

**Groupement d'entreprises
Rampe verticale tunnel Engelberg,
Ligne Lucerne-Stans-Engelberg (LSE)
Avancement à l'explosif au sud, à l'arrachement au nord**



Fig. 1 : Machine d'avancement et de chargement de tunnel Schaeff de type ITC 420 pour l'avancement mécanique au sud

INTER TECHNO COMMERCE SA

Tunnelling Equipment

122, rue de la Fusion - CH-1920 Martigny

Tf: +41-277 222 191, Fx: +41-277 222 185

<http://www.itcsa.com> - email: info@itcsa.com

Une entreprise spécialisée de la Holding

Le coût total du projet s'élève à 68,1 millions de francs suisses, dont 85 % seront pris en charge par la Fédération. Le montant restant sera assumé par les cantons de Obwalden et Nidwalden (50 % chacun), la commune d'Engelberg participe à hauteur de 1,065 million CHF à la part de Obwalden.

Forage de tunnel conventionnel au nord

A partir du portail nord, le tunnel présente des conditions de construction favorables à plus d'un égard. Aussi l'attaque est-elle effectuée par forage et explosion. Trois équipes de 7 ou 8 hommes chacune se relaient sur place, six jours par semaine. 90 trous de mine sont forés par passe, puis chargés d'explosif liquide, afin d'obtenir une moyenne de forage d'environ 3 mètres de tunnel. Chaque équipe réalise généralement une passe, celle-ci comprenant également les

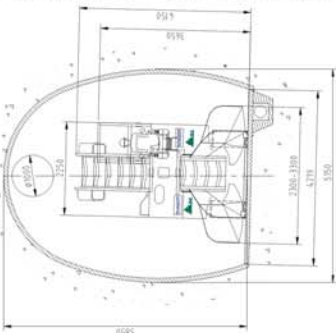


Fig. 2 : ITC 312 en avancement conventionnel

RESUME

La création du tunnel d'Engelberg offre à la ligne ferroviaire LSE un nouvel avenir. Le projet consiste en un tunnel de 4043 m de long, reliant Grafenort à la région de Boden devant Engelberg. Le nouveau tracé et la réduction de la pente maximale de 246 à 105 % donnent au trafic ferroviaire des avantages économiques certains :

- augmentation de la capacité de transport actuelle de 400 voyageurs à l'heure à près de 1000, permettant ainsi de satisfaire à la demande urgente ;
- optimisation de l'horaire et des temps de trajet ;
- meilleure protection du tracé contre les intempéries (chute de pierres, neige, chute de branches et d'arbres par tempête, etc.) ;
- plus grande flexibilité grâce à l'échange de matériel roulant avec le Brünigbahn et le Berner-Oberland-Bahn ;
- exploitation des synergies au niveau de l'acquisition des véhicules.

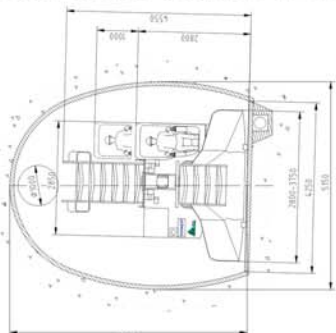


Fig. 3 : ITC 420 en extraction mécanique. Section transversale 26,5 m²

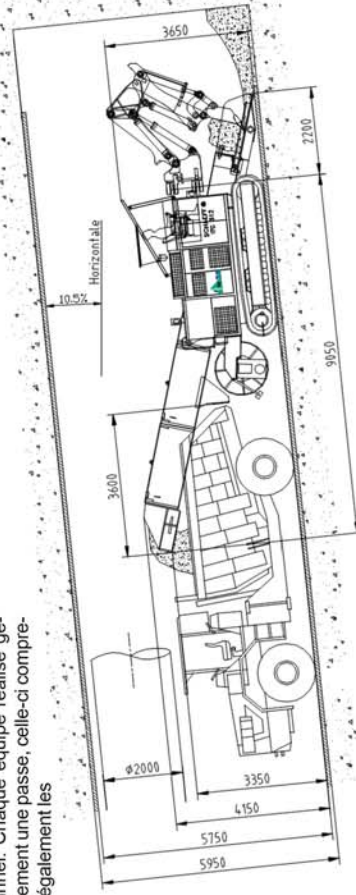
Extraction mécanique au sud

Comparativement, le forage au sud se heurte à des conditions géologiques beaucoup plus difficiles. La masse d'éboulement à percer nécessite un avancement mécanique en calottes avec d'importantes mesures de consolidation, qui est loin d'être aussi rapide que l'avancement à l'explosif.

Les travaux sont réalisés par rotation de deux équipes de 8 hommes chacune, sur 9 heures, avec un départ à 5 heures du matin, 6 jours par semaine. La vitesse quotidienne d'avancement est d'environ un mètre.

L'extraction mécanique est effectuée au moyen d'une

MACHINE D'AVANCEMENT



ET DE CHARGEMENT DE TUNNEL

SCHAEFF de type ITC 420

On pensait au départ pouvoir travailler sans marteau. Mais il est apparu clairement dès le premier coup de pelle que la combinaison godet et marteau était nécessaire. Cette combinaison godet/marteau brevetée constitue la solution idéale grâce au passage ultrarapide du battage à l'arrachement et à l'évacuation des déblais.

L'avantage décisif de ce système tient dans la constance de la poussée = pression du marteau.

Les deux machines ITC sont animées chacune de deux types de propulsion différents :

- une propulsion électrique permettant de travailler sans émissions de polluants sur place et
- une motorisation diesel pour certains travaux sur place et en l'absence de réseau électrique.

Une géologie très exigeante

Le tracé souterrain du tunnel long de 4043 m se trouve pour la majeure partie dans une roche sédimentaire du recouvrement de l'axe helvétique.

Après une courte présection, le portail nord peut être directement attaqué dans la masse calcaire et creusé de manière conventionnelle par forage et à l'explosif. En revanche, le portail sud est situé dans une région d'éboulis et une masse d'affaissement nécessitant un avancement avec des voutes « parapluie » préalables et une extraction mécanique. Au total, près de 400 000 tonnes de déblais seront extraites, dont une grande partie sera réutilisée dans la fabrication du béton ou de matériaux de voirie ou pour le remblai.

Constructions annexes

Le profil d'espace libre des trains LSE nécessite une largeur de tunnel moyenne de 5 mètres pour 6 mètres de hauteur. Outre ce profil de voie unique avec une surface excavée allant jusqu'à 32 m², un profil encore plus important d'environ 52 m² est prévu pour les deux points d'évitement d'une longueur utile respective de 260 m. Le tunnel sera également équipé des constructions annexes indispensables que sont les niches et les chambres servant à l'exécution des travaux et à la sécurité pendant la construction.

Travail en continu, jour après jour

Comme chaque ouvrage, le tunnel d'Engelberg est avant tout l'œuvre des hommes : plus de 80 personnes issues de différents pays et chargées de tâches les plus diverses y travaillent en permanence, jour après jour. Un coup d'œil en coulisse permet de comprendre le déroulement complexe des travaux.

Atelier de base arrière

Des machines et des appareils parfai-

tement entretenus sont indispensables à un fonctionnement sans aucun problème, de même que la réparation rapide des pièces éventuellement défectueuses.

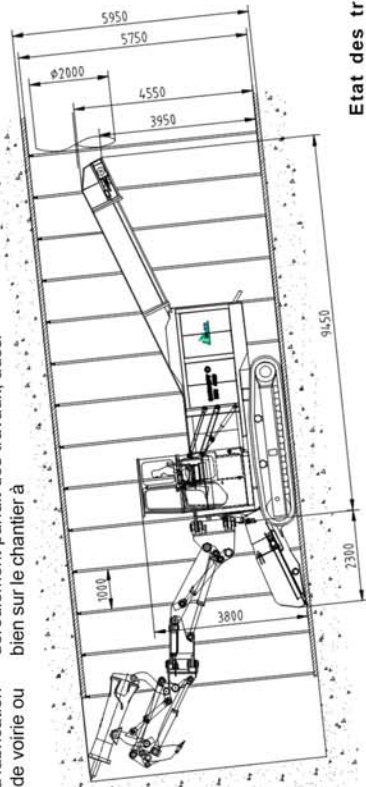
Production du béton sur place

Le recouvrement des parois de tunnel se fait avec du béton projeté produit directement sur place.

Centrale d'intervention du bureau de construction

Le chef de chantier responsable de la construction du tunnel est l'Autrichien Franz Kapfinger, de la société Swietelsky. Il est chargé de veiller au déroulement parfait des travaux, aussi bien sur le chantier à

le long du tracé du tunnel devraient fournir des informations plus détaillées. Avec la baisse de la pression de l'eau, il est possible de procéder à des injections dans la roche autour de la future excavation. Ces injections empêcheront l'infiltration de l'eau et permettront de renforcer la roche. Pour que la pression de l'eau diminue, il faut que celle-ci soit évacuée de manière contrôlée. Des forages de drainage et un système de forages de drainage peuvent dévier environ 500 l/sec. Par ailleurs, un profil de tunnel circulaire devra être réalisé dans la zone karstique pour des raisons statiques.



Etat des travaux au 1^{er} janvier 2004

Avancement nord : 2 300 m
Avancement sud : 576 m

découvert que sous terre à l'avancement du tunnel.

Le jour du « déluge »

Pendant 16 mois, la construction du tunnel d'Engelberg de la ligne LSE s'est déroulée conformément aux prévisions. Près de la moitié du tunnel était déjà forée lorsque, le 31 août 2002, le « déluge » est tombé sur l'avancement nord. Depuis, jusqu'à 180 litres d'eau par seconde affluent dans le tunnel et empêchent la poursuite du forage. Les recherches hydrologiques et géologiques ont révélé que le niveau de la mer était assez élevé à l'arrivée du flux d'eau. De plus, le flux d'eau réagit rapidement aux changements climatiques, ce qui laisse espérer un retrait pendant les mois d'hiver, qu'il faudra immédiatement exploiter pour poursuivre l'avancement. Les analyses suivantes

montrent toutefois que de telles anomalies sont également à prévoir environ 55 et 88 mètres plus loin. Des forages spéciaux

Renseignements complémentaires :
www.ise-bahn.ch - www.itcsa.com
crédit photos : ise-bahn, ARGE Steilrampe, ITC SA

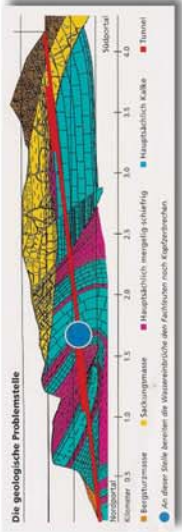




Fig. 6 : ITC 312 à l'avancement nord, à l'arrachement



Fig. 7 : ITC 420 à l'avancement sud, à la taille



8 : Section ferroviaire caractéristique



9 : ITC 420 à l'avancement sud, au chargement



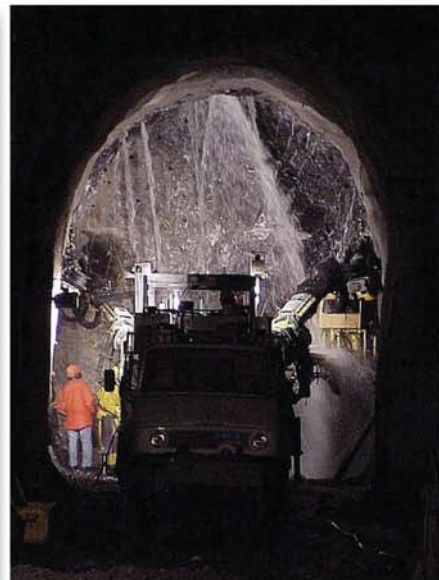
Fig. 10 : ITC 420 à l'avancement sud



Fig. 11 : ITC 312 à l'avancement nord, dans l'eau



Fig. 12-13-14 : Le « déluge »



MACHINE D'AVANCEMENT ET DE CHARGEMENT DE TUNNELS SCHAEFF MODÈLE ITC 420 ET ITC 312 N2