

MÉMOIRE

Etude

SUR

**les Fonçages de Puits
en Campine**

PAR

C. GUION

Ingénieur civil des Mines.

Assistant de Géologie à l'Université de Liège.

(Deuxième suite)

CHAPITRE XIII.

Accidents

Des accidents qui se sont produits, les plus graves et les plus importants sont ceux qui résultaient de venues d'eau soit pendant le creusement, soit après achèvement du travail de pose du cuvelage.

Mentionnons les principaux accidents de ce genre :

Aux Charbonnages de Beeringen, une venue d'eau de 150 litres à l'heure s'était fait jour à l'avaleresse, le 6 juin 1913. La température était de 0°. La venue persistant et croissant, elle provenait d'une brèche dans le mur de glace. Il y avait discontinuité dans celui-ci. Après que le puits eut été noyé et que l'on eut pris toutes les précautions nécessaires, on remédia à l'insuffisance du mur de glace.

Le 3 mars 1920, une importante venue d'eau se fit jour par une brèche du revêtement en béton et inonda le puits. Cette venue résultait de l'action de l'eau d'une nappe aquifère qui avait pénétré dans le terrain imperméable sous-jacent et mis le revêtement en béton sous des pressions exagérées.

Des venues d'eau importantes se firent jour également à la traversée de certains niveaux du houiller. On put les épuiser et ainsi traverser ces assises. Les venues d'eau furent captées derrière un tronçon de cuvelage.

Aux Charbonnages de Helchteren-Zolder, le 26 juin 1921, comme on était occupé à démonter le sondage central dans la partie déjà creusée, une importante venue

d'eau se produisit. Certains anneaux de raccords manquant, il se produisit des éboulements. Des pièces de cuvelage furent brisées.

Cet accident était dû à la rupture de deux tubes congélateurs.

Une venue d'eau importante se produisit également au puits n° II, en cours de fonçage. Il résultait d'une insuffisance du mur de glace.

Au cours de la décongélation, un accident se produisit : alors que l'on épuisait le puits, qui avait été rempli intentionnellement en vue du dégel, le niveau de l'eau s'éleva rapidement. Au bout de quelques temps, il y eut un ralentissement. Trois fois le même fait se produisit. Des recherches furent vainement entreprises. Il n'y avait aucune déchirure au cuvelage ni au revêtement.

La venue d'eau provenait vraisemblablement du terrain houiller où le revêtement de maçonnerie présentait des lacunes (potelles, etc.), l'eau provenant des nappes supérieures par des fissures. Après cimentation du houiller et recongélation, on put reprendre le travail.

Aux Charbonnages des Liégeois, comme on atteignait au puits n° II, le niveau de 318 mètres, une venue d'eau se fit jour par un sondage recoupé lors du creusement. Elle était due à une brèche dans le mur de glace. Des sondages supplémentaires obturèrent cette brèche.

Aux Charbonnages de Winterslag, au puits n° I, avant d'aborder la traversée des niveaux inférieurs non congelés, on fora un sondage de reconnaissance qui permit de reconnaître leur état. Une certaine venue d'eau s'étant indiquée, on procéda à la cimentation de ces assises au travers d'un bouchon de ciment étanche établi sur le fond de l'avaleresse. On put ainsi foncer en toute sécurité.

Au puits n° II, d'importantes venues d'eau se firent jour par suite de la rupture du mur, des tubes congélateurs s'étant rompus sous l'action d'importantes poussées des terrains.

Tels sont les principaux accidents par venues d'eau qui ont eu lieu au cours des fonçages.

* * *

Les causes sont d'ordres multiples :

Rupture du mur de glace consécutive à la rupture de tubes congélateurs ;

Fenêtre dans le mur de glace par suite de l'insuffisance de la congélation ;

Rupture du soutènement parce que soumis à des pressions exagérées ;

Mise en communication d'un bon terrain avec une nappe aquifère et ainsi accès d'eau par un revêtement non étanche.

* * *

Nous décrirons maintenant successivement :

Les causes des venues d'eau et les remèdes à employer pour les éviter ;

Les moyens immédiats préventifs de l'extension de l'accident.

Les causes.

Rupture de tubes congélateurs. — La rupture d'un ou de plusieurs tubes congélateurs entraîne immédiatement les plus graves conséquences pour la sécurité et le maintien du mur : le liquide congélateur mis en contact avec le terrain congelé dissout la glace et l'empêche de se reformer par suite du point de congélation très bas de la saumure. Le mur de glace est ainsi réellement cor-

rodé par la saumure. Il peut se carier, se fissurer et ouvrir la voie aux eaux de la nappe qui par leur circulation agrandiront la brèche.

Répétons qu'à la suite de certains essais de M. Sauvestre à Beeringen, il semble résulter que cette corrosion est d'autant moindre que la température est plus basse. Le seul exemple de Beeringen n'est cependant pas concluant à ce point de vue.

Quelles sont les causes de ces ruptures et peuvent-elles avoir de l'influence sur les venues d'eau?

Ces causes sont de deux types :

1°) Lors d'une prise trop rapide de certains bancs, alors que la saumure se refroidit progressivement, le tube congélateur peut être saisi et adhéré fortement à deux couches congelées avant d'avoir pris tout son retrait. Il en résulte qu'il ne peut se contracter lorsque la température continue à décroître; les tensions dans le métal et spécialement aux joints peuvent déchirer le tube. Cette cause agit évidemment lors de la congélation principalement ou lorsque l'on veut accentuer la congélation en réalisant la circulation de la saumure à une température notablement inférieure à celle de circulation ordinaire.

2°) Lors d'une prise trop rapide de certains bancs, des lits argileux intermédiaires peuvent fluer, ou encore, lors du creusement, la masse plastique des terrains congelés se déforme en progressant vers le centre du puits creusé ou en soulève le fond. Les tubes se rompent alors sous l'action de ces poussées inégalement réparties.

Insuffisance du mur de glace. — Cette cause était due généralement aux erreurs des appareils de mesure des déviations de sondages. L'emploi d'excellents appareils l'a supprimée.

Mise en communication d'un terrain imperméable avec une nappe aquifère. — Cette mise en communication, tout à fait exceptionnelle, peut résulter d'une cassure non recoupée lors du creusement et qui se manifeste postérieurement à la pose du revêtement par suite d'une accentuation résultant de faits multiples : mouvement de terrain, éboulements, etc. Les eaux de la nappe, fluant par cette cassure, peuvent alors exercer une action sur le revêtement avec lequel elles entrent en contact et qui n'étant pas établi en prévision de ce fait, n'y peut résister.

Une telle mise en communication peut également être la conséquence, comme au puits n° 1 de Beeringen, en 1920, du remplissage imparfait d'un ancien sondage de cimentation; pendant le creusement, l'eau congelée dans le sondage empêche celui-ci de révéler sa présence, mais lors du dégel, la pression d'eau qui s'établit dans le sondage peut rompre les roches séparant le sondage du puits.

Défaillance du soutènement. — Celui-ci est toujours calculé de manière à résister à des efforts uniformes dont on présume l'intensité et on applique un coefficient de sécurité. Aucun cuvelage ou revêtement établi dans ces conditions en Campine n'était trop faiblement proportionné, mais il y a des cas de poussées indéterminables et imprévues ayant occasionné des ruptures.

* * *

Quels sont maintenant les *moyens d'éviter ces causes?* :

Rupture de tubes congélateurs. — a) par traction : ménager une libre contraction des tubes congélateurs et éviter une prise trop brusque. Certains entrepreneurs envisagent maintenant l'envoi direct de la saumure à sa température de régime dans les tubes congélateurs, mais ce système ne peut être utilisé dans le cas ordinaire d'une

congélation simultanée par tous les sondages. On en est alors ramené à monter des joints résistants et à veiller à ce que la congélation des terrains ne soit pas trop irrégulière et surtout intempestive. Le tube congélateur doit avoir pris la plus grande partie de la contraction. Ajoutons ici que la compression de la glace agissant sur toute la hauteur du tube compense dans une certaine mesure la traction due à la contraction;

b) par cisaillement dans les lits d'argiles fluantes; la même précaution que pour a) est à observer, à savoir : une congélation uniforme des terrains.

En outre, il faut éviter les mouvements de terrain pendant le creusement, en effectuant celui-ci rapidement par petites passes et avec pose immédiate du cuvelage et en donnant au cuvelage un fort module de flexion par de larges nervures ou un profil ondulé.

Insuffisance du mur de glace. — La connaissance précise des déviations de sondage, l'établissement du diagramme théorique de l'état du mur de glace à différents niveaux, le placement judicieux de sondages supplémentaires, l'accentuation de la congélation en des points délicats, le contrôle par un sondage central maintenu à l'abri de toute congélation intempestive, constituent d'excellents moyens préventifs de cette cause.

Autres causes. — Quant aux deux dernières, elles paraissent fortuites et pourrait-on dire imprévisibles.

Il est recommandable, surtout dans les zones d'incertitudes et en général pendant tout le travail, de faire précéder l'avancement par un sondage de reconnaissance. Ce sondage battu à main ou actionné par un petit moteur électrique, permet de déterminer les conditions dans lesquels se trouvent les niveaux inférieurs à l'avaleresse. Ce sondage est évidemment muni d'un tube-guide cimenté

dans le terrain et la tige du trépan passe au travers d'un presse-étoupe. L'élimination des débris se fait par un conduit qu'une vanne peut obturer.

Si l'on suspecte la présence de cassures, la cimentation est indiquée.

En ce qui concerne les cuvelages, il est nécessaire, et cela a été fait en Campine avec succès, de veiller à l'étanchéité et à la sécurité des points délicats; nous citerons parmi eux : les joints garnis au plomb et matés, les raccords de cuvelage et les picotages frontaux, le garnissage extérieur en béton et ciment.

Les moyens préventifs d'une extension de l'accident.

Nous noterons d'abord qu'en cas de venue d'eau par rupture du mur de glace, il importe de procéder immédiatement au remplissage du puits en eau. Ce remplissage doit être rapide et réalisé autant que possible avec de l'eau froide.

Cette opération est nécessaire afin d'établir dans le puits le même niveau hydrostatique que dans la nappe.

On arrête ainsi la circulation des eaux de la nappe vers le puits, et partant la fusion et l'érosion du mur de glace. De plus, si ces eaux chaudes remplissaient d'elles-mêmes le puits, elles provoqueraient autour du cuvelage une décongélation complète.

Quand le niveau hydrostatique est supérieur à la hauteur du puits et que celui-ci débite en surface ou par le trop-plein établi au travers de la dalle de béton fermant le puits, on alourdit l'eau dans le puits en y mettant de l'argile finement pulvérisée qui reste en suspension ou du sel.

Il est nécessaire de mélanger du sel à l'eau lorsque l'on doit intensifier la congélation. On empêche ainsi une

prise de l'eau dans le puits, ce qui créerait des poussées sur le cuvelage.

Ce remplissage d'eau est désastreux lorsque certaines parties du puits sont en parois nues. L'eau peut attaquer la glace et provoquer des éboulements.

A ce point de vue, il est nécessaire de veiller à placer les raccords de cuvelage le plus rapidement possible. Quant à la passe en creusement, on y déverse immédiatement du sable, des briquillons et autres déblais de manière à atteindre la base du cuvelage. On empêche ainsi tout éboulement.

Il est parfois nécessaire de créer un bouchon de ciment en profondeur. Celui-ci empêche l'accès des eaux dans le puits par le fond et permet de travailler dans le puits pendant que l'on réalise l'obturation des voies d'eau.

Pour faire l'injection de ciment sous pression, il est nécessaire d'avoir en surface un bouchon étanche. Le simple déversement de ciment a un effet nuisible : le ciment s'échauffe fortement en s'hydratant. Il faut injecter le ciment sous pression dans les briquillons jetés dans le fond du puits. Un tube amène le ciment au voisinage de ce dépôt.

Lorsque la venue d'eau est due à la rupture de tubes congélateurs, le moyen préventif d'une extension de l'accident, à réaliser immédiatement, consiste à mettre le tube hors circuit. Des organes de fermeture placés à la tête des tubes congélateurs facilitent cette opération.

CHAPITRE XIV.

Organisation

L'appareillage et l'outillage nécessaires au creusement doivent être établis de manière à réaliser le maximum de rendement du personnel ouvrier.

Ce maximum sera obtenu en facilitant le travail des ouvriers par une organisation raisonnée des différents services d'éclairage, d'aéragé, d'enlèvement des débris et d'épuisement des eaux. On augmentera également leur effet utile par l'emploi d'un outillage judicieux.

Tels sont les principes qui doivent présider à l'organisation du travail et à l'équipement du chantier. Nous allons rapidement passer en revue les principaux points de ce programme tel qu'il a été réalisé en Campine.

Nous laissons de côté toutes les questions relatives à la sécurité. Elles seront détaillées dans un prochain chapitre.

* * *

Organisation du travail.

Le travail fut réalisé par trois équipes. Ces équipes comportaient de 15 à 20 hommes de manière que le travail eut un avancement élevé, mais en cherchant cependant à laisser à chaque ouvrier une liberté suffisante pour produire un effet utile suffisant.

Ce qu'il importait, c'était d'activer le déblaiement des chantiers afin d'accroître cette liberté. On installa donc des treuils à marche rapide assurant l'enlèvement de cuffats d'assez grande capacité. La vidange de ceux-ci

Tableau des avancements moyens à la traversée des morts-terrains.

	A. Dumont Puits I	A. Dumont Puits II	Beerlingen Puits I	Beerlingen Puits II	Helchteren Puits I	Helchteren Puits II	Liégeois Puits I	Liégeois Puits II	Winterslag Puits I	Winterslag Puits II	Eysden Puits I	Eysden Puits II
Profondeur du houiller	505m	—	629m	—	600m	603m	555m	—	484m	484m	477m	—
Diamètre du puits	6m	—	5m80	—	5m10	6m	5m25	—	6m	—	6m20	6m10
Hauteur congelée	380m	—	488m	494m	620m	625m	560m	—	428m	—	505m	—
Hauteur cuvelée	380m	382m	508-05	512-06	633-40	633-50	575-55	—	428-60	44-580	519-27	520-90
Durée de la congélation	100 j.	63 j.	153 j.	60 j.	192 j.	177 j.	129 j.	195 j.	105 j.	150 j.	90 j.	93 j.
Durée du creusement (avec pose du revêtement)	360 j.	535 j.	1120 j.	1055 j.	813 j.	975 j.	1530 j.	1285 j.	558 j.	906 j.	1200 j.	900 j.
Avancement quotidien (creusement)	1m05	0m71	0m45	0m485	0m78	0m65	0m35	0m47	0m78	0m50	0m43	0m58
Avancement mensuel (creusement)	32 20	21 46	13.62	14.54	23.37	19.39	11.28	13.43	23m	15m	13.15	17.35
Avancement mensuel (moyenne générale)	25.50	19.19	11.97	13.76	18.90	16.49	10.40	11.66	19.39	12.84	12.21	15.75

(Nous n'avons pas tenu compte ici du chômage occasionné par la guerre, ni du travail effectué à Beerlingen et à André Dumont au delà de la première passe de cuvelage, le travail de reprise de congélation étant trop spécial.)

fut réalisée par des dispositifs qui réduisaient le temps nécessaire et par suite augmentaient le nombre de courses à l'heure.

On utilisa deux treuils à tambour pouvant manoeuvrer simultanément deux cuffats, l'un en montée, l'autre en descente. Ces treuils étaient actionnés soit à la vapeur, soit à l'électricité.

L'avancement dépendant des heures de travail effectives, le service des ouvriers doit être organisé de manière à réduire les pertes de temps.

Le travail pour chaque passe se décomposait en trois phases : creusement, pose du cuvelage, matage et vérification du cuvelage (cimentation, resserrement des joints, etc.).

Dans le cas de la pose du cuvelage en descendant, les deux premières opérations étaient réalisées par la même équipe.

De l'examen des diagrammes d'avancement, on peut déduire :

- un ralentissement général de l'avancement avec la profondeur;
- un ralentissement suivant la plus grande dureté de certains bancs, à condition que les conditions de creusement et de travail soient identiques;
- des variations de vitesse d'avancement suivant les procédés de creusement employés;
- le temps se répartit en moyenne, de la manière suivante : 3/5 pour le creusement, 3/10 pour la pose du cuvelage, 1/10 pour le matage et les travaux accessoires.

Cette dernière phase est assez variable vu ce que l'on y fait rentrer : pose de planchers, réparation du cuvelage.

En général, en Campine, les *avancements mensuels moyens* dans les puits ont oscillé entre 30 et 15 mètres avec toute la série de valeurs intermédiaires.

Le temps utilisé pour le fonçage des puits a assez fortement varié d'un siège à l'autre et même d'un puits à un autre d'un même siège et cela pour les mêmes profondeurs et avec l'emploi des mêmes engins de creusement et d'équipes comparables sensiblement aussi nombreuses. La cause de ces écarts doit être cherchée principalement dans l'organisation du travail et dans les accidents qui ont entraîné un chômage plus ou moins prolongé. Presque tous les fonceurs de puits de Campine ont dû passer par la dure école du malheur. Il y eut des imprévus, des tergiversations, des sauvetages retardés par crainte de prendre des mesures extrêmes. Mais les leçons de l'expérience n'ont pas été perdues. L'intelligence, la réflexion et la ténacité des Directeurs et des Ingénieurs ont eu raison des pires difficultés.

Comme exemples probants, nous citerons quatre faits :

1°) Aux Charbonnages de Beeringen, la congélation complète du puits n° 2 n'a pris que deux mois au lieu de cinq mois au puits n° 1. Un certain décalage existait entre les deux opérations et avait permis à la direction technique d'utiliser les résultats et les faits des opérations du puits n° 1, pour perfectionner ses méthodes et son organisation au puits n° 2.

2°) Au même Charbonnage, le travail a été fait en régie, aucune société d'entreprise ne garantissait le succès dans les conditions inabordées jusqu'alors où le travail se présentait. La direction technique a su s'adapter et former son personnel et malgré des revers retentissants, elle a obtenu des *avancements moyens* comparables à ceux de ses voisins.

3°) Les Charbonnages André-Dumont ont effectué une reprise de congélation à l'exemple de Beeringen et dans des conditions un peu moins dures. Il y eut un certain décalage entre le travail d'André Dumont et celui de Beeringen. L'expérience de Beeringen servit. Le travail fut plus rapide, le rendement meilleur aux Charbonnages André Dumont.

4°) Les difficultés et le coût de la reprise de congélation ont été tels que personne ne songe à appliquer ce procédé. La congélation en une passe sur une hauteur de 625 mètres a été menée à bien et rapidement à Zolder et pourra être appliquée à des profondeurs plus grandes encore.

Outillage du creusement.

Le travail de creusement a été favorisé par l'emploi de divers outils et d'explosifs.

En terrains meubles superficiels ou appartenant au noyau non congelé, on a utilisé simplement la pelle et la pioche.

En terrains congelés ou cimentés, bref en terrains cohérents naturels ou artificiels, on a utilisé :

l'explosif ;

des aiguilles coins battues à la masse ou au marteau pneumatique ;

des marteaux piqueurs pneumatiques.

Les trous de mines étaient battus à la main ou plus fréquemment en utilisant un outillage portatif pneumatique (marteaux perforateurs, etc.). L'utilisation de cet outillage ne présente en ce qui concerne la compression de l'air, l'emploi et le rendement des marteaux aucune particularité spéciale au genre de travail exécuté. Aussi ne nous attarderons nous pas à exposer ici une critique

qui ressortirait plutôt d'un travail d'ordre général relatif à ce genre d'outillage.

Nous exposerons cependant une particularité relative à l'emploi d'air comprimé dans le puits, laquelle est nettement et exclusivement inhérente aux conditions dans lesquelles on se trouvait en Campine.

L'air comprimé dans les compresseurs et destiné aux marteaux était pris en surface. Cet air était chargé d'humidité. Injecté dans les conduits descendant dans le puits, cet air était progressivement refroidi à des températures inférieures à 0°. Il en résultait une condensation et une congélation de l'humidité contenue dans l'air. Le givre ainsi produit créait des obstructions dans les conduites, ralentissant le courant d'air et même le supprimant rapidement.

On chercha à remédier à cet inconvénient. Divers procédés furent réalisés : réchauffement de l'air, prise d'air dans le puits, nettoyage périodique du conduit. Ils durent être abandonnés par suite du mauvais rendement ou de l'insuccès.

On réalisa enfin un système parfait et pratique qui supprima toute congélation dans les conduits ; il suffisait de refroidir l'air sous ou aux environs de 0°.

Examinons ces remèdes :

Réchauffer l'air comprimé : on se bornait ainsi à retarder le moment où l'humidité se condensait, mais l'air n'arrivait jamais au marteau à une température supérieure à 0°.

Prendre l'air dans le puits, par conséquent froid et exempt d'humidité. Pour obtenir un air sec, il fallait puiser à grande profondeur, ce qui était peu économique.

Nettoyage des conduits : soit par injection d'eau chaude, soit en descendant dans le tube un goujon rougi au

feu. La glace fondait. Ces systèmes mobilisaient un personnel spécial : trois ouvriers en moyenne par jour. Un nettoyage complet était nécessaire en moyenne toutes les deux heures. En cas de rupture du filin d'acier retenant le goujon, il y avait difficulté de le repêcher et parfois un démontage de la conduite était nécessaire. Donc perte de temps utile pour les ouvriers du fond si même le nettoyage était effectué pendant qu'ils étaient occupés à d'autres services (déblaiement, etc). De plus, pendant une partie de la marche en service des marteaux, il y avait mauvais rendement par suite d'obstructions partielles.

Refroidissement spécial de l'air comprimé : ce système s'est révélé le meilleur parce qu'on provoque la condensation de toute l'humidité. On réalise ainsi une injection d'air sec dans la conduite.

La Compagnie Foraky utilise le dispositif suivant : entre le compresseur d'air et le réservoir d'où partent les conduites vers le puits, on dispose deux collecteurs sur lesquels on branche six éléments : chacun de ceux-ci comporte un serpentin fait de quatre tuyaux de 6 mètres de long et de 178 millimètres de diamètre. A l'intérieur se trouvent un tube congélateur de 110 millimètres de diamètre avec également un tube intérieur de 42 millimètres. Les divers tubes de chaque élément sont connectés l'un au collecteur d'air comprimé, un second à une conduite d'amenée de saumure et le troisième à une conduite d'eau chaude ou de vapeur.

Chaque élément est isolé de ces diverses conduites par un jeu de vannes. La marche de l'appareil est organisée comme suit :

L'air circule d'abord simultanément avec de la saumure froide qui provoque la congélation de l'eau d'humidité.

dité. Quand les tubes sont obstrués par la glace, on arrête la circulation de saumure et on coupe la communication d'air. On fait alors passer le courant d'eau chaude ou de vapeur, ce qui amène la fusion de la glace. Un purgeur ouvert à la base du système élimine l'eau de fusion. Des six éléments du système, deux sont en service pendant que deux sont en nettoyage. Les deux derniers constituent une réserve.

Ce système exige un personnel spécial pour sa surveillance et constitue une installation spéciale et coûteuse. Elle a donné d'excellents résultats. L'air envoyé dans le puits est parfaitement sec.

La Compagnie de Fonçage de Puits Franco-Belge a utilisé un autre système plus simple, mais de même conception théorique.

L'air comprimé circule dans un serpentin baigné par de la saumure dont la température est telle que l'air à sa sortie de l'appareil soit à une température de 1 à 2°. L'eau d'humidité se condense partiellement et de l'air quasi sec sort de l'appareil. L'eau est éliminée par un purgeur continu.

Afin d'empêcher la condensation et la congélation de l'humidité résiduelle dans les conduites, on installe sur celle-ci, en un point judicieusement choisi, une grande bouteille réservoir métallique où le conduit débouche et d'où l'air s'échappe pour continuer à descendre dans le puits par un siphon.

L'eau qui s'est condensée dans les tubes pendant la traversée de la partie supérieure du puits, se concentre dans ce réservoir qui est vidé tous les dimanches.

Ce système est continu, n'exige aucun personnel spécial d'entretien et de surveillance. Il est moins coûteux. Les résultats paraissent être excellents, même si la con-

densation de l'humidité n'a pas été poussée si loin que dans le premier système.

L'emploi des marteaux piqueurs pour le parachèvement du creusement à diamètre convenable a été étendu pendant la guerre par suite de l'interdiction d'emploi des explosifs au creusement complet. Il a notablement réduit la perte à l'avancement résultant de ce fait. Il a presque compensé l'emploi des explosifs.

Les explosifs.

Les explosifs ont grandement facilité le travail d'abatage à l'avaleresse. Il faut un explosif peu sensible à la gelée et pas trop brisant.

On a utilisé à Winterslag occasionnellement de la poudre noire. Les explosifs les plus utilisés ont été ceux à base de nitrate ammonique. On exclut d'ailleurs tout explosif à base de nitroglycérine. Il semble qu'à la suite de fabrication de dynamites incongelables tout au moins jusqu'à des températures de 10°, on puisse lever cette interdiction.

La Compagnie de Fonçage de Puits a utilisé de la Forstérite en terrain non congelé et de la Gubberite en terrain congelé, celle-ci beaucoup moins puissante par suite de l'absence de nitroglycérine dans sa composition.

* * *

Au titre des précautions utilisées, on note : bourrage modéré, le placement de charges réduites vers les parois, interdiction de minage au voisinage immédiat de celles-ci. Cette dernière précaution est vivement discutée par les entrepreneurs. En effet, la congélation se fait particulièrement sentir sur le pourtour du puits. Le centre reste meuble sur une grande partie du puits. C'est donc dans

la partie la plus cohérente, qui nécessite l'emploi de moyens puissants, que l'on réduit l'importance ou même supprime l'usage de l'explosif. Il faut évidemment en contrepartie mentionner que cette précaution est dictée par le souci d'ébranler le moins possible le mur de glace, de ne pas le fissurer et de ne pas agir sur les tubes congélateurs, c'est-à-dire de garantir la sécurité du travail et par suite l'avancement moyen rapide, sans retard par accident.

Cependant l'idée est émise et les tentatives faites en certains puits ont confirmé le raisonnement qui l'accompagne, qu'il serait utile de placer des mines aux parois à charge complète et importante, à condition que ces mines soient bien dégagées. De ce fait, l'explosion a un effet immédiat et brusque, le bloc dégagé par suite de la résistance moindre absorbe toute l'énergie brisante et saute rapidement empêchant de ce fait toute action sur la paroi. Au cas d'un mauvais dégagement de la mine, l'effet est ralenti, absorbé par toute la masse environnante qui se fissure et se fracture.

En conséquence, le travail de tir de mines est ordinairement organisé ainsi :

1° Une mine ou plusieurs mines centrales de déchaussement, assez profondes, chargées par des explosifs plus puissants et à bourrage soigné;

2°) Une volée de mines servant au dégagement des massifs de parois;

3°) Après déblaiement soigneux et sur la plus grande hauteur possible, on place un dernier cercle de trous de mines à la périphérie de la section de creusement. Ces mines doivent être, comme nous venons de le dire, bien dégagées. On amène la section du puits à sa forme définitive en utilisant les marteaux pneumatiques pour enlever les parties qui restent saillantes.

Le tir des mines s'effectue par volée. On ne peut, en effet, exiger la remonte du personnel après avoir foré et chargé chaque trou de mine. Il en résulterait une grande perte de temps. Le tir s'effectue de la surface par l'électricité.

M. Zaeringer avait proposé avant guerre d'employer les amorces à temps, de manière que les différentes mines explosent successivement. Il intercale, à cet effet, entre l'amorce électrique et le détonateur, des mèches de longueurs différentes. Mais ce procédé est défectueux. Les mèches peuvent donner lieu à long feu. L'explosion des premières mines provoque l'extinction des mèches ou leur arrachement des mines non encore explosées.

La cause la plus fréquente de raté consiste dans les inégalités de résistance des amorces. Aussi a-t-on pris pour principe dans la plupart des travaux de Campine et spécialement à Winterslag, de procéder dès la réception des amorces à une vérification de leur résistance et de les grouper d'après les résultats de ces mesures. On n'emploie alors pour une même volée que des amorces de même résistance.

Ceci est important, car ce qui réalise l'inflammation de l'amorce, c'est l'échauffement du fil de platine, qui est proportionnel à $i^2 \times r$, produit du carré du courant et de la résistance. A des résistances trop inégales, correspondraient des amorçages non simultanés ou des ratés.

Les essais réalisés ont indiqué de très grands écarts dans la valeur de la résistance d'amorces d'un même lot, reçues comme théoriquement identiques.

Il y a lieu également de prendre des précautions lors du déblaiement en vue d'éviter l'explosion de mines ratées.

Pour les circuits périphériques, on a un indice immédiat des mines ayant raté lorsque le bloc est resté intact.

On peut alors essayer de le faire sauter isolément en le connectant directement sur les conducteurs reliés à l'exploseur. Si le raté est définitif, on procèdera comme l'exigent les règlements de police des mines.

Le soin à apporter au déblaiement est particulièrement requis pour les mines de déchaussement, pour lesquelles on ne peut avoir d'indice par des parties restées en place.

Enfin, il faudra apporter un soin méticuleux dans l'établissement des connections des conducteurs à l'exploseur et aux fils d'amorce afin de ne point amener des perturbations du fait de mauvaises connections ou d'erreurs dans leur établissement. Ces erreurs peuvent être particulièrement fréquentes dans des dispositions en dérivation. De ce fait, on a préféré généralement des groupements en série.

Telles sont les indications principales observées en Campine :

Emploi d'explosif au nitrate ammonique et sans dynamite dans les zones congelées, quoique cet emploi exclusif soit discuté.

Charges réduites aux parois. Ici encore, il y a discussion et d'après les essais, il semble admissible d'employer aux parois des mines bien chargées, sous condition d'un bon dégagement préalable.

Tir électrique par volées. On admet une série de déchaussement central et une ou deux séries périphériques.

Les amorces sont vérifiées et groupées en lots de même résistance dès leur réception.

Les circuits sont établis en dérivation ou en série. Ce dernier groupement semble préférable parce que de montage plus aisé et moins délicat.

Plancher de travail.

Pour la pose du cuvelage et son matage, ainsi que pour tous les travaux d'entretien dans le puits, on utilise des planchers de travail.

Ceux-ci sont constitués par des tables solides circulaires de diamètre inférieur à celui du puits. On y ménage un espace circulaire ou rectangulaire protégé par garde-fous et que l'on peut obturer par de lourds clapets : il sert à la circulation des bennes et cuffats d'épuisement et d'extraction des délaïs. Deux hommes se tiennent sur le plancher pour guider les cuffats et prévenir par une signalisation spéciale le machiniste. Des câbles-guides de cuffats peuvent partiellement suppléer à ce personnel.

Ces planchers sont calés contre la paroi ou le cuvelage par de lourds verrous qui se fixent soit dans des potelles, soit aux nervures du cuvelage. Le plancher est suspendu à un câble relié à un treuil spécial en surface.

La suspension de ce plancher doit être particulièrement soignée. Le nombre et la section des chaînes de suspension ou des câbles sont établis en fonction du poids du plancher, avec un fort coefficient de sécurité.

Il faut encore veiller à ce que, en cas de rupture d'une partie des attaches, un renversement du plancher soit impossible.

Comme illustration de ce fait, nous rapportons l'accident survenu à Helchteren-Zolder.

Le plancher était relié par six chaînes au câble de suspension. Ces chaînes descendaient par deux groupes de trois d'une pièce d'attache reliée au câble. Par suite d'un défaut dans l'une des attaches, celle-ci se rompit. Le plancher bascula, n'étant plus retenu que par trois

chaînes réparties sur un demi-cercle. Une partie de l'équipé tomba dans le puits. Il y eut deux noyés.

On substitua alors un autre mode d'attache composé de deux séries de quatre chaînes également réparties sur tout le pourtour du plancher. Ces deux séries avaient une attache propre au câble de suspension.

L'établissement de ces planchers doit être également conçu de manière à réaliser toute facilité quant à la manœuvre et au déplacement dans le puits.

A cet égard, nous citerons le plancher de travail utilisé par la Compagnie Franco-Belge de Fonçage.

Ce plancher est constitué en trois parties : une partie centrale, renforcée par une charpente métallique, au centre de laquelle une ouverture rectangulaire est ménagée pour la circulation des cuffats. Cette ouverture est entourée par un garde-fou en tôle. Elle peut être obturée par deux clapets suffisamment résistants pour permettre la pose de poids importants. Six hommes en moyenne sont nécessaires pour leur manœuvre.

Enfin, latéralement, deux segments articulés peuvent se replier sur la partie centrale. Ces segments sont eux-mêmes composés de diverses parties mobiles, ce qui permet de placer le plancher en n'importe quel point, même s'il y a obstruction partielle de la section par la présence de conduites, canars, etc. attachés aux parois. Déployés, ces deux segments constituent avec la partie centrale un plancher continu et résistant qui occupe toute la section du puits et ne laisse que quelques centimètres de jeu alentour. Huit verrous assurent son calage contre les parois.

Pour la manœuvre, les segments se replient sur la partie centrale et le plancher peut être facilement et rapidement remonté.

Parfois, pour assurer une meilleure suspension du plancher, celui-ci est relié par des câbles périphériques à des pièces de cuvelage supérieures. Ce système a été particulièrement réalisé en ce qui concerne le plancher utilisé à Beeringen lors de la pose du cuvelage en descendant sur la passe préalablement bétonnée entre 508 et 550 mètres.

Ainsi en est-il également le cas lorsque l'on utilise un plancher dans la passe congelée en creusement et non encore cuvelée. Il est difficile d'établir des potelles résistantes dans le terrain congelé.

* * *

Nous ne passerons pas en revue les divers dispositifs utilisés dans les puits creusés en Campine. Les mêmes principes ont été observés ou auraient dû être observés. Les installations étaient d'ailleurs similaires à celles que nous venons de citer comme illustration de notre rapport.

Installations de surface.

L'appareillage de surface comporte principalement les organes nécessaires à l'extraction et à la circulation dans le puits. Chaque puits a été en moyenne équipé de la manière suivante : un treuil de fonçage qui constitue réellement une machine d'extraction (les dimensions sont pour les cylindres 700 × 1.400 à Limbourg-Meuse et à Helchteren-Zolder entre autres; la machine d'extraction utilisée à Winterslag comporte comme dimensions de cylindre 900 × 1.600). Cette machine est utilisée pour l'enlèvement des déblais, la descente des pièces et la circulation du personnel; un treuil accessoire de puissance moindre servant à l'exhaure par cuffats principalement, un treuil servant à la suspension de la plateforme de travail et un autre pour la suspension de

l'échelle volante de secours. Ces engins sont généralement actionnés à la vapeur. Parfois, pour les treuils accessoires, on a utilisé l'électricité. Mais la vapeur a été principalement utilisée, le charbon était fourni par le concessionnaire du charbonnage.

Aux Charbonnages de Helchteren-Zolder, toutes les machines étaient actionnées à la vapeur.

Il y avait par puits, une machine d'extraction de type horizontal de la Société « La Meuse » à deux cylindres égaux jumelés, sans condensation et avec détente variable par le régulateur. Les dimensions principales étaient les suivantes :

- Diamètre des cylindres : 700 millimètres;
- Course des pistons : 1.400 millimètres;
- Diamètre extérieur des bobines : 6.800 millimètres;
- Pression de vapeur : 10 kilogrammes;
- Longueur de câble : 1.000 mètres;
- Charge enlevable : 2.800 kilogrammes utiles;
- Vitesse : 8 mètres à la seconde.

Il y avait de plus un treuil de manœuvre du plancher et un treuil pour la suspension de l'échelle volante de secours.

L'outillage utilisé par la Compagnie Foraky pour le fonçage des puits comportait pour chaque puits :

Une machine d'extraction identique à celle utilisée par la Société Franco-Belge à Helchteren. Son rendement pratique était l'extraction à 8 mètres à la seconde de cuffat contenant 1.250 litres de délaïs, la descente de pièces de cuvelage de 5 tonnes, l'exhaure par bennes automatiques de 3 mètres cubes et demi.

Un treuil auxiliaire à engrenages permettant l'exhaure à 500 mètres de 2.000 à 2.500 litres à l'heure. Il pouvait enlever un cuffat de 750 litres.

Le plancher de travail était suspendu par un câble de 55 millimètres à un treuil de manœuvre robuste. L'échelle de secours était suspendue à un tambour que pouvait actionner suivant les nécessités un moteur à vapeur ou un moteur à essence.

Les câbles-guides sont enroulés et tendus sur de petits treuils ordinairement manœuvrés à bras.

Parfois l'installation est plus importante. Ainsi, des treuils supplémentaires ont été prévus pour la suspension des pompes centrifuges d'avaleresse, mais il n'en a pas été fait usage.

* * *

L'exhaure se fait par les machines d'extraction, mais on ménage parfois des treuils spéciaux pour l'exhaure (exemple de la Compagnie Foraky). Ceci dans le but de maintenir constamment le fond d'avaleresse à sec et de permettre aux machines d'extraction d'être utilisées uniquement à l'extraction ou à la descente des pièces de cuvelage.

On notera aussi qu'au point de vue sécurité et dans la prévision de tous les cas possibles, on prévoit un double système de commande pour la remonte de l'échelle de secours. En cas de pénurie de vapeur, d'arrêt des chaudières ou de manque de puissance suffisante, un treuil à essence peut y suppléer (installation de la Compagnie Foraky).

* * *

En ce qui concerne l'agencement des organes en vue de faciliter et d'accélérer les opérations, nous soulignons le mode de vidange des cuffats.

Ceux-ci peuvent être, en effet, déversés à la main par le personnel de la recette. On a préféré réaliser une vidange automatique. Le cuffat est enlevé par la machine au-dessus d'une recette supérieure, les clapets fermant le puits sont rabattus et le cuffat est accroché par le fond à un point fixe du chevalement. Puis, le machiniste donnant du lâche au câble, le cuffat redescend, culbute automatiquement et déverse son contenu sur un couloir en pente qui l'envoie dans les wagons. Après avoir été relevé et décroché, le cuffat peut redesc-

cendre dans le puits par les clapets ouverts. En quelques secondes, on a réalisé une manœuvre complète.

* * *

La facilité du travail à l'avaleresse et dans le puits est assurée par l'aérage et l'éclairage.

L'aérage se fait par un ventilateur soufflant dans un conduit de canars de 0^m,50 environ de diamètre, de 600 × 400 millimètres s'ils sont rectangulaires (Beeringen). La puissance des ventilateurs était de 35 à 50 HP. Le tir par volée dégage énormément de fumées et celles-ci se sont montrées nocives. Le seul remède est la ventilation intensive.

L'éclairage se faisait par lampes portatives ou lampes fixes. Il n'y avait pas à tenir compte ici de précautions rigoureuses comme dans les mines. Le pouvoir éclairant était grand. Il suffisait que ces lampes soient robustes, résistent aux chocs, etc. Elles étaient à essence ou à accumulateurs électriques.

L'éclairage fut également réalisé par lampes électriques suspendues au câble d'amenée du courant et relevées au moment du tir des mines.

Par exemple, nous citerons l'éclairage réalisé à l'avaleresse au puits d'Eysden par une lampe électrique de 500 bougies placée dans un cylindre de protection en cristal ventilé par une série d'ouvertures obturées par des treillis métalliques pour éviter l'afflux des poussières.

Des lampes étaient également suspendues sur la hauteur du puits et entre autres aux divers planchers.

CHAPITRE XIV.

L'épuisement

Le chapitre de l'épuisement n'a que peu d'importance dans une étude de fonçage de puits tels que ceux de Campine. La congélation supprime, en effet, l'exhaure pendant le creusement, sauf en ce qui concerne le noyau non congelé et déjà asséché en grande partie par le sondage central. La cimentation a fortement réduit les venues d'eau, les limitant à quelques centaines de litres par heure, pour d'importantes hauteurs. Après décongélation, il y a les venues d'eau par suintement du cuvelage, venues faibles et constamment réduites par les matages et injections de ciment successivement opérées.

Sauf quelques venues plus importantes lors de la rencontre d'une poche d'eau emprisonnée dans le terrain cimenté ou d'une veine mal cimentée, de quelques lits plus ou moins aquifères dans le terrain houiller, il n'y a guère d'épuisement pendant le creusement.

L'épuisement prend de l'importance à la suite d'un accident grave : rupture du mur de glace ou brèche existant dans celui-ci, rupture de pièces de cuvelage, déchirure d'un revêtement, etc.

* * *

En général, partout en Campine, l'exhaure fut réalisée par cuffats, soit enlevés par la machine d'extraction, soit par des treuils spéciaux. Ces cuffats étaient de capacité variable : de 3 à 4 mètres cubes pour les grands, ils pouvaient descendre à des capacités de 800 à 600 litres.

Le type de cuffat utilisé était de forme allongée à vidange automatique par une soupape de fond qui s'ouvrait en surface.

Nous nous bornerons donc à souligner dans les lignes qui vont suivre, quelques particularités de l'exhaure, quelques dispositifs réalisés en mentionnant dans quelles conditions ils furent utilisés.

Charbonnage de Beeringen à Kleine-Heide.

Le puits n° 1, ayant été noyé par une venue d'eau résultant d'une lacune dans le mur de glace, l'épuisement se fit à la tonne. Il en fut de même après 1918 pour vider le puits noyé par ordre des autorités allemandes et de même au puits n° 2.

Le puits ayant été inondé en 1920, on dut installer des dispositifs d'épuisement spéciaux.

Le projet d'installation était le suivant : une pompe centrifuge actionnée électriquement suivrait le plan en descendant, jusque 290 mètres. Là elle serait établie à poste fixe, en étant fixée à des poutrelles reposant sur les nervures du cuvelage. Une seconde pompe suivrait de même la descente du plan d'eau jusque 570 mètres. Elle refoulerait dans une conduite qui débiterait dans un plancher-réservoir établi quelques mètres sous le niveau de 290 mètres et où la première pompe puiserait par son conduit d'aspiration.

Donnons quelques détails de montage.

Colonnes de refoulement. — Celles-ci étaient constituées par d'anciennes conduites à saumure de 235 millimètres de diamètre fermées à leur base par un bouchon de ciment de 2 mètres. La pompe mobile était alternativement raccordée à une des deux colonnes de refoulement par un conduit flexible en bronze. Les raccords ayant sauté, on employa un autre dispositif. Deux tubes télescopiques furent fixés au châssis de la pompe mobile. Dans ces tubes coulissait un tube raccordé à l'une des colonnes de refoulement. La course du télescope était de 15 mètres.

Guidage des pompes. — Afin d'assurer l'étanchéité de ces raccords, il fallait réaliser une descente bien verticale de la pompe. Pour cela, on fixa au cuvelage un rail-guide de 50 kilogrammes saisi par la main courante des pompes.

Plancher-réservoir. — A 296^m,50, soit 6^m,50 sous la pompe fixe, on établit un plancher-réservoir ou celle-ci pouvait aspirer l'eau. Ce plancher en béton avait une capacité de 35 mètres cubes; il laissait un passage aux colonnes de refoulement et permettait la circulation dans un segment du puits des cuffats et le passage des câbles de suspension des planchers et échelles de secours.

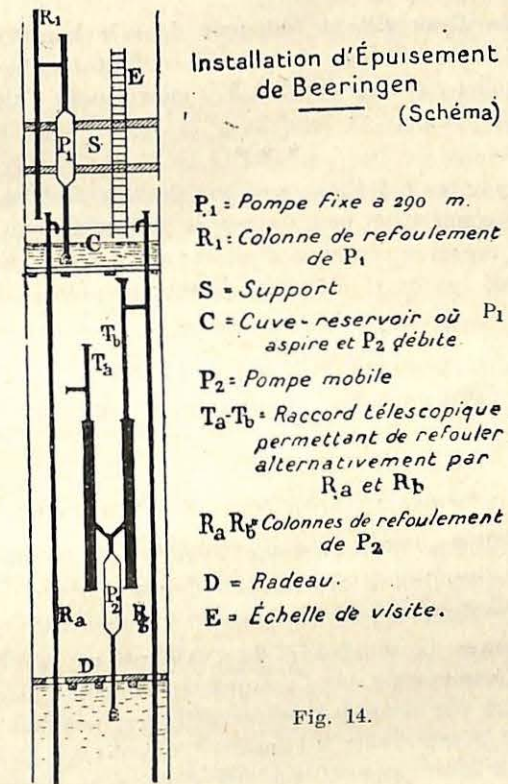


Fig. 14.

Installations dans le puits. — Un radeau suivait la descente de l'eau et permettait d'en fixer le niveau en même temps qu'il empêchait la chute d'objets dans la partie immergée du puits. Un plancher de travail suivait les pompes dans leur descente. S'y tenaient les ouvriers occupés à la réfection du puits.

Installation en surface. — Une sous-station électrique était nécessaire pour l'alimentation des pompes en courant.

Un certain nombre de treuils durent être installés sur fondation de béton pour la manœuvre des pompes.

Il y avait :

Deux treuils avec bobines d'enroulement pour la pompe fixe;

Deux treuils avec bobines d'enroulement pour la pompe mobile;

Deux treuils ensuite pour les câbles électriques.

* * *

Une venue d'eau s'étant fait jour dans le houiller, elle fut captée derrière le cuvelage et, par un conduit flexible, déversée dans le plancher-réservoir établi à 570 mètres pour l'alimentation de la seconde pompe.

* * *

Afin de maintenir à l'état sec, lors de leur établissement, les chambres de congélation pour la reprise en profondeur, l'eau qui suintait des passes supérieures était recueillie dans un plancher-réservoir situé quelques mètres au-dessus et épuisée par cuffats.

* * *

En résumé, épuisement à la tonne. La pompe n'est employée que dans le cas de vidange du puits et en prévision de venues importantes.

Charbonnages André Dumont à Waterschei.

Craignant d'importantes venues d'eau à la base de la partie congelée qui s'arrêtait à 370 mètres environ, on procéda à l'installation suivante :

Afin d'assurer la continuité de l'exhaure en cas d'accident, l'installation comportait deux groupes de pompes. Chaque groupe était constitué par deux pompes centrifuges, pouvant exhaurer, chacune, 240 mètres cubes à l'heure. L'une d'elles était installée à poste fixe à 270 mètres, et son tube d'aspiration plongeait dans une cuve-réservoir établie quelques mètres en-dessous. La seconde, guidée par câbles et suspendue à un treuil, descendait à mesure de l'avancement. Elle puisait l'eau à l'avaleresse et par une liaison à coulisse la chassait dans des colonnes qui débitaient dans le réservoir.

Ces pompes étaient actionnées électriquement. Afin de savoir s'il y avait peu ou beaucoup d'eau, ceci afin d'envisager la décongélation immédiate en cas de venue importante, on fora trois

sondages de reconnaissance. Les venues ayant été de 900 litres à l'heure, on continua à foncer. L'épuisement par suite des faibles venues en terrains cimentés se fit à la tonne.

* * *

Lors des fonçages de reconnaissance du hervien, on installa à 459 mètres, une pompe Worthington à air comprimé destinée à élever les eaux du puits à un réservoir situé à 430 mètres, d'où on exhaurait par cuffat.

Comme on craignait une venue d'eau par le sondage, le tube-guide placé dans le terrain, avec joint étanche, fut muni d'une vanne. De plus, on établit à sa tête une boîte de bourrage laissant passer la tige de sondage. Ce bourrage fut essayé à 60 atmosphères.

Pour épuiser le puits noyé avant la décongélation, on opéra par émulsion d'air comprimé.

* * *

En résumé, l'épuisement fut presque exclusivement réalisé à la tonne. Les installations par pompes ne furent pas utilisées vu les faibles venues. L'épuisement par émulsion à air comprimé a donné des résultats assez satisfaisants.

Charbonnages de Winterslag.

L'épuisement est fait par une benne cylindrique de 1.400 litres. Pour étudier les assises de base des morts-terrains, on fora un sondage de reconnaissance en prenant les mêmes précautions qu'à Waterschei.

* * *

Dans les autres charbonnages, on utilisa également pour l'épuisement la benne à vidange automatique. Il y eut quelques emplois, mais assez rares, d'épuisement par air comprimé en émulsion dans l'eau.

CHAPITRE XVI.

Fermeture des puits. -- Mesures de sécurité

Une des questions de détail qui nous reste à débattre est celle de la fermeture des puits de fonçage.

Cette question, quoique accessoire, est cependant importante. Cette fermeture doit protéger les ouvriers et les installations du fond contre la chute de tout objet manié à la surface. Elle doit cependant permettre une manœuvre facile et rapide sans consommation d'énergie excessive (vu la capacité des centrales provisoires) des clapets laissant passage aux cuffats et autres dispositifs de transport utilisés. Or, pendant le creusement, les cuffats employés sont fréquemment de grande capacité afin d'activer le déblaiement. Les clapets dont le soulèvement livre passage sont donc de grande dimension et par suite de manœuvre mal aisée.

* * *

Nous décrirons quelques systèmes employés.

Charbonnage de Beeringen.

La recette a été établie de manière à rendre indépendantes les deux opérations de vidange des déblais et de descente de pièces et la circulation de personnel.

Le transport s'effectue par deux cuffats et par suite le plancher de fermeture comporte deux ouvertures jumelées. Celles-ci s'obstruent par fermeture de clapets. Ces clapets mesurent 0^m,65 sur 1^m,50. Ils sont normalement ouverts, sauf lors de la circulation du personnel dans le puits. Quand ils sont ainsi ouverts, ils constituent à l'entour des ouvertures des garde-fous hauts de 0^m,65, leur dispositif de manœuvre ne leur permettant pas de

retomber par leur propre poids. La protection est complétée par deux garde-fous fixes établis sur les côtés où ne se lèvent pas les clapets.

Les cuffats vont se déverser dans les berlines à une recette supérieure, à 4^m,90 de haut.

La fermeture comporte ici un clapet horizontal et un clapet oblique normalement fermés. A l'arrivée du cuffat chargé de déblais, les clapets sont ouverts soit par manœuvre d'un levier, soit automatiquement par choc du cuffat sur le clapet incliné. Sitôt que le cuffat a dépassé le niveau de la recette supérieure, les clapets se rabattent et la vidange peut se faire sans crainte de chute de pierres dans le puits.

Des leviers avec renvois et contrepoids ouvrent ou ferment simultanément les deux clapets d'un même orifice.

Le dispositif des deux recettes présente une excellente mesure de sécurité contre la chute de pierres.

Les garde-fous à l'entour des orifices sont suffisants lorsque les clapets sont tous ouverts, mais en cas de fermeture d'un seul des deux compartiments, des chutes d'objet par l'orifice béant à côté sont encore possibles. Il aurait été nécessaire d'établir une cloison entre les deux ouvertures.

De plus, si au moment de l'arrivée du cuffat à la recette supérieure, les clapets de celle-ci sont fermés et ceux de la recette inférieure ouverts, il peut résulter du choc des chutes de pierres que rien n'empêchera.

Charbonnage des Liégeois.

Le dispositif employé ici est analogue à celui employé à Beeringen, sauf que les dimensions des ouvertures sont plus grandes et qu'elles sont au nombre de quatre.

Ici on a remédié aux inconvénients mentionnés à Beeringen :

1°) Lors de l'arrivée du cuffat à la recette inférieure, les clapets de cette recette se ferment pour ne se rouvrir qu'après fermeture des clapets supérieurs ;

2°) De plus, toute la recette est protégée par des garde-fous qui lui constituent une protection suffisante quand les trois autres sont ouverts ;

3°) Il en est de même à la recette supérieure où les ouvertures sont protégées par des galeries de trois côtés. Le quatrième étant celui par où se fait le déversement des cuffats, il n'y a pas de ce côté d'accès possible.

Charbonnage de Winterslag.

La recette ici est simple. Un plancher recouvre l'orifice du puits. Il est percé de deux ouvertures rectangulaires pour le passage des cuffats. Ces ouvertures sont obturées par des clapets manœuvrés au levier simultanément suivant des commandes analogues à celles employées à Beeringen et aux Liégeois.

Les dispositions pour la vidange consistent également en un plan incliné de déversement après que les clapets ont obturé l'orifice du puits.

* * *

De l'examen de ces principaux faits, il ressort clairement qu'il est intéressant pour la sécurité des ouvriers dans le puits, de mettre son orifice complètement à l'abri des chutes de pierres pouvant provenir de la vidange des cuffats.

Celle-ci sera donc réalisée dans un espace bien séparé de la recette immédiate et aménagé de manière à provoquer une élimination complète de tous les produits déversés. Le plan incliné tel qu'il est réalisé à Beeringen paraît être l'idéal. Il a été repris suivant le même modèle à Helchteren-Zolder, dernier des puits foncés.

Dans le même ordre d'idée, il est nécessaire que les orifices à la recette inférieure soient protégés de tous côtés et dans toutes les conditions d'ouverture et de fermeture par des garde-fous; ceux-ci seront en partie fixe, en partie constitués par les clapets relevés.

La fermeture du puits doit être réalisée s'il y a lieu rapidement et hermétiquement. Les dispositifs de manœuvre utilisés donnent à cet égard toute satisfaction.

Enfin, un point important, à souligner au point de vue de l'organisation, consiste dans l'établissement de services de recettes séparés qui donnent toute liberté de manœuvre aux ouvriers et l'agencement des diverses parties de la recette pour la rapidité du travail, l'économie de main-d'œuvre et sa sécurité.

* * *

Les dispositifs que nous venons de résumer ont pour but d'assurer la sécurité des ouvriers qui travaillent dans le puits contre les chutes qui pourraient se produire de la surface.

Mais il s'agit aussi de prémunir les ouvriers contre les chutes de pierres et d'objets qui peuvent se produire dans le puits.

A cet égard, mentionnons immédiatement que le travail de fonçage à l'avaleresse est interrompu pendant la pose du cuvelage, le matage et tout autre travail de réparation et entretien. On élimine ainsi les plus graves et les plus importantes chances de chute d'objet. Rappelons également ce que nous avons dit à propos du revêtement provisoire : la chute de fragments de roches des parois est impossible dans les passes congelées. Il reste les terrains déliteux qui sont munis soit d'un revêtement provisoire jointif posé en descendant, soit immédiatement cuvelé.

Dans la partie cuvelée, il y a peu de danger de chute, sauf ceux de glaçons se détachant des parois. Si le travail se faisait par passes, le plancher de travail était descendu jusqu'à quelques mètres au-dessus de la base du cuvelage. Si le cuvelage était posé en descendant au fur et à mesure du creusement, ce plancher de travail était maintenu ordinairement à 20 à 40 mètres au-dessus du fond du puits. Le plancher de travail servait alors de

plancher de sécurité et suffisait pour arrêter la chute éventuelle des glaçons.

Ce plancher était pourvu d'ouvertures pour le passage des cuffats et de l'échelle de secours et ces ouvertures étaient entourées de garde-corps en tôle pleine de 1 mètre de hauteur, contre lesquels les glaçons tombant éventuellement sur le plancher et faisant ricochet, étaient arrêtés.

Ces planchers de sécurité étaient simples, robustes, et d'un déplacement aisé et exempt de danger. L'expérience des fonçages de Campine a démontré leur efficacité.

* * *

Dans le même ensemble de points, nous rappellerons l'établissement de plancher-réservoir, pour recueillir les eaux qui suintent du cuvelage, ce qui permet de diminuer la quantité d'eau au chantier.

NOTE. — Nous pouvons citer encore quelques précautions telles par exemple : la fusion de la glace des parois pour éviter la chute des glaçons ou le maintien de la circulation de saumure dans les colonnes d'amenée aux chambres de congélation lors des reprises à Beeringen, ceci afin d'empêcher aussi la chute des glaçons adhérents à ces colonnes alors que le travail continuait à l'avaleresse ou à la base du cuvelage.

Terminons enfin par l'examen des moyens de secours du personnel de l'avaleresse.

Les cuffats constituaient un excellent mode de remonte. Mais pour le cas d'accident à la machine d'extraction ou à la source d'énergie alimentant cette machine, une échelle volante de secours, véritable échelle-cage, se trouvait en permanence suspendue au fond de l'avaleresse et pouvait être relevée à l'aide d'un treuil spécial, alimenté par une source d'énergie distincte de celle alimentant la machine d'extraction. Cette échelle-cage était ordinairement constituée de tronçons de 5 mètres assemblés par boulons et était entourée d'un treillis métallique protégeant l'ouvrier contre

toute chute, sauf l'élément inférieur qui était dépourvu de filet de protection.

Une série de paliers assuraient des points de repos; ces paliers étaient à charnières aisément maniables avec le pied.

Cette échelle devait atteindre au moins le plancher de sécurité et devait également pouvoir prendre en charge tout le personnel d'un poste.

Cette échelle volante pouvait être utilisée en cas d'irruption d'eau dans le puits.

CHAPITRE XVII.

Recongélation d'un puits en décongélation Méthode rationnelle de congélation

Aux Charbonnages d'Helchteren-Zolder en cours de décongélation, une série d'accidents de nature variée s'étant produits dont, entre autres, une importante venue d'eau à la base du cuvelage, on fut amené à opérer une recongélation des terrains. Cette opération était excessivement grave et périlleuse. En effet, la formation du mur de glace allait provoquer l'emprisonnement d'une certaine masse d'eau entre l'anneau de glace et le cuvelage. La congélation progressant, cette eau allait se trouver à des pressions fortement exagérées dont l'action soit sur le mur de glace, soit sur le cuvelage, pourrait provoquer des ruptures de tubes ou de cuvelage, arrachement des joints, etc.

La Compagnie Franco-Belge employa pour réaliser cette reprise de congélation un procédé qu'elle a spécialement étudié et dénommé : « méthode rationnelle de congélation ».

Cette méthode ayant été employée dans des puits en fonçage à l'étranger ne devait pas rentrer dans le corps de ce mémoire s'il n'y avait eu cet emploi occasionnel. Ce procédé paraît cependant devoir modifier la conception générale du travail de congélation.

* * *

La méthode rationnelle de congélation consiste à forer une série de sondages sur la périphérie du puits, mais à ne les utiliser que successivement et différemment.

On choisit le plus judicieusement possible d'après les conditions de la nappe, les positions déviées des sondages, les niveaux à congeler plus spécialement, deux à quatre sondages où l'on envoie directement la saumure à la température de régime optimum de la centrale. Le tube congélateur se contracte et communique le froid à tous les terrains. Il y a échange rapide et important de frigories. L'absence de renseignements pratiques et décisifs devant laquelle on se trouve actuellement en ce qui concerne la prise de terrains de nature et de degré aquifère différents ne permet pas de conclure définitivement en ce qui concerne la manière dont ces terrains se comportent et s'il ne peut en résulter des efforts exagérés, localement répartis sur les tubes.

On suit, grâce à des thermomètres descendus dans les sondages voisins, la marche de la congélation dans les différentes assises. Quand la congélation atteint les sondages voisins, ceux-ci sont mis en marche. Les premiers sondages de congélation ne fonctionnent alors que pour maintenir l'épaisseur de glace à sa valeur normale. La circulation de saumure y est même intermittente. Progressivement, on fait ainsi avancer le mur de glace à la périphérie du puits jusqu'à réaliser une fermeture complète.

On maintient ainsi constamment dans tous les niveaux jusqu'à la fermeture du mur et alors que dans les parties où il est déjà formé, il a atteint son épaisseur définitive, un exutoire pour les eaux du centre du puits.

Celles-ci ne se compriment et ne refluent vers l'axe qu'à l'instant de sa fermeture complète à l'épaisseur définitive.

* * *

Ce système a donné d'excellents résultats lors de recongélation. Le cuvelage a parfaitement résisté. Il n'a pas eu de pressions exagérées à subir.

* * *

Des résultats obtenus au fonçage d'un puits en Angleterre, à Seaham, dans des craies fortement fissurées et pénétrées par l'eau de mer, avec un banc de sable bouillant à sa base, le service technique de la Compagnie Franco-Belge de Fonçage de puits a déduit les conclusions suivantes :

- 1°) Ce procédé permet de faire fonctionner les machines de la centrale dans leurs conditions de régime, c'est-à-dire au rendement maximum;
- 2°) Il permet de suivre de manière continue par des lectures thermométriques la marche du manchon de glace autour de chaque sondage;
- 3°) Toute la puissance frigorifique peut être utilisée à l'attaque de terrains non congelés alors que dans le procédé ordinaire, une partie des frigorifiques est dépensée à faire croître exagérément un mur déjà suffisamment formé;
- 4°) Par cette méthode, on empêche les occlusions d'eau non congelée dans un anneau congelé où elles se compriment et deviennent incongelables presque en même temps que la pression croît démesurément;
- 5°) La mise en circuit de tout le sondage à -20° (temps de régime) par exemple, provoque dans le tube une contraction immédiate avant que le tube ne soit pris dans des masses de terrains congelés qui, le coinçant réellement, provoque dans le tube, lors d'une accentuation du refroidissement, une violente traction;

6°) L'emploi de ce procédé se traduit par une économie de puissance consommée. La durée de la congélation paraît cependant plus grande.

* * *

A la suite des conclusions théoriques relevées ci-dessus et sauf quelques remarques d'ailleurs d'ordre secondaire sur la prise des terrains sous un brusque refroidissement, sur le surcroît de durée de la congélation et sur la complication et le soin plus grand, plus vigilant, mais aussi plus scientifique et plus sûr que nécessite le réglage ainsi conçu de la congélation, il semble qu'il y ait là un procédé nouveau appelé à changer complètement le processus de la congélation.

Nous tenions à le mentionner à la fin de cette étude et n'avons point voulu l'étudier ici de manière plus détaillée parce qu'il nous paraît sortir du cadre imposé à ce mémoire.

CHAPITRE XVIII.

Résumé et conclusions

A la fin de cette étude théorique des faits et constatations relevés dans l'exposé historique du fonçage des puits de Campine, il importe de dégager les conclusions pratiques et générales de ce travail.

A) Le premier point sur lequel un jugement doit être porté est la *méthode de fonçage* qui ressort de ces travaux comme la plus pratique, la plus économique, la plus rapide et la plus sûre pour le fonçage d'un puits à grande profondeur sous des morts-terrains aquifères.

Nous répondrons : la congélation préalable sur toute la hauteur des morts-terrains et pénétrant même la tête du houiller sous-jacent en une seule passe. Les Charbonnages d'Eysden avec 480 mètres et de Helchteren-Zolder avec 620 mètres nous apportent le témoignage de leur réussite.

L'emploi mixte de la congélation et de la cimentation peut être défendu au cas où la base des morts-terrains est constituée par des terrains calcaires fissurés ou non et qu'il n'existe pas sous eux de nappes sableuses aquifères exigeant la congélation.

Une reprise de congélation en profondeur est une opération longue, coûteuse et difficile.

Au cas d'une grande épaisseur de terrains imperméables ou cimentables avec succès, entre les nappes de têtes des morts-terrains et les nappes de base, il y aurait peut-être lieu d'examiner l'utilité d'une reprise de congélation. Le surcroît de dépense qu'entraîne celle-ci est

alors compensé par l'économie qui résulte de la suppression des tubes congélateurs sur une grande hauteur, de la limitation de fonctionnement de la centrale à une durée moindre et ensuite, au cas de profondeurs importantes, de la possibilité d'une marche à deux températures de saumure.

La congélation apparaît à la suite de cette étude comme le seul procédé efficace dans toutes les conditions qui peuvent se poser actuellement en morts-terrains aquifères. La cimentation, elle, exige trop de conditions spéciales qui limitent son emploi.

Il n'y a eu aucune innovation dans le mode de congélation employé en Campine. L'emploi actuel d'un procédé de congélation progressif, appelé par ses inventeurs méthode rationnelle, semble devoir modifier les conceptions à ce sujet par suite des économies et des sécurités qu'il apporte.

B) Les études de M. Sauvestre, quelques constatations particulières faites en d'autres puits que Beeringen peuvent amener diverses conclusions, relativement aux aptitudes des terrains à la congélation et à la cimentation, aux conditions dans lesquelles les terrains se trouvent pour résister aux pressions. Citons entre autres :

1°) Il y a une certaine influence de la nature chimique des roches et de leur texture sur l'aptitude à la prise de la congélation ;

2°) Dans l'examen de la résistance des terrains congelés, on peut distinguer deux éléments se comportant différemment : le ciment de glace, les grains cimentés et leur adhérence au ciment ;

3°) Dans la résistance de la glace et des terrains congelés, il y a lieu de tenir compte du facteur température qui semble, en s'abaissant, atténuer la plasticité ;

4°) L'influence de la cimentation derrière le cuvelage et dans les terrains après creusement est favorable à la résistance et à l'étanchéité du cuvelage. L'injection de ciment dans les terrains dépend surtout de la nature et de l'état de ceux-ci.

C) Au cours des travaux de Campine, le procédé de mesure de la verticalité et des déviations de sondage a subi de grands perfectionnements. L'étude comparative que l'on a pu y effectuer des divers procédés a amené réellement le triomphe du télécclinographe Denis.

A la suite de cette étude, il apparaît que le succès doit appartenir à un appareil à liaisons sensibles, dont les appareils enregistreurs soient isolés et soigneusement contrôlables, que toutes les liaisons employées lors de la descente soient étudiées et vérifiées pour éviter la torsion, qu'il est nécessaire dans cet ordre de mesure d'opérer un mesurage continu.

En même temps, les procédés de forage ont pu se perfectionner quant à la garantie de verticalité. Grâce aux appareils de mesure, on a pu suivre pas à pas le forage et corriger les déviations.

Les sondages qui déviaient aisément de 20 à 15 % de leur hauteur en 1910, dévient de moins de 1 à 2 % actuellement.

D) Du point de vue pratique, les travaux de Campine ont apporté les conclusions suivantes quant à la marche du travail :

En cas d'un fonçage avec congélation préalable en une seule passe :

1°) Les sondages seront poussés jusqu'au delà de la base des morts-terrains et disposés en une ou plusieurs circonférences alentour du puits. Ils seront en nombre suffisant pour créer un mur continu, épais et étanche;

2°) Le forage se fera par battage au trépan pour les morts-terrains meubles, à la couronne par rotation pour les terrains cohérents.

Le battage pourra être mené par plusieurs appareils de manière à accélérer le travail, l'installation en surface doit être spécialement équipée de manière que les diverses opérations de manœuvre se fassent rapidement et aisément;

3°) Les sondages seront immédiatement munis de leurs tubes congélateurs qui seront essayés soigneusement à une pression supérieure à celle de travail;

4°) Le tube d'amenée intérieur sera de petit diamètre (on peut utiliser des tubes à gaz) le tube extérieur sera assez large de manière à permettre un grand débit à vitesse réduite et sans avoir à craindre d'obstruction par dépôts de boues et dépôts de saumure;

5°) On a envisagé l'emploi de filtres avant l'envoi de la saumure dans les circuits de congélation, ceci afin d'éviter les obstructions;

6°) Ces tubes seront sans soudure, à joints étanches, vissés sans renflements intérieurs.

Vu le coût de ces tubes, on les réalisera de manière à faciliter la reprise. Au cas où l'on prévoit de fortes poussées, des congélations irrégulières entraînant de ce fait des tractions de tube lors d'un refroidissement plus poussé, on les munira de colonnes de secours;

7°) Ces tubes seront réunis aux collecteurs par des joints spéciaux, soigneusement éprouvés, à contraction libre et dans lesquels on intercale des vannes qui permettent de mettre immédiatement certains circuits hors service ou d'y ralentir la circulation de saumure ainsi que tous autres appareils de contrôle : mesure de pression, débit, température, etc. Ceci dans le but de pou-

voir déterminer rapidement les points défectueux et d'y remédier rapidement;

8°) On forera au centre du puits un sondage central pour servir de contrôle. Ce sondage sera muni de tubes pénétrant dans les diverses nappes et permettant de juger de l'état de fermeture du mur de glace et de son degré de résistance. A cet égard, ces tubes peuvent être munis d'une cloche étanche avec manomètre;

9°) On descendra autant de tubes qu'il y a de nappes importantes et séparées par d'épais massifs imperméables.

Dans le cas de plusieurs nappes séparées par de minces intercalations imperméables, on descend le tube jusqu'à la nappe la plus profonde, on le fend ou on le perce au niveau des lits aquifères;

10°) Il sera parfois nécessaire pour éviter la congélation du sondage central d'y faire descendre un tube parcouru par de la saumure ou tout autre liquide chaud;

11°) Le sondage central ainsi équipé peut être maintenu pendant le creusement comme appareil de contrôle de l'état du mur de glace en profondeur. Mais son maintien et les dispositifs de support que l'on doit établir dans le puits constituent des embarras dans le creusement.

On préfère soit l'obturer au ciment, soit le recouper progressivement. On peut alors munir la tête des tubes d'une cloche manométrique dont les indications servent de contrôle de l'état du mur;

12°) L'installation frigorifique comporte plusieurs compresseurs à l'ammoniaque. L'ammoniaque paraît être à la suite des travaux de Campine le fluide le plus pratique et le plus économique.

La saumure est une solution de Ca Cl_2 congelable à moins de 40°;

13°) Dans la méthode ordinaire, la saumure est envoyée dans tous les tubes à une température qui est progressivement abaissée jusqu'au degré de régime. Quand le mur est fermé, on ralentit la marche de la centrale frigorifique et on se borne à envoyer de la saumure pour maintenir le mur de glace et compenser les pertes par rayonnement.

Dans la méthode dite rationnelle, on envoie la saumure à la température de régime successivement dans chaque sondage. Chaque sondage a ainsi une régime propice dépendant des nécessités du mur de cette zone;

14°) Le creusement peut être entrepris avant la fin de la congélation à condition que la première ou les premières nappes aquifères soient congelées et que le mur soit ainsi fermé sur une hauteur suffisante à partir du sol;

15°) On commencera par approfondir l'avant-puits où l'on a établi les têtes de sondage. On établira un revêtement de cete première passe creusée sur quelques mètres et on le renforcera de manière à pouvoir l'utiliser comme point d'appui éventuel dans les opérations ultérieures;

16°) Au début, on creusera autant que possible par passes relativement grandes, 50 à 100 mètres, sans exagérer cette hauteur.

Le cuvelage sera ensuite posé en montant, une trousse étant établie à la base de la passe sur terrain ferme;

17°) Au cas d'un terrain sujet à fortes poussées ou de terrains congelés soumis à fortes pressions, c'est-à-dire présentant des déformations importantes, on procédera par petites passes de 5 à 6 mètres et on posera directement le cuvelage en descendant;

18°) Le soutènement provisoire ne sera monté que dans les terrains sujets à chutes de pierres par suite de

leurs fractures. En cas de congélation complète du terrain, le revêtement n'est pas nécessaire;

19°) Il y a avantage à utiliser un outillage pneumatique et à employer des explosifs à brisance modérée et insensibles à la gelée;

20°) L'air comprimé sera desséché avant d'être envoyé dans les canalisations;

21°) Il faudra vérifier les détonateurs et amorces, les classer en types de même résistance et n'employer que des détonateurs et amorces appartenant à un même groupe.

On groupera les mines en série.

On opérera par tir électrique de volée, tout le personnel remonté, l'exploseur étant manœuvré à la surface.

22°) Les mines de déchaussement seront profondes. Le déblai se fera avec précaution.

Les mines aux parois pourront être fortement chargées à condition qu'elles aient un bon dégagement. Elles seront moins profondes que le déchaussement;

23°) Les services seront organisés et l'équipement de la surface sera tel que l'avaleresse reste le moins encombrée et que le travail d'abatage soit facilité.

E) Cuvelages :

1°) Nous n'avons pas eu de précisions sur le mode de calcul des cuvelages.

M. le Professeur Lucien Denoël a publié en 1926 dans « Colliery Engineering » une étude définitive sur la question et a tiré de l'exemple des puits de Campine la valeur des coefficients de sécurité qu'il convient d'adopter dans l'application des formules théoriques;

2°) La forme du cuvelage à adopter est celle d'un cuvelage en anneaux de 1^m,50 environ de haut à plusieurs segments avec nervures horizontales et verticales. La

surface extérieure est ordinairement lisse. Une surface ondulée accroît la résistance et assure une meilleure adhérence au béton de remplissage extérieur. Parfois, les surfaces extérieures lisses sont munies de saillies de diverses formes destinées à cet usage. Ces dispositifs paraissent excellents;

3°) Les panneaux de cuvelage sont percés de trous obturés par boulons vissés pour injecter le ciment. Parfois, ce cuvelage peut être raidi par l'intercalation de distance en distance d'anneaux-trousses.

Le cuvelage double doit être constitué de deux anneaux en fonte assez épais. L'anneau extérieur en acier s'est montré trop aisément déformable et doit être rejeté.

L'intervalle compris entre les deux cuvelages est bétonné. Les anneaux extérieurs sont placés en descendant, l'anneau intérieur soit en descendant, soit en montant. Ce dernier système est préférable parce que plus aisé et de meilleur rendement;

4°) Le remplissage du vide derrière le cuvelage est effectué par un béton bien damé à 300 ou 400 kilogrammes de ciment au mètre cube. Au cas de cuvelage posé en descendant et pour la pose des derniers anneaux ainsi que des raccords, on injecte du ciment mélangé à du sable.

Ce remplissage est d'ailleurs parachevé après achèvement du puits par injection de ciment par les ouvertures ad hoc;

5°) La question des joints de cuvelage est importante. Ce sont eux la cause principale des venues d'eau par le cuvelage. Aussi les précautions suivantes paraissent-elles actuellement, à la suite des travaux de Campine, comme particulièrement efficaces :

a) Les joints sont munis de feuilles de plomb matées et s'écrasant entre les brides des segments. Celles-ci sont dentelées pour assurer une meilleure adhérence;

b) le matage qui doit être opéré plusieurs fois, est facilité par l'existence d'un chanfrein;

c) Les brides sont profilées de manière que les boulons d'assemblage ne traversent pas les lames de plomb intercalées. Au cas où ils les traversent, ces boulons sont munis de rondelles de plomb;

d) Il est favorable de pouvoir exécuter un matage extérieur des joints avant le remplissage du béton. Mais cette opération nécessite un creusement à diamètre plus grand.

Les trousses doivent être établies en bons terrains sur une surface bien arasée. Elles sont picotées contre le terrain sur la moitié de leur hauteur.

Les raccords de passe, outre l'étanchéité, doivent présenter une résistance aux poussées de terrains suffisante et être de montage facile. A la suite des travaux de Campine s'affirme la supériorité à tous points de vue d'un picotage frontal dans une rainure en queue d'aronde. On le protège intérieurement par un couvre-joint en tôle d'acier et extérieurement par un anneau de cuvelage de grand diamètre destiné à constituer un barrage protecteur. L'intervalle est rempli de béton fretté;

6°) Le montage du cuvelage se fera différemment suivant qu'il est posé en montant ou en descendant. On veillera à éviter la torsion générale sur toute la hauteur et à maintenir une section bien circulaire; on ne tolérera aucune dénivellation; les trous de boulons d'assemblage seront vis-à-vis l'un de l'autre;

7°) Le métal constituant les cuvelages sera soumis à une série d'essais de résistance (traction, choc, flexion),

sa composition chimique sera spécifiée. La confection des pièces sera surveillée, contrôlée et éprouvée de manière à satisfaire aux desiderata de montage dont les principaux points ont été résumés ci-dessus.

F) Au point de vue revêtement en terrain houiller, le muraillement en briques, le béton monolithique armé ou non, les claveaux de béton armé peuvent être également satisfaisants.

G) La sécurité du travail n'est pas moindre que dans les autres fonçages. Les dispositifs spéciaux à appliquer sont le revêtement provisoire, le plancher de travail, les planchers de sécurité, les échelles de sauvetage dans les puits, les fermetures des recettes.

H) En ce qui concerne l'exhaure, elle est faible. L'épuisement à la tonne semble seul suffisant et est le mieux approprié.

I) *Décongélation* :

a) Il est inutile de remplir le puits d'eau avant décongélation. Le cuvelage est déjà presque totalement sous tension. Laisser le puits vide, c'est permettre la surveillance du cuvelage et c'est plus économique (pas de perte de temps ni de dépense d'énergie pour le remplissage et l'exhaure);

b) Cette décongélation ne doit pas être trop vite exécutée. Il faut que l'on ait atteint la base du cuvelage et que l'on soit solidement ancré dans le bon terrain;

c) Avant décongélation, un matage général soigné, une réfection du puits, une injection générale de ciment s'impose. Les mêmes opérations de matage et cimentage seront exécutées après la décongélation;

d) Il y a grand avantage à guider la décongélation et surtout à l'accélérer. Le seul moyen qui soit efficace est

de faire circuler de la saumure progressivement réchauffée jusqu'à rétablissement de l'équilibre initial.

J) La cimentation n'est efficace qu'en certains horizons de nature bien connue et particulière.

Avant creusement, elle donne plus de sécurité et une économie de frigories, mais ne permet pas de supprimer certaines venues d'eau qui se font jour après décongélation.

K) Leçons tirées des accidents :

1°) Laisser le moins possible de terrain à nu non cuvelé;

2°) Dès qu'une brèche se fait jour, remplir le puits d'eau froide afin d'établir ainsi un état d'équilibre qui supprime la circulation d'eau chaude par la brèche et l'empêche de pénétrer dans le puits;

3°) En cas d'inondation du puits, combler celui-ci de sable, de briquillons, etc. sur la hauteur de la passe en creusement et non cuvelée.

L) *En cas de cimentation de certaines passes à creuser sans congélation.*

La cimentation des passes de terrains crayeux ou de terrains cohérents fissurés n'a pas donné de résultats bien remarquables et les méthodes suivies alors sont abandonnées. A retenir seulement les points suivants :

1°) L'injection doit se faire par un sondage et par passes de hauteur réduite n'englobant que des terrains présentant autant que possible un même régime de fissures;

2°) La densité de lait de ciment et la pression varient pendant l'injection et suivant l'état de fissuration.

Une roche largement fissurée sera cimentée par un lait épais sous faible pression moyenne. Ce sera l'inverse en cas de fissures étroites et peu nombreuses;

3°) Une succession rapide des diverses phases de l'opération en un même sondage et un décalage des phases dans différents sondages permettent d'obtenir un grand avancement;

4°) La cimentation réduit l'exhaure et permet la pose du cuvelage en montant, la réduction et la suppression du revêtement provisoire, l'emploi d'explosifs.

M) *En cas de reprise de congélation.*

En général, la congélation en une seule passe est préférable à l'opération même en plusieurs passes. Une reprise peut cependant être rendue nécessaire à la suite des circonstances.

En ce cas, on peut tirer des travaux de Campine (Beerlingen et André Dumont) les enseignements suivants :

1°) Il est extrêmement important pour la réussite du procédé de bien connaître les conditions dans lesquelles on se trouve, de bien étudier les sollicitations auxquelles sera soumis l'anneau de glace et suivant quelles modalités il présente la résistance la meilleure et la plus économique. Il est primordial de résoudre toutes les questions que ce problème peut susciter, de détailler toute l'opération à réaliser, de posséder des renseignements concrets (expériences de laboratoires, critique d'expériences réalisées précédemment et d'autres travaux analogues), d'avoir soigneusement établi la phase du travail et prévu jusqu'au moindre détail de résolution pratique.

C'est là un gage assuré de succès. Beerlingen (essais et études de M. Sauvestre) et André Dumont (utilisation et pratique du travail de Beerlingen) apportent les arguments irréfutables de cette importance primordiale;

2°) Règles à suivre dans l'exécution :

a) La chambre de travail sera soigneusement établie,

large, spacieuse et bien soutenue de manière à assurer la sécurité des installations;

b) Les sondages seront forés de préférence à partir de la surface. C'est une nécessité lorsque la nappe a son niveau hydrostatique en surface. Des précautions sont à prendre au point de vue usure des colonnes de battage, étanchéité de leurs joints, souplesse du mouvement des tiges dans la colonne et raccord aux trous de sonde. Les sondages « de détente » sont recommandables;

c) Le massif de guidage des sondages sera soigneusement établi, rigide et indéformable;

d) La colonne d'amenée et de retour de la saumure dans le puits sera établie avec soin : contraction libre et automatique, calorifuge, raccords, etc;

e) Supprimer l'emploi des mines de crainte d'un ébranlement excessif d'une installation délicate et dont le maintien intact est une condition de succès (1).

(1) Pour la rédaction du présent mémoire, j'ai eu recours à maintes reprises à l'abondante documentation que constituent les rapports semestriels publiés sur le bassin de la Campine, dans les *Annales des Mines de Belgique*, sous la signature de MM. les Ingénieurs en Chef-Directeurs des Mines Lechat, Firket et Vrancken.

NOTES DIVERSES

Les failles du bassin de la Campine

par X. STAINIER.

Il ne fait plus de doute maintenant qu'un des traits principaux de la structure du bassin houiller de la Campine lui est imprimé par la présence de nombreuses failles normales, découpant le gisement en massifs ou claveaux plus ou moins importants. Dès le début, j'ai prétendu que les premiers accidents connus du bassin avaient cette caractéristique (1) et MM. Harzé et Kersten ont adopté cette manière de voir dans leurs synthèses de l'allure des couches. Les opinions opposées qui tendaient à admettre la présence de puissantes vallées d'érosion ou de plissements ne sauraient plus être soutenues maintenant. Les plissements de la Campine ne sont que des ondulations fortement étalées et aplaties.

Outre les auteurs qui ont étudié ces failles au point de vue de leur existence, de leur tracé, il en est d'autres, MM. Touwaide, Stevens et V. Firket, qui les ont étudiées à des points de vue divers. Cette étude est loin d'être à point et cependant il n'est pas douteux qu'elle ne soit indispensable, non seulement au point de vue théorique, mais aussi dans l'intérêt de la technique de l'exploitation.

Le développement des travaux miniers a déjà révélé une quantité de faits telle qu'il me paraît justifié de tenter une première synthèse générale qui, en tenant compte des faits en question, facilitera la besogne de nos successeurs et indiquera les lacunes à combler, les points à éclaircir. De l'ensemble de la question, nous ne comptons aborder que quelques points.

I. Influence des failles houillères sur les morts-terrains

Le sujet a déjà été esquissé, au point de vue général, par MM. Forir, Habets et Lohest dans leur travail bien connu; puis M. A. Renier (2) et moi (3) nous avons examiné quelques points en détail. C'est ce sujet qui attirera surtout notre attention vu l'im-

(1) Cf. *Bull. Soc. Belge de Géol.*, 1903, p.-v. p. 181; 1907, p. 140; 1911, p. 209.

(2) Cf. *Ann. Soc. Géol. de Belg.*, t. LI, b. p. 305.

(3) Cf. *Ann. des Mines*, t. XVI, p. 156, et *Bull. Soc. Belge de Géol.*, t. XXXVII, p. 33.