

Creusement des puits à grande vitesse d'avancement

par E. DESSALES

Inspecteur des Charbonnages
patronnés par la Société Générale de Belgique.

SAMENVATTING

De Belgische zending die verleden jaar een studiereis ondernomen heeft in Zuid-Afrika, kwam diep onder de indruk van de bezoeken die ze gebracht heeft aan de goudmijnen van Western Reef en Vaal Reef, op ongeveer 100 à 150 km ten Z.W. van Johannesburg. Deze bezoeken lieten de zending toe zich de visu rekenschap te geven van de middelen en methoden aangewend om uiterst snelle vooruitgang te verwezenlijken in de schachtdelvingen en waarover de Zuid-Afrikaanse ingenieurs terecht fier zijn.

Dank zij het gebruik van krachtige ophaalmachines en lieren voor de werkvloeren, van afdieptonnen en griepers met grote capaciteit, van zware boorhamers gecombineerd met de methode van gelijktijdige delving en bekleding, met gebruik van Galloway-vloeren, is men er in geslaagd vooruitgangen te bereiken die ongeveer vier maal groter zijn dan in België, bij een kostprijs die ongeveer dezelfde bedraagt als onze laagste huidige kostprijzen.

Verbeteringen kunnen nog aangebracht worden aan de uitrusting, namelijk door het gebruik van jumbo's.

Dank zij deze laatste verbeteringen zal men er toe komen de kostprijs nog te verminderen en de vooruitgang nog te vergroten.

RESUME

Au cours d'un voyage d'étude fait par une mission belge en Afrique du Sud l'an dernier, nous avons été vivement impressionnés par les visites que nous avons faites aux Mines d'Or de Western Reef et de Vaal Reef, à 100-150 km au sud-ouest de Johannesburg, afin de nous rendre compte de visu des moyens et des méthodes employés pour obtenir les avancements rapides des puits en fonçage, dont les ingénieurs S/A sont fiers à juste titre.

Depuis notre visite, M. Brink, Ingénieur-Directeur à Vaal Reef, a publié une note sur cette question dans une revue sud-africaine, note qu'il nous avait déjà communiquée et qui a été traduite par M. A. Clérin, Directeur des Etudes des Charbonnages André Dumont.

D'autre part, au Congrès de Paris fin juin dernier : MM. J. S. Hay, B Sc, président de l'Association des Mines Managers S/A, et M. A. J. Cundill, ancien président de la même association, ont fait des communications intéressantes sur le sujet en question. Enfin, à Paris, M. Seldenrath, professeur à Delft, a fait des suggestions dont il faut tenir compte.

De nos visites et des notes de MM. Brink, Hay et Cundill, nous essayons de dégager les caractéristiques techniques des méthodes et engins employés et d'en tirer un enseignement pour nos fonçages futurs.

I. — Introduction.

Nous n'avons pas à attirer l'attention de nos directeurs sur l'intérêt d'un avancement du creusement des puits, en particulier dans les mines nouvelles. Celles-ci exigent des investissements énormes et il faut pouvoir rémunérer au plus tôt les capitaux engagés.

Nous avons vu dans les publications qu'à Blijvoortzicht, avant la guerre 1940, on faisait moins de 3 m d'avancement par jour, dans un puits rectangulaire, desservi pendant le creusement par 3 machines.

M. Hay donne cependant un avancement record de 129 m par mois, dans un puits rectangulaire, en 1936 avec chargement à la pelle.

Il signale comme record, en mai 1953, un avancement de 178 m, à Vlakfontein, avec chargement mécanique.

A Vaalreef, M. Brink, avec chargement à la main, a réalisé 180 m d'avancement.

Le puits de Vlakfontein, de 2.060 m de profondeur, a été creusé et revêtu de béton en deux ans ; dans ce délai est compris le temps nécessaire au creusement de deux recettes principales et d'une station de chargement de skips. Dans les terrains supérieurs, l'avancement a été ralenti par la nécessité de faire des injections de ciment, les roches étant fissurées et aquifères.

Ces grands avancements ont pu être atteints, comme nous le verrons :

- 1°) grâce à l'emploi d'un outillage très puissant,
- 2°) en utilisant la méthode du creusement et du revêtement simultanés,
- 3°) par une étude attentive du forage comme nous le montrons pour Vaal Reef,
- 4°) par le chargement mécanique ou encore par l'étude détaillée du chargement à la pelle,
- 5°) par l'emploi du béton assez liquide distribué par tuyaux à l'arrière des coffrages,
- 6°) avec, lors du chargement à la main, une main d'œuvre très nombreuse.

II. — Creusement de Vlakfontein.

Le puits a 7,35 m de diamètre intérieur, à terre nue il a 8 m, l'épaisseur de béton n'est donc que de 32,5 cm ; dans cette région, la dureté des terrains qui sont constitués par des quartzites ou des schistes gréseux métamorphisés et durs, permet ces revêtements minces ; dans les anciens puits rectangulaires, à revêtement par cadres en bois, il n'y avait bien souvent pas de garnissage en planches.

Le diamètre du puits 7,35 m est nécessité par le volume d'air qui le traversera, environ 375 m³ par seconde, et on compte avoir une perte de charge de 36 mm d'eau par 1.000 m.

En Belgique dans un puits de 5,25 m de diamètre, avec 280 m³, la perte de charge, pour une profondeur de 1.000 m, est de 100 mm d'eau.

Il est intéressant de remarquer que l'économie annuelle d'énergie que donnerait un tel puits de 2.000 m de profondeur et de 7,25 m de diamètre par rapport à un puits de 5,25 m de diamètre se chiffrerait probablement par 7 à 10 millions de francs belges.

1. Le chevalement définitif était installé avant le fonçage, de même qu'une machine d'extraction de 2 × 2350 ch, système W-L ;

Les cuffats de 2,5 m³ étaient suspendus à des câbles antigravitaires, ils étaient guidés par les câbles de suspension des planchers, comme en Belgique ;

2. Un système de trois planchers superposés, (fig. 1), écartés de 3 m et réunis entre eux par une charpente, est utilisé comme suit :

Le plancher inférieur sert de protection pour les ouvriers du fond, de support pour la chargeuse qui lui est suspendue et pour les tambours de câbles d'éclairage, de signalisation, de téléphone et de tir.

Le plancher médian sert à déplacer le coffrage et le plancher supérieur sert à prolonger les tuyauteries et à diriger le déversement du béton.

La chargeuse est un appareil suspendu, roulant sur un monorail fixé sous le plancher inférieur ; elle peut tourner autour du puits ; le machiniste qui la commande se trouve dans une petite cabine, comme le pontonnier d'un pont roulant ; le grappin est à 8 branches et il a une capacité de 600 litres, soit plus d'une tonne de minerai, 4 coups de grappin remplissent le cuffat de 2.500 litres. La commande se fait à l'air comprimé. Le constructeur est de Johannesburg.

Le plancher supérieur porte une cuve où des cuffats à béton déversent celui-ci ; de la cuve le béton est envoyé par des tuyaux en caoutchouc derrière le coffrage. A Vaal Reef, au contraire, le béton vient directement de la surface.

Le système de plancher est suspendu à 4 câbles qui sont enroulés sur un treuil à 4 tambours ; nous verrons un système plus ingénieux à Vaal Reef, où il n'y a que 2 tambours pour 4 câbles.

Pendant le travail, le système de planchers est calé contre la paroi par 4 vérins à air comprimé et est suspendu à 6 câbles de sécurité d'une vingtaine de mètres de longueur et amarrés fortement dans la paroi.

Aéragé

L'air est amené par des canars en tôle galvanisée de 1 m de diamètre, suspendus à des câbles ; il est soufflé par un ventilateur centrifuge capable de donner une pression de 300 mm d'eau et 7 m³ par seconde à 2.000 m. Ce débit a été maintenu même à profondeur plus faible pour assurer une évacuation rapide des fumées ; « rapide » c'est une façon de parler, car avec une section de puits aussi grande la vitesse de remonte des fumées n'est que de 0,20 m par seconde et les ouvriers descendant 15 minutes après le tir devaient rencontrer les fumées à 180 m au-dessus du fond du puits.

Dans un puits de l'espèce, il serait tout indiqué d'avoir aussi un aéragé aspirant qui aspirerait une grande partie des fumées de tir, ce ventilateur ne devrait pas marcher en permanence, mais seulement pendant les 15 minutes dont il est question entre le tir et le retour des ouvriers. Pour le fonçage éventuel des grands puits de Campine, il faut penser à cette question.

On sait combien dangereux sont les oxydes NO NO² et le CO qui peuvent résulter d'un tir dé-

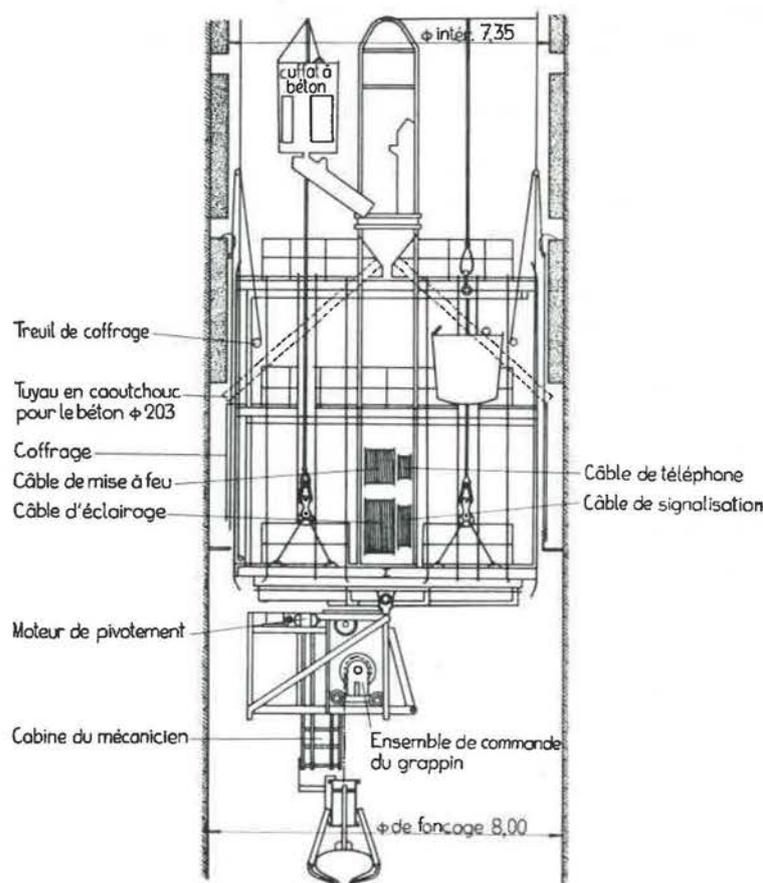


Fig. 1.

fectueux. J'ai vu le cas de deux bouveleurs d'un charbonnage belge trouvés morts après un tir, intoxiqués par les oxydes d'azote d'un explosif de composition probablement altérée.

Le coffrage pour béton

Il est composé d'une couronne de base, fer et planches, de deux anneaux de 3,30 m de hauteur, composés de segments qu'on manœuvre au moyen de treuils placés sur le deuxième plancher.

Matériel de forage. 18 marteaux de 75 mm d'alésage d'environ 45 kg avec fleurets de 2,30 m et taillants au carbure de tungstène.

Tir. L'explosif employé est la dynamite, le tir est électrique avec amorces à retard et s'exécute suivant un plan de tir, à double bouchon.

Cycles de travail.

Durée d'un cycle 8 heures au total.

Après un tir, on attend 15 minutes. Le plancher est remonté de 60 m pour le tir. On le redescend, une partie du personnel s'occupe du démontage des cintres du coffrage pour préparer une nouvelle passe de bétonnage, l'autre partie s'occupe du chargement des pierres, puis du forage et du chargement des mines. Après cela, on tire et le deuxième cycle commence. On achève la mise en place du coffrage, on

coule le béton, on charge des terres, puis on fore, on charge les mines et on tire. On en revient alors au premier cycle.

Le forage se faisant à l'eau, celle-ci est reprise et remontée dans les cuffats de bétonnage.

Pour contrôler la verticalité du puits, il y a 4 fils à plomb suspendus à de petits treuils.

Personnel : il y avait au fond

15 Européens

135 Africains

et à la surface avec tous les employés

47 personnes soit 197 personnes en tout.

On faisait environ 30 mm par ouvrier ; si on ne comptait à la surface que le personnel de la recette, on aurait 40 mm.

La revue belge « Explosifs » donne, dans son n° 2 de 1955, l'exemple d'un creusement de puits du Bassin de Charleroi, où l'avancement par personne est plus grand, mais où l'avancement journalier n'est que de 1,66 m.

Par ouvrier, on a 55 mm contre 40 mm en S/A, seulement les roches du S/A sont beaucoup plus dures que les nôtres et nous verrons plus loin que, pour un diamètre au creusement de 6 m, on fore 94 mines, alors que pour 5,80 m à Charleroi, on fore 45 mines, d'où la nécessité d'avoir beaucoup plus de foreurs. Il faut aussi noter que la main-d'œuvre africaine est médiocre. Dans les mêmes ter-

rains, les avancements par homme seraient, je pense, peu différents ; il resterait la différence d'avancement journalier qui résulte uniquement de la puissance des engins. Avec notre personnel, on aurait à la fois : avancement total rapide et avancement par ouvrier plus grand.

Mais au lieu de rester 700 jours pour creuser 1200 m, il n'en faudrait que 200.

Il y a un bilan à faire pour voir l'avantage qu'on pourrait en retirer.

III. — Creusement du Vaal Reef.

Le puits d'air de Vaal Reef est creusé à 6 m de diamètre à terre nue avec section utile de 5,40 m ; ces dimensions nous rapprochent de celles des puits de nos anciens bassins.

L'équipement est moins puissant. Au-dessus du puits, on a monté un châssis à molettes métallique, de 33 m de hauteur, avec 4 molettes.

Treuil : Le treuil d'extraction a une puissance de 960 ch. Le treuil de plancher a une puissance de 200 ch et déplace celui-ci à une vitesse de 3 m par minute. Les câbles sont antigiratoires. Le principe de la méthode est le même qu'à Vlakfontein : creusement et revêtement simultanés.

Plancher : Emploi d'un système de 2 planchers appropriés distants de 10 m et reliés entre eux par une charpente. Ce plancher est suspendu de façon intéressante par deux câbles seulement. L'une des

extrémités de ces câbles est attachée à la surface, le câble passe ensuite sur 2 poulies sous le plancher supérieur, (fig. 2) et remonte à la surface s'enrouler sur un tambour.

Cuffats : Cuffats de 2,5 t. Il y avait 4 cuffats, dont 2 au fond.

Jusqu'au moment de notre visite, le chargement était fait à la main, de sorte que, pour avoir de grands avancements, il fallait un nombre de chargeurs considérable, ayant, en fait, un très faible effet utile.

Grappin : Le grappin destiné au chargement mécanique, grappin d'une tonne à 8 segments, était arrivé et se trouvait près du puits pour être monté. Il est construit par les ateliers Fulton de Johannesburg. Ce grappin analogue à celui employé à Vlakfontein a 1 tonne de capacité.

D'après les explications qu'on nous a données, le remplissage d'un cuffat durera moins de 4 minutes et en 4 heures on aura enlevé tous les produits du tir, même durée qu'à présent mais avec une grande économie du personnel.

Récette : Sous la recette qui repose sur de très fortes poutrelles est aménagé un avant-puits d'environ 2,50 m de hauteur, dans lequel arrivent les tuyauteries d'air, d'eau, les câbles électriques, les treuils de fil à plomb, les entonnoirs à béton etc... de manière à dégager le plancher proprement dit.

Celui-ci est très solide ; il est fermé par deux trappes manœuvrées par des cylindres à air comprimé.

Sur ces trappes passent les wagonnets de 4 t attelés à une locomotive légère, dans lesquels le cuffat se déverse directement.

Forage : On fore quelques mines de reconnaissance, dans les terrains fissurés, où l'on doit éventuellement faire des injections de ciment. On emploie des marteaux de 90 mm d'alésage et des tiges de 3 m, le taillant est amovible.

Pour les autres trous, on fore avec des fleurets hexagonaux de différentes longueurs à taillants au carbure de tungstène, brasés à la mine, le chauffage se faisant par un four électrique à haute fréquence.

L'emmanchement du fleuret n'est pas limité par un bourrelet forgé, mais par une frette et, entre celle-ci et la tige, il y avait un cylindre en caoutchouc dur.

La frette était fortement pressée à la presse, sur la manchette en caoutchouc.

Il paraît qu'on évite ainsi des bris de tige. Il semble qu'on puisse en trouver l'explication dans les principes de la résistance des matériaux.

Le forage : se fait d'après un plan de tir bien étudié.

Un trou central sert de guide à un gabarit qui donne l'inclinaison des trous de bouchon. La direction des trous de la périphérie inclinés de 2° vers

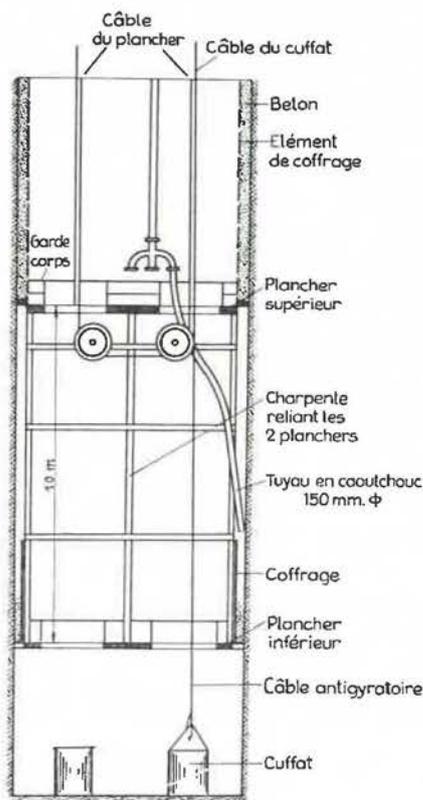


Fig. 2.

l'extérieur est donnée par un autre gabarit de 10 pieds de rayon. Les trous de bouchons sont répartis sur un cercle de 24 pouces de rayon, les trous suivants sur un cercle de 36 pouces, les autres sur 3 cercles concentriques dont les rayons augmentent chaque fois de 28 pouces. L'ordre de forage d'une équipe de 2 ouvriers est indiqué sur le croquis 3

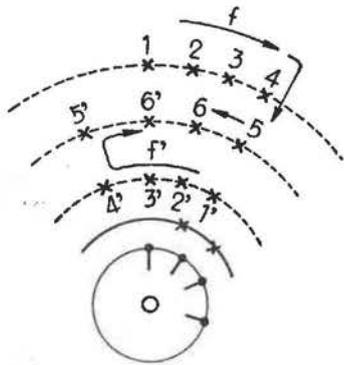


Fig. 3.

et il est tel que les ouvriers ne se gênent nullement. Les uns partent du centre et vont vers la périphérie, les autres viennent de celle-ci vers le centre, comme l'indiquent les flèches f et f' de la figure.

On fore avec 14 ou 18 machines de 76 mm d'alesage, pesant 105 livres.

L'explosif employé est la dynamite, le tir est électrique avec amorces à retard.

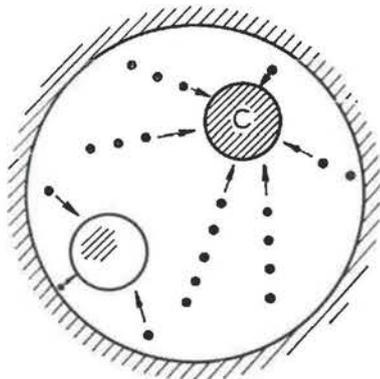


Fig. 4.

Le chargement a été étudié de façon tout à fait spéciale. Il y a toujours 2 cuffats au fond ; l'un en plein chargement, l'autre au début de chargement ; la figure 4 donne une idée de la position des pelleteurs, ainsi que des mouvements qu'ils exécutent, les quantités avancées à chaque pelletée sont relativement petites.

Cimentation du terrain : Antérieurement quand on rencontrait une petite fissure, on n'arrêtait pas le forage de cimentation et on le continuait jusqu'à la longueur imposée. A présent, on cimente dès qu'on a une petite venue. Quand on a ainsi assuré l'étanchéité sur quelques mètres, on arrête l'injection.

Une question se pose : puisque le revêtement en béton n'est pas calculé pour résister à la pression hydrostatique, ne faut-il pas ménager des exutoires dans la paroi, pour le cas où, une fissure du terrain venant à s'ouvrir, la paroi serait exposée à subir la pression hydrostatique.

Dans nos terrains houillers, il n'apparaît pas prudent de faire un revêtement en béton sans armature ; on a connu de graves ennuis, détachement de grands pans de béton, coupés en biseau (45°) et il convient, si on n'adopte pas les claveaux, d'armer le béton pour empêcher la reproduction des accidents dont je viens de parler.

Coffrage : Le coffrage est fait au moyen d'anneaux en acier doux de 75 cm de hauteur, en 8 segments, s'assemblant par cornières et pesant chacun 150 kg ; tôles de 6,35 mm raidies par un fer soudé au milieu. Les éléments du coffrage sont repris en remontant, par les ouvriers se tenant sur le plancher supérieur.

Revêtement : Le béton est préparé à la surface et descend par des colonnes de 300 mm en acier, jusqu'au sommet de l'avant dernière passe bétonnée, là il aboutit à une pièce spéciale dite « marmite » d'où partent deux tuyaux en caoutchouc qui déversent le béton derrière le coffrage. Le béton tombant à grande vitesse détruirait rapidement le fond de la chaudière, aussi le garnit-on d'une pièce d'usure.

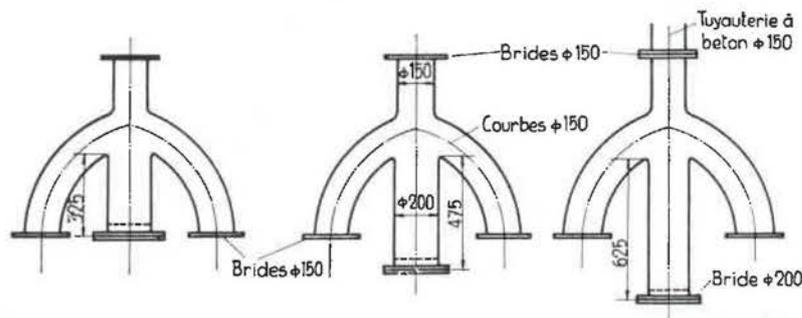


Fig. 5.

A 900 m, cette pièce a 10 cm d'épaisseur et elle est usée après 4 heures.

Au fur et à mesure de l'approfondissement, on allonge le prolongement de la marmite et on augmente l'épaisseur de la plaque d'usure. Quant aux tuyaux en caoutchouc, ils résistent très longtemps.

Le béton a la composition suivante : 3 parties de pierrailles, 2 de sable rude, 1 de ciment. On ajoute un peu de CaCl_2 pour hâter le durcissement.

La figure 2 montre qu'après 1 jour $\frac{1}{2}$, on peut enlever les cintres de la partie bétonnée pour les utiliser au bétonnage de la passe suivante.

Il est évident qu'il n'y a pas de pression de terrain. Normalement, on ne fait pas de garnissage provisoire.

L'avancement moyen par jour depuis janvier était de 6,60 m ; mais l'avancement par homme fond n'est que 25 mm ; beaucoup moins donc que dans le puits de Charleroi décrit dans la revue « Explosifs ».

Il faut remarquer qu'outre la qualité médiocre de la main d'œuvre, la dureté des terrains et la cimentation ralentissent l'avancement.

De plus, dans le cas du Vaal Reef, tout le chargement se faisait à la main. Avec le chargement au grappin, on pourra arriver à environ 55 cm par homme/poste. M. Brink voudrait faire de plus longs trous de mine, mais jusqu'à présent le problème n'est pas résolu.

Enfin, M. Hay estime qu'un autre progrès doit être envisagé, nous y avons pensé naturellement sur place ; on devrait essayer des « jumbo » pour le forage, un ouvrier pourrait conduire aisément 3 marteaux et il ne faudrait que 6 ouvriers, au lieu de 36 pour conduire 18 marteaux ; on pourrait économiser 90 manœuvres, ce qui, combiné avec une réduction de 70 chargeurs, ramènerait le personnel de fond à 90 au lieu de 256, ce qui donnerait un avancement d'environ 70 mm par ouvrier de fond et par ouvrier fond et surface 60 mm.

Le prix de revient est d'environ 20.000 F/m, mais, si l'on comptait le salaire des manœuvres noirs au salaire des ouvriers belges, on devrait majorer le prix de 13.000 à 14.000 F ; par contre, les ouvriers blancs gagnent 50 % de plus que nos ouvriers, de sorte qu'il faudrait retrancher 1.500 F pour établir une comparaison.

On arriverait ainsi à environ 32.500 F (sans guidonage), ce qui est très voisin du prix de revient donné par la revue « Explosifs ».

Si l'on se place au point de vue *prix de revient* seul, notre technique n'est pas mauvaise ; mais si l'on tient compte du temps, et cela aurait une importance particulière pour un nouveau puits en Campine, nous avons à modifier notre technique.

Dans les projets que l'on doit étudier pour le creusement d'un nouveau puits en Campine, l'adoption de la méthode du creusement et revêtement simultanés, nous paraît recommandable.

IV. — Idée nouvelle.

A Paris, M. le Professeur Seldenrath, de Delft, envisage le creusement et le revêtement simultanés en laissant descendre le cuvelage, le long des parois congelées, avec intercalation entre le cuvelage et les sables durcis d'une couche de bitume assez fluide.

Cette idée vaut la peine d'être approfondie pour la traversée des morts-terrains ; elle n'est pas sans présenter de grandes difficultés, car, pour gagner du temps, si l'on fait un cuvelage double, il faut le descendre tout entier, comme on l'a fait à Emma IV (procédé Honigmann) ; on l'a descendu dans l'eau, évidemment, mais on a eu des difficultés (accrochages) dans les argiles.

V. — Conclusions.

Grâce à l'emploi des machines d'extraction et de treuils de planchers puissants, de cuffats et de grappins de grande capacité, de gros marteaux perforateurs, combiné avec la *méthode du creusement et du revêtements simultanés, avec planchers Galloway*, le prix de revient est voisin des meilleurs prix de revient actuels en Belgique, mais avec des vitesses d'avancement 4 fois aussi grandes.

Des perfectionnements sont encore à apporter à l'outillage, notamment par l'emploi de « Jumbo », question qui est à l'étude dans le Sud de l'Afrique et que nous pourrions aborder aussi ; la construction d'un tel « Jumbo » ne nous paraît pas difficile.

Avec ce dernier perfectionnement, on arriverait encore à améliorer le prix de revient et peut-être la vitesse d'avancement.

Pour les grands puits futurs de Campine, nous devons étudier d'une façon approfondie cette question ; il ne faut plus s'en tenir aux méthodes d'il y a 30 ans ; le creusement et le revêtement simultanés s'imposent à notre avis, mais ce qui peut faire hésiter les entrepreneurs s'ils n'ont qu'un puits à creuser, c'est l'importance de l'immobilisation du matériel nouveau nécessaire pour l'application d'une telle méthode.

Il nous plaît de rendre hommage à la valeur des ingénieurs S/A.

Ils ont résolu avec science et méthode les nombreux et difficiles problèmes que présentaient leurs mines profondes.

L'accueil franc et cordial qu'ils ont fait à notre mission leur assure toute notre sympathie et de vifs sentiments de reconnaissance.