

MÉMOIRES

Creusement des puits d'Harchies

PAR LE PROCÉDÉ POETSCH

PAR

C. NIEDERAU,

Ingénieur au Corps des mines, à Mons (1).

La concession de Blaton, d'une superficie de 3,611 hectares, exploitée par la Société anonyme des charbonnages de Bernissart, s'étend sur les communes de Péruwelz, Blaton, Grandglise, Stambruges, Bernissart, Harchies, Pommerœul et Ville-Pommerœul (voir pl. I).

Jusqu'en 1897, l'exploitation ne s'est poursuivie que sous Bernissart dans la zone comprise entre la frontière française et le canal de Pommerœul à Antoing.

Le fonçage d'un siège d'extraction à Harchies a été décidé pour mettre à fruit la partie de la concession sise sous cette dernière localité et au levant des travaux en cours.

Le gisement qui nous occupe côtoie le bord nord du bassin houiller et la puissance des morts-terrains augmente vers le midi; il en résulte que le choix de la position de ce siège a nécessité certaines recherches. De nombreux sondages indiqués planche I avaient été exécutés antérieurement pour établir la nature et l'épaisseur des morts-

(1) Des renseignements détaillés, extraits des rapports semestriels de MM. les Ingénieurs en chef Directeurs ont tenu les lecteurs des *Annales des Mines de Belgique* au courant des diverses phases de cet intéressant travail. (Voir t. V, pp. 264 et 465; t. VI, pp. 167 et 529; t. VII, pp. 24 et 731; t. VIII, pp. 73, 764 et 1133; t. IX, p.; 293 t. X, p. 645, et t. XI, p. 413. (N. de la R.)

terrains. Les assises traversées par ces forages se composent de craies diverses, de rabots, de fortes toises, de dièves, de meule constituée par des roches diverses et des sables.

L'emplacement choisi réalisait les avantages ci-après :

1° La traversée des morts-terrains ne paraissait pas présenter trop de difficultés ;

2° Les couches pouvaient être recoupées sans exiger des travers-bancs d'une grande longueur ;

3° Pour la création des derniers étages, on évitait d'enfoncer les puits dans le houiller inférieur où peuvent se rencontrer des venues d'eau importantes.

Un sondage de reconnaissance portant le n° 26 fut entrepris à l'endroit adopté pour l'emplacement du siège et poussé jusqu'à la profondeur de 341 mètres.

Les terrains rencontrés par ce sondage sont figurés planche II ; ils comprennent des marnes avec silex jusqu'à 14^m45 de profondeur, des fortes-toises et des dièves jusqu'à 52^m95, de la meule, notamment sous forme de grès verts jusque 201^m20. Depuis ce dernier niveau jusqu'à 226^m70, tête du terrain houiller, on a traversé des sables et du gravier.

Le même forage a ensuite recoupé cinq couches, d'une inclinaison de 20° vers le midi, dont le charbon possédait une teneur en matières volatiles allant de 16.40 à 17.85 %.

Lorsque la meule fut atteinte, la venue d'eau du sondage s'éleva à 2500 mètres cubes en 24 heures et la hauteur piézométrique de la nappe aquifère atteignit 8 mètres au-dessus du niveau du sol.

En présence d'un tel volume d'eau, le creusement à niveau vide devait être écarté et le choix se bornait aux procédés Kind-Chaudron et Pöetsch. Par suite de la présence de sables à la base des morts-terrains, le premier mode de creusement fut délaissé ; on adopta le fonçage par la congélation. Ce dernier avait donné de bons résultats à

COMMUNE D'HARCHIES

SONDAGE N° 26

DATE	Profondeur Mètres	COUPE	TERRAINS RECOUPÉS	Observations
Commencé le 22 juin 1896.				
22 juin	0.35		Terre végétale brune et sablonneuse. Sable aquifère graveleux.	
	8.65	Marnes		Craie blanche.
	10.10			Marne glauconifère.
27 juin	14.43	Bleus		Bleus.
30 juin	23.35	Dièves		Dièves.
10 août	51.20			Tourtia.
	52.95			Meule.
	54.50			Sable tendre, argileux, pâle, jaunâtre. Eau jaillissante : 13,000 hectol. par 24 heures.
	54.70			Grès noirâtre, gris et bancs noirs.
	61.30			Grès gris-verdâtre.
	64.20			Grès jaunâtre.
	65.70			Grès noirâtre. Eau jaillissante : 14,350 hectolit. par 24 heures.
	69.00			Grès jaune-verdâtre.
	71.00			Grès plus brun.
	75.25			Eau jaillissante : 18,800 — —
				Grès noir-verdâtre.
22 août	84.00			Eau jaillissante : 20,130 — —
	86.20			Grès gris-noirâtre dur.
	89.00			Grès gris-noir dur. Eau jaillissante : 22,256 — —
				Grès gris-verdâtre dur.
24 août	91.70			Grès plus noir dur.
	93.30			Sable vert-bleuâtre tendre.
	94.20			Grès vert.
	94.70			Grès gris-verdâtre, sableux, tendre. Eau jaillissante : 23,647 hectolit. par 24 heures.
	97.20			Grès vert-foncé, dur.
	100.25			Grès vert, plus gris. Eau jaillissante : 19,610 hectolit. par 24 heures.
	100.95			
				Grès vert-grisâtre. Eau jaillissante : 16,280 — —
	115.20			Grès vert-roux. Eau jaillissante : 20,135 — —
29 août	122.50			Grès vert.
	125.75			Grès vert, plus gris.
	128.20			Eau jaillissante : 18,100 hectolit. par 24 heures.
		131 mètres hauteur		du bétonnage, le 16 janvier 1897. Eau réduite à 8,920 hectolit. par 24 heures.
2 septembre	143.60			Grès vert (gras plastique).
	146.70			Grès vert, plus gris. Eau jaillissante : 18,300 hectolit. par 24 heures.
	156.70			Terrain vert gras.
	157.20			Eau jaillissante : 19,214 — —
	161.20			Grès gris dur. Eau jaillissante : 20,612 — —
				Grès vert. Eau jaillissante : 22,396 — —
8 septembre	172.20			— 24,742 — —
	176.50			Grès pâle, gris. Eau jaillissante : 26,188 — —
				Grès vert. Eau jaillissante : 26,188 — —
	192.70			Grès vert-pâle. Eau jaillissante : 26,188 — —
	197.05			Grès vert, plus gris.
15 septembre	199.70	203 mètres hauteur		du bétonnage le 31 décembre 1896. Eau réduite à 17,210 hectolit. par 24 heures.
	201.20			Grès vert, tendre, sablonneux.
16 septembre	209.50			Eau jaillissante : 25,234 hectolit. par 24 heures.
	219.55			Sables vert gras.
				Sable jaunâtre, tendre.
23 septembre	226.05	Roc Toit Veine 0.90 épais. Roc Mur Roc Toit Petite Rocs.	160% M.V. indurés	0.90 Terrain houiller. Analyse des charbons
1 ^{re} VEINE	0.90	Layette		Eau jaillissante : 21,963 hectolit. par 24 heures. } Eau . . . 1.10 % Mat. volat. 17.10 — Carbone . 77.80 — Cendres . 4.00 —
28 septembre	240.00	Passée de Mur-gras Rocs Toit 262.25 épais. Passée de Rocs tendres de 0.25	de 0.20 Charbonneux 150% M.V. 0.20 (Dures)	— 21,968 — —
		Passée de 18° Mur Rocs solides		— 21,547 — —
15 octobre	262.00	273.80 150% M.V. 0.40 0.30 1.15 } 1.85		— 20,636 — —
22 octobre	275.25	275.25		Eau jaillissante : 19,766 hectolit. par 24 heures.
2 ^e VEINE				0.55 } Eau . . . 1.00 % Mat. volat. 16.60 — Carbone . 72.70 — Cendres . 9.70 —
		290.10 150% M.V. 290.65		Eau jaillissante : 19,546 hectolit. par 24 heures.
3 ^e VEINE				0.45 } Eau . . . 1.05 % Mat. volat. 15.75 — Carbone . 73.00 — Cendres . 10.20 —
30 octobre	292.45	296.35 150% M.V. 296.80		0.15 } Eau jaillissante : 19,766 hectolit. par 24 heures.
4 ^e VEINE		Passée de Rocs Caillottes Passée de Rocs 310.35 150% M.V. 326.8 M.V. et Toit 319 150% M.V. 317.25		0.30 } Eau . . . 1.20 % Mat. volat. 16.70 — Carbone . 78.60 — Cendres . 3.50 —
9 novembre	307.10			0.20 } Eau . . . 1.10 % Mat. volat. 16.80 — Carbone . 80.50 — Cendres . 1.60 —
				0.35 } Eau . . . 1.00 % Mat. volat. 16.40 — Carbone . 80.80 — Cendres . 1.80 —
				0.70 } Eau jaillissante : 19,766 hectolit. par 24 heures.
12 novembre	317.20	Mur et Toit 362.18 Passée de Mur-tendre Mur beau Passée de Rocs	de 0.05 et Toit de 0.20	0.05 } Eau jaillissante : 19,766 hectolit. par 24 heures.
5 ^e VEINE				0.20 } Eau jaillissante : 19,766 hectolit. par 24 heures. Température 13° ½
				Eau . . . 1.05 % Mat. volat. 17.85 — Carbone . 79.50 — Cendres . 1.60 —
24 novembre	335.50			
Profondeur totale	341.45			

PLANCHE II
Echelle : 2 m par mètre.

Arrêté le 27 novembre 1896

Vicq, au siège Cuvinot de la Compagnie d'Anzin. Les morts-terrains y présentaient une grande analogie avec ceux d'Harchies, mais leur puissance n'atteignait que 90 mètres.

Ce sont les appareils employés à Vicq et perfectionnés, comme nous le dirons plus loin, pour obtenir un effet utile de 15 % supérieur, qui ont été utilisés à Harchies.

Le siège qui fait l'objet de cette notice comprend deux puits de section circulaire au diamètre utile de 3^m50, portant les numéros 1 et 2.

Nous nous occuperons d'abord du puits n° 1 entrepris le premier et nous signalerons pour le puits n° 2 les modifications intéressantes apportées au fonçage.

PUITS N° I.

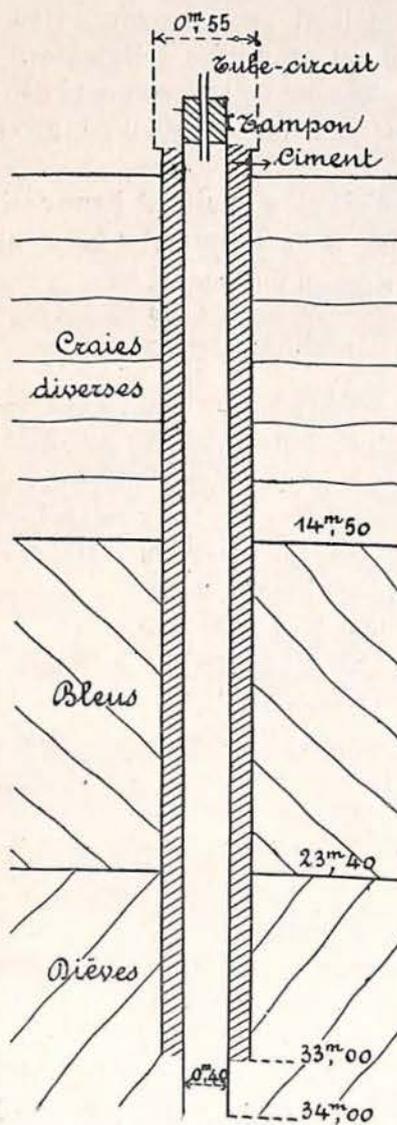
Sondages. Le baraquement de sondage comprenait une tour à base carrée de 8^m25 de côté et de 13 mètres de hauteur, avec hourdage circulaire en vue de simplifier la manœuvre des tiges à chaque forage. Deux planchers volants servaient en outre pour le service des trépan. Quatre appentis étaient adossés à la tour, deux d'entre eux contenaient un treuil et les deux autres un cylindre batteur. La vapeur nécessaire était produite par un générateur tubulaire horizontal. Chaque demi-circonférence du puits était desservie par des appareils spéciaux et deux sondages étaient creusés à la fois, avec toutes les facilités désirables.

Les engins employés ne présentaient aucune particularité ; disons cependant que les trépan étaient lestés, très tranchants et guidés sur une longueur de 8 à 10 mètres.

Le nombre primitif des sondages avait été arrêté à dix-sept, soit un central et seize forages numérotés de 1 à 16 et répartis sur une circonférence de 5^m70 de diamètre. Le creusement des puits s'effectuant au diamètre de 4^m20, les sondages extérieurs se trouvaient à une distance de 0^m75

de la paroi du puits; ils ont été poussés à la profondeur de 235 mètres.

Le creusement des trous de sonde a demandé une année; mais il est à remarquer qu'à chacun d'eux, il a fallu



exécuter les travaux nécessaires pour isoler les eaux de la meule de celles de la marne. Les premières sont jaillissantes tandis que les secondes ne le sont pas. On a capté les venues de la meule afin de leur laisser prendre leur niveau naturel et pour éviter tout mouvement et tout mélange dans les eaux de la marne, ce qui était imposé pour assurer la congélation. Voici comment on a procédé :

Les sondages ont d'abord été poussés tous à la profondeur de 33 mètres et tubés au diamètre de 0m55; la pénétration du tubage dans les dièves était ainsi de 9m65. Dans l'axe du tubage, on a placé ensuite un tube de 0m40 de diamètre et dont la base atteignait le niveau de 34 mètres (voir croquis ci-contre); l'espace annu-

laire compris entre les deux tubes a été rempli par un coulis de ciment. Lorsque le tube-circuit fut descendu dans le tube central, l'orifice de ce dernier a été obturé à l'aide d'un tampon en bois en deux pièces, calfaté avec de l'étaupe et recouvert en outre de ciment.

De 33 à 60 mètres de profondeur, le diamètre des tubages atteint 0m35 et de 60 à 228 mètres, le diamètre fut réduit à 0m30.

Dans cette dernière passe, lorsque la descente du tubage présentait des difficultés, le diamètre tombait à 0m26.

De 228 à 235 mètres, le diamètre variait de 0m26 à 0m22, suivant les circonstances.

Dans la partie de la colonne correspondant à la meule, des trous de rivets ont été laissés libres afin de permettre à l'eau de s'évacuer lors de sa dilatation sous l'influence du froid.

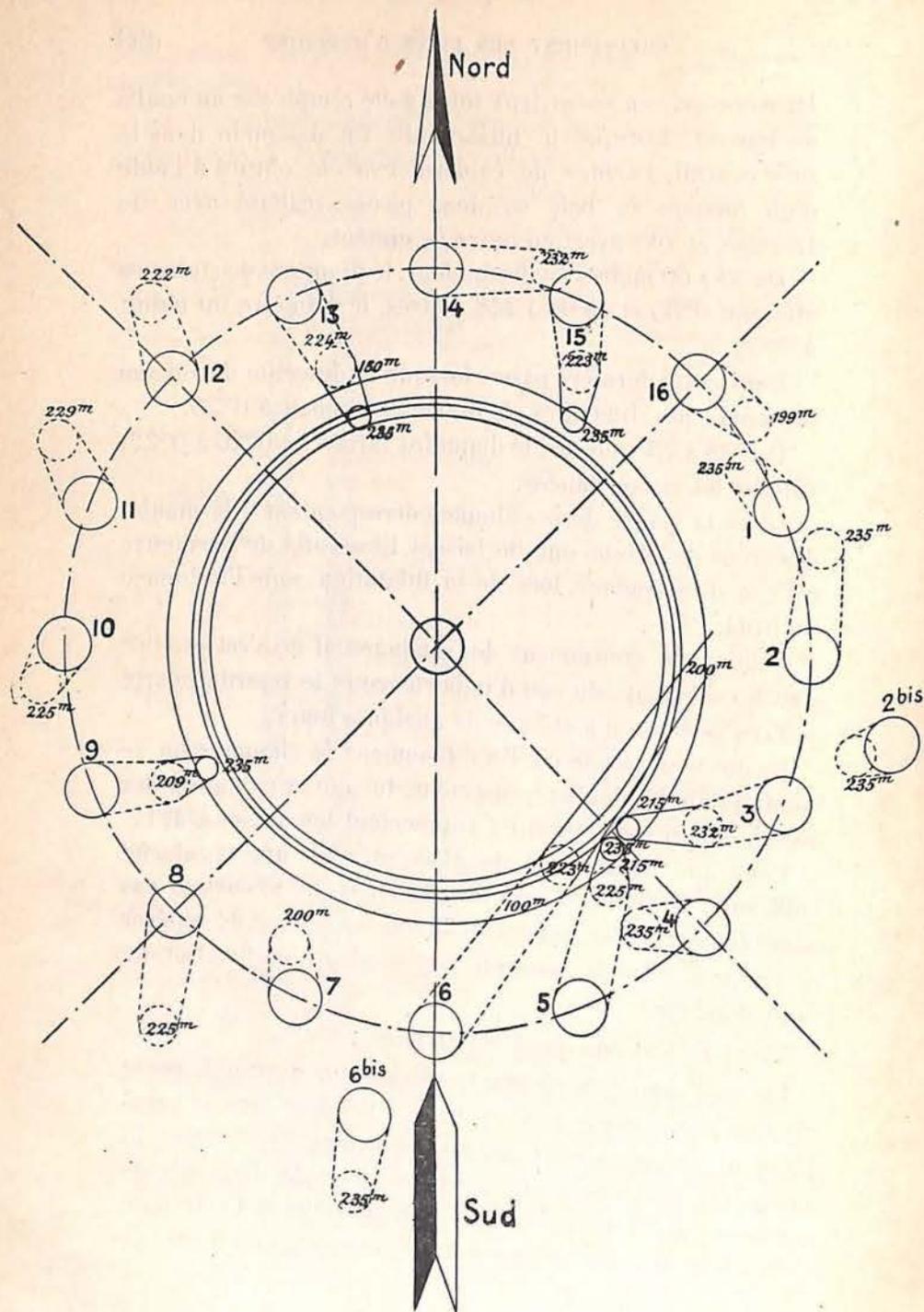
Pendant le creusement des sondages, il ne s'est produit que des accidents de peu d'importance et le retard apporté par ces derniers n'a été que de quelques jours.

La durée moyenne de l'établissement de chaque trou de sonde fut de 57 jours (creusement, tubage et captation des eaux), ce qui fait ressortir l'avancement journalier à 4m12.

Pour que la muraille de glace présente une régularité suffisante, il importe que les sondages ne s'écartent pas sensiblement de la verticale. Il convient donc de repérer de temps à autre la position des sondages en fonction de la profondeur.

Voici le procédé qui a été employé :

Un fil d'acier très résistant, enroulé sur un treuil, passe sur une poulie fixée à 13 mètres de hauteur dans le baraquement de sondage et ensuite au centre de l'orifice du forage où est disposé un réticule formé de deux fils de soie dont l'un se dirige vers le centre du puits. A l'extrémité libre du fil d'acier est suspendu un ellipsoïde en fonte, du



Pl. III. — Vérification des sondages du puits n° 1.

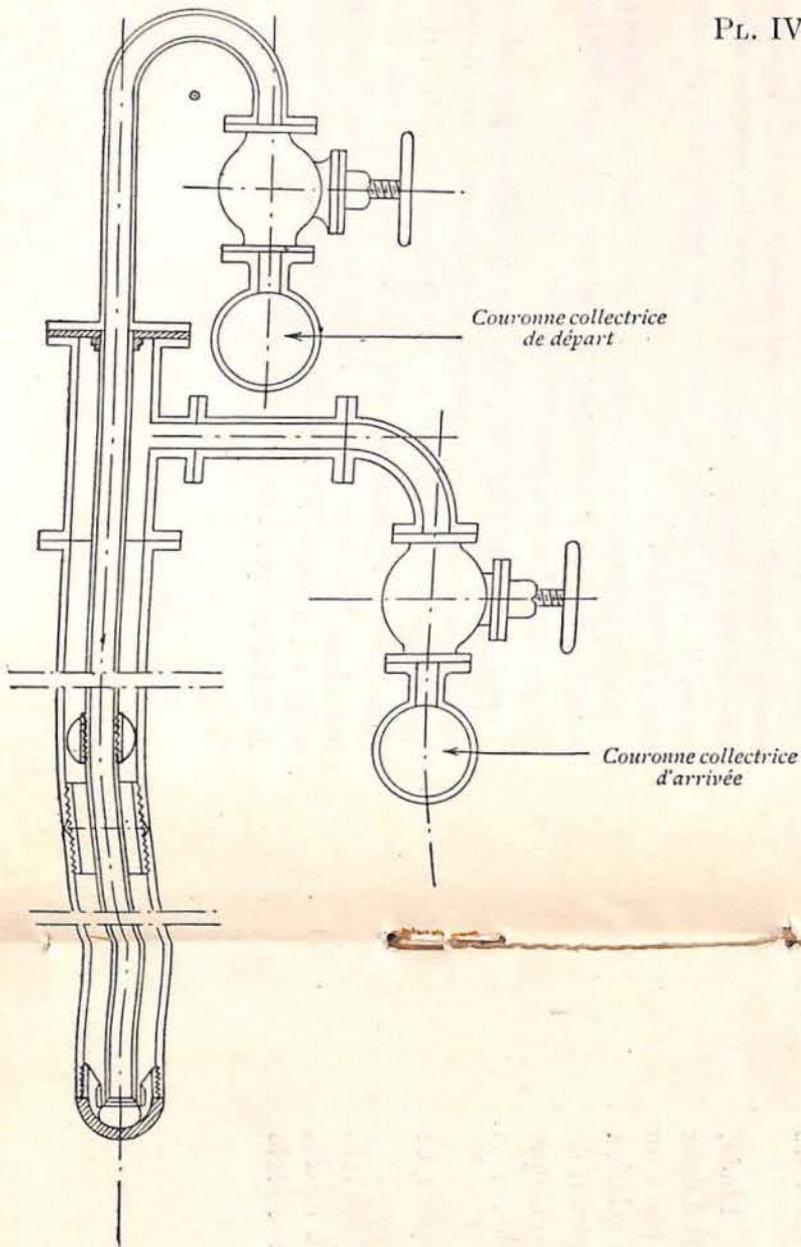
pois de 27 kilogrammes et d'un diamètre de 0^m04 inférieur au diamètre minimum des trous de sonde.

Le tambour du treuil étant déroulé, le lest touche la paroi du sondage et fait dévier le fil par rapport au centre du réticule si le sondage n'est pas vertical. Le déplacement par rapport aux axes du réticule peut se mesurer à $1/10^e$ de millimètre près. On a ainsi deux coordonnées qui permettent de calculer les coordonnées correspondantes du centre de l'ellipsoïde à la profondeur où il se trouve et, partant, la position du centre de la section horizontale du sondage en ce point.

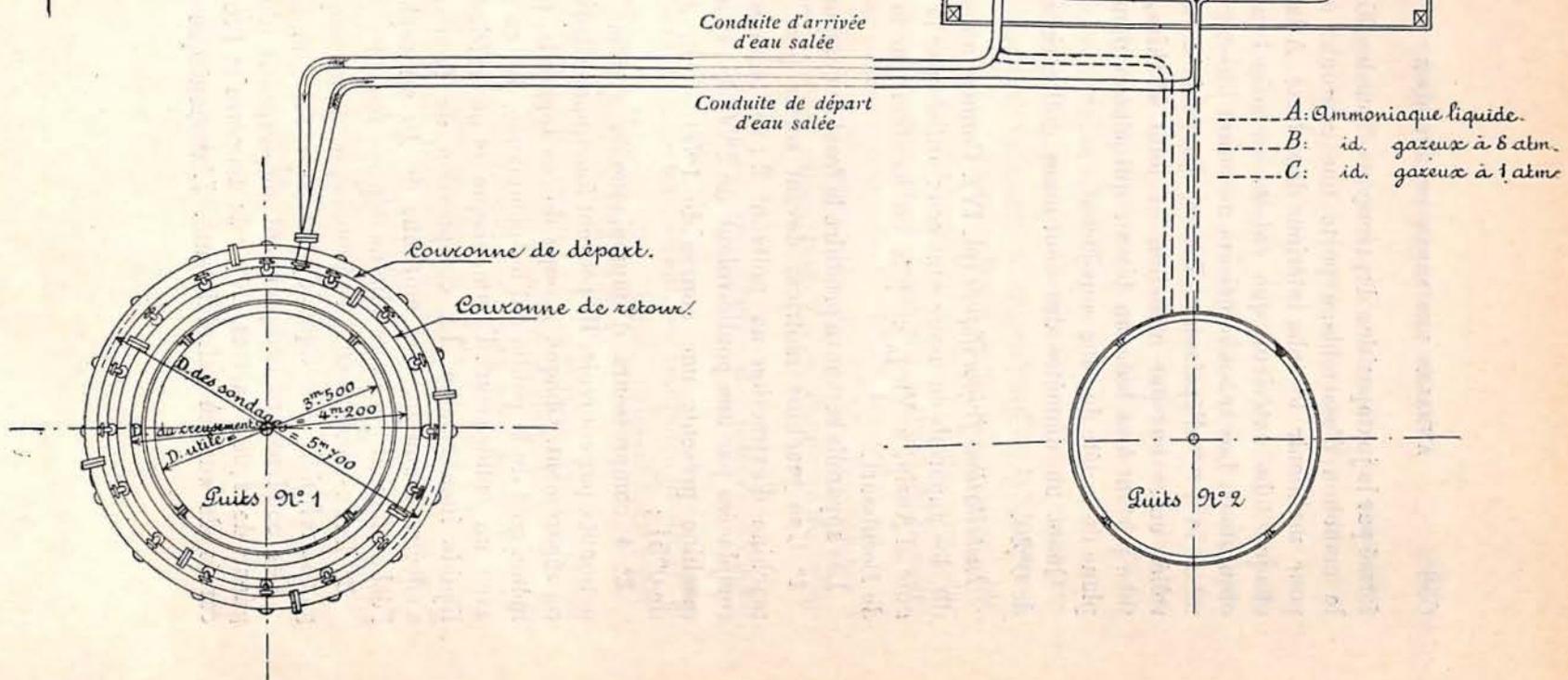
Les indications obtenues sont reportées au plan. Les déviations des sondages du puits n° 1 sont figurées pl. III. Les traits pointillés indiquent la position des forages d'après les mesures effectuées, tandis que les traits pleins montrent la position trouvée pendant le creusement du puits. La méthode employée a permis de déterminer le sens de la déviation mais non l'amplitude exacte de cette dernière. Quand une déviation était constatée, le sondage était bétonné ou rempli de pierrailles de grès dur que l'on tassait fortement; on employait ensuite une lourde sonde avec alésoirs très tranchants. A la suite des mesures effectuées, il a été décidé de creuser les sondages supplémentaires 2^{bis} et 6^{bis}.

L'entrepreneur avait garanti une déviation inférieure à 0^m50 à la base des forages; on voit que cette prescription n'a pu être observée rigoureusement.

Tubes-circuits (pl. IV). Chaque circuit comporte deux tubes disposés concentriquement. Le tube extérieur présente un diamètre de $116^m/m$ et une épaisseur de $7^m/m$; il se compose de tronçons assemblés bout à bout à l'aide d'un manchon intérieur portant un filetage. L'étanchéité du joint est obtenue à l'aide d'une corde goudronnée enduite de minium que l'on introduit dans le vide triangulaire



PL. IV. — Installation frigorifique pour le fonçage des puits n^{os} 1 et 2.



formé par la juxtaposition des tronçons. Tous les 30 mètres, le manchon d'assemblage porte une couronne à ailettes pour maintenir le tube intérieur dans l'axe. A la base de chaque tube extérieur, une calotte en acier coulé forme obturateur. Les tubes intérieurs mesurent 30^{m/m} de diamètre et 4^{m/m} d'épaisseur. Les tronçons de ces tubes sont reliés entre eux par manchon et joint Perkins, chaque tube portant à sa base un biseau qui pénètre dans la face plane de la tête du tube sous-jacent.

Quant au diamètre des couronnes collectrices, il est de 0^m20.

Installations frigorifiques (pl. IV). Comme nous l'avons dit, les appareils en usage sont ceux utilisés par la Compagnie d'Anzin, à Vicq, et pris en location par la Société de Bernissart.

Les appareils servant à produire le froid se composent de :

1° Une machine motrice, devant servir plus tard de machine d'extraction au puits n° 2 ; ses bobines ont été remplacées par une poulie-volant de 2^m50 de rayon. Cette machine présente une course de 1^m50 et un diamètre de 0^m51 ;

2° 4 compresseurs d'ammoniaque du système Linde, actionnés par courroie. Ils peuvent fonctionner deux à deux ou séparément. Chaque groupe de ces appareils, placé du même côté de la poulie qui les commande, est en relation avec un condenseur d'ammoniaque et un réfrigérant de liquide incongelable. La compression de l'ammoniaque s'effectue à une pression moyenne de 10 atmosphères et l'échauffement qui en résulte ne dépasse pas 40° ;

3° Deux condenseurs d'ammoniaque dans lesquels ce gaz se refroidit et se liquéfie après avoir été comprimé.

Ces condenseurs comprennent un serpentín d'une longueur de 1,000 mètres, 30^{m/m} de diamètre et 120 mètres carrés de surface refroidissante. L'ammoniaque circule

dans le serpentín autour duquel se renouvelle constamment un cube d'eau qui s'élève à 100 mètres cubes par heure ;

4° Deux réfrigérants de liquide incongelable dans lesquels passe l'ammoniaque liquéfié. Celui-ci coule dans des serpentins de 1,100 mètres de longueur, 38^{m/m} de diamètre et 130 mètres carrés de surface refroidissante qui plongent dans la solution calcique chlorurée de 1.25 de densité et solidifiable à -24°.

Dans le serpentín, grâce à l'aspiration des compresseurs, l'ammoniaque se vaporise en empruntant de la chaleur à la solution saline. La circulation du liquide incongelable s'opère à l'aide d'une pompe Burton à 2 cylindres à vapeur de 0^m55 de diamètre et 4 plongeurs de 0^m26 de diamètre avec une course commune de 0^m38. Le débit de cette pompe s'élève à 77 litres par coup double. Des cloches à air amortissent les chocs tant à l'aspiration qu'au refoulement.

Il existe également une pompe de réserve donnant 50 litres par coup double.

Pour éviter les pertes de froid, les conduites de départ et de retour de la solution de chlorure calcique sont recouvertes de calorifuge et d'une toiture.

Les marnes ne fournissant pas un volume d'eau suffisant pour les installations, un sondage, portant le n° 27, fut établi à la distance de 260 mètres au nord-ouest du puits n° 1 pour prendre les eaux de la meule sans y provoquer des mouvements trop sensibles dans le voisinage du puits en congélation. A l'emplacement de ce sondage, on installa, à la profondeur de 5^m50, une pompe débitant 200 mètres cubes à l'heure. Cette eau arrivait aux condenseurs avec une température de 12° et en sortait après s'être échauffée de 4 à 7°.

Congélation. Elle a commencé le 16 mai 1900 ; les quatre

compresseurs fonctionnant ensemble produisaient environ 300,000 frigories par heure. A l'orifice du puits, l'abaissement de la température était indiqué par des thermomètres placés dans des tubes en fer, enfoncés dans le sol et remplis de liquide incongelable. On disposait 2 ou 3 de ces instruments entre 2 sondages ou à une distance de 0^m33 de chacun d'eux intérieurement et extérieurement par rapport à la circonférence suivant laquelle ils étaient répartis.

Le sondage central ne comprenait pas de tube-circuit, le tubage s'élevait au-dessus du sol à une hauteur telle que l'eau de la meule y prenait son niveau naturel.

Un flotteur relié à un index permettait de lire les oscillations de la nappe aquifère et a en outre indiqué le moment de la fermeture du mur de glace de la manière suivante :

L'eau possède son maximum de densité à la température de + 4°. Lorsque le mur de glace se forme, la température de l'eau du sondage central diminue graduellement. Quand elle descend en dessous de + 4°, le volume de l'eau augmente et le flotteur remonte. (A ce moment, on a constaté une élévation du flotteur de 0^m15 à l'heure, correspondant à une dilatation de 19 litres.) Ces chiffres décroissent ensuite progressivement et deviennent nuls. A ce moment le mur de glace est formé complètement. On s'en assure en épuisant l'eau du sondage central : elle ne remonte que lentement sous l'effet de la dilatation produite par sa solidification partielle.

Si une brèche traversait le mur de glace, l'eau reprendrait rapidement son étiage normal.

La formation du rempart de glace a été terminée le 1^{er} août 1900, — soit après un laps de temps de 2 ½ mois, — avec une production de 540,929,000 frigories. Les quatre compresseurs ont continué cependant à fonctionner pendant un mois. Progressivement, on a réduit le nombre des compresseurs en fonctionnement, pour arrêter complètement la congélation le 26 février 1901.

Creusement du puits. Il a été commencé huit jours après la formation du mur de glace. L'épaisseur des terrains à traverser par le procédé Pöetsch était de 246 mètres dont 226^m70 dans les morts-terrains. L'orifice du puits était recouvert d'un plancher percé d'une ouverture dont les dimensions permettaient le passage d'un segment de cuvelage. Cette ouverture était obturée par deux planchers roulants que l'on éloignait ou rapprochait suivant les nécessités du service.

Les tonnes d'avaleresse étaient constituées par des caisses parallépipédiques d'une contenance de 0^m600, à fond incliné à 45°, recouvert d'une tôle aboutissant à une porte à glissières. Un chariot spécial mobile sur rails recevait ces caisses et les transportait au terril.

Dans le puits, les tonnes étaient guidées par deux câbles métalliques ronds.

Un treuil à 2 cylindres de 0^m25 de diamètre et 0^m30 de course, avec manivelles calées à 90°, à double jeu d'engrenages, permettait d'effectuer l'extraction des déblais à la vitesse de 2 mètres par seconde ou la descente des pièces de cuvelage à la vitesse de 1 mètre dans le même temps.

Le projet primitif prévoyait le fonçage du puits en cinq passes, les quatre supérieures de 50 mètres de hauteur et la dernière de 40 mètres, les trusses devant être posées au niveau de 50, 100, 150, 200 et 240 mètres.

Le diamètre de la section à creuser était de 4^m20 ; il avait été décidé d'employer exclusivement l'outil afin de ne pas ébranler les tubes de congélation.

PREMIÈRE PASSE (de 0 mètre à 59^m50) :

Jusqu'à la profondeur de 9 mètres, l'avancement fut très rapide et atteignit 2^m50 par jour, car les parois du puits étaient seules congelées. Dans les silex et les fortes-toises, l'avancement tomba à 0^m28 par journée de travail. En présence de la dureté du terrain, il fut convenu d'employer

la poudre noire dans un rayon de 1 mètre à partir du centre de la section et de poursuivre l'enlèvement à l'outil dans la partie restante. Les trous de mine étaient forés obliquement et les charges d'explosif ne dépassait pas 150 grammes.

Le mur de glace gagna progressivement l'axe du puits ; à partir de 19^m30, la section fut complètement congelée. Une injection de vapeur opérée dans le sondage central permit de le tenir libre jusqu'à la profondeur de 53 mètres. Une trousse fut posée à la profondeur de 49^m50.

Le placement et le matage de cette passe de cuvelage exigèrent 15 jours de travail. L'exécution complète de la passe demanda 74 jours, ce qui donne un avancement moyen de 0^m66 par jour.

DEUXIÈME PASSE (de 49^m50 à 100 mètres) :

Le creusement de cette passe s'est effectuée avec un avancement journalier moyen de 0^m35. Cette réduction de l'avancement provient de la dureté présentée par la meule. Pendant l'absence des surveillants, les ouvriers empiétèrent sur le périmètre prescrit pour le minage. Finalement, il fut admis que l'on ferait usage d'explosif jusqu'à 1 mètre de distance de la paroi du puits. On tirait neuf à dix mines à la fois, à l'aide d'un courant électrique fourni par une dynamo installée à la surface et servant à l'éclairage. Les circuits n^{os} 2, 3, 6 et 14 présentèrent des fuites respectivement à la profondeur de 58 mètres, 64^m80, 11^m75 et 60 mètres. La présence de ces fuites était décelée au moyen de trous de sûreté que l'on forait, à une distance variable de 10 à 20 mètres suivant la verticale, à travers le mur de glace jusqu'aux circuits. La baisse du niveau du liquide dans les réfrigérants accusait également les fuites, mais il fallait beaucoup de temps pour les localiser au moyen des vannes disposées sur les couronnes collectrices.

Les tubes intérieurs des circuits n^{os} 3, 6 et 14 ont été

remplacés par deux tubes de 30 ^m/_m de diamètre communiquant à leur base par une calotte hémisphérique.

Quant au circuit n^o 2, dont le tube intérieur était aplati, il n'a pas été pourvu d'un circuit de secours, le sondage supplémentaire n^o 2^{bis} se trouvant à proximité.

TROISIÈME PASSE (de 100 à 153 mètres) :

Elle a été terminée en 100 jours soit avec un avancement journalier de 0^m53.

Le creusement de cette passe a été exécuté pendant la pose du cuvelage de la retraite précédente.

A une distance moyenne de 15 mètres du fond de l'avaleresse était disposé un plancher avec deux trappes par lesquelles passaient les tonnes. Les câbles qui leur servaient de guides étaient fixés à ce hourdage. Un ouvrier posté dans une guérite était chargé de la manœuvre des trappes au passage des tonnes.

Ce système de creusement et de revêtement simultanés n'a pas donné les résultats que l'on attendait au point de vue de la rapidité d'exécution. Généralement, les poseurs du cuvelage suspendaient leur travail pendant le tir des mines et les mineurs s'arrangeaient pour ne pas se trouver au fond du puits pendant la descente des pièces du revêtement. Le nombre des segments descendus s'élevaient à 12 par jour. Il en est résulté une perte de temps assez considérable.

A la profondeur de 128 mètres, le sondage n^o 6 a été rencontré et on y a suppléé par le sondage 6^{bis}. Des ruptures se sont déclarées aux circuits 1 et 13, lesquels ont été pourvus de circuits de secours.

A partir de 150 mètres de profondeur, le circuit n^o 13 faisait saillie dans le puits.

QUATRIÈME PASSE (de 153 mètres à 237^m50) :

Dans cette passe, l'avancement journalier a été de 0^m79

en moyenne. Il est à remarquer que la partie inférieure de cette retraite est dans le terrain houiller.

Au niveau de 197^m60, le sondage n° 6 rentrait dans la paroi opposée du puits et passait à proximité des forages 2 et 2^{bis}.

Pendant le creusement, le tube extérieur du circuit n° 13 a été coupé et on a été obligé d'enlever le circuit de sauvetage pour poser le cuvelage.

Quant aux sondages n° 3, 5, 9 et 15, qui présentaient également des déviations, ils ne se sont pas écartés de la paroi, mais les deux premiers et le dernier ont été reséqués pour permettre le placement des trousses.

Le circuit n° 7 s'est déchiré à la profondeur de 50 mètres et 6 mètres cubes de liquide incongelable se sont répandus dans le puits. Après filtration, la solution calcique a été réintroduite dans les appareils. Un circuit de sauvetage a été posé à ce sondage.

Le tube n° 13 s'est brisé au niveau de 195 mètres et la quantité de liquide contenue dans le tube s'est écoulee dans le puits.

A la profondeur de 227 mètres, le sondage central déviait jusque dans la paroi de l'avaleresse.

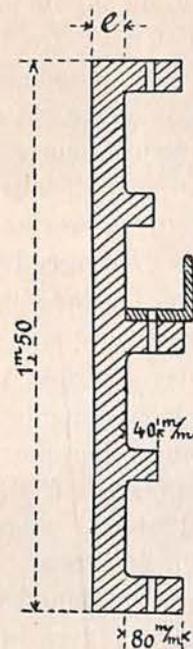
Le cuvelage de la quatrième passe a été posé en deux fois : la retraite inférieure s'étend de 237^m50 à 230^m45, la retraite supérieure de 230^m45 à 153 mètres.

CINQUIÈME PASSE (de 237^m50 à 246 mètres) :

Cette passe a été établie en 12 jours ; la dernière trousse du cuvelage a été posée au niveau de 246 mètres, ce qui porta la hauteur totale du revêtement à 256^m50. Comme les terrains étaient peu cohérents sous cette trousse, on éleva une maçonnerie de 10^m40 de hauteur et à 258 mètres, on construisit une voûte en maçonnerie.

Cuvelage. Il est en fonte et se compose d'anneaux de 1^m50 de hauteur et de 3^m50 de diamètre intérieur. Chaque

anneau comporte quatre segments assemblés entre eux par boulons ; la figure ci-contre représente la coupe d'un anneau ; l'épaisseur e du métal varie du fond à la surface de 82 ^m/_m à 28 ^m/_m. Sur la nervure centrale s'appuie une cornière à laquelle s'adaptent les guides en bois.



Entre les pièces sont disposées des feuilles de plomb de 3^m/_m d'épaisseur formant joint. Chaque joint horizontal placé entre deux tronçons se compose de feuilles soudées ensemble à la surface. Il est replié en deux sur lui-même, puis roulé avant d'être descendu dans le puits.

Le cuvelage a été fourni par la Société de Strépy-Bracquegnies, qui a employé un procédé original pour assurer la régularité des joints des segments : chaque anneau a été coulé en une pièce, puis

divisé en quatre parties à l'aide d'une scie spéciale.

Quant aux trousses, elles sont également en fonte avec nervures vers l'intérieur du puits. Chaque trousse comprend de même quatre pièces assemblées par boulons. Le picotage a été exécuté à l'aide de picots en bois.

Pour permettre au cuvelage de se dilater librement lors du dégel des terrains, chaque retraite du revêtement s'arrêtait à environ 0^m40 de la trousse surplombante.

La liaison était opérée à l'aide d'un raccord en bois de chêne, composé de deux anneaux de 0^m20 de hauteur, divisés en seize segments. L'épaisseur des pièces de bois était de 0^m30 jusque 100 mètres de profondeur, de 0^m45 à 150 mètres et de 0^m90 au fond. Un picotage horizontal assurait l'étanchéité du raccord.

L'espace compris entre le revêtement et le terrain a été rempli par un béton contenant en dissolution du sulfate de soude pour en éviter la solidification sous l'effet du froid.

Pour donner passage aux fuites éventuelles de liquide et empêcher ainsi toute détérioration du mur de glace, on a ménagé dans les raccords en bois des ouvertures correspondant à des trous de sûreté creusés jusqu'aux circuits.

Signalons également qu'il n'a pas été employé de revêtement provisoire préalablement à la pose du cuvelage. Le terrain se soutenait parfaitement de lui-même. Quelquefois cependant par la congélation, les roches se fissaient en face des tubes-circuits et il se produisait des aspérités, il suffisait de faire une visite tous les jours et de faire tomber les parties de terrains qui paraissaient moins adhérentes.

Comme nous l'avons dit, la marche des appareils frigorifiques fut suspendue le 26 février 1901. Le 3 mars suivant, la température du liquide congélateur était remontée à $-4\frac{1}{3}$ degré, il continuait à circuler dans les circuits, en vertu des échanges de calorique avec le terrain. On a ensuite chauffé la saumure à l'aide d'un tuyau de vapeur, puis on l'a extraite des circuits au moyen de l'air comprimé.

Pour activer le dégel et faciliter la reprise des tubes qui devaient être réemployés au puits n° 2, on y a fait circuler de l'eau chaude.

Après une circulation de quelques heures, les ruptures des circuits se sont manifestées, le cuvelage s'est dilaté et des fuites se sont produites aux raccords en bois. Enfin une venue d'eau, sous une pression de 25 atmosphères, s'est déclarée au fond du puits. Cette venue, qui n'atteignait que 32 mètres cubes à l'heure, aurait pu être battue par les tonnes et les deux pompes à vapeur installées dans le puits à 123 et à 245 mètres de profondeur, mais on préféra enlever ces appareils, remplir l'avaleresse au moyen des

pompes à eau douce et attendre le dégel complet pour effectuer les travaux nécessaires.

Le remplissage du puits contribua à réduire la fatigue que le cuvelage supportait extérieurement et à accélérer le dégel.

Il faut en outre remarquer que les abords du puits étaient encombrés par le personnel occupé à l'enlèvement des tubes-circuits. Pour isoler les nappes aquifères, il importait de nettoyer et de bétonner les trous de sonde à bref délai ; il en résultait que l'orifice du puits était peu accessible.

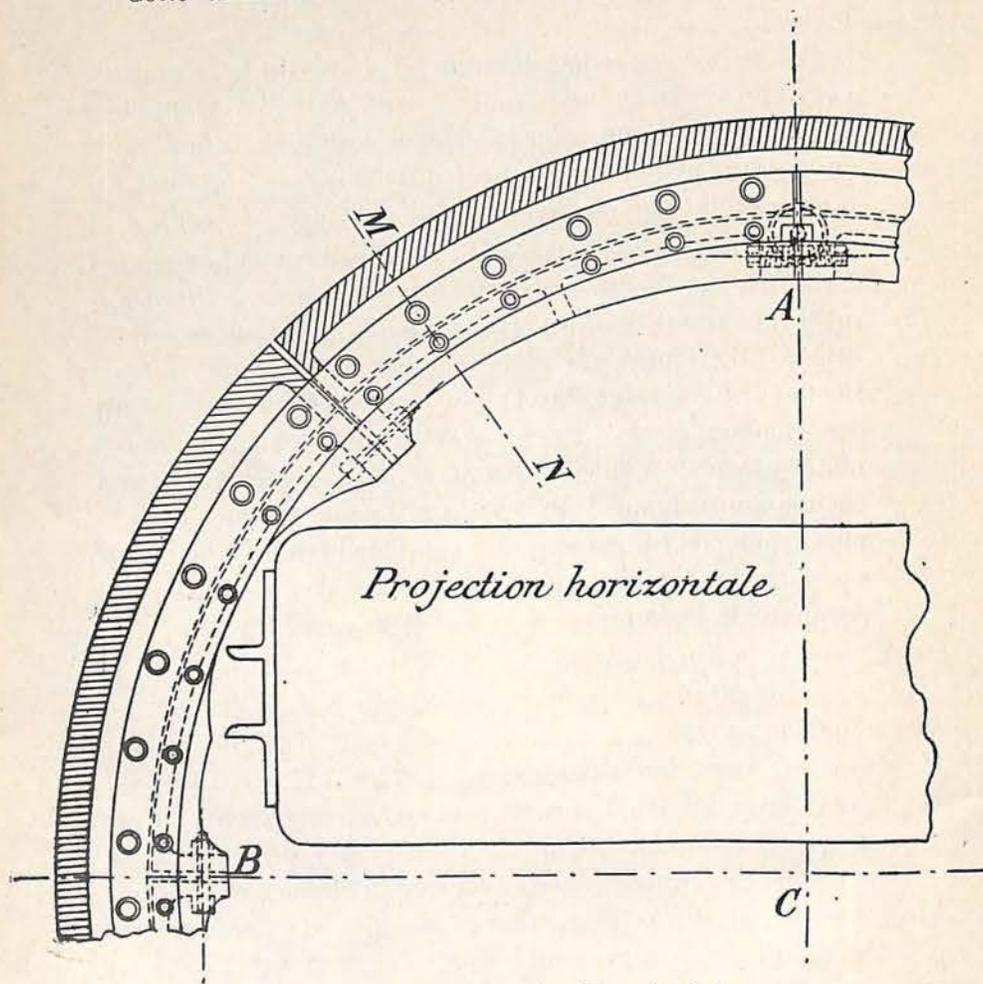
Les tubages des sondages ont été laissés dans le terrain. L'enlèvement des circuits fut long et difficile, on retira deux tubes intacts sur dix-huit. Le bétonnage des trous de sonde exigea 330 tonnes de chaux hydraulique et de ciment Portland. Ce dernier était employé de préférence au niveau des troussees et des raccords tandis qu'ailleurs on faisait plutôt usage de chaux hydraulique. A poids égal, celle-ci occupe un volume 1.5 supérieur à celui du ciment, fait plus rapidement prise et coûte meilleur marché. Quant au squelette du béton, il était constitué par des pierrailles de porphyre de Lessines.

Après le bétonnage des sondages, l'avaleresse fut mise à sec. On effectua un rematage du cuvelage à l'aide de plomb et on injecta derrière le revêtement un lait de ciment sous pression. Sur la hauteur de 46^m25 à 242^m65, 19 trous furent taraudés dans le cuvelage et pourvus de robinets. Des bacs à ciment furent installés au-dessus du châssis à molettes. Ces injections, exécutées en l'absence de gelées, absorbèrent 9,400 kilogrammes de ciment et réduisirent de moitié les venues d'eau. Après que de nouvelles injections furent pratiquées dans les trous situés au midi et qui avaient donné de l'eau précédemment, la venue descendit à 1 mètre cube à l'heure après avoir atteint 12^m3210.

Le gonflement du picotage du raccord en bois établi à

230^m45 provoqua la rupture de trois des pièces de cette assise et une venue d'eau de 5^m3400 par heure. En cet endroit, on a posé un masque métallique.

Cette armature en acier, exécutée par la firme Venot

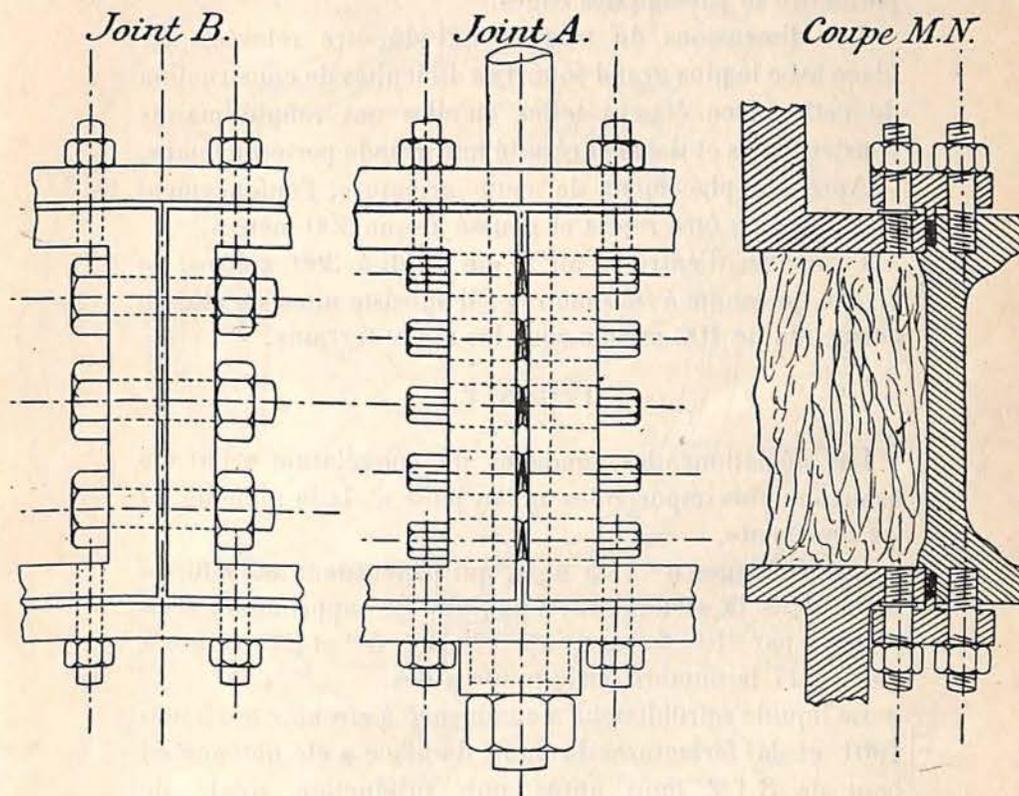


PL. V. — Masque en acier du puits n° 1.

et C^{ie} à Onnaing, est formée d'un anneau composé de 8 segments s'appliquant exactement contre le raccord en bois qu'il s'agit de consolider et de masquer (voir pl. V).

Les segments sont réunis entre eux, suivant des joints verticaux, par brides et boulons avec interposition de feuilles de plomb.

Dans le plan *AC*, l'assemblage des pièces ne s'effectue pas par boulons, mais à l'aide de dix vis à filets de pas



PL. V. — Masque en acier du puits n° 1.

contraire. Le serrage de ces vis a pour effet d'écarter les brides correspondantes et de refouler la surface externe de l'anneau contre le raccord en bois. Une clavette conique serrée par un écrou contribue à l'étanchéité du joint.

Le masque est relié à la trousse surplombante et au cuvelage sous-jacent par deux couronnes munies d'une languette qui vient s'engager dans une alvéole circulaire formée par la disposition des pièces et dans laquelle sont placées des tresses de laiton étamé formant joint étanche.

Les nervures de quatre pièces ont été échancrées afin de permettre le passage des cages.

Les dimensions du masque ont dû être relevées sur place avec le plus grand soin. Les difficultés de construction de cette pièce étaient telles qu'elles ont rebuté maints constructeurs et il en est résulté une grande perte de temps.

Après le placement de cette armature, l'enfoncement du puits a pu être repris et poussé jusque 390 mètres.

Le niveau d'entrée d'air a été établi à 380 mètres, le niveau de retour à 325 mètres ; il subsiste ainsi un stot de protection de 100 mètres sous les morts-terrains.

PUITS N° 2.

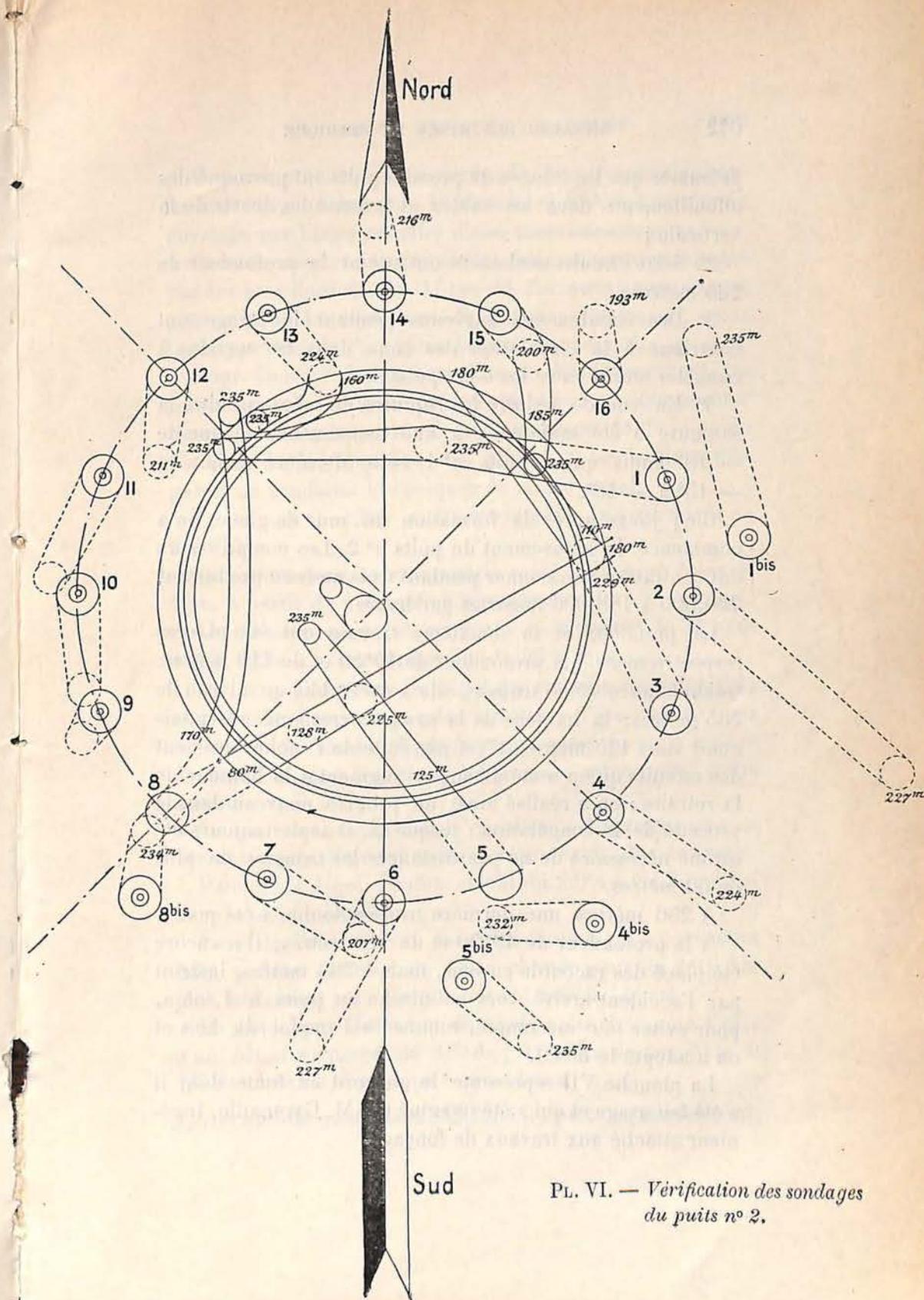
Les déviations des sondages de congélation y ont été beaucoup plus importantes qu'au puits n° 1 ; la planche VI les représente.

Les sondages n°s 1, 5 et 8, qui pénétraient assez fortement dans la section du puits, ont été supprimés et remplacés par les forages n°s 1^{bis}, 4^{bis}, 5^{bis} et 8^{bis}, ce qui a élevé à 17 le nombre des circuits utiles.

Le liquide refroidisseur a commencé à circuler le 15 juin 1901 et la fermeture du mur de glace a été obtenue au bout de 3 1/2 mois après une production totale de 707,757,000 frigories contre 540,929,000 frigories au puits n° 1.

Au puits n° 2, la congélation a duré un mois de plus qu'à la première avaleresse, ce qui peut être rapporté probablement aux causes suivantes :

1° Déviations plus importantes des sondages. Il est à



PL. VI. — Vérification des sondages du puits n° 2.

présumer que les forages du premier puits ont provoqué des affouillements dans les sables et favorisé les écarts de la verticale ;

2° Seize circuits seulement ont atteint la profondeur de 235 mètres ;

3° Des éboulements survenus pendant le forage ont contribué à la circulation des eaux dans les terrains à congeler situés entre les deux puits ;

4° En vue de réduire les ruptures de tubes-circuits, la saumure a été maintenue à une température voisine de -13° tandis qu'au puits n° 1, cette dernière variait de -15° à -16° .

Cinq jours après la formation du mur de glace, on a commencé le creusement du puits n° 2. Les compresseurs ont continué à fonctionner pendant trois mois en produisant 220,000 à 188,000 frigories par heure.

La première et la deuxième trousse ont été placées respectivement à la profondeur de 49^m50 et de 110 mètres. Quant à la troisième trousse, elle a été établie au niveau de 235 mètres ; la hauteur de la passe correspondante atteignait ainsi 125 mètres. C'est par suite de l'enchevêtrement des circuits qu'on a été amené à augmenter la hauteur de la retraite ; on a réalisé ainsi un progrès nouveau dans le procédé de la congélation : jusque là, il avait toujours été estimé nécessaire de ne pas distancer les trusses de plus de 50 mètres.

A 256 mètres, une dernière trousse double a été posée.

A la profondeur de 49^m50 et de 110 mètres, il a encore été placé des raccords en bois, mais à 236 mètres, instruit par l'accident arrivé vers ce niveau au puits n° 1, on a, pour éviter tout mécompte, renoncé à l'emploi du bois et on a adopté le métal.

La planche VII représente le raccord en fonte dont il a été fait usage et qui a été imaginé par M. Cavenaille, Ingénieur attaché aux travaux de fonçage.

Il se compose de quatre pièces de forme spéciale, boulonnées directement sous la trousse et reliées à la tête du cuvelage par l'intermédiaire d'une couronne-cornière.

Deux segments opposés portent deux ouvertures fermées par des bouchons filetés. L'une de ces ouvertures, *A*, est prévue pour les injections de ciment ; l'autre, *B*, pour l'échappement de l'air après la pose du raccord.

Pour faciliter la mise en place du dernier segment, les joints de celui-ci sont légèrement obliques ; pour assurer l'étanchéité du raccord, il est fait usage de feuilles de plomb à la juxtaposition des pièces et les boulons sont garnis de rondelles bi-coniques de même métal.

Le terrain houiller a été recoupé à la profondeur de 226^m70.

Un revêtement en maçonnerie a été établi sous le cuvelage, à partir du niveau de 256 mètres.

La congélation a été arrêtée définitivement le 31 août 1903, après un fonctionnement de 26 $\frac{1}{2}$ mois.

En ce qui concerne le dégel des terrains du puits n° 2, au lieu de l'activer par des injections d'eau chaude dans les trous de sonde et par le remplissage du puits à l'eau douce, on s'est borné à lui laisser suivre son cours naturel.

Le givre qui recouvrait le cuvelage a disparu progressivement ; après dix-neuf mois on n'en voyait plus de trace.

Pendant le dégel, l'enfoncement du puits a été poursuivi dans le terrain houiller.

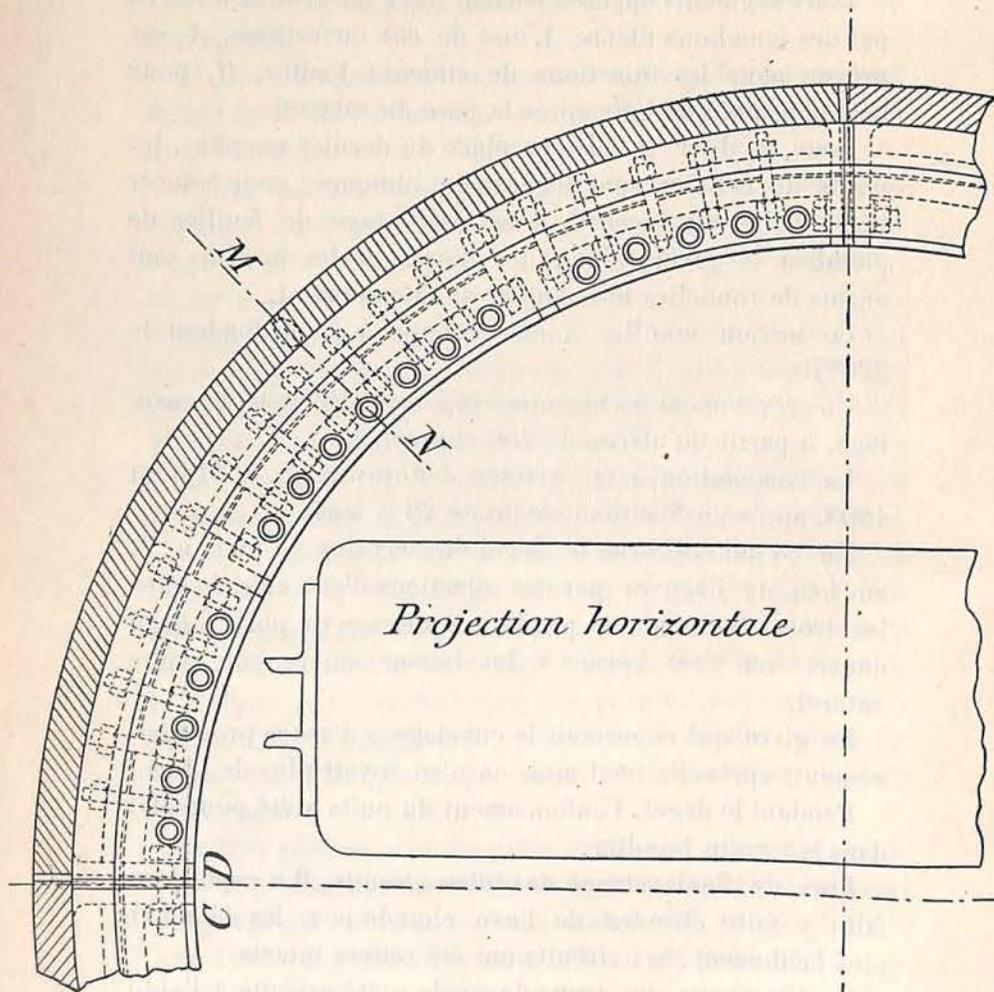
Lors de l'enlèvement des tubes-circuits, il a cependant fallu y faire circuler de l'eau chaude pour les détacher plus facilement ; six circuits ont été retirés intacts.

Le bétonnage des trous de sonde a été exécuté à l'aide d'un béton composé de $\frac{1}{3}$ de pierrailles de porphyre et $\frac{2}{3}$ de chaux hydraulique à prise lente.

Aérage des avaleresses. Au fond du puits en creusement,

un courant d'air peut être créé de deux manières, soit par aéraage soufflant, soit par aéraage aspirant.

Les parois des puits congelés étant à basse tempé-

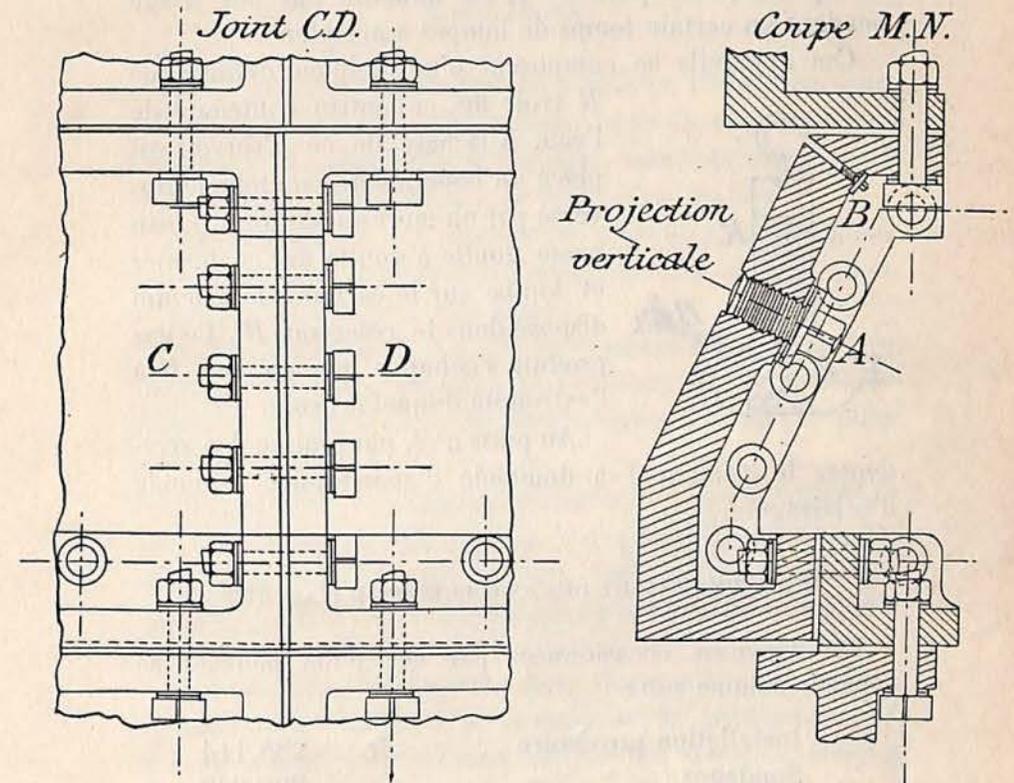


PL. VII. — Raccord métallique du puits n° 2.

ature, l'air qui vient en contact avec elles se refroidit et a une tendance à descendre; cette considération

motive l'emploi de la ventilation par canar aspirant.

D'autre part, cette dernière présente l'avantage d'amener l'air avec une vitesse faible: les ouvriers ne sont pas incommodés comme ce serait le cas avec le jet glacé d'un canar foulant.



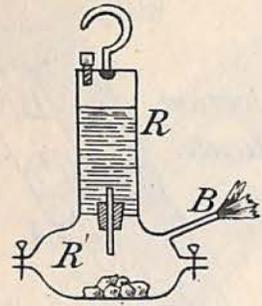
PL. VII. — Raccord métallique du puits n° 2.

L'aspiration de l'air vicié était effectuée par un ventilateur Capell de 0^m75 de diamètre et 0^m25 de largeur, actionné par une machine horizontale à simple effet de 0^m10 de diamètre, 0^m085 de course, tournant à 500 tours et débitant 4 mètres cubes par seconde. Cet appareil avait été fourni par la firme R. W. Dinnendaehl à Steele s/Ruhr.

Eclairage. On s'est servi de lampes à incandescence de 32 bougies d'intensité, suspendues dans les puits et distantes les unes des autres de 8 à 10 mètres. Lors du tir des mines, elles étaient relevées simultanément à l'aide d'un petit treuil établi à la surface.

Cependant, au puits n° 1, les mineurs ont fait usage pendant un certain temps de lampes à acétylène.

Ces appareils se composent d'un récipient cylindrique *R* (voir fig. ci-contre) contenant de l'eau. A la base de ce réservoir est placé un bouchon de caoutchouc traversé par un morceau de rotin. L'eau passe goutte à goutte par ce dernier et tombe sur le carbure de calcium disposé dans le réservoir *R'*. Le gaz produit s'échappe par un bec *B* à l'extrémité duquel il brûle.



Au puits n° 2, par crainte des accidents, le personnel a demandé d'abandonner ce mode d'éclairage.

PRIX DE REVIENT DES AVALERESSES D'HARCHIES

Les dépenses occasionnées par ces puits peuvent se répartir comme suit :

Installation provisoire	fr. 288,114
Sondages	308,340
Location du matériel frigorifique	111,225
Congélation	560,047
Creusement	914,437
Cuvelages	476,292

Total fr. 2,658,455

Le prix de revient par mètre courant sur toute la

hauteur cuvelée, soit sur $246^m50 + 256$ mètres = 502^m50 , s'élève par conséquent à

$$\frac{2,658,455 \text{ francs}}{502.50} = 5,000 \text{ francs environ.}$$

CONCLUSIONS

La réussite des puits d'Harchies montre l'extension que peut prendre le procédé Poetsch pour la traversée des morts-terrains aquifères. A vrai dire, cette extension était prévue, mais il lui manquait la réalisation pratique.

Antérieurement, ce système de fonçage n'avait pas été employé à des profondeurs dépassant 150 mètres, alors qu'ici il a été poussé à 236 mètres.

Nous estimons que ce mode de creusement pourrait être adopté à de plus grandes profondeurs et nous allons terminer en examinant les dispositions à observer pour réussir.

Sondages de congélation. La verticalité des forages doit autant que possible être assurée. On choisira non seulement un sondeur réputé mais on lui imposera un cahier des charges l'obligeant à recommencer un trou de sonde trop dévié.

L'écartement admissible entre deux sondages voisins sera de plus en fonction inverse de la profondeur; à 300 mètres, il conviendrait de ne pas dépasser 0^m80 à 1 mètre.

Pour la mesure des déviations, les opérations seront souvent effectuées.

Nous pensons de plus qu'il est nécessaire d'éloigner autant que faire se peut les divers puits d'un siège afin d'éviter en profondeur un trop grand déplacement des terrains meubles et la déviation des sondages exécutés en dernier lieu.

A Harchies, les parois les plus rapprochées des puits se trouvaient à une distance de 31^m60, ce qui correspond à une longueur de 40 mètres d'axe en axe des avaleresses.

2° *Installations frigorifiques.* Elles seront calculées largement dans chaque cas particulier, car l'emploi d'un matériel insuffisant exposerait à de graves mécomptes.

La préférence sera donnée à une installation frigorifique double.

En cas d'avarie, une machine à froid unique et de grande puissance force à suspendre toute circulation de liquide refroidisseur dans les terrains. Le système préconisé remédie à cet inconvénient.

Tout siège comportant d'ordinaire deux puits, on pourrait les creuser en même temps, chacun d'eux étant pourvu de sa machine à froid. Grâce à des vannes convenablement disposées, chaque installation frigorifique pourrait desservir les deux puits en même temps, le cas échéant.

3° *Creusement.* Tout semble laisser prévoir que désormais on cherchera à réduire le nombre des passes, afin d'éviter les raccords multiples, les pertes de temps et l'augmentation du coût des installations.

Ira-t-on même jusqu'à creuser jusqu'au terrain houiller en une seule retraite, quelle que soit l'épaisseur des morts-terrains ?

Une réponse affirmative est certes prématurée, mais les progrès réalisés à Harchies permettent de l'espérer.

Cependant si l'on doit recourir au procédé de creusement en plusieurs passes, l'emploi des raccords métalliques reste indiqué en profondeur.

Quant au creusement proprement dit, il est reconnu que l'emploi des explosifs ne présente pas les inconvénients que l'on redoutait pour la conservation de l'étanchéité du mur de glace.

4° *Epuisement des eaux.* Lors du fonçage des puits, il

faut renoncer à l'emploi des pompes à vapeur pour épuiser les eaux. Ces appareils provoquent des dilatations inégales favorisant les fuites dans les tronçons du revêtement.

L'électricité permet d'ailleurs de solutionner sans difficulté la question de l'exhaure.

5° *Dégel.* La décongélation par voie naturelle devra être préférée au dégel accéléré ; on évitera ainsi des fuites au cuvelage et des rematages répétés lorsque le puits sera en service.

Nous terminons en adressant nos vifs remerciements à M. L. Piédanna, Directeur-Général des Charbonnages de Bernissart, qui a bien voulu mettre à notre disposition les documents nécessaires à la rédaction de cette note.