Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 129 (2003)
Heft: 19: AlpTransit

Artikel: Le tunnel de base du St-Gothard
Autor: Perret, Jacques
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-99236

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

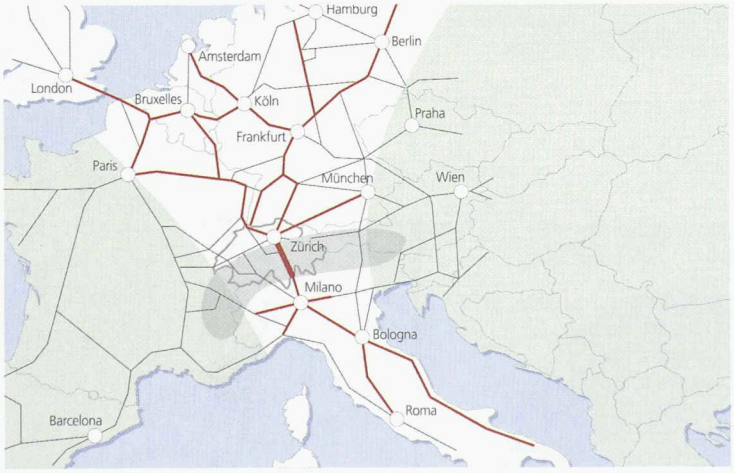
Download PDF: 05.07.2025

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

Jacques Perret

Le tunnel de base du **St-Gothard**

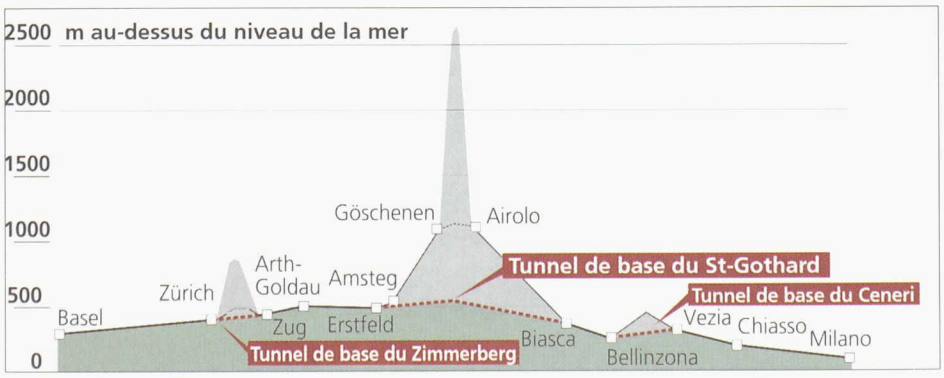
Avant de s'intéresser à la description et à la réalisation du tunnel de base du St-Gothard, il convient de rappeler que ces 57 km sont appelés à jouer un rôle essentiel, non seulement dans le cadre de la politique générale des transports au niveau national - qui prévoit un transfert progressif du transport des marchandises à travers les Alpes de la route au rail -, mais qu'ils permettront en outre à la Suisse d'intégrer le réseau européen des transports ferroviaires à haute vitesse (supérieure à 200 km/h) (fig. 1). Dans cette perspective, le tunnel du St-Gothard doit être perçu comme l'un des maillons visant à améliorer les performances de la ligne assurant la traversée de notre pays entre Bâle et Chiasso, de même qu'il convient de souligner l'importance de deux autres tunnels également destinés à soutenir cette amélioration : le tunnel de base du Zimmerberg au nord et le tunnel de base du Ceneri au sud (fig. 2).



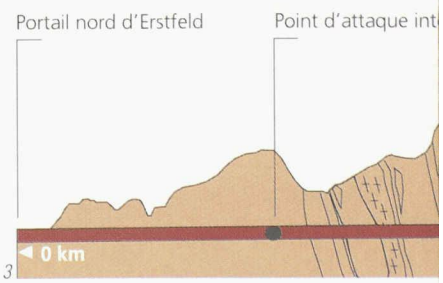
1

Des contraintes techniques et géologiques

Une vitesse de circulation des convois supérieure à 200 km/h, avec une vitesse maximale prévue de 250 km/h, est à l'origine de contraintes impératives quant à la géométrie - tant horizontale que verticale - du tracé, auquel elle impose une limitation respective des courbures et des pentes maximales admissibles. Des contraintes techniques qu'il a fallu combiner à celles résultant des divers types de formations géologiques que les tunnels sont appelés à rencontrer. Au St-Gothard, où le tunnel passe à une profondeur maximale de près de 2 300 m (couverture des roches), les massifs de l'Aar et du St-Gothard - épine dorsale des Alpes suisses - se composent essentiellement de gneiss et de granites. Or des sédiments ont été pincés entre ces massifs et certaines parties sont très fracturées, ce qui revient à maîtriser la traversée de formations géologiques dont la diversité va des granites les plus durs du massif du St-Gothard aux roches les plus tendres du massif intermédiaire du Tavetsch en passant par le gneiss penninique chargé de tensions internes (fig. 3).



2



3

Fig. 1 : Réseau européen à haute vitesse

Fig. 2 : Profil en long de la ligne du Gothard entre Bâle et Milan

Fig. 3 : Profil géologique du tunnel de base du Gothard

Fig. 4 : Schéma du système du tunnel de base

Fig. 5 : Détail des stations de secours

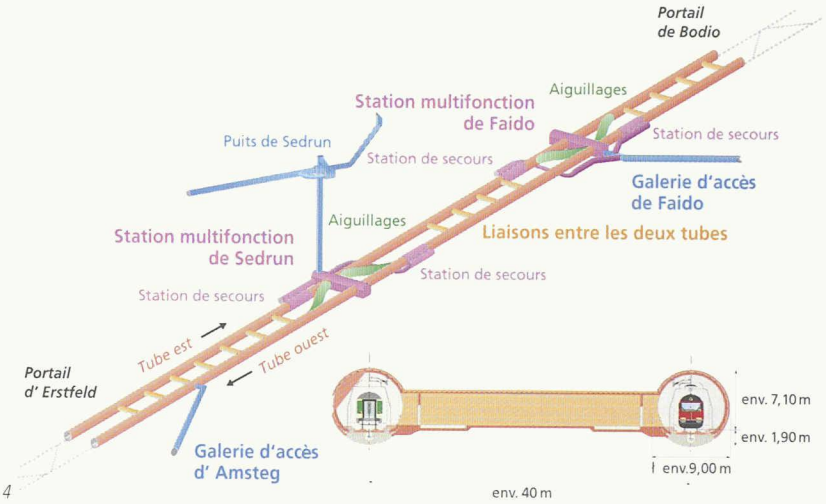
Outre qu'elles influencent les options géométriques, ces conditions variables sont susceptibles d'affecter le choix des méthodes d'excavation des tunnels, la traversée de certaines zones ne pouvant pas être effectuée par un tunnelier.

Concept général du tunnel

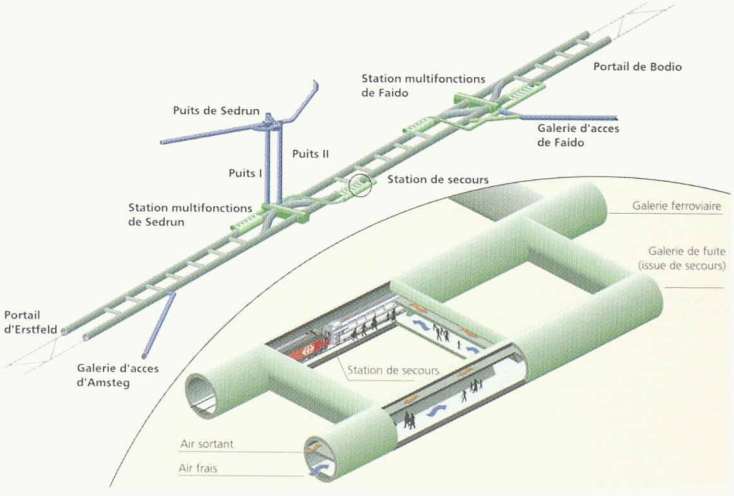
Comme celui du Lötschberg, le tunnel de base du St-Gothard se compose de deux galeries à voie unique, distantes l'une de l'autre de 40 m et reliées entre elles tous les 330 m par des rameaux de communication (fig. 4). Deux stations multifonctions, situées à Sedrun, au premier tiers du tunnel et à Faido, au deuxième tiers, comportent des échangeurs et des stations de secours (fig. 5). Les échangeurs permettent le transfert des trains d'une galerie à l'autre, avant tout en prévision de travaux de maintenance impliquant la fermeture au trafic d'un tronçon. Les stations multifonctions abritent également des installations de ventilation, des locaux techniques ainsi que deux stations de secours, reliées directement l'une à l'autre par des galeries séparées. Si les stations de secours sont prévues pour l'arrêt d'urgence d'un train, elles sont aussi des zones de fuite et d'évacuation pour les voyageurs, les trains circulant dans le tube adjacent se muant alors en « trains de sauvetage » pour conduire les usagers hors du tunnel. En cas d'arrêt d'un train à l'extérieur des stations de secours, les voyageurs sont amenés à emprunter un itinéraire de sauvetage passant par les rameaux de communication vers l'autre galerie, où ils seront évacués par des trains préalablement stoppés dans la galerie adjacente.

Planification du projet et division en tronçons

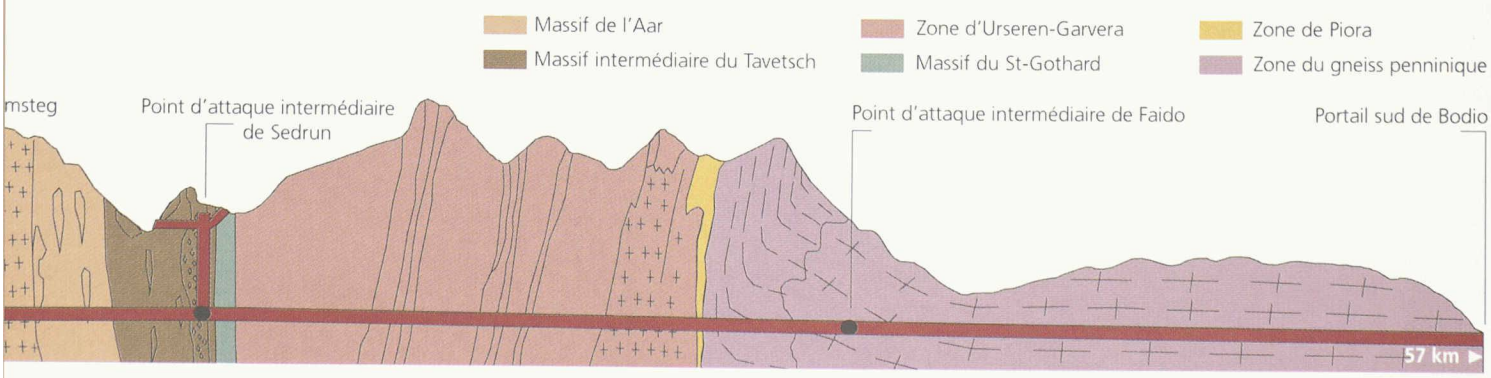
Après avoir défini la planification aussi bien temporelle que spatiale des travaux, les études ont visé à optimiser tant les coûts que les délais du projet. Dans cette optique, la solution incluant trois points d'attaque intermédiaires, respectivement situés à Amsteg, Sedrun et Faido, ont permis d'obtenir une réduction substantielle de la durée de creusement du tunnel

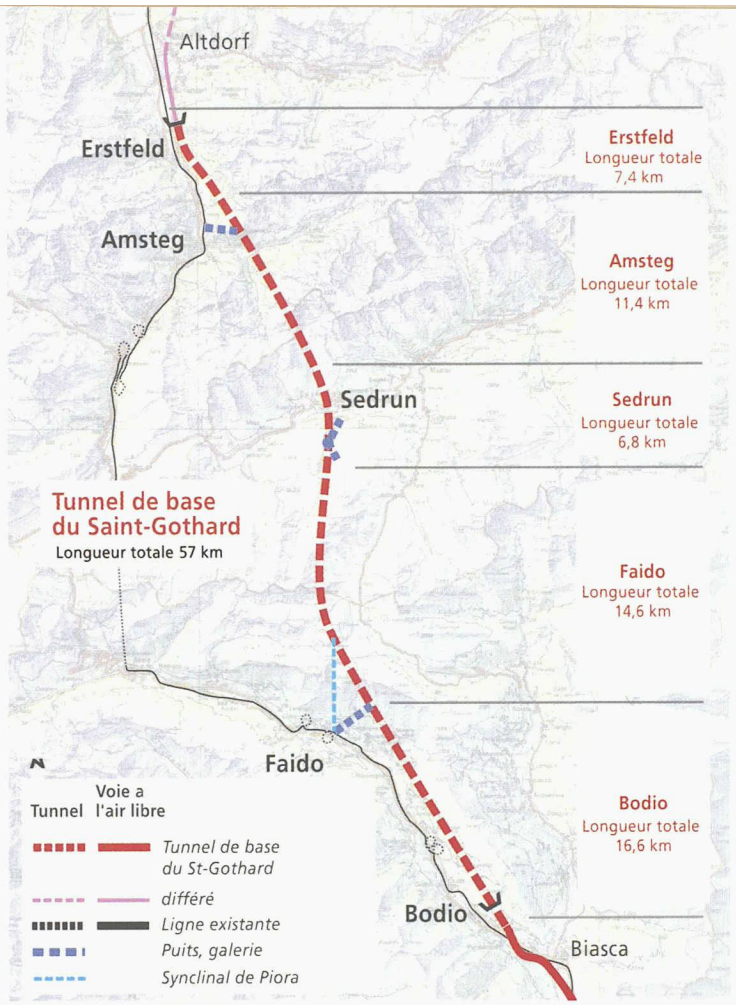


4

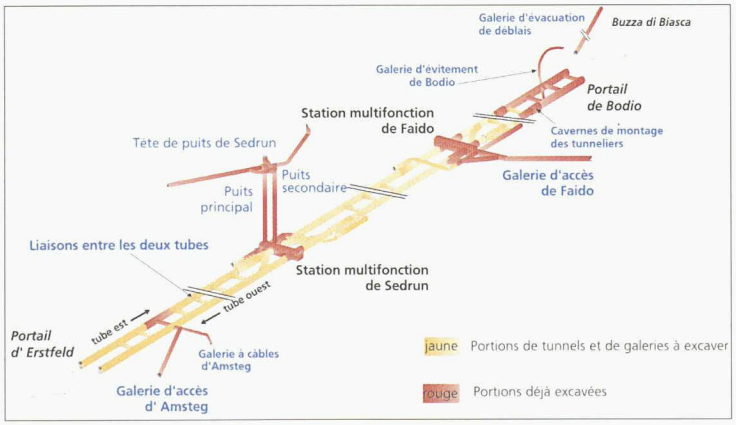


5





6



7

de base du St-Gothard pour la ramener à neuf ans. Cette option implique cependant la réalisation d'accès supplémentaires au tunnel par le haut (puits) ou par les côtés (galeries) et conduit à subdiviser l'ouvrage en cinq portions de longueurs inégales appelées tronçons (fig. 6): Erstfeld (comprenant le portail nord), Amsteg, Sedrun, Faido et Bodio (comprenant le portail sud). De plus, afin d'élargir l'éventail des entreprises susceptibles de répondre aux appels d'offres, deux variantes envisageant des méthodes de percement distinctes - à savoir un avancement à l'explosif ou un creusement avec un tunnelier - ont été élaborées pour le projet.

Le tronçon d'Erstfeld constitue la partie la plus au nord du tunnel de base du St-Gothard. Sur le segment initial de ce tronçon (long de 500 m environ), il a été prévu de réaliser le tunnel dans une fouille à ciel ouvert, qui sera comblée une fois les travaux achevés, la suite du percement étant effectuée directement dans la montagne. Ce tronçon représente une distance d'environ 7,4 km, soit quelque 13% de la longueur totale du tunnel.

Dans le prolongement de celui d'Erstfeld, le tronçon d'Amsteg s'étend sur 11,4 km, ce qui correspond à quelque 20% de la longueur totale du tunnel. Il implique la réalisation d'une galerie d'accès de 1,8 km pour assurer la desserte du chantier à partir du site de surface (ou place d'installation). Une seconde galerie de même longueur permet le passage des câbles d'alimentation à partir de la centrale électrique souterraine d'Amsteg (fig. 8). Cette dernière ne servira pas uniquement à la construction du tunnel, mais sera maintenue une fois que l'ouvrage sera en exploitation pour la desserte et l'entretien des installations techniques de la ligne ferroviaire.

8

Fig. 6 : Les cinq tronçons du tunnel de base
Fig. 7 : Représentation schématique de l'avancement des travaux
Fig. 8 : Galerie vers la station d'alimentation d'Amsteg
Fig. 9 : Salle de montage du tunnelier du tube Est, à Amsteg
Fig. 10 : Tête de forage du tunnelier du tube Est, à Amsteg

Le tronçon de Sedrun est accessible par l'intermédiaire d'une galerie longue de 1 km au terme de laquelle deux puits verticaux de 800 m de profondeur descendent jusqu'au niveau du tunnel de base. Cette galerie d'accès est prolongée sur une longueur d'environ 450 m par une galerie de ventilation. Le tronçon de Sedrun abrite une des deux stations multifonctions et il couvre une distance de 6,8 km, soit environ 12% de la longueur totale du tunnel. A noter que la réalisation de cette portion de l'ouvrage nécessitera presque autant de temps que celle des 88% restants, dont l'environnement géologique est à priori plus favorable.

Avec des percements sur une distance de 14,6 km, soit un peu moins de 26% du total, le tronçon de Faido est le deuxième plus important par sa longueur. Il abrite la seconde station multifonctions et son accès est assuré par une galerie en descente de 2,7 km dont la pente peut aller jusqu'à treize pour cent.

Enfin, sur une distance de 16,6 km correspondant à un peu plus de 29% de l'ouvrage, le tronçon de Bodio est le plus long du tunnel de base du St-Gothard. Dans la zone du portail sud, une galerie de contournement a été réalisée afin de permettre une desserte plus rapide des sites de montage souterrains. Ultérieurement, cette galerie n'assurera aucune fonction relative à l'exploitation de la ligne à grande vitesse du Gothard.

Avancement des travaux

Les travaux préparatoires de la ligne du St-Gothard ont débuté il y a plusieurs années déjà : la campagne de sondage de la Piora a été lancée en 1993 - elle a permis de clarifier la géologie de la zone de la Piora en 1998 -, le percement de la galerie d'accès de Sedrun a débuté en 1996 et le fonçage du premier puits vertical en août 1998. Un aperçu global de l'état actuel des travaux est donné à la figure 7.

Erstfeld

Les travaux sur le tronçon d'Erstfeld n'ont pas encore commencé car le tracé définitif dans le canton d'Uri reste à entériner. L'Office fédéral des transports a en effet chargé *AlpTransit Gotthard AG* d'adapter le projet en tenant compte de la décision du Conseil fédéral de juin 2002 en faveur du tracé « montagne longue fermée ». Après avoir retiré les projets présentés en 2001, la société mandatée a donc procédé au dépôt public des documents décrivant le projet Gothard Nord / Erstfeld et espère obtenir l'accord de l'Office fédéral des transports pour la fin de cette année. Les travaux ne pourront par conséquent pas débuter avant 2004.

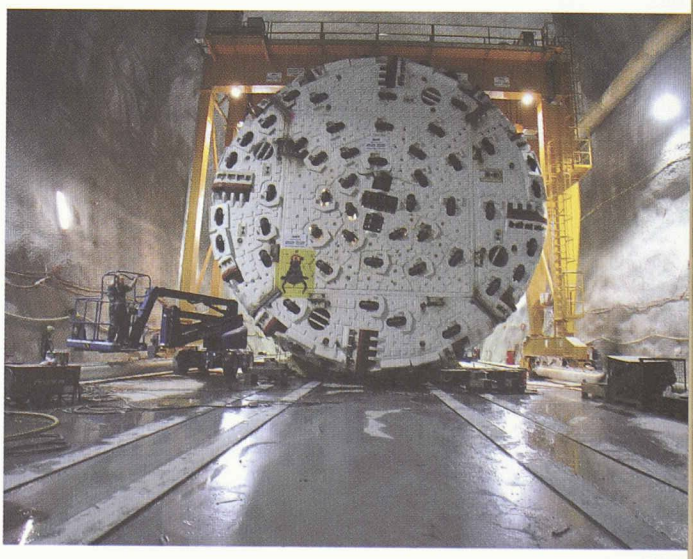
Amsteg

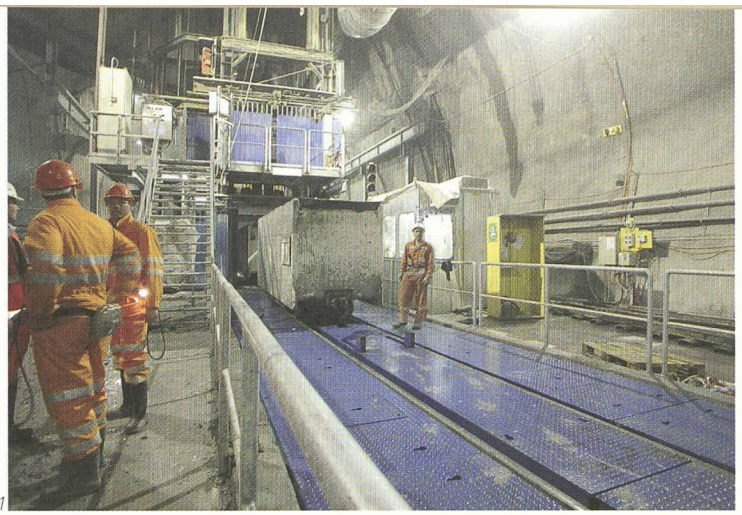
Sur le tronçon d'Amsteg, après l'excavation à l'explosif de la galerie d'accès, les salles pour le montage des tunneliers (TBM[1]) destinés à forer les tubes Est et ouest ont également été excavées à l'explosif, permettant ainsi l'assemblage des TBM et le début des percements en direction de Sedrun (fig. 9).

Le tunnelier du tube Est (fig. 10) a été mis en fonction au mois de mars 2003 et a effectué une avancée de 400 m en un mois. Comme prévu, sa progression a été stoppée début juillet afin de procéder au montage du train suiveur d'une longueur de plus de 300 m. La reprise des travaux de percement de ce tube est prévue courant octobre 2003.

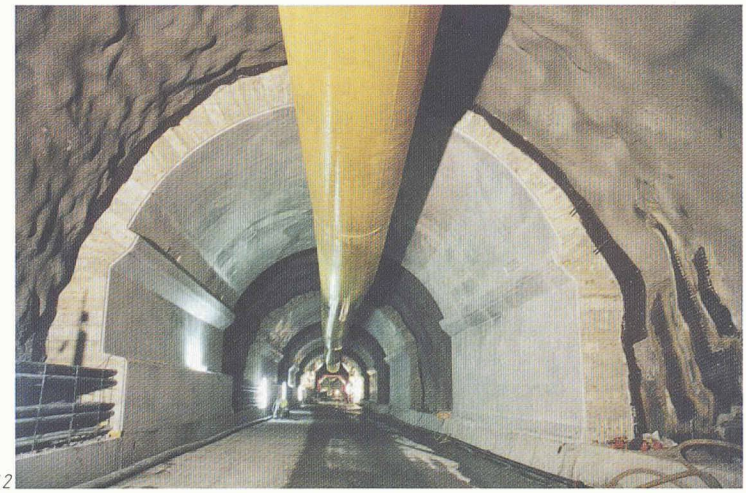
[1] Tunnelbohrmaschinen

9

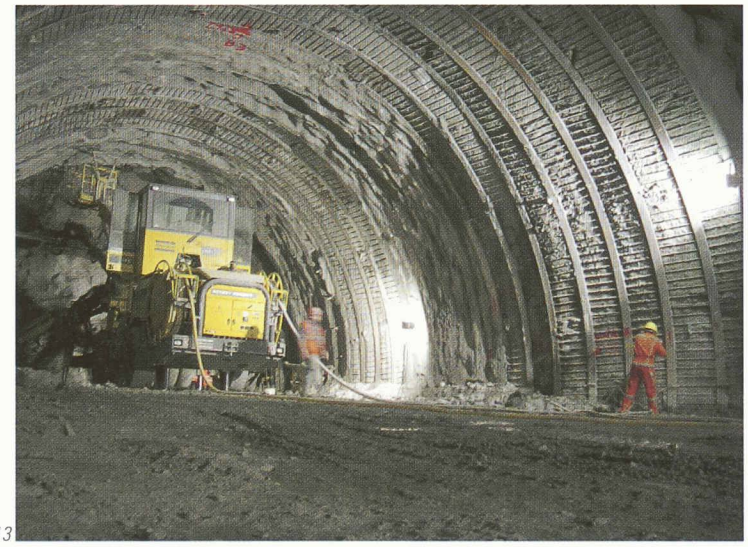

10



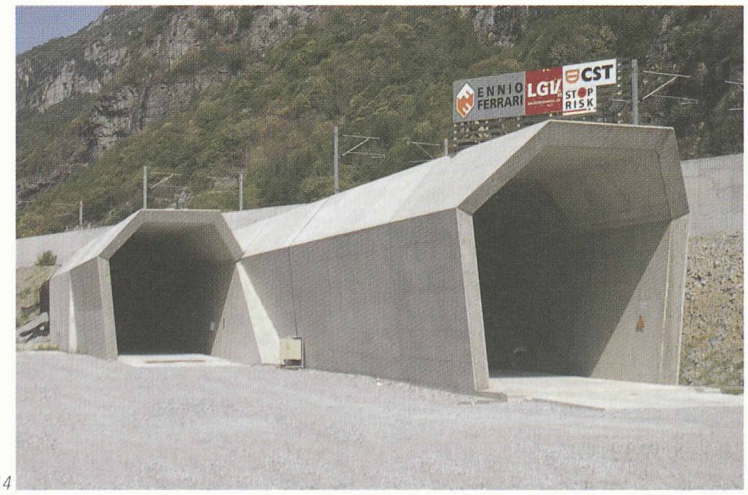
11



12



13



14

Dans le tube ouest, le tunnelier a également été assemblé dans une salle de montage, puis mis en fonction le 19 août 2003. Jusqu'au 9 septembre, il a effectué quelque 415 m de percement, après quoi sa progression a aussi été interrompue pour permettre le montage du train suiveur. La remise en fonction du tunnelier ouest est prévue pour décembre de cette année.

Quant au percement de la galerie de liaison avec la centrale électrique d'Amsteg, d'une longueur de 1,9 km pour un diamètre de 3,7 m, il s'est achevé en janvier 2003.

Sedrun

Comme signalé plus haut, les travaux sur le tronçon de Sedrun ont démarré en 1996 par le percement de la galerie d'accès, suivi deux ans plus tard par le début du percement du premier puits vertical. A partir du bas de ce premier puits, les travaux d'excavation de la station multifonctions ont pu débuter, pendant que les installations de bétonnage étaient montées en parallèle. Afin d'assurer l'évacuation des énormes quantités de matériaux excavés, une puissante installation de levage a été installée dans le premier puits, en remplacement de celle mise en place lors du percement. A chaque voyage, ce dispositif permet d'évacuer quelque 50 tonnes de matériel sur une hauteur de 800 m en un peu plus d'une minute (vitesse maximale : 16 m/s) (fig. 11). Les percements à l'explosif vers le nord (distance à excaver d'environ 2 km) et vers le sud (environ 4,5 km) ont respectivement commencé début juillet et début août 2003, ce qui signifie que l'avancement des travaux se fait simultanément sur quatre fronts d'attaque : tubes Est et ouest dans les deux directions.

Destiné à répondre à des besoins de sécurité et de logistique, un second puits vertical a été achevé au mois de juin de cette année. Il a été réalisé par étapes successives, en commençant par un forage d'environ 50 cm qui a progressivement été élargi pour atteindre un diamètre final de 7 m.

Faido

Selon les études géologiques, la station multifonctions devait se trouver entièrement dans le gneiss léventin, formation *a priori* favorable à la réalisation du tunnel, la transition vers le gneiss du Lucmanier étant prévue à environ 500 m au nord de la station ou, dans le pire des cas, à l'extrémité de la zone d'arrêt d'urgence nord. Si la réalisation de la galerie d'accès (fig. 12) a globalement confirmé ces pronostics, elle a tout de même buté sur du gneiss du Lucmanier, mais la transition entre les deux types de roche ne devait *a priori* pas poser de problème compte tenu des expériences faites à Bodio et lors des sondages dans le synclinal de Piora.

Fig.11 : Installation de levage au pied du premier puits de Sedrun

Fig. 12 : Galerie d'accès de Faido

Fig. 13 : Travaux de renforcement à Faido

Fig. 14 : Portail sud à Bodio

(Tous les documents illustrant cet article ont été fournis par AlpTransit Gotthard AG*)*

Les premiers travaux d'excavation de la station ont cependant mis en évidence la présence d'une importante zone perturbée dans la direction allant du sud-est au nord-ouest. De plus, et contrairement aux pronostics, le gneiss du Lucmanier est déjà présent au milieu de la station.

Des travaux de renforcement visant à limiter les déformations ont donc été mis en oeuvre (fig. 13). Or si de telles mesures s'avèrent efficaces tant que l'on reste dans le profil régulier des tunnels à une seule voie, elles deviennent en revanche très contraignantes dès qu'il s'agit de sections plus grandes comme celles prévues pour les stations multifonctions, avec des retombées non négligeables tant sur le plan financier que sur le calendrier des travaux.

La situation géologique rencontrée ne correspondant pas à celle envisagée, un groupe d'experts a été mis en place afin de redéfinir l'emplacement optimal de la station multifonctions. Etant donné que les incertitudes concernant les conditions géologiques sont moindres au sud, une nouvelle distribution déplaçant les diagonales d'échanges de la station dans cette direction a été envisagée. Des sondages exploratoires ont été effectués dans cette perspective et les premiers résultats semblent favorables à cette nouvelle solution. La reprise des travaux est donc subordonnée à une décision définitive qui devrait intervenir sous peu. Signalons toutefois que les activités de creusement n'ont pas été totalement stoppées, mais limitées aux fronts n'exigeant pas des sections de grand diamètre.

Bodio

Les travaux à ciel ouvert dans la zone du portail sud (fig. 14) sont dans l'ensemble terminés. Les salles de montage ont été excavées à l'explosif et le montage des deux tunneliers (TBM) a pu être effectué dans les tubes Est et ouest, respectivement à des distances de 2,5 et 1,5 km depuis le portail sud.

Les percements ont commencé en novembre 2002 dans le tube Est et en février 2003 dans le tube ouest. Les avancements respectifs dans les deux tubes sont actuellement d'environ 700 et 1300 m. Après quelque temps, il a été possible d'atteindre une vitesse de progression de près de 30 m par jour.

A partir du kilomètre 2,7 toutefois, une zone perturbée horizontale a été observée dans le tube Est. Il s'agit d'une bande d'environ 2 à 4 m d'épaisseur de roches kakiritiques, assimilables à des matériaux meubles, qui accompagne le percement Est depuis près de 300 m et, comme on pouvait s'y attendre, elle est également apparue dans le tube ouest, aux environs du kilomètre 2,6. Les travaux de sécurisation rendus nécessaires par cette perturbation ont réduit la vitesse maximale d'avancement des tunneliers à environ 5 m par jour. Cela étant, des signes d'amélioration des conditions géologiques ont pu être observés dans le tube Est et on a prévu d'effectuer prochainement des mesures sismiques depuis la surface afin d'évaluer l'étendue de la zone perturbée.

Par ailleurs, un train de travail de quelque 500 m de long a été monté près du portail sud pour effectuer les travaux de finition des tubes, soit la pose de l'étanchéité et le bétonnage du revêtement intérieur. Cet équipement devrait pouvoir entrer en fonction avant la fin de cette année encore.

Conclusions et développements futurs

Le coût très élevé des travaux de génie civil - environ 80% du coût total - ne doit pas occulter la nécessité d'optimiser la réalisation de l'ensemble de la ligne ferroviaire, l'équipement ferroviaire constituant évidemment la clé de voûte de l'exploitation de l'ouvrage. C'est dans cette perspective que les accès intermédiaires ont été décidés. Compte tenu des sommes investies dans ce projet, les intérêts journaliers liés à des retards s'élèvent en effet à des montants très importants.

Les équipements ferroviaires sont aujourd'hui au stade du projet de construction sur la base duquel le dossier d'offres sera constitué. Les soumissions du lot unique que représente la technique ferroviaire - estimée à près d'un milliard de francs - interviendront d'ici 2005, tandis que la pose des premiers rails du côté sud devrait débuter vers la fin de 2006. Cette dernière date dépend bien sûr de l'avancement des travaux de percement des tunnels.

Par ailleurs, comme c'est souvent le cas pour les ouvrages souterrains, il est probable que le coût définitif des travaux ne pourra être connu qu'une fois le dernier pan de montagne excavé. Les difficultés rencontrées à Faido sont là pour illustrer les incertitudes planant sur les aspects financiers de ce projet.

Jacques Perret, rédacteur responsable de la rubrique génie civil

Remerciements :
L'auteur tient à remercier les collaborateurs de *AlpTransit Gotthard AG* qui l'ont aidé dans la rédaction de cet article.