Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 96 (1970)

Heft: 18: 51e Comptoir suisse, Lausanne, 12-27 septembre 1970

Artikel: Emploi d'une foreuse de galerie pour le percement de puits blindé de Corbes de l'aménagement hydro-électrique d'Emosson

Autor: Aemmer, Félix

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-70869

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 20.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Emploi d'une foreuse de galerie pour le percement du puits blindé de Corbes de l'aménagement hydro-électrique d'Emosson

par FÉLIX AEMMER, ingénieur diplômé EPFZ-SIA c/o Motor-Columbus, Ingénieurs-Conseils S.A., Baden

Introduction

Le puits blindé de Corbes fait partie du palier supérieur Emosson-Le Châtelard (fig. 1). Il est composé d'un tronçon incliné de 1140 m de 65 % de pente, d'une partie horizontale de 356 m, suivie d'un puits de 103 m' de 25 % de pente et d'un tronçon horizontal de 91 m' jusqu'à la centrale. Le diamètre intérieur des blindages varie de 2.60 à 2,30 m'.

L'Entreprise Murer AG de Erstfeld a été chargée de l'exécution de ces travaux. Après l'adjudication de ceux-ci, l'entreprise a proposé d'exécuter le puits à 65 % avec une foreuse de galerie. Cette proposition a été agréée par le Maître de l'œuvre et la Direction des travaux, à condition que le coût total du puits à 65 % ne dépasse pas le devis prévu pour la méthode conventionnelle.

Considérations générales pour l'utilisation d'une foreuse de galerie

Les raisons et considérations suivantes ont incité l'entreprise à risquer pour la première fois, l'utilisation d'une foreuse dans un puits incliné.

Il est actuellement difficile et coûteux d'obtenir du personnel qualifié pour l'excavation des puits inclinés par la méthode conventionnelle à l'explosif. Malgré les améliorations apportées ces dernières années, ce procédé reste le travail pénible, difficile et dangereux des travaux souterrains.

D'autres conditions étaient assez favorables pour l'utilisation d'une foreuse de galerie. D'une part le rapport géologique prédisait une roche compacte, peu diaclasée avec de faibles venues d'eau dans le granit de Vallorcine. L'estimation des géologues, basée sur l'excavation à l'explosif était de moins de 5 % d'étayage sur l'ensemble du puits. Avec l'excavation au moyen d'une foreuse, c'est-à-dire sans ébranlement du rocher, il était admissible que ce pourcentage soit encore réduit. L'entreprise avait encore la possibilité de faire un essai de 50 m' avec une machine semblable dans la partie horizontale située dans le même massif rocheux. Cet essai donna des résultats instructifs et confirma certaines hypothèses admises. D'autre part, le Maître de l'œuvre et la Direction des travaux étaient eux-mêmes très intéressés à l'essai de nouvelles méthodes de travail, ils étaient disposés à soutenir la proposition de l'entreprise. La dernière condition favorisant ces essais, était le programme de travail suffisamment long.

En étroite collaboration entre l'entreprise et la Direction des travaux, il fut décidé de forer le profil selon figure 2.

Description et mode de travail de la foreuse de galerie « Wirth » dans le puits incliné

a) *Description de la machine* (fig. 3)

La partie de base se compose de deux pièces, soit le bâti extérieur avec le dispositif de blocage par vérins (Aussenkelly) et le bâti intérieur « Innenkelly » coulissant dans le premier. A l'avant de l'« Innenkelly » se trouvent la tête foreuse et à l'arrière l'engrenage planétaire avec ses 4 moteurs. Ces deux pièces peuvent se déplacer l'une par rapport à l'autre d'une « course » de 75 cm. Le dispositif de blocage a la fonction de coincer la foreuse pendant l'opération de forage au moyen de 2×4 vérins hydrauliques espacés de 2,50 m, s'appuyant latéralement sur le profil excavé. La force de blocage totale de ces huit vérins peut aller jusqu'à 1000 to, ce qui représente une pression

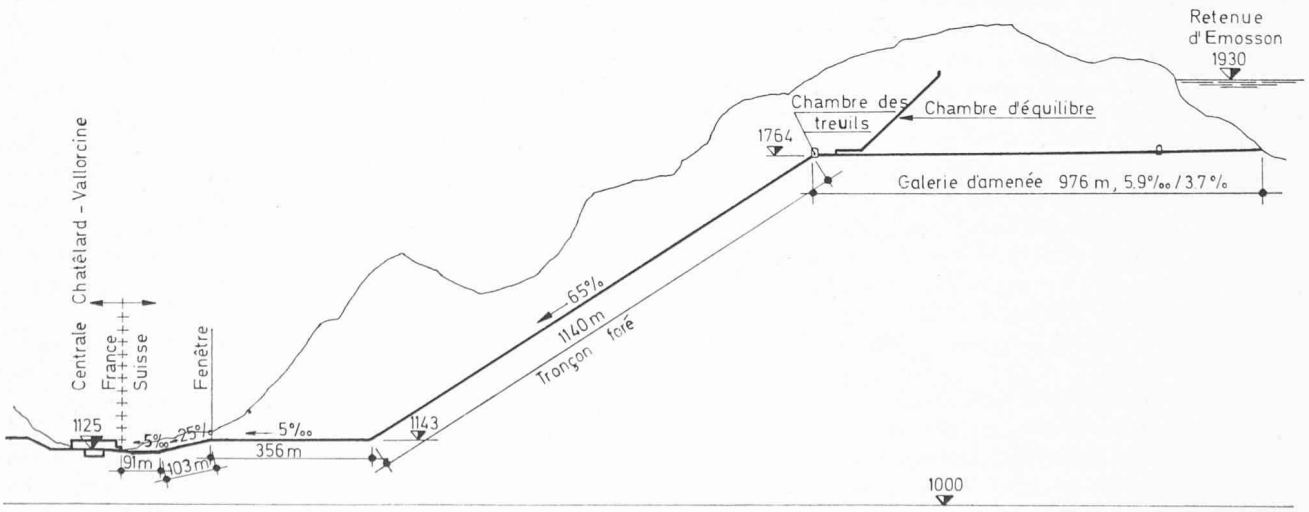
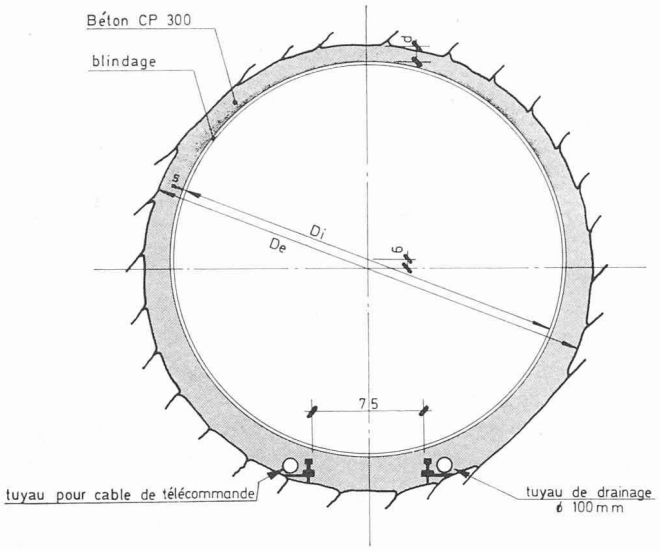


Fig. 1. — Profil en long du puits blindé « Corbes ».



De m'	2.85	2.92	2.98
Di m'	2.40	2.50	2.60
s mm	20 - 26	20	17 - 20
d m'	0.14	0.13	0.11
Excavation m^3/m'	6.38	6.70	6.97
Béton m^3/m'	1.66	1.63	1.50

Fig. 2. — Profil normal du puits foré.

spécifique de 18 kg/cm² au maximum. Quatre vérins de poussée s'appuyant sur le bâti extérieur, transmettent la pression sur la tête de forage et entraînent le bâti intérieur sur la longueur d'une course. Ces vérins permettent d'exercer une poussée sur le rocher de 340 to au maximum.

La tête de forage, construite pour un diamètre de 285-298 cm, est pourvue de 24 trépans à molettes et de 2 « Centercutter » (voir fig. 5).

Ces molettes en forme de tronc de cône sont disposées sur la tête de forage de façon à rouler librement sur toute la surface du rocher, sous l'action de rotation et de pression de cette tête. Les molettes peuvent supporter une pression maximum de 12 to chacune, ce qui représente une poussée totale de 310 to pour la tête de forage. Cette pression n'a toutefois jamais été nécessaire dans ce puits. Selon la dureté et les caractéristiques de la roche, il est possible d'utiliser divers types de molettes ; des molettes dentées pour roches tendres, à disques pour des formations mi-dures à dures et boutonnées pour les roches dures à très dures. Ce sont ces dernières qui furent utilisées dans le puits de Corbes.

La tête de forage est entraînée à une vitesse constante de 12 t/min. par 4 moteurs de 75 kW chacun, la transmission se faisant à l'aide d'un engrenage planétaire et d'un arbre passant à travers le bâti intérieur. A titre indicatif, la machine utilisée dans le puits de Corbes peut forer des diamètres de 275 à 320 cm en changeant seulement la tête de forage et de 320 à 350 en changeant la tête et le bâti extérieur.

Les parties auxiliaires, au nombre de trois, sont reliées à la partie de base par deux tiges fixées au bâti intérieur. La première partie auxiliaire comprend la cabine de commande et l'appareillage de guidage, les pompes et réservoirs hydrauliques, le coffret électrique et le dispositif de sécurité. Ce dernier comporte quatre vérins à ressort, retenus hydrauliquement dans la position de retrait et entrant en fonction en cas de panne du système hydraulique, bloquant ainsi toute la machine. Ce dispositif joue le rôle de sabot de freinage. Il est dimensionné pour retenir par frottement au rocher, la composante dans l'axe du puits du poids de la machine, soit d'environ 50 to.

La deuxième partie auxiliaire se compose d'un transformateur et d'un tambour d'enroulement du câble électrique. La machine d'une puissance maximum de 446 kW est alimentée par ce transformateur de 4000/380 V.

La troisième partie auxiliaire comprend une grille et un silo pour l'évacuation des matériaux supérieurs à 10 cm, ceci afin d'éviter un engorgement dans le chenal d'évacuation.

La longueur totale de la foreuse depuis la tête jusqu'au silo mesure environ 30 m.

b) *Mode de travail*

Nous pouvons comparer le mode de travail de la machine à l'enfoncement d'une vis. La foreuse est retenue par le dispositif de blocage et la tête foreuse avance par rotation d'une longueur déterminée à la manière d'une vis sous l'action des 4 vérins de poussée. Le rocher est brisé par l'enfoncement des boutons des molettes. Pour la machine utilisée, seul le pas, c'est-à-dire l'avancement par tour de tête, peut être réglé au moyen de la quantité d'huile amenée dans les vérins, la pression sur le rocher étant dépendante dans ce cas de sa dureté. Le travail de l'opérateur consiste à régler le pas de la tête de forage afin d'obtenir que la pression sur le rocher reste dans les limites rentables.

Après un certain nombre de tours, le bâti intérieur a avancé d'une course de 75 cm par rapport au bâti extérieur en entraînant les parties auxiliaires. L'opération d'avancement est terminée, la rotation de la tête de forage s'arrête et le dispositif de sécurité est enclenché. On rentre le dispositif de blocage et toute la machine est alors tenue par le dispositif de sécurité. Les tiges de liaison entre la première partie auxiliaire et le bâti intérieur sont poussées à partir du premier groupe auxiliaire et retiennent la tête de forage. Les vérins de poussée sont ensuite rentrés, avançant le bâti extérieur le long du bâti intérieur de la longueur de la course. Le dispositif de blocage du bâti extérieur est à nouveau mis en action, le dispositif de sécurité retiré et l'avancement peut reprendre. La durée de l'opération de ce déplacement est d'environ 5 minutes.

Le travail de destruction du rocher par les molettes peut être comparé à une infinité de petits coups de marteau. Avec la machine, les coups se produisent par roulement des molettes, respectivement de chaque bouton sur la surface du rocher et par la pression donnée.

Le matériel d'excavation tombe sur le radier du puits et est emmené sous la machine par l'eau servant au refroidissement des molettes et la précipitation des poussières. Ce matériel passe ensuite à travers la grille et dans le chenal métallique fixé sur le radier, le long du puits incliné. Ce mode d'évacuation nécessite naturellement une certaine pente du puits.

Comme il est visible dans la figure 4, le matériel d'excavation provenant du travail des molettes boutonnées est assez fin et écaillé. Le grain maximum atteint environ 30 mm. La proportion du fin dépend toutefois du degré d'usure des molettes et de la pression de forage. Le matériel peut être utilisé pour des revêtements de routes non goudronnées et lors de l'utilisation de molettes neuves, même comme agrégats pour la fabrication de béton.

Les installations auxiliaires dans le puits (fig. 3)

Pour le transport du matériel et du personnel, l'entreprise a installé un funiculaire, dont les rails sont ancrés dans le rocher et serviront plus tard pour la mise en place des viroles et du béton. Le treuil se trouve au pied du puits et la poulie de renvoi est fixée sur une plate-forme de travail qui est déplacée environ tous les 80 mètres au fur et à mesure de l'avancement. Il a fallu également tirer un câble à haute tension, une conduite d'air comprimé, une pour l'eau de refroidissement et de chasse de 250 lt/min, une conduite de ventilation ainsi qu'un fil de téléphone entre le treuil et la poulie de renvoi.

Le matériel d'excavation est repris au bas du puits, chargé dans des wagonnets basculants de 4 m^3 et transporté dans la fenêtre de 360 m jusqu'à la décharge.

Montage et démontage de la foreuse

Le travail le plus délicat a consisté à mettre en place la partie de base de 60 to dans sa position de travail au départ du puits incliné. Pour ce faire, il a fallu excaver les 30 premiers mètres du puits par la méthode conventionnelle et bétonner la section selon le profil de forage pour le blocage initial de la partie de base. La partie de base a été transportée au pied du puits, posée ensuite sur une plate-forme mobile (fig. 7), dont les rouleaux antérieurs étaient posés sur un échaufaudage en prolongation du puits incliné et les rouleaux postérieurs sur le radier du puits horizontal. Ensuite, la plate-forme et la machine ont été tirées au moyen de palans dans la position inclinée. Une fois en place, la foreuse fut tirée dans l'anneau bétonné jusqu'à ce que les vérins de compression puissent prendre appui sur le parement bétonné.

Le bâti intérieur fut calé contre le radier et le bâti extérieur avancé d'une course et ainsi de suite, jusqu'à ce que la tête de forage atteigne le front d'attaque. Le montage des parties auxiliaires demanda moins de temps, vu leur poids plus faible comparé à celui de la partie de base.

Le temps de montage y compris le transport à travers le puits horizontal de 356 m a duré 5 semaines. Il faut remarquer que ces travaux étaient exécutés pour la première fois et qu'il a fallu mettre en place une charge de 60 to, ce qui représente environ la moitié du poids d'une grosse locomotive.

Un système analogue a été utilisé pour le démontage de la foreuse au sommet du puits incliné (fig. 8). Celle-ci a été tirée par un treuil sur la même plate-forme employée au bas du puits dans la position inclinée, puis mise à l'horizontal au moyen de vérins hydrauliques. Il a fallu deux semaines pour sortir la machine du puits.

Pilotage de la machine

La direction pour le fraisage a été donnée par un appareil Laser suspendu à la calotte (fig. 3). L'instrument, réglé au préalable sur une base donnée par un théodolite, permet le forage sur une longueur de 300 m. Le conducteur de la machine doit alors contrôler que le rayon passe au centre de deux mires montées sur la machine et espacées d'environ 10 m. Les déviations éventuelles étaient corrigées avant la reprise du forage par deux pieds auxiliaires

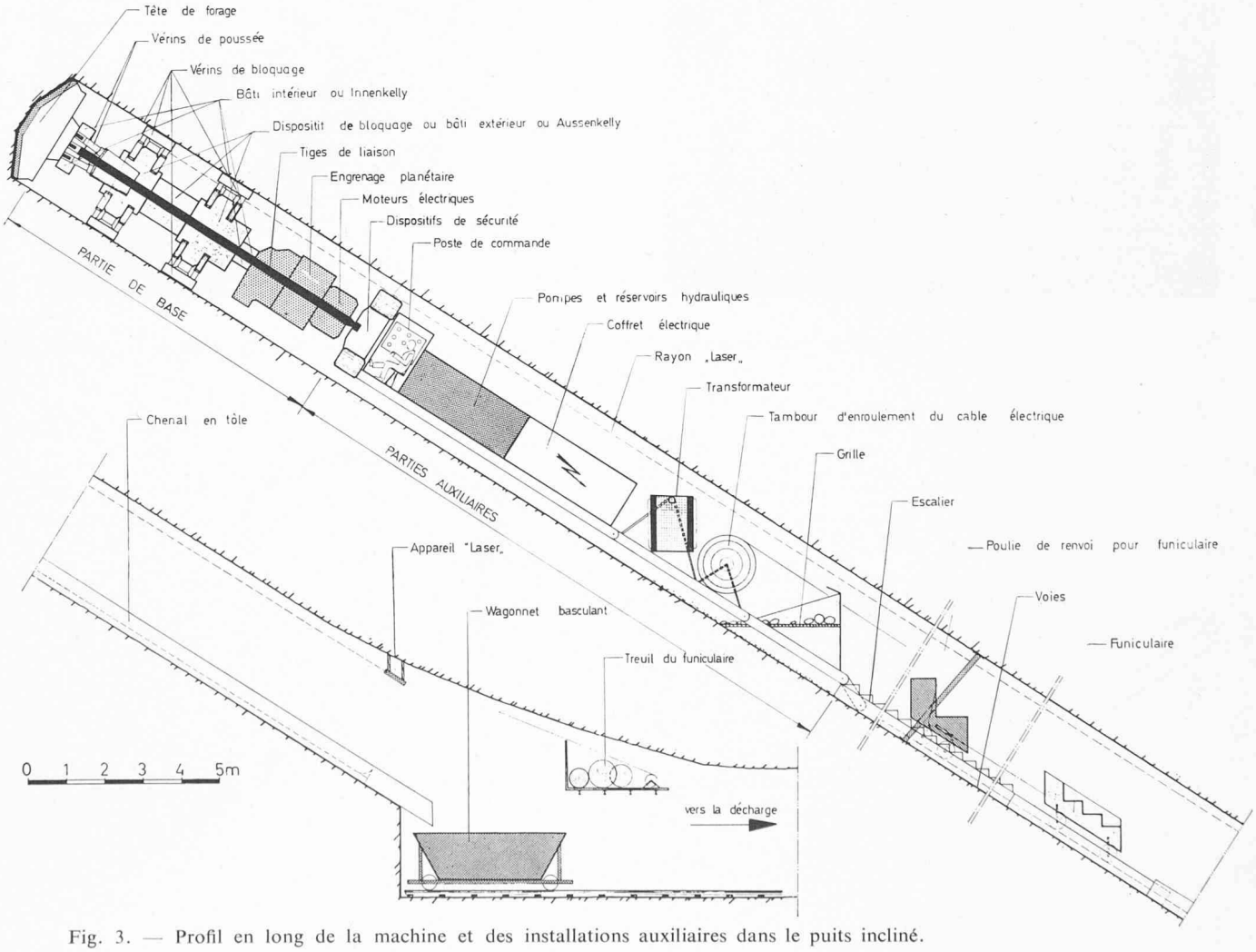


Fig. 3. — Profil en long de la machine et des installations auxiliaires dans le puits incliné.

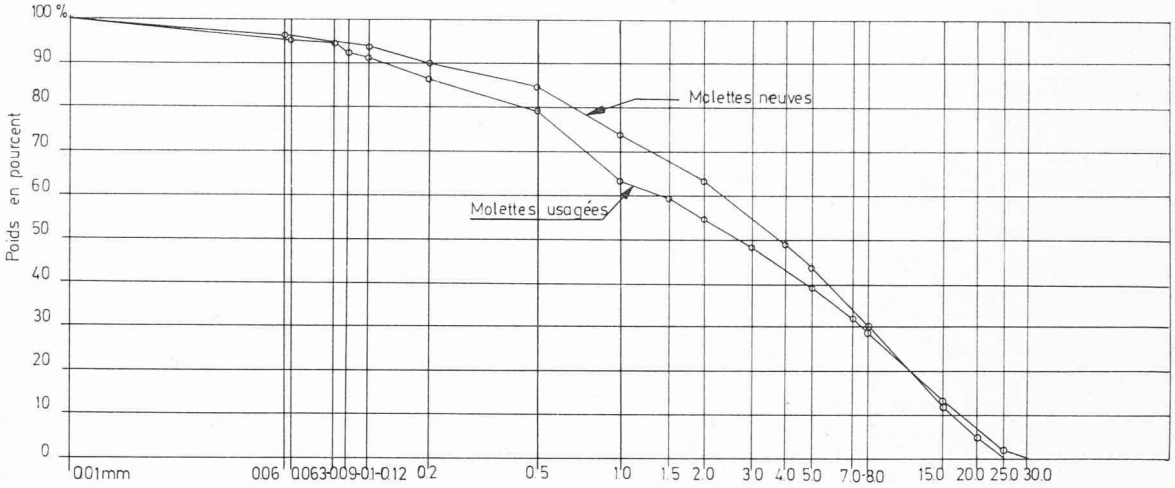


Fig. 4. — Analyse granulométrique du matériel d'excavation pour une poussée constante et même roche.

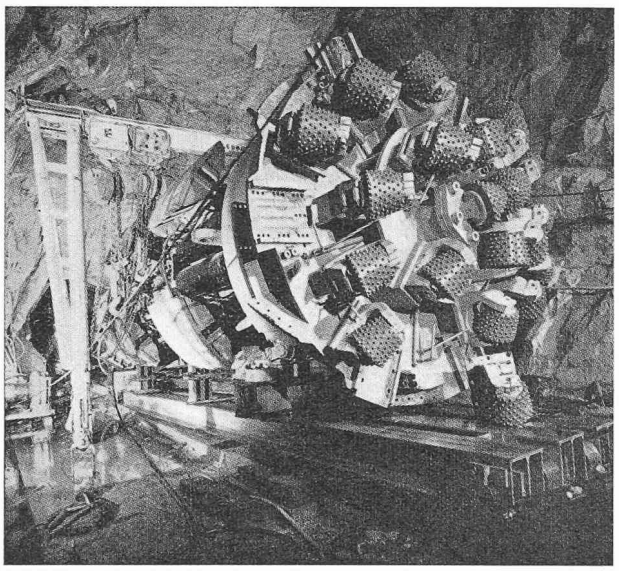


Fig. 5. — Foreuse. (Photos M. Darbellay, Martigny)

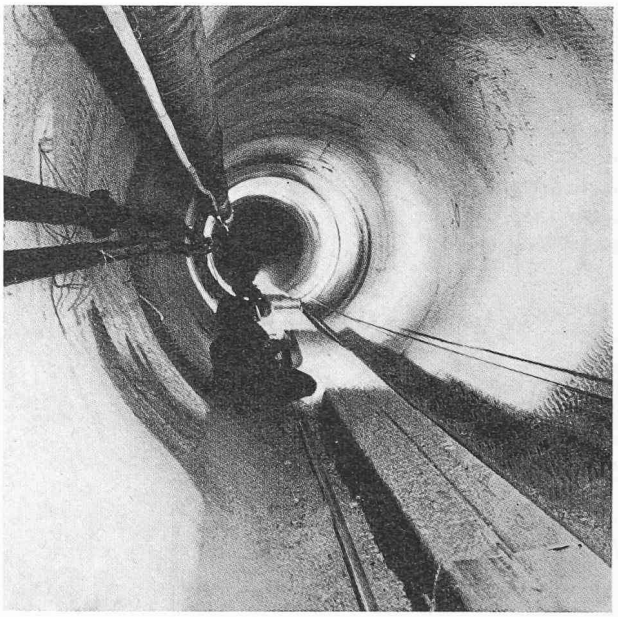


Fig. 6. — Etat brut du rocher après passage de la machine.

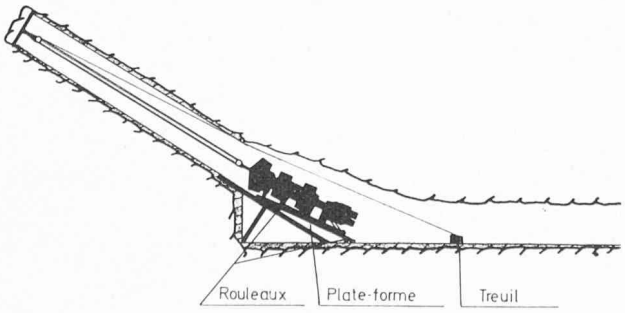


Fig. 7. — Montage de la machine.

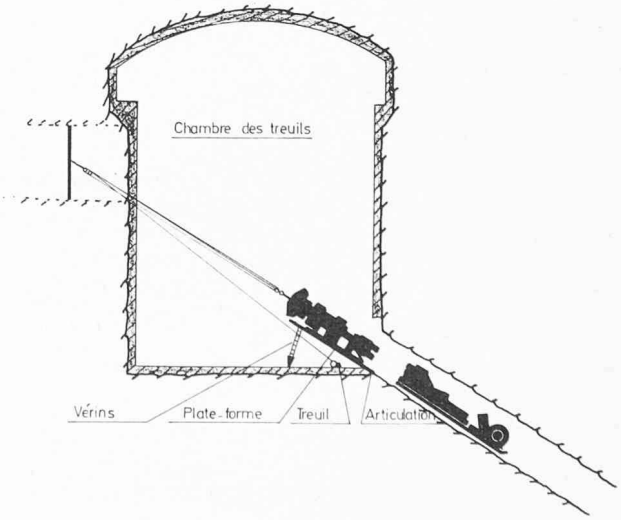


Fig. 8. — Démontage de la machine.

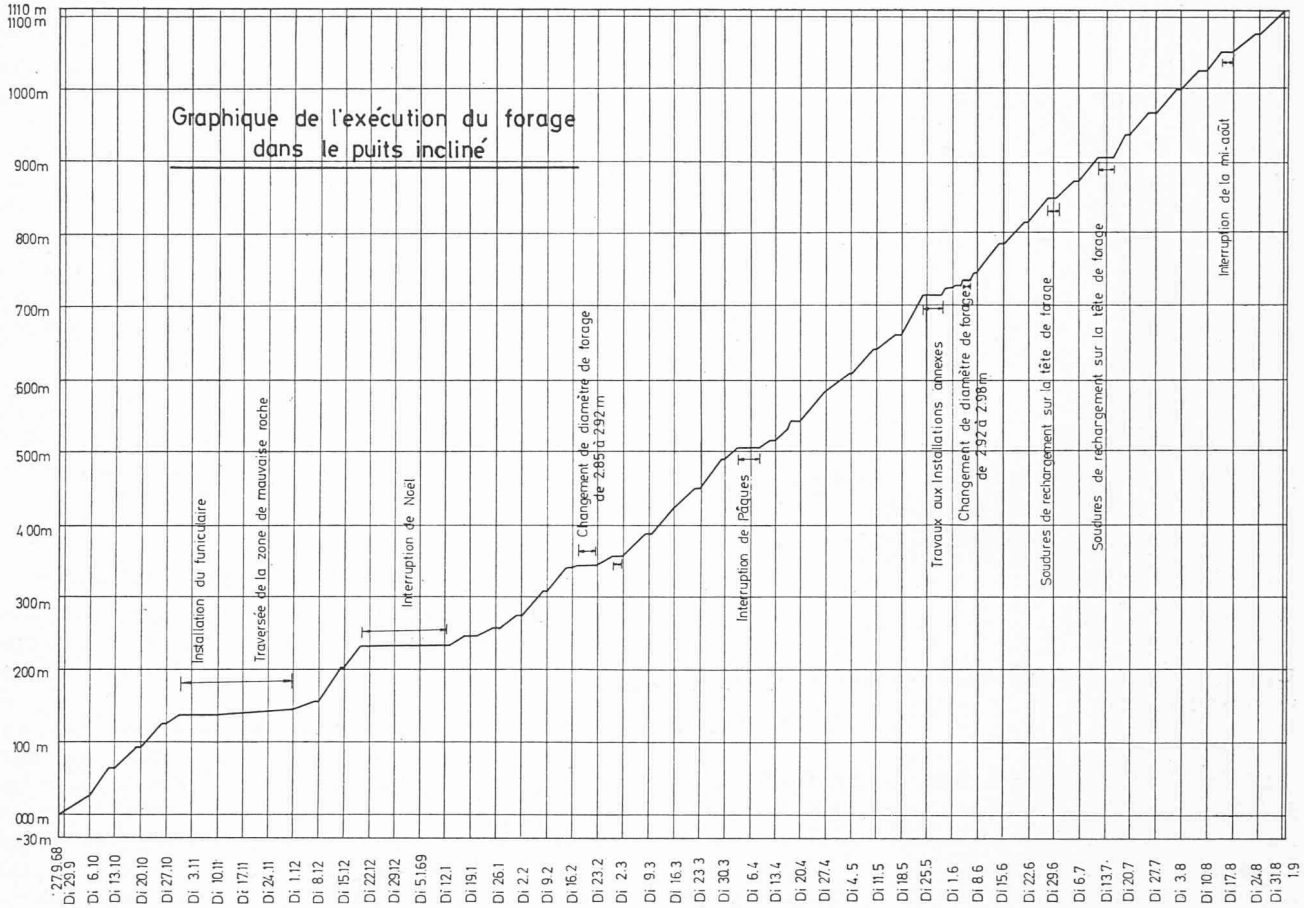


Fig. 9. — Graphique de l'exécution du forage dans le puits incliné.

montés sous l'engrenage. Lors du contrôle du puits, il s'est avéré que si le conducteur travaille conscieusement, l'écart est inférieur à $\pm$ 5 cm sur une distance de 20 m, ce qui donna un profil de forage extrêmement régulier et net (fig. 6). Après 300 m de forage, l'appareil Laser doit être déplacé et réglé car la dispersion du fuseau devient trop grande. Le contrôle permanent au moyen du rayon Laser a donné d'excellents résultats, d'une part le travail est simplifié et sûr, et d'autre part, le travail du machiniste immédiatement contrôlable. Le travail d'implantation d'une direction au moyen de l'appareil Laser sera certainement rentable dans les travaux souterrains exécutés en méthode conventionnelle.

L'exécution du forage du puits incliné

L'exécution complète du puits incliné est indiquée sur le graphique de la figure 9. Le début du forage a commencé le 30 septembre 1968 pour se terminer le 1er septembre 1969, ce qui a représenté 457 postes de travail de 10 heures, les jours fériés usuels étant déduits. L'avancement moyen a été de 2,43 m par poste ou de 4,86 m par jour de travail de 20 heures. Si l'on considère que l'avancement a été arrêté à la cote 139 m par une zone de mauvaise roche pendant 44 postes, soit un mois, il en résulte que l'avancement moyen a été de 5,36 m par journée de deux équipes, soit l'équivalent de 120 m par mois, ce qui représente un bon avancement par rapport au système de forage conventionnel. Les données ci-dessus tiennent compte de toutes les interruptions dues à l'entretien, au changement des molettes, travaux aux installations annexes, réparations diverses, etc.

La pression de la tête de forage sur le rocher a été maintenue généralement entre 160-170 to, permettant un avancement moyen de 45-50 cm par heure de forage effective, au minimum 38 cm/h dans la roche très dure et au maximum 142 cm/h dans la roche plus tendre. L'avancement journalier de 15,75 m a été unique.

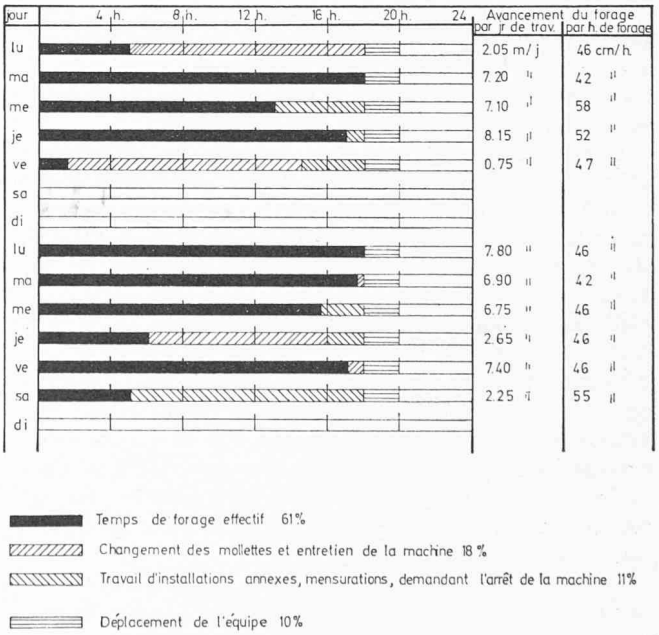


Fig. 10. — Graphique de travail pour deux semaines de forage.

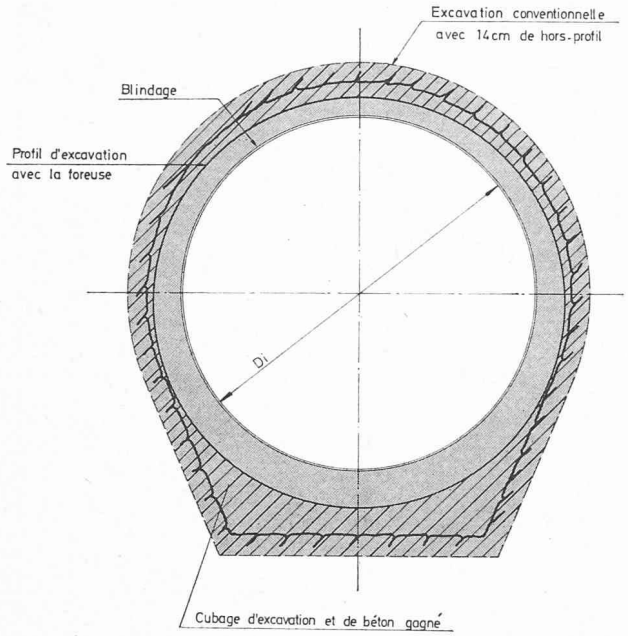


Fig. 11. — Profil comparatif de la méthode conventionnelle et du forage.

D'après les essais préliminaires, la dureté du granit était d'environ 2200 kg/cm². La figure 10 montre le déroulement du travail pendant une quinzaine normale. La machine a foré pendant 61 % du temps de travail effectif, 18 % du temps était consacré au contrôle et changement des molettes, graissage et divers entretiens de la machine, 11 % ont été utilisés pour des travaux aux installations annexes et de mensuration, etc. demandant l'arrêt de la machine. Les 10 % restant pour le déplacement de l'équipe. L'équipe de forage comprenait 7 hommes au total, soit 2 hommes sur la machine, 3 hommes pour l'installation des rails, ventilation, transport, etc., 1 homme au treuil et 1 homme pour le chargement et déchargement des wagonnets.

Considérations sur la rentabilité

La figure 11 montre les principales données que l'entreprise a prises en considération. Comme il a déjà été exposé auparavant, le prix du mètre courant du puits incliné foré, ne devait pas dépasser le prix moyen du devis, basé sur un travail par la méthode conventionnelle.

L'entrepreneur pouvait donc calculer les économies effectives, qu'il était possible de réaliser par rapport à un travail en méthode conventionnelle, en tenant compte naturellement d'un certain rendement de la machine. Le volume d'excavation par forage pour un diamètre de blindage de 260 cm était de 2,8 m³/m plus petit que par la méthode classique calculée avec un hors-profil de 14 cm, soit une réduction de 28 %. La même économie de 2,8 m³/m de béton de remplissage derrière les blindages équivaut même à 63 % du volume de béton calculé. Il pouvait également espérer une réduction des zones avec étayages, soit environ 5 % de la longueur du puits, du fait de l'application d'un procédé n'ébranlant plus le rocher, d'où diminution sensible de l'étayage et des injections à haute pression.

Le fait de supprimer le reprofilage et la mise en place du béton de radier et le remplacement du nettoyage par un simple lavage constitue une économie appréciable.

Par contre, l'utilisation pour la première fois d'une foreuse de galerie dans le granit et un puits incliné à 65 % représentait un grand risque, augmenté de l'incertitude relative à l'usure des molettes et aux frais d'amortissement de la machine pour un travail dans le granit.

L'expérience montra que l'usure des boutons des molettes a été moins forte que prévue, l'usure des coussinets au contraire, plus grande. Les molettes employées ont dû être remplacées environ toutes les 1000 heures, ce qui représente une longueur de forage de 450-500 m et les coussinets devaient être revisés tous les 150 m. Le constructeur estime pouvoir remédier à ces défauts et pouvoir prolonger ainsi le temps d'emploi des coussinets.

Le prix par m³ actuel de l'excavation par forage reste encore supérieur au prix de l'excavation par la méthode conventionnelle, ceci étant dû partiellement au coût élevé des molettes. Les avantages susmentionnés compensent par contre cette différence du prix d'excavation.

Le percement des zones de roches de mauvaise tenue

Comme indiqué précédemment, on a rencontré une zone de mauvaise tenue à 139 m, qui obligea à arrêter le forage, des blocs s'étant coincés dans la tête de forage et ayant détérioré celle-ci.

Suivant la nature du rocher des mauvaises zones, différents procédés peuvent être employés pour les traverser.

On peut essayer de forer avec une pression moindre, ce procédé est applicable pour autant que le profil foré ne s'éboule pas et qu'il puisse supporter la pression des vérins de blocage et ceux du dispositif de sécurité. Si, par contre, le profil s'éboule ou que le forage devient impossible, il est alors nécessaire de passer à la méthode d'avancement conventionnelle. Pour créer la place nécessaire devant la machine, il faut reculer la machine de quelques mètres. L'excavation se fera alors soit à l'explosif soit au marteau-pic et la roche soutenue avec des cintres métalliques, des Liner-plates ou de la gunite. Il faut considérer que la machine foreuse devra traverser cette zone et que les vérins de compression devront s'appuyer contre l'étayage. Du fait de la limitation de la course des vérins, il sera éventuellement nécessaire de bétonner ou de guniter les hors-profils jusqu'au profil d'appui.

Le passage de cette zone de 4 m environ a nécessité 12 jours ouvrables, ce qui s'explique par le fait que tout l'outillage et le matériel d'étayage doit être transporté à pied d'œuvre par-dessus la machine et à travers le trou d'homme situé dans la tête de forage. L'évacuation des déblais a été faite à travers le trou d'homme tourné du côté du radier. Il serait possible, par des installations complémentaires sur la foreuse, de faciliter une partie de ce travail.

Conclusions

Avec l'exécution du puits incliné de « Corbes », de l'aménagement d'Emosson, au moyen d'une foreuse de galerie, un progrès important au point de vue technique et social a été réalisé.

Cette exécution a été possible grâce au dynamisme de l'entreprise, à l'expérience et au sérieux du constructeur et enfin grâce à l'appui du Maître de l'œuvre et de la Direction des travaux.

Adresse de l'auteur :
F. Aemmer, c/o Motor-Columbus, Ingénieurs-Conseils S.A., Baden