains plus tendres.

La méthode de travail utilisée est semi-automatique. Dès qu'il y a 15 m de puits non maçonné, on bétonne une banquette de béton. Le travail est ensuite poursuivi jusqu'à ce qu'il y ait quelque distance entre la bague et le fond. Le travail de bétonnage est alors repris conjointement avec le creusement. Cette méthode a cependant été temporairement abandonnée par suite de plaintes d'ouvriers concernant la chute de lait de ciment.

Les cuffats ont une capacité de 5 t.

Le béton est envoyé au fond par une tuyauterie.

Des avancements de 16,50 m par semaine ont été réalisés pendant et après l'essai de semi-simultanéité de travail.

Du 17-5-1958 au 26-12-1958, 450 m de puits ont été creusés et revêtus à une vitesse de 18 m par semaine aux 2 puits. Des avancements supérieurs à 60 m par mois y ont été réalisés.

3. Wolstanton.

Un puits de 900 m de profondeur et de 7,20 m de diamètre utile y est en creusement, d'abord par la méthode habituelle et, ensuite, par la méthode semi-simultanée.

Des avancements de 77 m par mois y ont été réalisés avec 14 hommes au fond. On espère arriver à des vitesses égales, mais avec moins de personnel, lors de l'introduction de la méthode semi-simultanée.

Creusement de puits au Canada

par W. E. BENNETT, P. HARRISON
et G. E. SMITH

Au Canada, la grande majorité des couches ou filons en exploitation affleurent ou ne sont recouverts que par une faible épaisseur de morts-terrains. L'évacuation des minerais s'effectue par galeries à flanc de coteau, par descenderies ou par puits de faible profondeur.

En général, les emplacements des futurs puits se situent dans des régions vierges et sans communication par route. Pour des raisons financières, le creusement des puits doit débiter avant l'établissement des routes. Les chantiers ne sont souvent accessibles que durant quelques mois par an. Ces conditions entravent souvent l'usage de matériel lourd comme des treuils puissants.

Pour ces mêmes raisons financières, les nouveaux puits ne sont creusés qu'à faible profondeur jusqu'à la recoupe des premières couches. Les ravalements ultérieurs des puits par tranches de 75 à 150 m ont lieu pendant l'exploitation des panneaux supérieurs.

Les puits sont en général rectangulaires, à plusieurs compartiments, avec revêtement par cadres en bois provenant des forêts voisines. Peu de puits rectangulaires ont un revêtement en cadres métalliques. Quelques puits circulaires avec revêtement en béton ont cependant été creusés, dont l'un a plus de 1.200 m de profondeur.

La mise en exploitation des mines d'uranium dans la région de Blind River a nécessité le creusement d'un grand nombre de puits dans la période 1955-1957. Des vitesses d'avancement assez élevées ont pu être obtenues lors de ces creusements.

Le chargement des déblais a lieu par l'installation de grappin Cryderman ou par chargeuse Eimco 630 sur chenille.

Le tableau II donne la répartition du temps de travail des diverses opérations lors du creusement d'un puits rectangulaire de 6,60 m sur 3,30 m. Le revêtement est constitué par des cadres en bois de 24 × 24 cm espacés de 2 m.

Un avancement de 135 m y a été réalisé au cours d'un mois de 1957.

TABLEAU II.

Répartition du temps de travail des diverses phases du travail.

Forage et minage	26,5 %
Attente-temps morts	7,4 %
Chargement des déblais	52,3 %
Pose du revêtement	13,8 %

Les terres ont été chargées au moyen de grappins Cryderman. Le rendement de chargement fut de 4,14 t par heure d'ouvrier.

Le tableau III donne quelques vitesses d'avancement atteintes dans 4 mines différentes dans la région de Blind River.

Le travail a lieu à 3 postes.

La figure 10 montre un grappin type Cryderman utilisé dans le creusement d'un puits circulaire, à Sudbury dans l'Ontario.

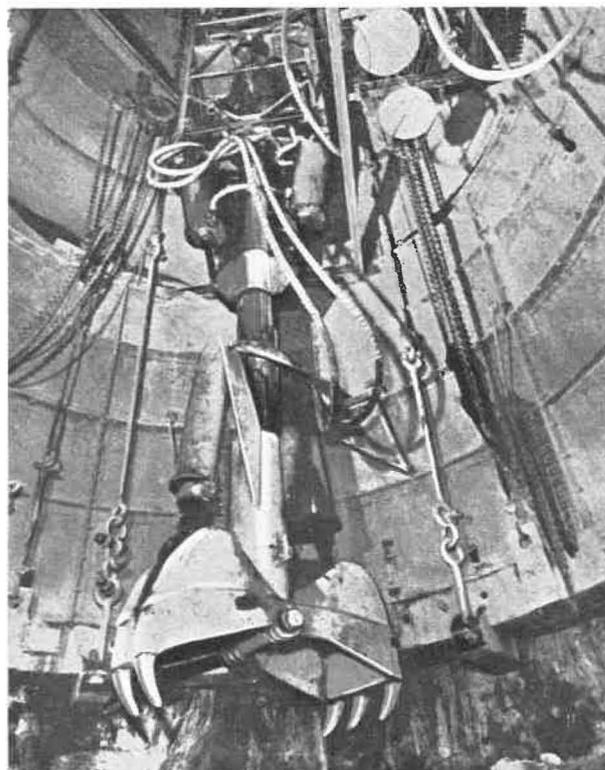


Fig. 10. — Grappin du type « Cryderman » utilisé dans le creusement d'un puits circulaire à Sudbury, Ontario.

TABLEAU III.

Avancements réalisés dans quelques creusements de puits en 1957.

	Puits				
	A	B	C	D	E
Section de creusement en m	6,60 × 5,30	6,60 × 5,30	9 × 5,10	6,60 × 5,30	6,60 × 5,30
Période de travail	16 au 31 oct.	16 au 30 nov.	3 au 15 juil.	16 au 31 mai	1 au 15 juin
Nombre de jours de travail au fond	15,5	15	12,67	15,87	13,92
Avancement en m	62	63	37	66	66
Profondeur en m	1023 à 1085	755 à 818	322 à 359	419 à 485	485 à 551
Volume de terres chargées en tonnes	4.175	4.195	5.185	4.437	4.437
Avancement par jour de travail en m	4	4,20	2,94	4,16	4,74
Nombre d'heures d'ouvriers au fond/jour (*)	185	177	171	181	177
Nombre d'hommes au fond par jour (*)	23,3	22,1	21,4	22,6	22,2
Nombre d'ouvriers par m de puits	1,74	1,60	2,22	1,63	1,40
Rendement en m ³ en place/hp	12,6	13,75	20,8	13,55	15,75

(*) Moyenne de la période de travail de 15 jours.

Creusement de puits en Afrique du Sud par H. MacCONACHIE

Depuis 6 ans, de très grands progrès ont été réalisés dans le creusement des puits de mine dans les différents bassins d'Afrique du Sud.

Le record actuel a été réalisé au cours du fonçage du puits n° 2 du Free State Saaiploas, où 255 m ont été creusés et revêtus en un mois à un diamètre utile de 8,40 m.

Les ingénieurs africains sont persuadés que bientôt cette vitesse de creusement sera courante et que dans peu de temps on réalisera des avancements mensuels de 300 m.

Les premiers puits creusés étaient de section rectangulaire avec revêtement en madriers de bois et à plusieurs compartiments, ce qui permettait de réaliser de grands avancements. Mais la traversée de terrains aquifères dans le West Witwatersrand a imposé le fonçage de puits circulaires avec revêtement en béton. Les ingénieurs ont d'abord imaginé une méthode avec semi-simultanéité entre le fonçage et la pose du béton, puis sont arrivés à séparer complètement ces deux travaux grâce à des planchers de travail à plusieurs étages et à l'utilisation de coffrages coulissants.

Le chargement des terres est effectué actuellement par des grappins en forme de polypier à commande pneumatique.

La majorité des puits creusés doivent pouvoir extraire un tonnage minimum de 100.000 t de roches par mois, avec une capacité de ventilation de plus de 27.000 m³ d'air pour un diamètre utile de 8 m.

Les fonçages utilisent en général les châssis à molette définitifs, ce qui permet l'emploi de deux treuils à double tambour.

Le plancher à plusieurs étages est suspendu au moyen de deux câbles mouflés plusieurs fois pour augmenter leur capacité portante. La figure 11 montre l'installation actuellement adoptée ; chaque câble est mouflé à 4 brins, ceux-ci servent de câbles-guides aux 4 cuffats. Les câbles passent sur un treuil à friction, puis au treuil d'enroulement du câble de réserve par l'intermédiaire d'une tour avec contre-poids.

Au début, le béton était descendu par skip, mais dans ce cas, ce travail ne pouvait avoir lieu que pendant le poste de foration au fond. Actuellement, le béton descend de la surface par une tuyauterie de 150 mm de diamètre, terminée par une base de choc constituée par un cylindre de 200 mm de diamètre avec un fond de plusieurs centimètres d'épaisseur, lequel amortit la chute du béton et opère un brassage du mélange. A la partie supérieure de ce

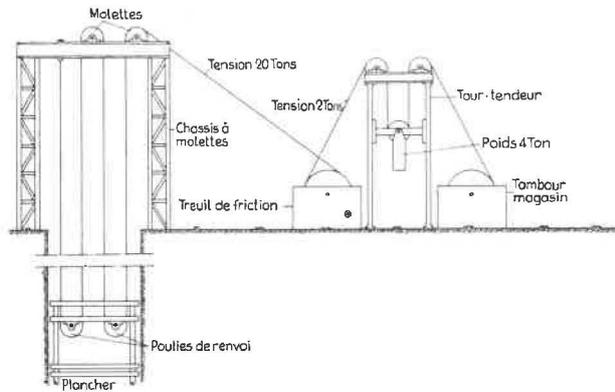


Fig. 11. — Schéma simplifié montrant le déroulement des 2 câbles de suspension d'un plancher.

cul-de-sac, partent deux ou plusieurs flexibles qui dirigent le béton derrière le coffrage. La figure 12 montre cette installation de distribution de béton au bas de la tuyauterie. Cette tuyauterie tampon est prolongée de 15 cm pour chaque tranche de 300 m de profondeur et l'épaisseur de la plaque est accrue de 25 mm par tranche de 300 m de puits.

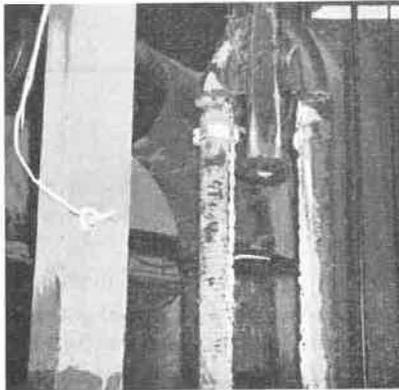


Fig. 12. — Partie terminale de la tuyauterie du bétonnage avec les 2 flexibles amenant le béton en place.

Le nombre d'étages de l'installation du plancher varie de 3 à 5 avec une hauteur totale pouvant atteindre 12 m. La figure 13 montre un de ces planchers utilisé pour le creusement d'un puits de 7,20 m de diamètre intérieur ; ce plancher pèse 40 t.

Le coffrage de la bague de base est ancré dans le terrain et est suspendu par chaînes à la maçonnerie ou au plancher. Ce coffrage de base est placé lorsque le fond est en général 17 m plus bas.

Les déboulonnages et boulonnages se font à partir des différents planchers.

La figure 13 montre un plancher récemment mis en service à 10 niveaux, de 24 m de hauteur et d'un poids total de 60 t environ.

Lorsque le terrain est mauvais, on bétonne des anneaux de « sécurité » de 1,50 m de hauteur. Ces anneaux dont le diamètre intérieur est supérieur à

celui du revêtement définitif sont bétonnés sur le fond du creusement après nivellement des terres d'une volée.

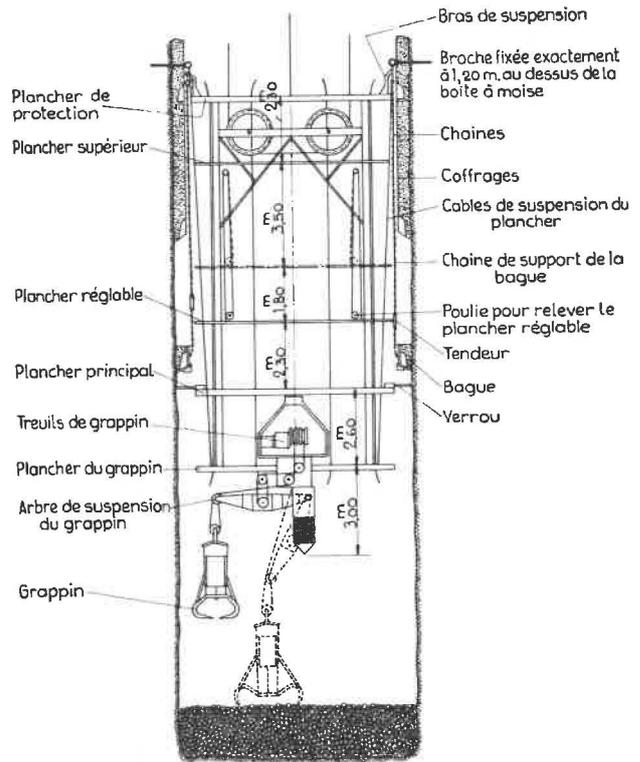


Fig. 13. — Plancher de travail à 3 étages dans un puits de 7,20 m de diamètre.

Pour un grappin en service, il y en a 3 autres en réserve, à l'entretien ou en réparation.

Tous les points du fond peuvent être atteints par le grappin dont la suspension possède deux mouvements, l'un circulaire et l'autre radial par rapport au centre du puits.

Dans certains puits, l'équipement avec moises, guides, etc... est placé à mesure du fonçage. Dans un autre puits de 1.200 m de profondeur, il n'a fallu que 6 semaines pour équiper complètement le puits.

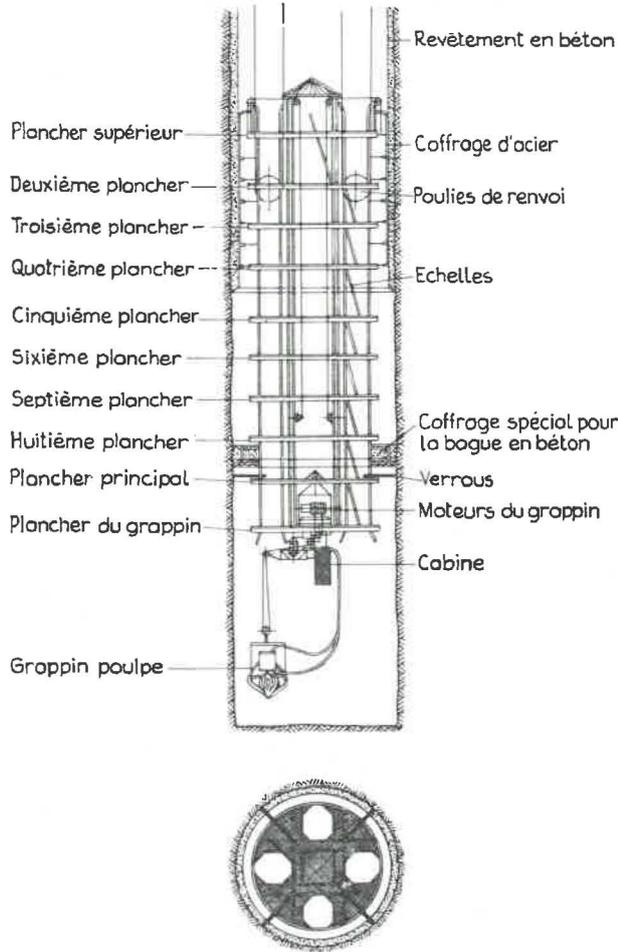
Un cycle est effectué par poste, ce cycle débute après le minage. Le forage s'effectue à la fin de poste et la longueur des trous est augmentée ou diminuée suivant l'heure à laquelle débute cette opération.

Le nombre des mines varie de 100 à 150 ; le plan de tir doit être très rigoureusement respecté. Le premier trou exactement au centre du puits est foré en premier lieu et, au moyen de chaînes, on marque l'emplacement des rondes successives. Des cuffsats spéciaux supportent tout le matériel de forage avec prises, robinets, etc...

Il faut compter normalement 3 postes par passe de 10 m de revêtement en béton, y compris le placement des tuyauteries.

Le succès de ces nouvelles techniques n'a pu être obtenu que par une formation constante du personnel relativement à ces méthodes et aux engins utilisés.

Le personnel total moyen, fond et surface et services accessoires, fut de 45 européens et 350 africains.



Plan indiquant la position des verrous

Fig. 14. — Plancher de suspension à 10 niveaux suspendus par 8 brins.

III. FONÇAGES ET REPARATION DE Puits EN MORTS-TERRAINS

Recherches théoriques sur le procédé de congélation des roches par G. I. MANKOVSKI

Le fonçage par congélation est une méthode longue et coûteuse ; les difficultés croissent rapidement avec la profondeur. De nombreuses recherches concernant ce procédé ont été faites par l'Institut minier de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S. entre autres avec la méthode analogique par l'hydraulique.

Un des problèmes étudiés est de déterminer le diamètre extérieur du cylindre de glace nécessaire pour qu'il puisse résister aux pressions dues aux bancs de roches et à l'eau.

A 500 m de profondeur, le cylindre est soumis à une pression hydrostatique de 45 à 50 atm qui provoque des tensions plastiques dans les roches gelées. Cette action dépend de la température, de la profondeur et de l'épaisseur du mur de glace.

Connaissant les températures acquises et leur effet sur les matériaux gelés, on pourra déterminer le nombre et la position des trous de congélation, ainsi que l'équipement de congélation nécessaire.

La méthode analogique par l'hydraulique du professeur V.S. Lykhanov est basée sur la similitude des phénomènes physiques, tels que le processus de la propagation de la chaleur dans les roches et le flux liquide dans un système de vases communicants.

Un modèle hydraulique, tel que celui représenté sur la figure 15, a été construit sur la base de cette analogie. Il faut tenir compte de ce que la congélation d'une roche saturée d'eau s'accompagne d'un changement dans la phase liquide et d'une libération de la chaleur latente de la glace formée.

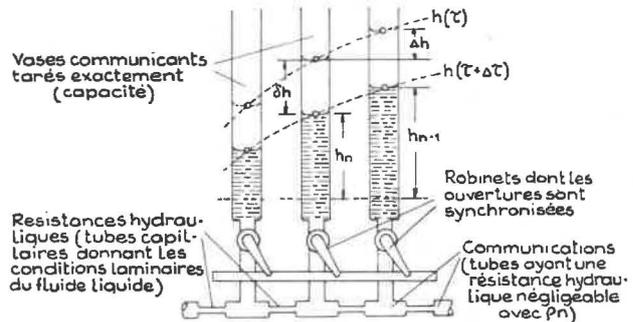


Fig. 15. — Modèle hydraulique pour la résolution par l'analogie de la propagation de la chaleur dans les roches.

Pour solutionner ce problème, il faut connaître les caractéristiques géologiques et thermo-physiques des roches, la température initiale des roches aux diverses profondeurs, la température, les caractéristiques et la vitesse de circulation de la saumure, ainsi que les caractéristiques des diverses tuyauteries.

Actuellement, on utilise fréquemment, pour la descente de la saumure, une tuyauterie plastique, qui possède une faible conductivité thermique.

Le problème de la détermination des températures du mur de glace peut revêtir deux aspects, à savoir la détermination de la variation verticale de température de la saumure dans les tuyauteries et la variation de température mesurée radialement à chaque niveau.

Les roches sont de mauvais conducteurs de la chaleur, ce qui augmente la durée du processus de

congélation. Plus haute est la température de la roche, plus lente est la vitesse de congélation.

Le rapport entre la quantité de frigories nécessaires pour l'établissement du mur de glace et celle nécessaire pour la conservation du mur de glace varie beaucoup avec les roches et les conditions de températures initiales.

Si la température initiale des roches est de 8° C, les deux quantités utile et non utile de frigories sont à peu près équivalentes, mais, si la température initiale est de 15° C, la quantité de frigories non utiles dépasse de beaucoup la quantité de frigories utiles.

Pour réduire cette quantité de frigories non utiles, des essais sont effectués en U.R.S.S. pour envoyer d'abord un circuit d'eau froide dans les sondages. Un gain de temps de plus de 30 % a pu être réalisé dans plusieurs puits par cette méthode.

Historique de la cimentation dans le creusement de puits par

F. G. ATHERTON et W. S. GARRETT

La première publication relative à la réparation d'un revêtement de puits au moyen de lait de ciment a paru il y a environ cent ans. Ce travail avait eu lieu dans un puits près de Homburg.

Presque tous les problèmes de venues d'eau peuvent être surmontés au moyen de la cimentation. Celle-ci présente le grand avantage de ne pas nécessiter un revêtement par cuvelage par suite du remplissage de toutes les fissures. Seuls les terrains alluvionnaires et les sables bouillants ne peuvent être obturés par cimentation.

Un Belge, Mr. François, est un des grands promoteurs de cette méthode : il a réalisé des forages et des injections de ciment à partir des puits et sous le niveau hydrostatique. Par suite de venues d'eau très importantes dans des couches de grès poreux dont le volume des vides était de 20 % et qu'on ne parvenait pas à obturer par le ciment, Mr. François a mis au point le procédé de silicatisation. On injecte deux produits dilués, du sulfate d'aluminium et du silicate de sodium qui, par réaction, donnent une précipitation de silicate d'aluminium, tandis que le sulfate de soude reste en solution.

Les caractéristiques de cette solution dépendent de leur concentration ; elle doit être gélatineuse et floculante. Elle permet de réduire la porosité des fissures et forme en plus un lubrifiant facilitant le passage ultérieur du lait de ciment.

Plusieurs séries de trous sont forés sur tout le pourtour du puits ; ces trous sont forés inclinés vers l'extrados du puits et vers l'arrière pour être certain d'atteindre toutes les fissures existantes. Le grand inconvénient de la silicatisation est qu'on ne peut

injecter en même temps par le même trou les deux produits qui réagissent ensemble. On les injecte par deux trous voisins ou successivement par le même trou. Au puits Hatfield, il a fallu injecter, par mètre de puits, 5,5 tonnes de ciment, 3,3 tonnes de silicate de soude et 1 tonne de sulfate d'aluminium. Ce succès a largement contribué au lancement de la méthode et de nombreux puits ont été foncés en Angleterre par ce procédé.

Cependant, celui-ci s'est avéré insuffisant pour arrêter les venues d'eau au puits de Dreux en France où une couche de grès vosgien très aquifère, descendant jusqu'à 481 m, avait tendance à se désintégrer par suite de l'action des courants d'eau. Il a fallu utiliser le procédé de gélification au moyen de silicate de soude et d'eau de chaux.

En Afrique du Sud, dans la partie centrale et occidentale du gisement de Witwatersrand, les quartzites aurifères sont surmontés d'un banc de dolomie du système Transvaal. Dans la partie exploitée, l'épaisseur de la dolomie varie de 450 m à l'est, à 1200 m à l'ouest. Ces dolomies sont traversées par des « dykes » plus ou moins imperméables et qui divisent les bancs de dolomie en réservoirs d'eau étanches.

Par endroit, la dolomie est encore rencontrée à 1.300 m de profondeur. La dolomie est mise en solution et érodée le long des nombreuses fissures qui la sillonnent. Sous le niveau d'eau, la dolomie ne contient que peu de cavernes, mais les fissures peuvent avoir une largeur de quelques centimètres à près de deux mètres et plus et sont remplies d'une substance boueuse qui peut circuler librement sous l'influence des courants d'eau.

Un premier essai, sans succès, de traversée de ces terrains aquifères a eu lieu, entre 1898 et 1904, par pompage intensif de l'eau pendant le fonçage.

En 1934, les deux puits de Venterspost ont réussi à traverser la dolomie par le procédé de cimentation.

Depuis lors, 13 puits ont été creusés dans cette zone, 5 sont en fonçage actuellement et d'autres puits sont à l'étude.

La traversée de ces terrains caverneux par le procédé de cimentation a exigé le forage de millions de mètres et l'injection de milliers de tonnes de ciment et de matériaux inertes.

Le puits West Driefontein 3 a exigé l'injection de 54.311 t de ciment et 38.832 t de matériaux inertes, avec une longueur totale de forage de 47.000 m.

Il convient de noter que, par suite de la présence d'eau sous pression, il arrive qu'on fore plusieurs centimètres dans ces fissures remplies d'eau sans s'apercevoir de la présence de ces cavités. Il convient de forer un nombre de trous suffisant pour être certain que toutes les fissures soient atteintes par les forages. La figure 16 montre une disposition de trous de forage adoptée.

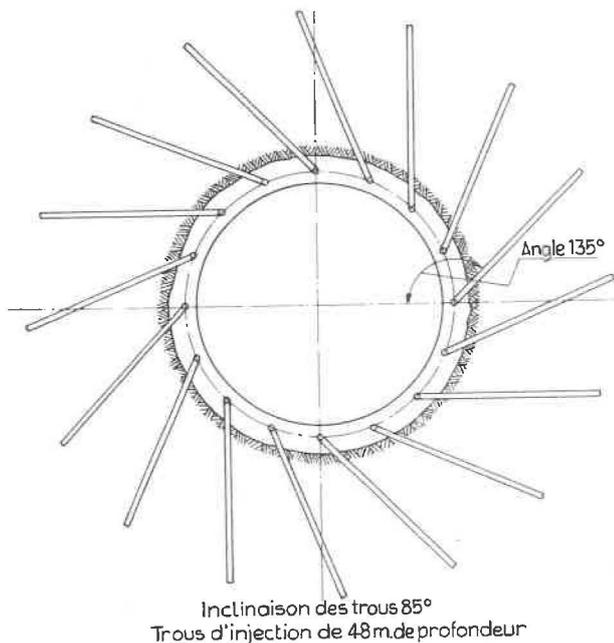


Fig. 16. — Disposition courante des trous d'injection pour le creusement d'un puits circulaire.

Pendant le forage, il peut se produire une venue brusque d'eau. Après un forage d'un trou de 1,50 m, on alèse celui-ci et on y cimente un tube qu'on munit d'un robinet à haute pression, pouvant résister à des pressions de 480 kg/cm², comme le montre la figure 17.

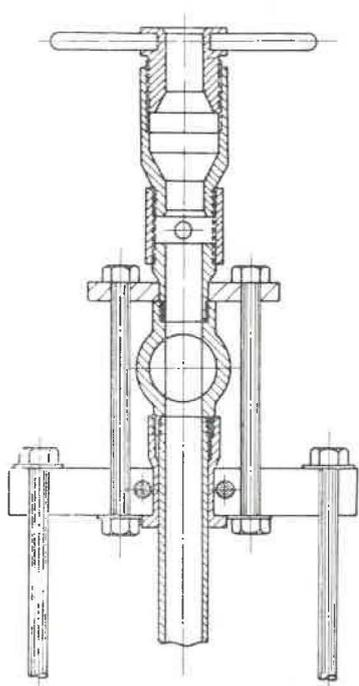


Fig. 17. — Robinet à haute pression avec son dispositif de fixation et sa boîte à bourrage.

Le forage est poursuivi à travers ce robinet. En cas de venue d'eau, on retire les tiges et on ferme le robinet. Si les tiges sont calées dans le trou, il convient d'essayer de les retirer au moyen d'un treuil ou à la rigueur de couper l'extrémité au chalumeau pour pouvoir fermer le robinet.

La cimentation peut durer assez longtemps ; dans un cas, l'injection de ciment par un trou a duré 3 mois.

La cimentation des fissures doit être bien faite pour pouvoir résister à des pressions hydrostatiques supérieures à 70 kg/cm² et aux chocs dus au minage.

Le prix du matériau utilisé pour la cimentation joue un grand rôle vu les grandes quantités utilisées. Celles-ci peuvent dépasser les 100 t/m de puits, dont 60 t de ciment. Pour réduire le prix, on ajoute des matériaux inertes, mais il importe d'être prudent car la présence de ces matériaux peut retarder la prise du ciment ou provoquer une ségrégation des éléments avec création de poches inertes et non consolidées. Le mélange doit être réalisé dans des mélangeurs avec rotors tournant à grande vitesse. On utilise souvent le sable ou du calcaire broyé.

Il importe aussi de doser l'eau car un excès est nuisible, tandis que l'eau en trop petite quantité rend l'injection difficile.

Malgré toutes les précautions prises, il peut arriver, très rarement heureusement, qu'une venue d'eau se produise dans un puits en creusement. On noie alors le puits pour annuler la pression hydrostatique et on noie le fond du puits de lait de ciment, pendant qu'on relève le niveau d'eau dans le puits pour créer un contre-courant vers l'intérieur de la fissure.

Ces venues d'eau sont souvent provoquées par la présence de barres de sondages calées dans le puits. Les forages par percussion sont fort employés, car plus économiques, mais lors d'une venue d'eau il est plus difficile de retirer les tiges qu'en cas de sondage au diamant, avec d'ailleurs un risque de bris de tiges plus grand.

Actuellement, on fore quelques trous au moyen d'une couronne en diamant, on injecte du ciment puis on entreprend le sondage des autres mines par percussion.

Nouveaux puits creusés par les Staatsmijnen aux Pays-Bas par J. M. WEEHUIZEN

Des morts-terrains d'une épaisseur atteignant 700 m au nord, recouvrent le champ d'exploitation des Mines d'Etat néerlandaises. Cinq nouveaux puits ont été foncés ou sont en cours de fonçage dans cette région.

Deux méthodes ont été utilisées pour la traversée de ces morts-terrains : le procédé par congélation et le procédé par forage de Honigmann-de Vooy.

Comme revêtement, on a abandonné les cuvelages en fonte qui résistent mal aux déformations excentrées produites par les travaux du fond. Le choix s'est porté sur le béton armé et sur le béton coulé entre deux anneaux en acier.

De plus, pour bien résister aux déformations continues ou même discontinues des morts-terrains par suite des travaux souterrains, on intercale un anneau de bitume pouvant atteindre 32 cm d'épaisseur entre le revêtement et le terrain. Le rôle de cet anneau visqueux est de suivre les déformations du terrain, tout en diminuant les déformations du revêtement du puits comme le montre la figure 18 ; cette couche de bitume sert aussi à protéger l'étanchéité du puits.

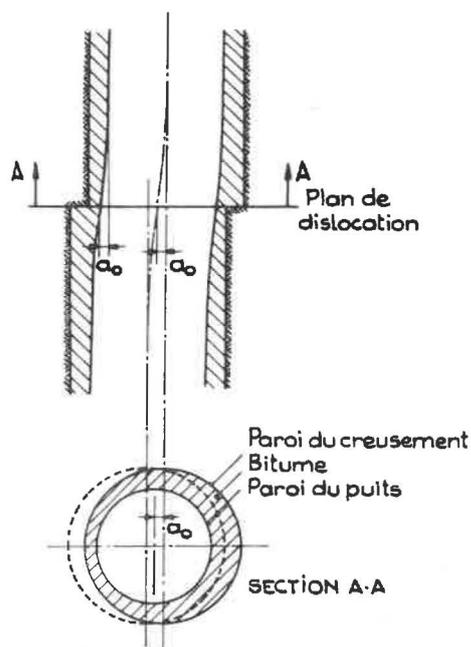


Fig. 18. — Protection du revêtement d'un puits contre les efforts de cisaillement au moyen d'une couche de bitume.

Le puits Emma IV et les deux puits de Beatrix sont foncés par la méthode de forage à grand diamètre. Les puits Hendrik IV et Maurits III sont foncés à travers les morts-terrains par congélation ; ces deux puits sont foncés dans le stot de protection des puits principaux.

Le fonçage du puits Hendrik IV, de 1058 m de profondeur et de 6,70 m de diamètre utile, a été effectué par trois brèches attaquées en même temps (fig. 19) : de la surface à 245 m par congélation, par récarriage d'un burquin existant de 5,80 m de diamètre, de 401 à 830 m, et par fonçage de 830 m jusqu'à 1058.

La partie du puits située entre 245 à 401 a été foncée après achèvement des travaux et pose du revêtement définitif jusqu'à 245 m.

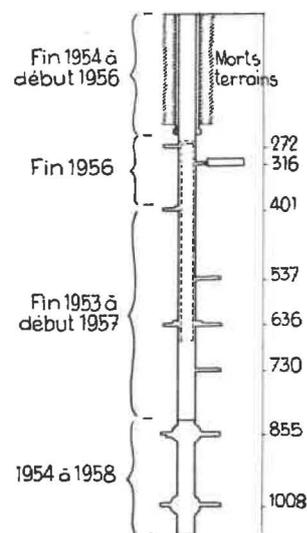


Fig. 19. — Différentes brèches d'attaque du creusement du puits IV du siège Hendrik.

Durant le fonçage par congélation, le puits a été revêtu d'une maçonnerie en briques. Après fonçage jusqu'à 245 m, le puits a été revêtu entièrement de bas en haut au moyen de béton armé séparé de l'anneau en brique par un anneau de bitume.

Par rapport aux cuvelages en fonte, ce revêtement présente les avantages d'un prix de revient moindre, d'une plus grande résistance aux déformations horizontales, d'une plus petite résistance à l'air de ventilation.

Le puits Maurits III, de 800 m de profondeur et 6,70 m de diamètre, a été foncé par congélation jusqu'à 339 m de profondeur. Le revêtement provisoire est constitué par du béton de 60 cm d'épaisseur. Le revêtement est constitué par du béton armé avec un anneau de bitume jusqu'à 238 m de profondeur, puis par un cuvelage en fonte jusqu'à 339 m, ainsi que le montre la figure 20. Comme c'était un des premiers puits où l'on utilisait un intercalaire de bitume, on n'avait pas osé descendre avec le revêtement mixte béton-bitume jusqu'à 339 m.

Les deux puits de la mine Beatrix, de 800 m de profondeur et de 5,60 m de diamètre, traversent les morts-terrains sur 480 m d'épaisseur. Ces puits sont forés à niveau plein à des diamètres croissants et, pendant le fonçage, les terrains sont maintenus sans revêtement grâce aux boues de forage qui forment un cake sur les parois du trou et empêchent l'eau de pénétrer dans le puits. Le diamètre à terre nue du forage est finalement de 7,65 m sur 500 m de profondeur.

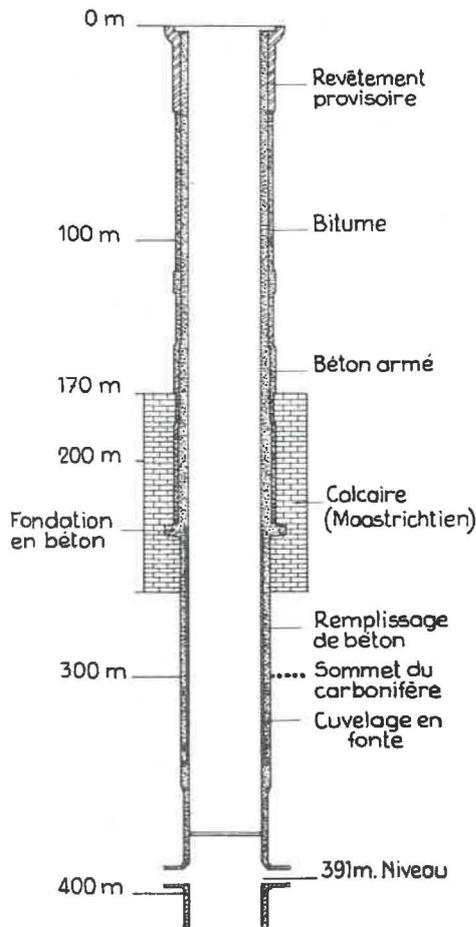


Fig. 20. — Section verticale à travers la partie supérieure du puits III du siège Maurits.

La figure 21 montre la couronne utilisée pour le forage du trou pilote de 2 m de diamètre.



Fig. 21. — Couronne de forage de 2 m de diamètre du trou pilote.

Le revêtement est constitué de deux anneaux en acier séparés par du béton. Il est descendu dans le puits après achèvement du creusement. Pour assurer la descente dans l'eau dense, la partie inférieure du cuvelage est formée par un plateau en béton et le cylindre est rempli d'eau pour former ballast. Les 100 m inférieurs de l'anneau entre le revêtement et le terrain sont remplis de mortier, tandis que les 400 m supérieurs sont remplis de bitume.

Un exemple des difficultés rencontrées lors des creusements des puits en Pologne

par

F. MISIONG et B. SZTUKONSKI

Le puits Solno 2 est situé à Inowroclaw dans une région de mines de sel. Le puits, de 5 m de diamètre utile et de 650 m de profondeur, est revêtu d'un cuvelage en fonte jusqu'à 175 m de profondeur et ensuite d'une maçonnerie en brique de 64 cm d'épaisseur.

De grandes difficultés hydrogéologiques sont rencontrées dans ce bassin : certains forages trouvent une nappe aquifère à 60 m ou à 120 m, tandis que d'autres restent secs jusqu'à plus de 140 m de profondeur.

Le puits a été foncé par le procédé de congélation avec 18 trous de congélation de 140 m de profondeur.

Le fonçage par congélation s'est très bien passé et les cuvelages en fonte ont été placés jusqu'en dessous des terrains aquifères. Le fonçage a ensuite été continué pendant le dégel.

Lorsque le puits a atteint 425 m de profondeur, 15 m de maçonnerie se sont effondrés par suite d'un tir et en même temps une petite venue d'eau s'est produite, venant par des joints horizontaux du cuvelage vers 130 m de profondeur. Cette venue s'est accrue rapidement et, après 30 jours, le niveau d'eau se trouvait à quelques mètres de la surface.

La venue d'eau moyenne a été de 4,5 m³/min avec un débit maximum de 15 m³/min.

Pour boucher les fissures, on décida de faire une cimentation par les trous de congélation et par quelques trous supplémentaires.

Mais avant de cimenter, la partie inférieure du puits a été remplie de 500 m³ de sable et 145 t de carnalite déversés par la ligne de canars d'aérage pour empêcher que l'eau ne dissolve les couches de sel non protégées par un revêtement. Pour la même raison, l'eau a été saturée de NaCl.

Les tuyaux de congélation ont été perforés à plusieurs endroits entre les cotes 120 et 140.

On a commencé par injecter uniquement du ciment, mais on a constaté des venues de ciment dans le puits. On a alors injecté par petites doses du ci-

ment mélangé avec de la sciure de bois. Au total, 645 t de ciment ont été injectées par les trous de congélation, tandis que 1.016 t de ciment l'ont été par les 4 trous supplémentaires forés à proximité du puits.

Après vidange du puits par pompage, on a injecté du ciment à travers le cuvelage. Les pores du béton coulé dans le vide entre le cuvelage et le terrain étaient trop grands pour être fermés par simple cimentation. On a réalisé une silicatisation pour obturer les fissures de 0,1 à 0,2 mm dans le béton.

Expériences réalisées en Hongrie sur l'injection de bentonite dans les puits et les tunnels par L. SAROSI et A. FITZEK

Le problème de l'exhaure a de tout temps grevé le prix de revient des minerais ou du charbon. En hiver, certaines venues d'eau gèlent et obstruent partiellement le réseau de ventilation des travaux.

Des études théoriques et des recherches pratiques sont entreprises actuellement en Hongrie pour cimenter ou silicatiser systématiquement les puits et les galeries principales afin d'empêcher toute venue d'eau.

Les premières injections furent faites à base de ciment ; mais la granulométrie et la dimension de ses grains sont trop grandes pour pouvoir remplir tous les vides et tous les pores de sable. Seules les fissures dont la largeur dépasse 0,1 mm peuvent être remplies de ciment. Même une augmentation de pression ne saurait améliorer la pénétration des grains de ciment dans les couches poreuses.

Un tunnel a été rendu étanche avec succès en Hongrie au moyen d'émulsions de bitume. Mais ce procédé est très coûteux, ce qui limite son emploi à quelques cas seulement.

Il importe que la zone cimentée s'étende assez loin autour du puits et que le matériau utilisé pour remplir les fissures et les pores soit assez plastique pour suivre toutes les déformations des roches consécutives à l'exploitation des couches sous-jacentes. Le choix des Hongrois s'est porté sur la bentonite qui peut être injectée sans aucun appareil spécial et qui possède un grand pouvoir de pénétration.

Les bentonites sodiques absorbent 5 à 7 fois leur propre volume d'eau et augmentent ainsi leur volume de 10 à 20 fois, elles possèdent des propriétés tixotropiques.

Dans la plupart des cas de colmatage à exécuter, il sera nécessaire d'injecter de la bentonite pour remplir les fissures microscopiques et du ciment pour les fissures dont la largeur dépasse le centimètre.

Avant d'injecter un liquide quelconque, il est bon de faire une première injection d'eau pure pour dé-

terminer le débit d'eau que le terrain peut absorber et de faire analyser l'eau contenue dans le terrain.

La pression d'injection ne doit pas dépasser en général de 30 à 50 % la pression hydrostatique, si l'on veut éviter la formation de fissures supplémentaires.

La figure 22 montre un cas d'application au puits n° 1 à Perkupa où une couche de gravier très aquifère recouvre des couches de gypse. Des venues d'eau de 2.500 litres par minute se sont produites vers 11 m de profondeur, noyant complètement le puits creusé jusque vers 50 m. Pendant le fonçage, les cavernes situées à proximité des parois du puits furent fermées par du béton et du « trass ».

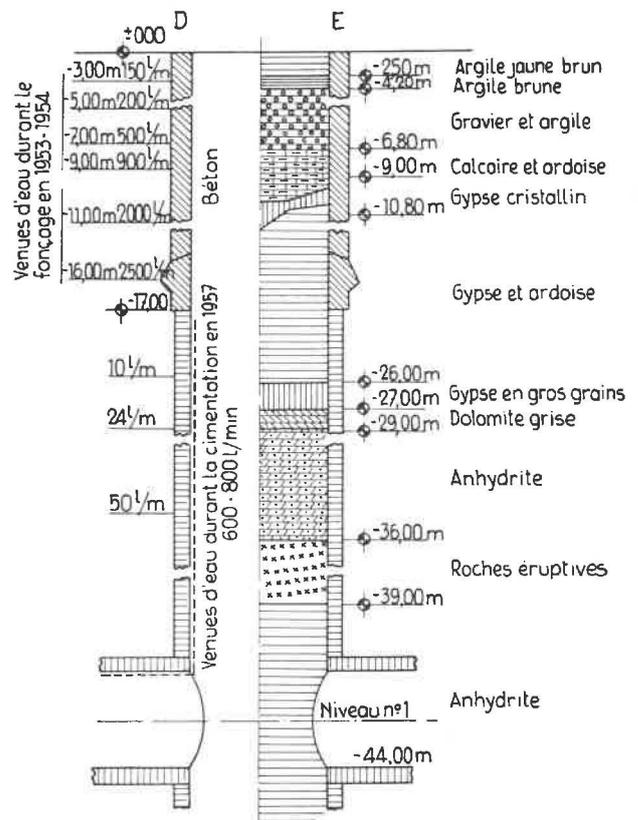


Fig. 22. — Coupe longitudinale à travers le puits n° 1 à Perkupa.

Pour faciliter le travail d'injection, de nombreux trous furent forés vers le haut à partir de l'étage supérieur du puits. La première injection d'eau claire durant quelques minutes fut suivie d'une injection de bentonite à une pression de 10 atm, puis d'une cimentation. L'injection a duré trois mois durant lesquels furent injectés, par 234 trous, 46.100 kg de bentonite, 30.300 kg de ciment et 5.000 kg d'un produit liant.

Depuis 1954, plus de 800 tonnes de bentonite ont été injectées avec succès, en Hongrie. Les venues d'eau ont chaque fois été totalement aveuglées.

Réparation par congélation d'un cuvelage avarié sur 50 mètres sans arrêt de l'extraction de 3.000 tonnes par jour

par J. VENTER

Les deux puits du siège André Dumont à Waterschei, de 1035 m de profondeur et 6 m de diamètre utile, ont été foncés par congélation pour la traversée de morts-terrains aquifères de 543 m d'épaisseur. Le revêtement de cette partie du puits est constitué par un cuvelage en fonte.

Par suite de l'exploitation, le centre du puits 1 s'est déplacé de 1,61 m vers le sud et de 0,60 m vers le nord, et le centre du puits 2 s'est déplacé de 1,10 m vers le nord et de 0,11 m vers l'est. Ces mouvements ont provoqué des fissures avec venues d'eau de 1700 m³/jour dans les deux puits.

En 1943, une fissure très importante s'est produite dans un cuvelage du puits 2 entre 24 et 51 m de profondeur. Un corset métallique a été placé à l'intrados du cuvelage et le vide entre le corset et le cuvelage a été rempli de béton.

En 1953, on a constaté un nouvel accroissement des venues d'eau provenant de cette partie consolidée du cuvelage. Il fallait trouver une nouvelle solution pour remettre le cuvelage en état avec l'impérieuse nécessité de ne pas arrêter l'extraction. On a choisi la méthode proposée par la société belge Foraky.

Autour du puits et partant de la surface, on établit un mur de glace par la méthode classique de trous de sonde verticaux. Ce cylindre de glace est établi jusqu'à une dizaine de mètres en dessous de la partie à consolider pour éviter des rentrées d'eau par le fond de la congélation, soit 65 mètres.

Dans l'épaisseur de ce cylindre de glace, on creuse un petit puits de service ou burquin jusqu'à la base du renforcement à exécuter et dont le niveau infé-

rieur se situe à la profondeur de 55 m. Un second burquin de section réduite, placé à environ 180° de ce premier puits, assure le circuit d'aérage des galeries à creuser, dont il est question ci-après. Ces deux accès permettent tous les services, en particulier la descente du béton par des tuyauteries, et la translation du personnel.

Partant du pied du premier burquin à la profondeur de 55 m, on creuse deux galeries au contact de l'extrados du cuvelage et se rejoignant à l'orifice du petit burquin d'aérage. La section de ces galeries est déterminée suivant les besoins d'exécution des travaux.

Dans cette galerie on établit un anneau, base de renforcement, constitué par un massif de béton dans lequel on noie un système d'armatures.

Le premier anneau a une hauteur de 1,75 m. Sur la tête de ce bétonnage on creuse une seconde galerie, puis on réalise un second anneau superposé au premier, et ainsi de suite vers le haut jusqu'au niveau où la dernière déféctuosité du cuvelage a été constatée, c'est-à-dire vers 22 m.

La figure 23 montre le creusement du second anneau après le bétonnage de l'anneau inférieur.

Une difficulté importante était due au fait que le puits de retour d'air est parcouru par un débit d'air de 270 m³/s saturé d'humidité et à une température moyenne de 27° C qui réchauffait le mur de glace.

Vers 59 m de profondeur, on a placé quelques spires de tuyaux en plomb accolées aux nervures mêmes du cuvelage et parcourues par un courant de saumure froide pris en dérivation du circuit de congélation général. Ces spires furent isolées du courant d'air par un caisson en bois, tandis que la transmission du froid des spires au cuvelage était assurée par de la limaille de fer. On a obtenu ainsi la soudure du cuvelage en fonte au cylindre de glace à la base de celui-ci.

Les 43 sondages de congélation ont été répartis sur deux anneaux de 10,50 et 12 m de diamètre.

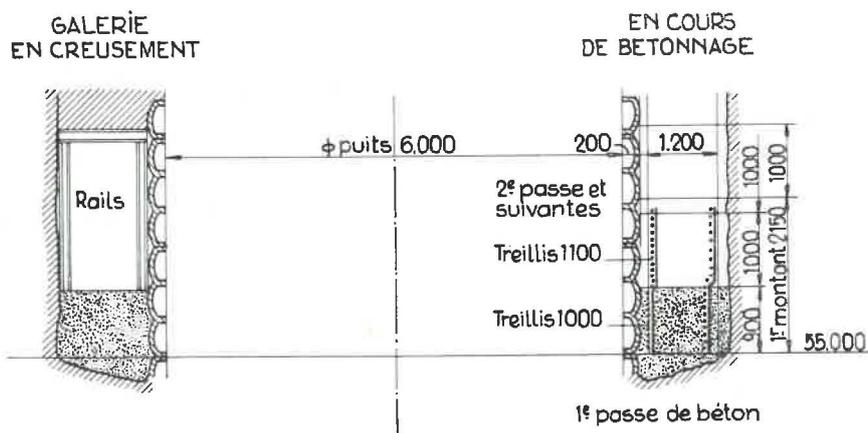


Fig. 23. — Bétonnage de l'anneau inférieur et creusement du second anneau.

IV. FONÇAGES PARTICULIERS

Creusement du puits n° 19
du groupe de Lens-Liévin des
Charbonnages du Nord et du Pas-de-Calais
par F. POT

Ce puits de 660 m de profondeur a été foncé à travers 160 m de morts-terrains calcaireux, sableux et argileux.

La couche de sable très aquifère a 40 m d'épaisseur et est située entre 50 et 90 m de profondeur environ.

Le revêtement du puits est en béton, sans armature ni anneau métallique.

Pour traverser la couche aquifère :

1) on a foré 17 trous de 100 m de profondeur, dont 1 au centre du futur puits et les autres sur une circonférence à l'extérieur. Ces trous ont été tubés et cimentés sur 40 m. On a injecté ensuite 2.300 t de ciment par l'ensemble des 17 trous ;

2) lors de la traversée de cette couche, les ouvriers ont foré une centaine de trous horizontaux de 2 m de profondeur par lesquels furent injectés un mélange colloïdal de ciment et de bentonite.

La venue d'eau put ainsi être ramenée à 250 litres par heure.

Le puits 19 avait un diamètre au creusement de 7,85 m et un diamètre utile de 6,65 m. L'épaisseur de la paroi de béton est ainsi de 60 cm.

Le puits est creusé avec un revêtement provisoire au moyen de cadres métalliques avec treillis de protection contre le terrain.

Les cuffats ont une capacité de 1.600 litres et sont remontés à une vitesse de 10 m/s au moyen d'un treuil de 460 ch à deux tambours.

Le forage des 100 mines de 2,40 m, toutes verticales, est effectué par 8 marteaux-perforateurs Atlas BDD, manœuvrés par 11 hommes.

Pour gagner du temps au forage, on amorce directement les trous avec des fleurets de 2,40 m, mais on utilise à cet effet un plancher d'amorçage placé à 1 m de hauteur (fig. 24). Ce plancher s'appuie sur le dernier cintre métallique et sur un chevalet disposé au centre du puits.

Le chargement des déblais est effectué par une chargeuse Eimco 21 D roulant sur un élément de voie télescopique de 1,60 m de longueur. La figure 25 illustre le mode de travail adopté pour le chargement des terres. La chargeuse descend petit à petit en un mouvement en spirale. Quand elle arrive contre la paroi, elle est remontée dans sa nouvelle position au moyen d'un treuil. Cette opération dure 10 minutes. Il faut 16 heures pour charger les 200 m³ de terres foisonnées d'une passe de creusement ;

95 % des déblais sont chargés au moyen de la chargeuse sur rails, manœuvrée par deux hommes.

11 hommes
8 marteaux-perforateurs
100 trous

Pas de changement de fleurets durant le forage



Fig. 24. — Vue de plancher de forage utilisé pour l'amorçage des trous de mine.

En fin de creusement, le chargement fut effectué par une chargeuse Eimco 621 sur chenilles avec un gain de temps de 10 % et un homme en moins.

Le personnel total quotidien est de 23 hommes et 3 surveillants.

Le revêtement définitif en béton est coulé par passes de 30 à 50 m de hauteur.

Le béton est composé de :

- 800 litres de gravier 30/50
- 400 litres de sable 0/20
- 300 litres de ciment Portland.

Le béton préparé en surface est envoyé au fond par petit skips de 750 litres de capacité.

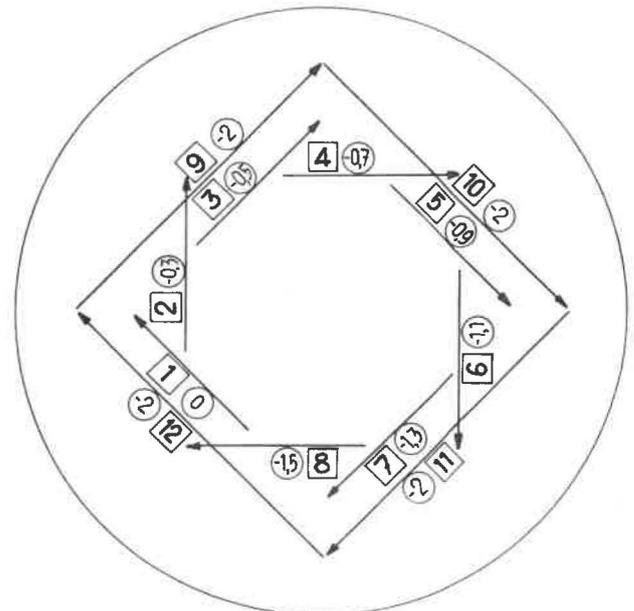


Fig. 25. — Positions successives occupées par la chargeuse lors du chargement.

[7] position de la chargeuse.
(-1,3) profondeur atteinte en mètres.

La figure 26 montre le dispositif de bétonnage utilisé dans le fond, composé de 3 planchers superposés suspendus aux 4 câbles guides.

Le coffrage employé est constitué par 4 anneaux de 1,50 m de hauteur, comportant 12 panneaux de 210 kg assemblés par boulons.

Le plancher supérieur supporte les trémies dans

sions en ont été tirées dont les prochains creusements pourront bénéficier.

a) A partir d'une profondeur de 250 m, la chargeuse doit attendre le cuffat. Il faut utiliser ou des cuffats d'une capacité plus grande ou des cuffats de même capacité, mais disposer de 2 machines d'extraction.

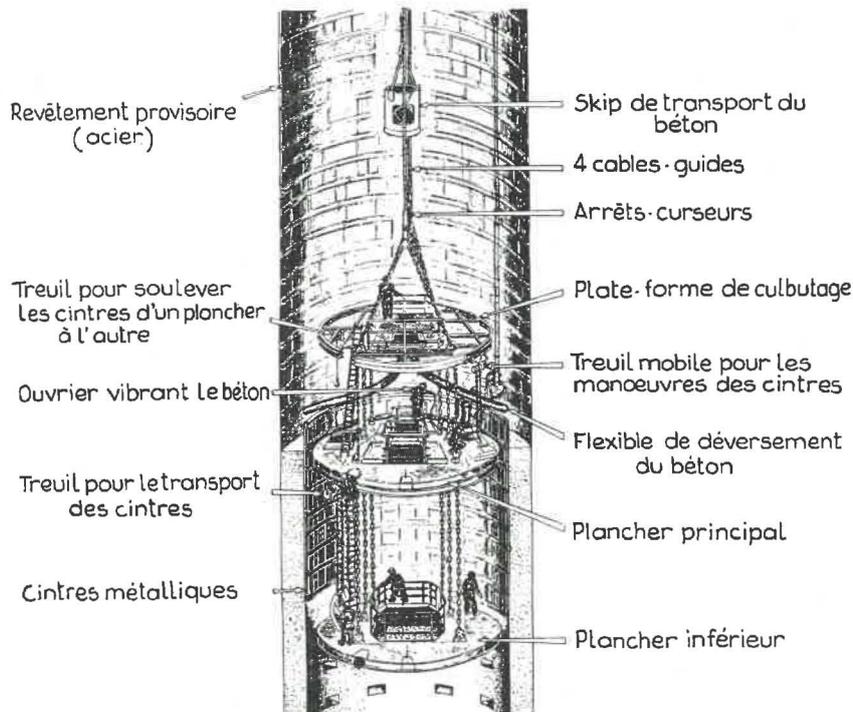


Fig. 26. — Plancher de travail à plusieurs niveaux (7 ouvriers et 1 surveillant).

lesquelles les skips déversent leur contenu. Elles sont terminées par un flexible de 300 mm de diamètre amenant le béton derrière le coffrage. Les ouvriers qui occupent le plancher inférieur démontent les éléments de coffrage, pendant que ceux du plancher médian les replacent plus haut. La vitesse de pose du béton est de 10 m par jour.

Pendant le bétonnage, le personnel du fond consiste en 21 hommes et 3 surveillants.

Le personnel de surface est de 24 hommes par jour lors du bétonnage et de 16 lors du creusement.

La vitesse d'avancement moyenne pour les 650 m de puits fut de 28 m, tandis qu'en bons terrains, on a réalisé des avancements mensuels de 37 m (creusement et bétonnage).

Le rendement moyen fut de 69 mm et de 3,4 m³ en place par homme au fond.

Durant les meilleurs mois de travail, ce rendement a été de 93 mm et de 4,6 m³ en place par homme au fond.

Aucun record d'avancement mensuel n'a été battu durant le creusement de ce puits, qui l'a été au moyen de l'équipement standard. Quelques conclu-

b) Des gains de temps seront réalisés par l'emploi d'une chargeuse sur chenilles.

c) La descente du béton doit s'effectuer à partir de la surface dans des conduites métalliques ou en plastique.

Grâce à une organisation très poussée des diverses opérations et à l'utilisation la plus rationnelle du matériel, on a pu réaliser des rendements par ouvrier très satisfaisants.

Creusement de puits après forage d'un trou à grand diamètre et revêtement par claveaux suspendus (1) par P. STASSEN et H. van DUYSE

De nombreux burquins sont creusés en Allemagne et en Belgique avec évacuation des déblais par un trou à grand diamètre foré préalablement.

Des trous de 610 à 1200 mm de diamètre sont forés à partir de l'étage inférieur au moyen d'une son-

(1) Pour plus de détails sur cette méthode, voir Annales des Mines de Belgique, avril 1958, page 289, et Bulletin Technique Mines n° 68.

deuse Turmag, Korfmann ou Hausherr, tandis que des trous de 1,50 m de diamètre le sont au moyen d'une sondeuse Bade ou Salzgitter après forage d'un trou pilote de 100 à 200 mm de diamètre.

Les terres sont abattues par minage avec projection d'une partie des déblais dans le trou à grand diamètre. Cette proportion de terre atteint 75 % dans le cas d'un trou de 813 mm de diamètre. Pour éviter la chute de personnel par ce trou, un panier de protection est placé à l'orifice supérieur du trou ; ce panier permet le passage des pierres tout en empêchant le passage d'un homme.

Les terres sont chargées par scraper ou par chargeuse à l'étage inférieur.

Pour le revêtement, MM. Dardenne et Lebrun ont mis au point un système de claveaux suspendus.

Les claveaux utilisés pèsent 900 kg et ont 1,25 m de hauteur (fig. 27).

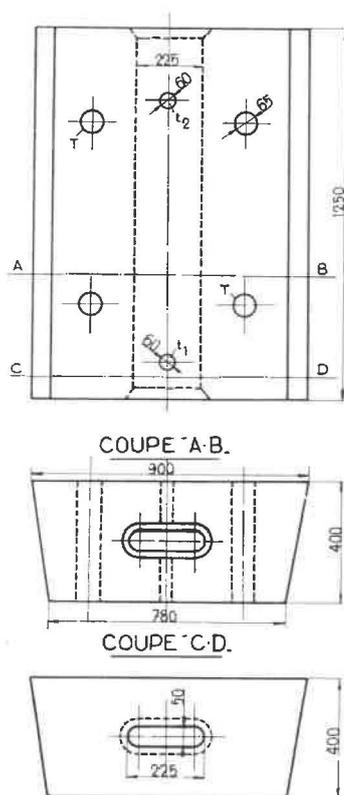


Fig. 27. — Forme et dimensions d'un claveau suspendu.

Les claveaux sont percés verticalement d'une cheminée de 225 × 50 mm et horizontalement de quatre trous (T) de 65 mm et deux trous (t_1 et t_2) de 60 mm de diamètre.

Chaque claveau est suspendu au précédent par l'intermédiaire d'un fer plat passant dans la cheminée verticale et fixé par broches aux claveaux.

Deux variantes sont utilisées pour suspendre les claveaux. Dans l'une, les claveaux sont déposés au fond et mis en place au moyen d'un petit treuil. Dans l'autre cas, le claveau est placé à l'aide de la

cagette. A cet effet, avant d'être descendu dans le puits, le claveau est déposé sur un chariot spécial roulant sur une poutrelle qui peut être déployée ou repliée sous le fond de la cage.

Il faut compter 1 heure pour suspendre les claveaux de 1,25 m de hauteur d'un anneau complet dans un puits de 5 m de diamètre intérieur. De plus, il faut 1 heure pour le réglage des claveaux.

Chaque anneau de 20 m de hauteur est suspendu aux 3 tours inférieurs de la passe précédente.

Après chaque passe de 20 m de hauteur, l'espace de 20 cm entre les claveaux et le terrain est rempli de béton versé par des ouvertures ménagées dans l'anneau supérieur.

Après ce frettage du revêtement au terrain, on procède à l'enlèvement des diverses ferrures.

V. FONÇAGE CONTINU

Nouvelle machine pour le creusement rapide de puits et de bouevaux

par J. VOROPINOV et R. KITTRICH

Lorsqu'on décide le creusement d'un nouveau siège, on désire que l'exploitation puisse débiter le plus vite possible ; il convient dans ce but d'accélérer le fonçage des puits.

Le travail de creusement d'un puits peut être divisé en 4 parties : forage et minage, chargement et évacuation des déblais, pose d'un soutènement provisoire, pose du revêtement définitif. Il existe 3 possibilités de creusement, soit creusement et pose de revêtement provisoire simultané, soit creusement et pose du revêtement définitif simultané, soit creusement alternant avec la pose du revêtement définitif. Pour obtenir des vitesses d'avancement très grandes, il faut éliminer le forage, le minage et la pose d'un revêtement provisoire.

L'utilisation d'une machine de creusement prohibe l'abatage des déblais par minage. Cet abatage peut être effectué par l'une des méthodes suivantes :

- 1) à la main, mais cette méthode exclut la mécanisation ;
- 2) par machine, soit par des outils de coupe, soit par éclatement ; cette méthode ne peut être appliquée jusqu'ici que dans le cas de roches tendres ;
- 3) par étincelle électrique ;
- 4) par la méthode électro-acoustique au moyen d'ultrasons ou d'infrasons. Ces deux dernières méthodes sont peu utilisées par suite du danger et du problème de l'évacuation de la chaleur produite ;
- 5) par la méthode thermique avec flamme ; cette méthode est applicable avec les moyens actuels ;

- 6) par utilisation d'un jet d'eau ;
- 7) par jet hydraulique avec commande électrique et production de cavités.

Cette méthode, qui brise la roche au moyen de jets d'eau pulsés à très forte fréquence par commande électrique, produit un effet de choc créant des cavités. Elle a été mise au point et réalisée avec beaucoup de succès en Union Soviétique.

Avec une fréquence de pulsation de 100 périodes par seconde, on a réalisé en laboratoire des avancements de 12,50 m/h dans de l'argile, de 6 m/h en schiste et de 1 m/h dans du quartzite.

Cette méthode produit très peu d'usure de la machine d'abatage et peut être considérée comme la plus rapide et la plus économique dans certains cas. Cette machine prend appui par piston contre les parois et comporte un bourrage qui s'applique exactement contre le terrain, laissant donc la partie inférieure de la machine baigner dans un liquide.

Il est tout indiqué que l'évacuation des déblais se fasse hydrauliquement au moyen d'un système de pompes. La circulation du liquide est d'environ 24 litres par seconde dans le cas d'un puits de 6 m de diamètre.

La pose du revêtement définitif en béton a lieu aussi simultanément avec le creusement ; le coffrage est fixé sur la machine de creusement.

Des vitesses de fonçage de 0,50 à 1 m/h dans des terrains durs ont été réalisées dans des puits de 6 m de diamètre. Des avancements de 300 à 600 m par mois sont atteints par l'utilisation de cette machine.

Cette machine présente le grand avantage de traverser des terrains aquifères sans nécessiter la congélation préalable du terrain. Il en est de même pour la traversée des zones à dégagement de grisou ; celui-ci est évacué en même temps que les déblais.

Le personnel au fond ne comporte plus que deux techniciens.

(à suivre)