

Nécessité d'une **logistique** bien étudiée

L'équipement d'un tunnel ferroviaire devant accueillir des trains circulant à plus de 200 km/h impose l'intervention conjointe de très nombreux corps de métier. Dans un tel contexte, la logistique mise en place pour la réalisation des travaux devient un élément clé du succès.

La longueur totale du nouveau tronçon ferroviaire construit au Lötschberg est de 39,5 km, comprenant les 34,5 km du tunnel de base, 2,6 km de tranchée couverte à Frutigen et 2,4 km de ligne à ciel ouvert pour les raccordements nord et sud.

Caractéristiques principales

Conformément aux standards définis pour les longs tunnels, les tronçons souterrains de la ligne de base sont constitués de deux tubes séparés à simple voie, lesquels sont reliés tous les 333 m par des galeries transversales. La section type des tunnels est caractérisée par les éléments suivants :

- Le revêtement intérieur de la voûte : il assure la stabilité du tunnel et la protection contre les venues d'eau. Il sert également à la fixation d'éléments d'équipements tels que la caténaire, les câbles de télécommunication, les luminaires de secours, une main courante, etc. (fig. 1 et 2).
- Les banquettes latérales : elles servent de voie de fuite pour les passagers en cas d'accident et abritent en outre tous les câbles électriques et de télécommunication.
- La voie, de type non ballastée, située entre les deux banquettes : pour le tunnel du Lötschberg, on a retenu le système LVT (*Low Vibration Track*) utilisé pour le tunnel sous la Manche. Il est constitué de blochets individuels qui sont entourés d'un chausson élastique et fixés dans une dalle de béton non armé (fig. 5). Ce système assure une durabilité et une stabilité de position à long terme bien plus importante qu'une voie ballastée, ce qui devrait engendrer des économies au niveau de l'entretien et de la surveillance de la voie.
- Le bas du profil, sous la voie et les banquettes, abrite les conduites d'évacuation d'eau claire et de plateforme (système séparatif).

Le tunnel comporte environ 100 galeries transversales qui remplissent une double fonction : d'une part, elles servent de voie de fuite en cas d'accident dans un des deux tubes et, de l'autre, de local technique. Chacun d'eux abrite huit armoires de commande et deux transformateurs. Leurs entrées sont équipées de portes coulissantes anti-feu (fig. 3 et 4).

Données de base pour la logistique

Tout concept logistique est établi à partir de trois données de base :

- les quantités à transporter,
- la cadence des transports,
- la répartition dans le temps des divers approvisionnements.

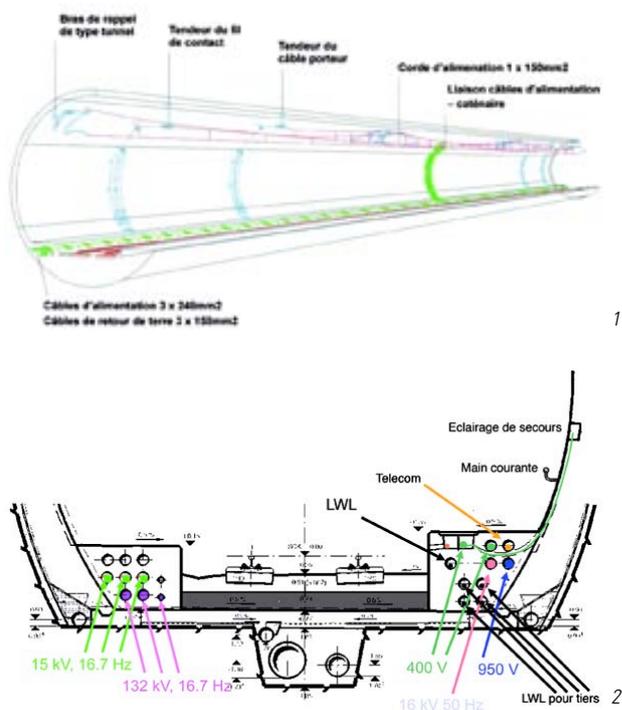
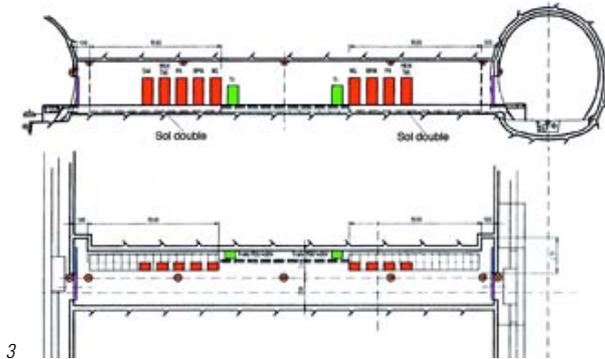


Fig. 1 : Eléments principaux de la caténaire dans les tubes à voie unique

Fig. 2 : Coupe transversale du tunnel avec disposition des éléments de l'équipement

Fig. 3 : Chaque galerie transversale abrite en général huit armoires de commande et deux transformateurs devant être montés et câblés entre eux. (Documents Emch+Berger)

Fig. 4 : Vue intérieure du tunnel du Lötschberg terminé, avec porte d'accès à une galerie transversale reliant les deux tubes (Photo Thomas Andenmatten)



Pour le tunnel du Lötschberg, les approvisionnements lors du montage des équipements se traduisent par les quantités suivantes :

- pour la voie : 114 km de rails par coupons de 120 m de longueur pour un poids total de 6900 t, 167 000 blochets et 9000 traverses (19 000 t), près de 92 000 m³ (220 000 t) de béton et 10 000 t de ballast ;
- pour la caténaire : 64 km de ligne de contact, 53 km de câble de retour de terre, 1500 bras de rappel, 110 dispositifs de contrepoids, soit environ 700 t de matériel ;
- 1400 km de câbles, soit environ 1700 t ;
- 136 containers pour les six centrales d'exploitations souterraines ;
- 1450 armoires de commande électriques disposées dans les centrales d'exploitation et les galeries transversales ;
- 21 transformateurs 16/04 kV, 50Hz ;
- 173 portes coulissantes motorisées pour la fermeture des galeries transversales ;
- 133 caméras vidéo et 3200 détecteurs d'incendie ;
- 420 extincteurs ;
- 2500 lampes de secours ;
- 437 appareils et 16 centrales téléphoniques ;
- 5000 m de faux plancher pour les centrales d'exploitation et les galeries transversales ;
- 3000 pancartes de signalisation pour les personnes et les véhicules ;
- six ventilateurs répartis dans trois centrales de ventilation.

Selon ces chiffres, la pose de la voie représente environ le 90% du tonnage transporté. Il a donc fallu mettre en œuvre des moyens extrêmement lourds et de forte capacité pour assurer une cadence moyenne de pose de 100 m de voie par jour de travail.

La pose des voies a débuté en janvier 2005 à partir du portail sud de Raron. En mars 2006, les installations de monta-

ge ont été transférées au portail nord de Frutigen. La jonction a été réalisée le 24 juillet 2006, soit après quelque 550 jours d'un travail sans relâche, mené 24 heures sur 24, 7 jours sur 7 durant 360 jours par année. Le respect des rendements a imposé des transports quotidiens de l'ordre de 450 t en moyenne et de 750 t en cadence de pointe.

Pour les autres domaines, la demande était très différente. Il s'agissait la plupart du temps d'assurer le transport soit d'engins de travail (par exemple pour le tirage de la caténaire et des câbles), soit de petit matériel et de personnes aux différents lieux de travail : la fréquence ou la flexibilité des moyens de transport priment alors sur leur capacité en terme de poids.

Contraintes principales concernant la logistique de chantier

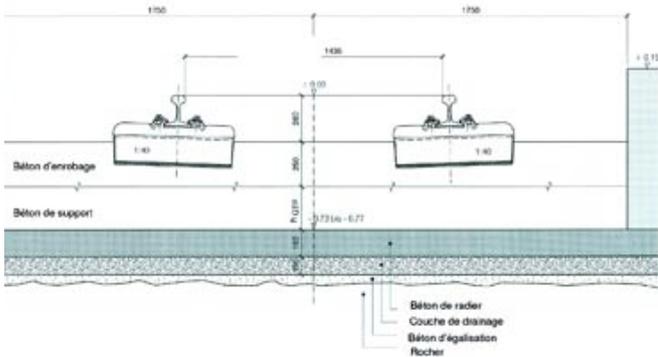
La complexité de l'équipement du tunnel du Lötschberg exige l'intervention d'un grand nombre de spécialistes qui doivent pouvoir travailler en parallèle. Cette situation nécessite évidemment une coordination de premier ordre de la logistique de chantier, ceci d'autant plus que les conditions d'exécution étaient extrêmement exigeantes.

D'importants travaux préparatoires ont dû être entrepris avant le début effectif du montage des équipements, afin de garantir les prescriptions de sécurité. Compte tenu de la longueur du tunnel et de la complexité du réseau de galeries, des consignes de sécurité très strictes ont été appliquées. Des systèmes très performants ont dû être mis en place, en matière de communication (réseau téléphonique et réseau par ondes), d'alimentation électrique, de ventilation, de refroidissement et d'extraction de fumées, de détection de la position des trains de chantier ainsi que de contrôle d'accès au tunnel pour le personnel, ceci pour ne citer que les éléments les plus importants. Deux centres de contrôle et de commande

Fig. 5 : Coupe type de la superstructure pour la voie ferrée (Document Emch+Berger)

Fig. 6 : Transport des containers à partir de la halle d'essai

Fig. 7 : Vue intérieure d'une centrale d'exploitation avec les containers (Photos Thomas Andenmatten)



5

ont été installés au nord et au sud pour contrôler et régler les circulations dans le tunnel et coordonner les travaux. Ces centres étaient également responsables de la mise en œuvre des mesures urgentes en cas d'accidents et d'incendies (alarme des services d'intervention, adaptation du régime de ventilation). Tout le réseau de tunnel a en outre été équipé de panneaux de signalisation.

L'équipement des six centrales d'exploitation souterraines – situées, par groupe de deux, à Lötschen et aux pieds des fenêtres de Mitholz et de Ferden – constitue un cas particulier en matière d'organisation. Dès le début du projet, il a en effet été prévu de réaliser l'équipement de ces centrales dans divers containers qui devaient ensuite être assemblés in situ pour former des unités opérationnelles. Tous les containers ont été équipés de prises extérieures permettant un câblage rapide des unités entre elles. Compte tenu de la position finale des centrales, avec des chemins d'accès relativement longs,

il a été jugé opportun de tester le fonctionnement des containers avant leur acheminement à leur emplacement définitif. Le maître d'ouvrage a donc loué des surfaces industrielles dans la région de Berne afin de procéder à un montage « à blanc » de chaque centrale d'exploitation. Les containers ont ensuite été transportés directement de la halle d'essai sur les différents sites d'installation (fig. 6 et 7).

La configuration du tunnel a singulièrement compliqué la logistique des transports. En effet, les banquettes latérales dans les tubes à simple voie empêchent tout croisement ou dépassement de véhicules, tant pour des transports ferroviaires que sur pneu. Les chantiers doivent être organisés les uns derrière les autres. Toute activité dans un tronçon donné coupe toute possibilité de transport pour les chantiers situés en amont. A l'inverse, chaque approvisionnement d'un chantier donné nécessite l'arrêt et l'évacuation de tous ceux situés sur son chemin d'accès. La programmation des travaux, l'anticipation des besoins en transport et le respect des délais de chaque intervenant sont primordiaux pour éviter que l'ensemble du système s'écroule. Le bon déroulement et l'enchaînement des opérations a nécessité la tenue de séances de coordination hebdomadaires.

D'autre part, les points d'accès au tunnel sont restreints. En plus des portails nord et sud, seules les deux descentes de Ferden et de Mitholz – toutes deux situées à une distance des portails correspondant à environ un tiers de la longueur totale du tunnel – permettent l'accès au niveau des tunnels. Ces deux descentes, d'une longueur respective de 1,5 et 4 km, présentent cependant des pentes de 12,5% et ne peuvent être empruntés que par des engins sur pneus. Cela signifie que tous les travaux lourds qui nécessitaient un



6



7

Fig. 8 : Train de bétonnage de la voie, chargement à la centrale à béton située sur la place d'installation de Raron

Fig. 9 : Pose et réglage grossier des coupons de voie

Fig. 10 : Déchargement des coupons de voies amenés dans le tunnel sur des wagons plats avec un chariot élévateur mobile spécialement développé pour le tunnel de Lötschberg (Photos Thomas Andenmatten)



8



9



10

transport par voie ont dû être réalisés à partir des portails, ce qui a engendré des distances de transports très importantes. La pose de la voie a par exemple été réalisée à partir du portail sud jusqu'au km 29,4 du tunnel, ce qui correspond à une distance de transport de 22 km par rapport à la place d'installation de Raron. Dans de telles conditions, chaque oubli (matériel ou outils) se paye très cher, que ce soit en temps de transport ou, pire encore, en temps d'attente.

Par ailleurs, la mise à disposition du tunnel par le génie civil s'est faite par étapes successives. Ces dernières n'ont pas toujours pu être livrées aux dates prévues : sur certains tronçons, les travaux d'équipement ont même dû commencer avant la fin du génie civil, ce qui a conduit à des problèmes de coordination supplémentaires pouvant même nécessiter une modification de l'ordonnancement des travaux.

C'est généralement le poseur de voies qui a été le premier à investir les tronçons libérés par le génie civil, afin de mettre rapidement à disposition des autres spécialistes des moyens de transport par rail performants (fig. 9 et 10).

Une autre difficulté majeure rencontrée tenait au manque général de surface à disposition pour les installations de chantier. À l'exception du portail sud situé dans la vallée du Rhône, la place disponible devant le portail nord ou à proximité des accès intermédiaires de Ferden et de Mitholz était relativement restreinte en regard de l'importance des travaux à organiser. C'est ainsi que seuls les sites des portails sud et nord ont servi de bases logistiques, les deux descentes n'étant utilisées que pour l'acheminement des équipements des locaux annexes et du personnel. Les deux sites logistiques ont vu la construction d'aménagements ferroviaires conséquents (voies de rangements, ateliers de réparation, pompes à essence), d'installations pour le transbordement de marchandises (halles de chargement) ainsi que de bureaux et de logements pour le personnel.

Pret à temps

Malgré la complexité de la tâche et les difficultés rencontrées en cours de route, le bilan est positif puisque l'ouvrage a été ouvert le 15 juin 2007, à la date prévue par le maître d'ouvrage. Aucun accident grave n'est venu entacher le chantier, la logistique mise en place s'est donc avérée efficace.

Claude Risch, ing. dipl. EPF
Emch+Berger SA
Chemin d'Entre-Bois 29
CH - 1000 Lausanne 8