

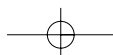
Gare d'Eclépens: dans le courant de l'année 2010, les tunnels existants seront interdits à l'exploitation durant trois mois afin d'y effectuer les travaux de consolidation et d'aménagement. A droite, on distingue les infrastructures de Huiles Minérales SA.

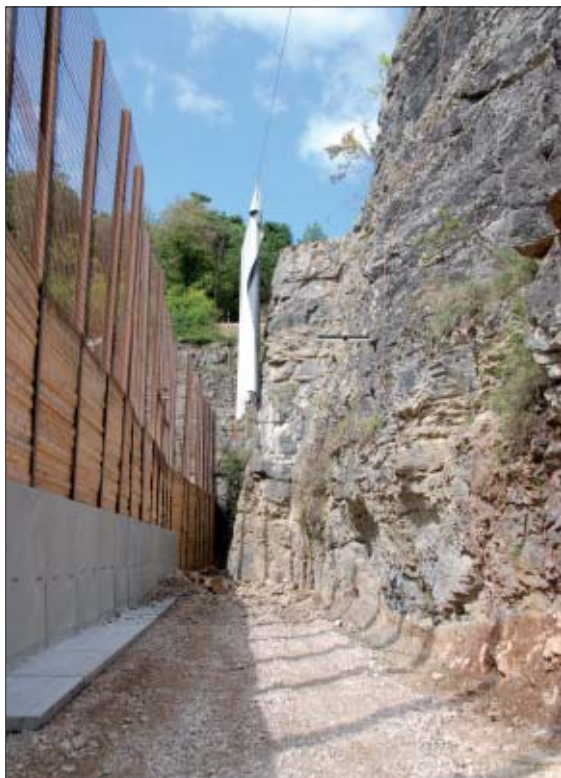
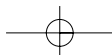


Les plus anciens tunnels ferroviaires de Suisse rénovés et dédoublés

Le début de la rénovation et du dédoublement des tunnels du Mormont, sur la ligne Lausanne-Yverdon, a été marqué par un premier coup de pioche le 22 avril 2008 à Entreroches. Les travaux, devisés à 48,3 millions de francs, consistent à construire une nouvelle percée, côté Alpes, puis à assainir les deux tunnels existants. D'ici à fin 2010, les nouveaux ouvrages seront ouverts aux trains à deux niveaux ainsi qu'à tous les types de conteneurs marchandises.

TEXTE: ERIC DE LAINSEQ / PHOTOS ERIC DE LAINSEQ ET CFF/ MURIEL ZAHNER





Dans la zone de la gare et du nouveau portail sud, il a fallu taper au marteau hydraulique dans une falaise surplombant le plan de roulement d'une vingtaine de mètres.



Perchée au sommet de la falaise, une machine de 40 tonnes a fait tomber environ 8000 m³ de calcaire dur, avec tout ce que cela sous-entend sur le plan de la sécurité d'exploitation.

Entre Lausanne et Yverdon-les-Bains, les tunnels du Mormont-Sud (304 m) et du Mormont-Nord (183 m), sont séparés par un tronçon à ciel ouvert d'une centaine de mètres (80 m sur la voie future).

Commencés en 1850 et mis en service en 1855, ce sont les deux plus anciens tunnels CFF de Suisse. Ils sont situés près d'Eclépens, sous la colline du Mormont, véritable sanctuaire vénéré par les géologues du monde entier. Aujourd'hui, ces ouvrages montrent des signes évidents de fatigue et doivent être rénovés. "La variante retenue pour l'assainissement de ces tunnels consiste, dans un premier temps, à réaliser deux nouveaux tunnels, selon un tracé parallèle aux ouvrages existants, a expliqué Martin Schneider, chef du projet. Dans le courant de l'année 2010, les tunnels existants seront interdits à l'exploitation durant trois mois afin d'y effectuer les travaux de consolidation et d'aménagement." On aura donc à la finale deux fois deux tunnels parallèles avec une simple voie au centre au lieu de deux tunnels successifs à double voie.

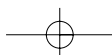
L'ENVIRONNEMENT

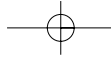
Le massif du Mormont est en fait une irrégularité du plateau suisse. Cette surélévation du terrain date du plissement des Alpes et du Jura. Ce point haut se caractérise par la formation de deux bosses, raison pour laquelle deux tunnels nord et sud sont nécessaires pour le traverser. Entre les deux tunnels ferroviaires passe l'ancien canal d'Enteroches, une idée poursuivie jusqu'en 1729 par les Hollandais qui aurait permis de relier le lac de Neuchâtel au Léman et, par extension, la mer du Nord à la Méditerranée. Des vestiges de ce canal en ont fait un site historique. Entièrement maçonnés, les deux tunnels réalisés au milieu du 19^e siècle l'ont été en remblayant partiellement ce fameux canal.

Un point important est à l'évidence tout ce qui concerne l'environnement vivant. Au plan de la faune, il s'agit d'un site de passage du gros gibier entre le Jura et les Alpes, et des groupes d'animaux y sont répertoriés (chamois). La flore présente également des caractéristiques particulières, le site mi-montagneux / mi-plaine ayant permis à des espèces peu communes de se développer et qui sont protégées. En l'occurrence, tout le massif fait l'objet d'un plan d'affectation cantonal générant lors de travaux nombre de conditions et variantes de projet en conformité avec la sauvegarde de ce patrimoine. A souligner que dès qu'un projet dépasse 40 millions de francs, une étude d'impact est requise avant la mise à l'enquête, et conduit à des mesures compensatoires. La préservation des vestiges du canal d'Enteroches a aussi fait l'objet d'une coordination entre les archéologues du Service des Monuments historiques et les CFF.

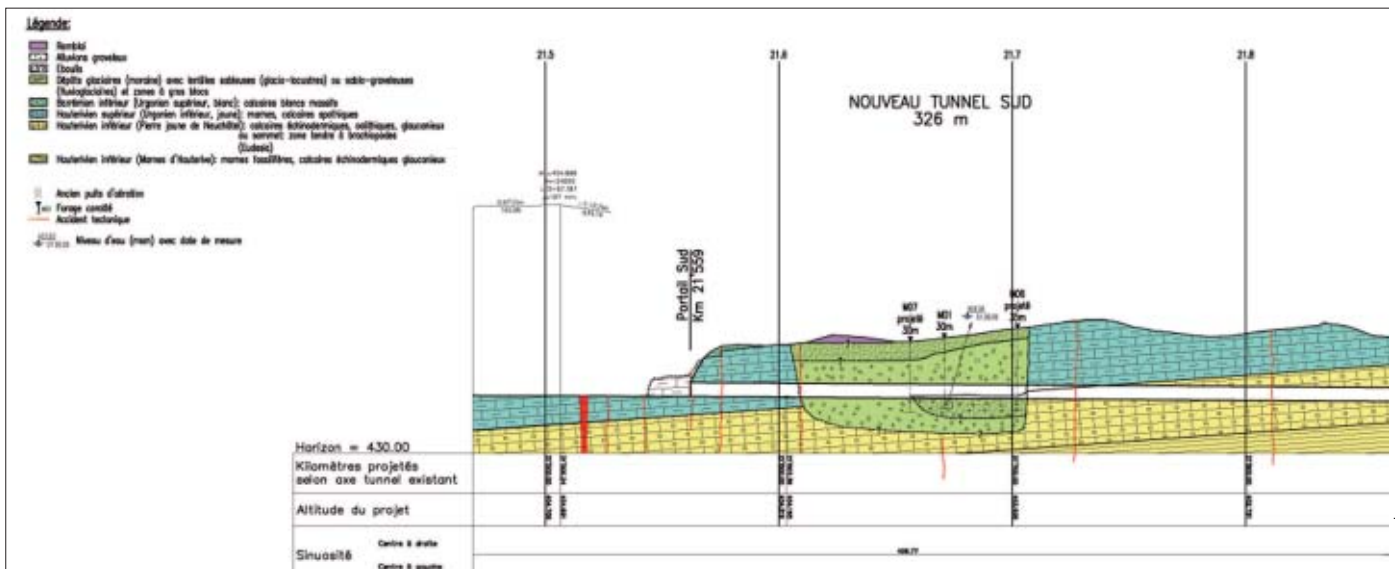
OBJECTIF PEL 4

Au fil du temps, des assainissements temporaires ont été réalisés en gunite assez fine mais sans clouage, entraînant des problèmes de décollage et d'étanchéité; le gabarit étant ce qu'il est, la hauteur de la ligne de contact est trop faible pour faire circuler des trains à deux étages; la maçonnerie en mauvais état - notamment les joints - provoque des venues d'eau qui se transforment en glace en hiver, ce qui entraîne des problèmes de gabarit; l'épaisseur de ballast liée au gabarit est insuffisante et péjore la durée de vie de la voie; l'évacuation centrale des eaux n'est pas pratique pour l'entretien; enfin, la déformation de la maçonnerie a pour corollaire que le PEL 1 (profil d'espace libre le plus faible selon l'OFT) est fortement engagé. "Les trains à deux étages nécessitent un PEL 2 et les trains de fret européens un PEL 4, et c'est ce à quoi nous allons nous atteler, observe





Profil en long géologique des nouveaux tunnels.



Excavation finale de la falaise. Depuis le portail sud et sur les 40 premiers mètres, le nouveau tunnel ne sera distant que de 3 à 4 mètres du tunnel existant.



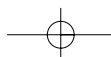
Haveuse au front.

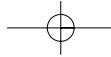
Martin Schneider. Sur le plan structurel, nous nous trouvons à proximité immédiate d'une gare, ce qui nous laisse une souplesse réduite pour des champs de tracés plutôt larges. Il a donc fallu assurer une coordination entre nos projets et les clients. En outre, le tracé des voies présente une courbe assez prononcée au niveau de la zone à ciel ouvert qui oblige les trains à un creux de vitesse (120 km/h) et nous allons profiter du chantier pour améliorer le tracé."

TRAVAUX SPÉCIFIQUES

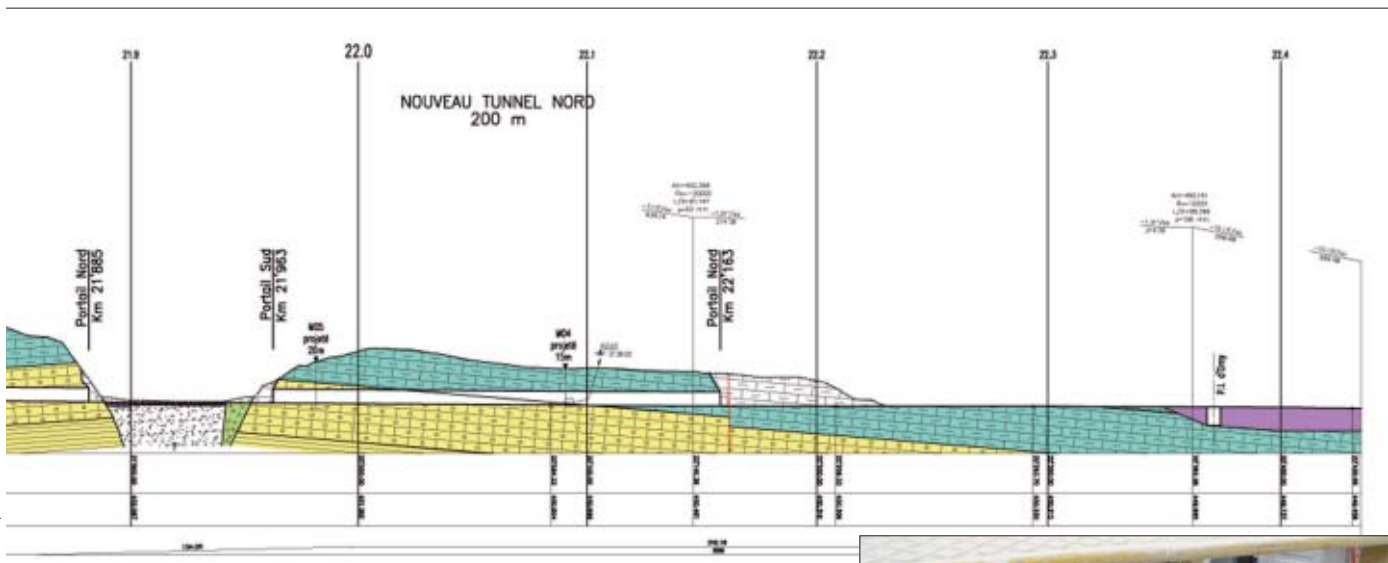
Pendant la durée du chantier, il faut également tenir compte du trafic sur les voies de raccordement situées de part et d'aut-

re de la gare d'Eclépens et de l'usine Holcim (500'000 t/an), et de Huiles Minérales SA (Total) dont l'approvisionnement se fait uniquement par train. Avec cette société, les CFF ont dû développer une coordination intense et tenir compte financièrement des implications de leur projet sur ses installations comme le déplacement de la voie de dépotage et la construction d'un nouveau bac de dépotage notamment. "Ces travaux ayant été estimés à trois mois, délai pendant lequel aucun approvisionnement n'était possible, souligne Martin Schneider, les cuves d'huile de chauffage ont été remplies à leur maximum afin que la société puisse puiser dans cette réserve correspondant à une autonomie de 3 mois. Nous avons obtenu cette autorisation au





“Les trains à deux étages nécessitent un PEL 2 et les trains de fret européens un PEL 4, et c’est ce à quoi nous allons nous atteler”.



Haveuse à ciel ouvert devant le portail sud du tunnel nord.

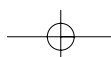


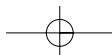
Poste de pilotage de la haveuse: un écran permet au pilote de visionner la section d'excavation théorique en rapport avec l'emplacement précis de la tête de la haveuse, la position de celle-ci étant localisée par laser.

niveau fédéral mais de façon très stricte dans le temps et très en amont du projet.”

D’autre part, la diagonale d’échange entre les voies 1 et 2 de la gare était à cheval sur l’entrée du portail sud. Ne pouvant le rester sur deux portails distincts, celle-ci a été déplacée au nord des deux tunnels. Cette diagonale est aujourd’hui plus oblique et permet une circulation à une vitesse plus élevée (90 km/h au lieu de 60 km/h). Ces travaux ont été réalisés au début du chantier en 2007. Avec le projet REMA (Reengineering Mailprocessing), situé au sud des tunnels, ce nouvel appareillage de voies est inclus dans le nouveau système d’enclenchement et font désormais partie d’un seul et même système de gestion de la gare et de l’occupation des voies.

Il convient de rappeler que la mise en œuvre du projet REMA par la Poste Suisse dans le but d’optimiser le traitement du courrier a donné lieu à la création de trois nouveaux centres de tri - Zurich-Mülligen (Est), Härkingen (Centre) et Eclépens (Ouest) - qui sont entrés en exploitation entre 2007 et 2009. Ce projet “de tiers” avait une forte incidence sur le système de signalisation de la gestion automatique de la circulation des trains, et notamment une augmentation sensible du trafic des trains de nuit. “Typiquement, cet intervalle de nuit que nous utilisons pour réaliser les travaux a été quelque peu malmené par la présence de ces nouveaux trains, relève Martin Schneider. Mais, d’une manière générale, cela concernait le nouveau système





domobât
GÉNIE CIVIL



Forages pour mise place des ancrages dans le tunnel sud.



Vue plongeante sur les portails nord des tunnels sud depuis le tronçon à ciel ouvert d'Enteroches.



Situation géologique des deux tunnels.

d'enclenchement, qui regroupe toute la zone de la gare et inclut les tunnels et nous avons dû tenir compte dès notre étude et mise à l'enquête en 2005 de la construction du centre de tri d'Eclépens."

PARTICULARITÉ

Une des particularités du chantier est la proximité critique des nouveaux tunnels avec les tunnels existants. Les CFF ont dû prendre des mesures préalables de confortation des anciens ouvrages dans toutes les zones où les tunnels sont très rapprochés, ainsi que les zones où il y a de la moraine (dépôts glaciaires compacts mais contenant localement des lentilles sableuses), autrement dit les zones où l'influence des nouveaux tunnels sur les tunnels existants pourrait être sensible. Le travail consistait à poser des ancrages supplémentaires autour de la voûte et à injecter du coulis de ciment derrière la maçonnerie des ouvrages d'origine. Ces travaux ont duré 6 mois et été achevés à mi-décembre. En clé de voûte, ils ne pouvaient être réalisés que durant 4 heures les nuits de samedi à dimanche lorsqu'aucun train ne circule car il était impératif de déclencher les deux lignes de contact. En effet, la ligne du pied du Jura étant une ligne principale de fret pour le plateau, de nombreux trains circulent en semaine de minuit à 4 heures du matin.

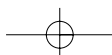
NATURE DES TRAVAUX

Cette réalisation permettant le maintien de la substance des deux tunnels existants, la modification de leur gabarit pour le passage des voitures à deux étages ainsi que des containers marchandises et la suppression de la diminution de vitesse à

Enteroches entraînera le renouvellement de 2858 m de voies et des lignes de contact. "La création d'un second tunnel parallèle obligera également à réadapter les quais de la gare d'Eclépens, qui avaient été refaits au début des années 2000, poursuit Martin Schneider, mais nous ne savions pas à l'époque quelle variante serait exécutée. Etant donné qu'un nouveau portail sera créé à très faible distance du portail existant avec la possibilité de garder au moins 3 mètres de rocher entre les deux tunnels, il sera nécessaire d'écarter les voies depuis le milieu de la gare. Côté Jura, il sera donc nécessaire d'élargir le quai 1 tandis que le quai 2 côté Alpes devra être rogné pour permettre à la nouvelle voie de s'écarter suffisamment."

Toujours dans la zone de la gare et du nouveau portail sud, il a fallu taper au marteau hydraulique dans une falaise surplombant le plan de roulement d'une vingtaine de 20 m. Perchée au sommet de ce mamelon, cette machine de 40 tonnes a fait tomber environ 8000 m³ de calcaire dur, avec tout ce que cela sous-tend sur le plan de la sécurité d'exploitation: paroi de protection de 11 m de hauteur, machiniste relié par radio à un protecteur se tenant le long des voies et qui, lui-même prévenu du passage des trains par un dispositif spécial situé à quelques km en amont, pouvait demander au machiniste d'arrêter le piquage. Si, par mégarde, un bloc de roche était passé par-dessus la paroi de protection et tombé sur l'une des deux voies, le protecteur avait aussi la possibilité de stopper le train au moyen d'un système d'arrêt d'urgence.

Commencé en février 2008 par des travaux de déboisement, le chantier s'est poursuivi par l'excavation de la tranchée d'accès au nouveau portail, côté nord. Situé dans le calcaire, le perce-





Situé dans le calcaire, le percement du tunnel nord, qui a débuté en septembre 2008 au moyen d'une haveuse, est aujourd'hui terminé.



Place principale de chantier côté Bavois avec train d'évacuation des matériaux. Dès la mise à l'enquête, il a été convenu avec Holcim d'évacuer ce calcaire en le recyclant dans les fours à ciment de l'entreprise.

ment du tunnel nord, qui a débuté en septembre 2008 au moyen d'une machine à attaque ponctuelle, appelée haveuse, a été terminé en date du 14 novembre 2008. Lors de cette phase 1, les CFF ont créé une petite voie provisoire de façon à pouvoir stocker des convois de 8 wagons chargés des matériaux d'excavation des tunnels. Aussi, dès la mise à l'enquête, il a été convenu avec Holcim d'évacuer ce calcaire en le recyclant dans les fours à ciment de l'entreprise.

Dans cette optique, le premier tunnel servira d'accès au second pour sortir les matériaux d'excavation. Actuellement (c'est-à-dire fin février 2009), les entreprises ont excavé à la haveuse les 170 premiers mètres du tunnel sud, eux aussi situés dans le calcaire, et parviennent à hauteur d'un sillon morainique qu'il s'agira de traverser avec un marteau de 3 tonnes à l'abri de voûtes parapluie.

Compte tenu de l'importance des vibrations du marteau, la même technique sera utilisée dans les 40 derniers mètres jusqu'au portail sud; quand bien même située à nouveau dans le calcaire, cette portion du tunnel n'est en effet plus qu'à 3-4 m du tunnel existant. ■

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE DE L'OUVRAGE

Chemins de fer fédéraux suisses CFF
Infrastructure, Management des projets - 1001 Lausanne

AUTEUR DU PROJET ET DIRECTION LOCALE DES TRAVAUX

Groupement Monod-Piguet + Associés SA et CSD Ingénieurs Conseils SA
ENTREPRISES

JPF Construction SA - 1630 Bulle / Infra Tunnel SA - 2074 Marin



Les CFF ont dû prendre des mesures préalables de confortation des anciens ouvrages dans toutes les zones où les tunnels sont très rapprochés, ainsi que les zones où il y a de la moraine. Ces travaux de nuit, qui consistaient à injecter du coulis de ciment derrière la maçonnerie, ont duré 6 mois et été achevés à mi-décembre 2008.

Une première en Suisse



Détail de gunitage contenant des fibres synthétiques avec cintre de soutènement métallique.

Pour le soutènement des nouveaux tunnels du Mormont, les entreprises ont opté pour un gunitage contenant des fibres synthétiques plutôt que métalliques, ce qui présente l'avantage de ne pas avoir à le recouvrir d'une seconde couche de béton de protection. Cette fibre est extrudée à partir d'un homopolymère polypropylène naturel. Elle est façonnée en un profilé plat doté d'une surface spécifique de façon à l'ancrer dans une matrice cimentaire. Sa forme et la quantité importante de fibres par kg augmente sa capacité d'ancrage avec la matrice cimentaire qui confèrent un "renforcement" au béton projeté ainsi qu'une résistance et une ductilité au produit.

Cette nouvelle fibre été mise au point par BASF Construction Chemicals France par le biais de sa division UGC (Division Internationale Travaux Souterrains) pour améliorer les conditions de mise en oeuvre de ce type de béton ainsi que pour optimiser les coûts de construction de nouveaux tunnels. Ce nouveau système garantit une ductilité de 700 à 1000 Joules avec seulement 6 à 7 kg de MEYCO® FIB SP 650.

