

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Band: 135 (2009)
Heft: 03: CEVA, désenclaver Genève

Artikel: Sous le plateau de Champel
Autor: Steiner, Walter / Edder, Philippe / Matalon, Michel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-99728>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 09.11.2024

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

Sous le plateau de Champel

D'une longueur totale de 1 437 m, le tunnel de Champel fait partie du secteur 5, Champel-Hôpital, du projet CEVA. Délimité à l'ouest par le secteur 4, la traversée du Val d'Arve, et à l'est par le secteur 6, Eaux-Vives, il les relie en passant à très faible profondeur sous le plateau de Champel.

Pour les travaux, le secteur 5 a été divisé en deux lots : le premier est composé du tunnel (y compris une courte tranchée couverte), alors que le second comprend uniquement la halte de Champel. Le tunnel commence à l'ouest, juste après le pont sur l'Arve, par une tranchée couverte d'une longueur de sept mètres taillée à ciel ouvert dans la falaise. Il se poursuit ensuite par un premier tronçon de 502 m excavé en souterrain jusqu'à la halte de Champel-Hôpital. Les 26 derniers mètres sont élargis pour accueillir le prolongement des quais de cette station. Cette dernière est excavée depuis la surface sur une longueur de 194 m. Un deuxième tronçon de tunnel, long de 928 m, assure alors la liaison avec la tranchée couverte des Eaux-Vives (fig. 1, p. 7).

Faible couverture

Faisant partie des priorités des maîtres d'ouvrage pour l'ensemble du projet CEVA, les exigences découlant du concept global de sécurité doivent être intégrées dans les premières réflexions et dispositions constructives imaginées par les concepteurs des ouvrages. Il en va de même des questions environnementales, notamment des contraintes définies par l'étude d'impact. Une réutilisation optimale des matériaux excavés doit être étudiée en fonction des méthodes d'excavation. Autre particularité, l'accès au chantier du tunnel de Champel ne peut se faire que par l'intermédiaire de ceux des lots de travaux voisins du Val d'Arve et de la gare des Eaux-Vives. Cette forte interaction avec les lots avoisinants conditionne la planification et la logistique du chantier, de sorte que la construction du tunnel de Champel puisse s'insérer dans le planning général du projet CEVA.

Si le tunnel est enfoui à une trentaine de mètres à proximité la falaise, il ne passe qu'à une dizaine de mètres sous les

fondations des édifices proches de la station de Champel, des bâtiments de sept étages datant du siècle dernier. Compte tenu de la forte urbanisation du plateau (fig. 1), il est nécessaire de recourir à des méthodes de construction permettant de contrôler et de limiter au maximum les tassements engendrés par le creusement du tunnel.

La réduction de l'épaisseur de la couverture du tunnel est due à l'effet combiné de l'abaissement de la surface du terrain des Crêts de Champel vers la Place de Champel et de la remontée du tracé de la ligne ferroviaire à partir du pont du Val d'Arve. L'effet sur la cuvette des tassements de cette faible couverture est double : la cuvette devient moins large alors que les valeurs de tassements deviennent plus importantes.

Géologie et hydrogéologie

Les conditions géologiques basées sur les connaissances disponibles en 2006 sont présentées sur le profil longitudinal de la figure 2. Une campagne de sondages complémentaires doit encore se conclure au cours de l'année 2009. On



Fig. 1 : Urbanisation sur le plateau de Champel (Photo Serge Fruehauf)

Fig. 2 : Profil longitudinal avec géologie (connaissances en décembre 2006) et bâtiments

observe que la plus grande partie du tunnel se situe dans des terrains meubles glaciaires constitués de bas en haut de :

- cailloutis morainiques,
- moraine wurmienne,
- moraines de fond,
- retrait wurmien.

Au portail ouest, la section du tunnel est située dans les cailloutis morainiques (couche 9a de la classification genevoise) et retrouve des couches moins cimentées dans la zone centrale. Le radier se trouve sur toute la longueur du tunnel dans les cailloutis morainiques alors que la calotte intercepte toutes les couches géologiques mentionnées.

Pour les conditions hydrogéologiques, le niveau bas de la nappe phréatique souterraine située dans les cailloutis morainiques varie entre quatre et huit mètres sous le radier du tunnel. Dans les couches sises au-dessus desdits cailloutis, l'eau se répartit aléatoirement à divers niveaux dans des lentilles créées par des matériaux perméables reposant sur des couches plus ou moins étanches. Le niveau des nappes d'eau peut varier selon l'intensité des précipitations et des instabilités locales risquent de se former. Afin de se prémunir de ce risque, des drainages locaux du front sont prévus. Partant de ces observations, plusieurs méthodes de construction ont dû être envisagées selon la géologie identifiée.

Limiter les tassements

Le tunnel de Champel sera creusé à partir de deux fronts d'attaque et en pleine section : du portail du Val d'Arve et de la tranchée couverte dans l'avenue Théodore Weber. Comme expliqué, le tunnel est proche de la surface et la relation entre les tassements en surface et la profondeur de l'ouvrage n'est ni simple ni linéaire. Ces tassements dépendent des conditions géologiques, hydrogéologiques et géotechniques tout autant que de la géométrie de l'ouvrage et de la méthode de réalisation. Les exigences concernant cette dernière pour limiter les déformations lors du creusement croissent avec la réduction de la couverture. Trois éléments sont susceptibles d'influencer l'ampleur des tassements :

- la qualité de la tenue du front,
- la définition du soutènement,
- le phasage des travaux, en particulier les phases de réalisation du soutènement ainsi que la distance entre la zone de mise en place du radier (fermeture de l'anneau) et le front de taille.

La stabilité du front est essentielle en raison de son lien direct avec l'apparition de tassements à l'avant de l'excavation. Le projet prévoit deux mesures constructives pour garantir cette stabilité. Il s'agit de la mise en place de voûtes parapluie avec des tubes en acier injectés et du boulonnage

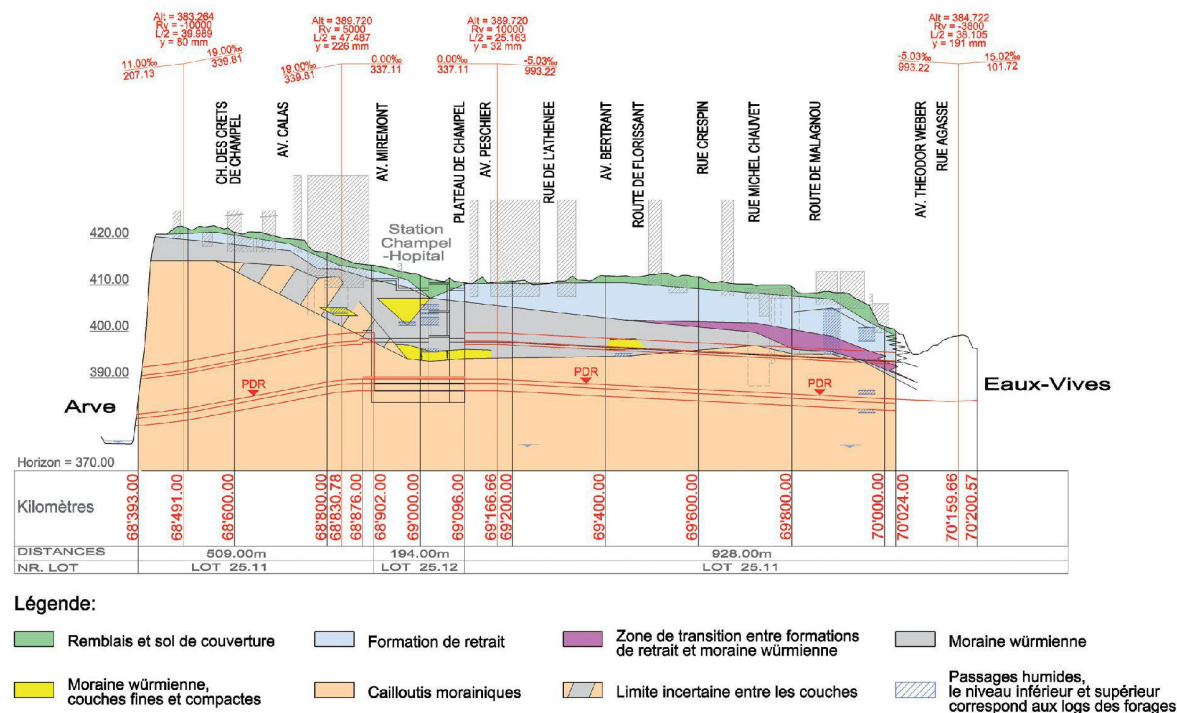
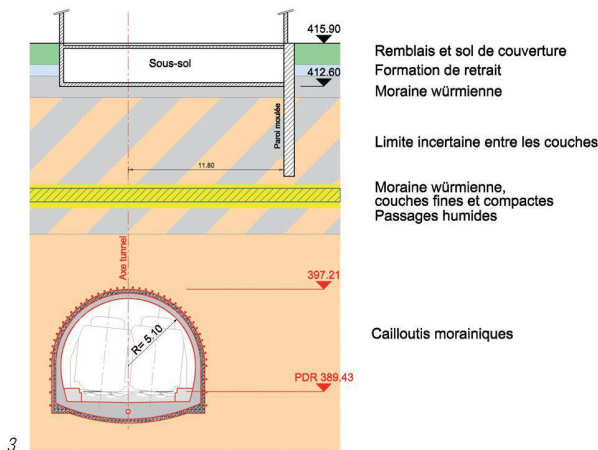


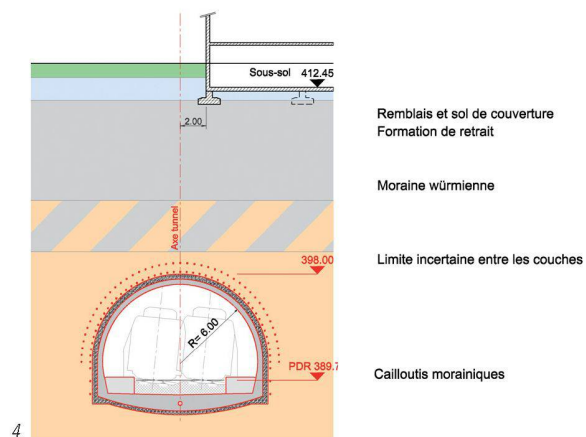
Fig. 3 : Tunnel sous les bâtiments de Crêts de Champel

Fig. 4 : Halte de Champel, station construite en souterrain à l'extrémité ouest

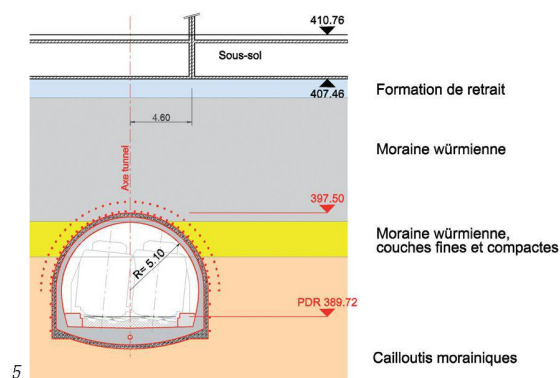
Fig. 5 : Tunnel à l'est de la halte de Champel, couverture de 11 m sous les fondations des bâtiments avec couches de limon dans la moraine würmienne



3



4



5

du front de taille avec des boulons en plastique armé de fibre de verre. L'application du béton projeté peut aussi participer au maintien de la stabilité du front de taille. En présence de terrain très plastique dans la voûte, il est prévu de réaliser du *Jet-Grouting* (jetting) entre les tubes de la voûte parapluie comme mesure constructive subsidiaire. Cette façon de procéder améliore non seulement le comportement du terrain, mais accroît également la rigidité de la voûte parapluie.

L'influence du soutènement se traduit principalement par le biais de deux paramètres : sa raideur nominale et son « délai » de pose, notamment la distance de pose derrière le front de taille. Concernant cette dernière, il est prévu de poser le soutènement – fait de cintres métalliques, de béton projeté et de treillis d'armatures – immédiatement derrière le front, par le biais d'étapes d'avancement de l'ordre du mètre linéaire. Il sera ainsi possible de fermer le soutènement entre deux et trois mètres derrière le front. Le radier voûté est réalisé en même temps que la voûte parapluie, de façon à ne pas ralentir les travaux d'excavation. Il est important de mesurer et de surveiller les déformations du massif et de la surface. Selon les besoins, quelques tubes de la voûte parapluie seront équipés d'inclinomètres. Un concept de surveillance de la surface du sol ainsi que des bâtiments sera élaboré par les maîtres d'ouvrage en collaboration avec les auteurs du projet et l'entreprise adjudicatrice.

Sous des parapluies

Diverses méthodes d'excavation (fig. 3 à 5) ont été étudiées pour la réalisation du tunnel, notamment pour faire face aux importantes difficultés qui risquent de se présenter dans les tronçons entre l'avenue Calas (km 68.800) et la halte de Champel (km 68.880), ou encore entre la Rue Crespin (km 69.600) et l'avenue Theodore Weber (km 70.024). On a d'abord envisagé de mettre en place des voûtes parapluie réalisées à l'aide de colonnes en jetting. Cette solution a finalement été écartée, car la formation de colonnes de jetting horizontales est difficile à garantir dans les terrains hétérogènes : le risque d'imperfections longitudinales ou radiales (circonférence) a été jugé trop important. On a finalement décidé d'utiliser des voûtes parapluie avec des tubes en acier pour obtenir un soutènement longitudinal résistant à la flexion. Des injections assureront le lien entre les tubes et le terrain tout en contribuant à la consolidation de ce dernier. Le recouvrement varie de trois à cinq mètres selon la qualité des terrains. Un soutènement systématique du front de taille avec des boulons en fibre de verre protège des effondrements tout en réduisant les déformations du terrain à proximité du front de taille.

Fig. 6 : Méthode d'avancement et de construction du tunnel avec voûte parapluie et mesures auxiliaires avec colonnes de jetting (section excavée de 102 à 123 m²)

Fig. 7 : Soutènement de la section élargie (125 m²) dans la station de Champel avec double voûte parapluie

(Sauf mention, tous les documents illustrant cet article ont été fournis par les auteurs.)

Certains terrains (retrait wurmien), en particulier en calotte, ne seront pas injectables avec des coulis de ciment ou de silice, ce qui fait craindre la présence de zones ouvertes non stabilisées et influencées par l'eau. Diverses mesures supplémentaires ont été étudiées pour ce type de situation. On a finalement opté pour une solution de voûte parapluie combinant les tubes en acier avec « remplissage » par colonne en jetting (fig. 6). La voûte parapluie sera d'abord créée avec des tubes en acier horizontaux, puis des colonnes jetting seront réalisées entre les tubes en acier à l'extrados. Ces colonnes jetting se posent sur les tubes en

acier, formant ainsi localement un arc circonférentiel qui empêchent l'écoulement de matériaux fins dans le tunnel. La combinaison de ces deux systèmes réduit sensiblement les risques. Dans les terrains très hétérogènes lâches et très denses, où l'exécution du jetting pourrait être difficile ou ne pas fonctionner, il est prévu de congeler le terrain entre les tubes d'acier à titre de mesure auxiliaire.

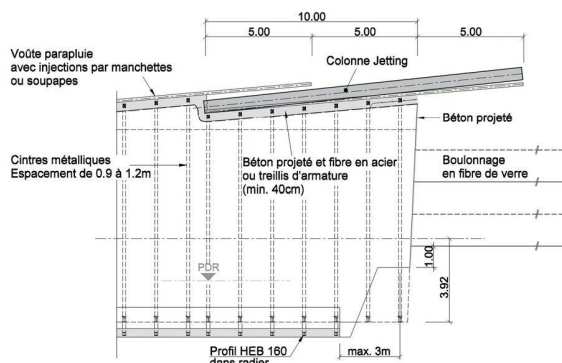
Le creusement sous les bâtiments situés au nord et au sud de la halte de Champel – qui se caractérise par une très faible couverture – exige un traitement particulier pour éviter les tassements en surface. Une double voûte parapluie horizontale avec des tubes en acier sera mise en place depuis la halte de Champel, afin d'accroître la rigidité longitudinale du pré-soutènement (fig. 7). Les zones délicates d'un point de vue géologique seront consolidées avant que le percement du tunnel ne les ait atteintes.

L'attaque ouest du tunnel se fait directement dans les falaises de l'Arve, nécessitant la mise en place d'un système de soutènement particulier pour la zone d'attaque. On commencera par construire un accès provisoire sur l'Arve (traité par le lot de travaux voisin) et une plate-forme au sommet des éboulis. Des micro-pieux seront forés à partir de celle-ci pour créer une paroi stable. On pourra alors excaver les éboulis devant la paroi de pieux, ces derniers étant stabilisés à l'aide de tirants précontraints et de clous au fur et à mesure de l'excavation.

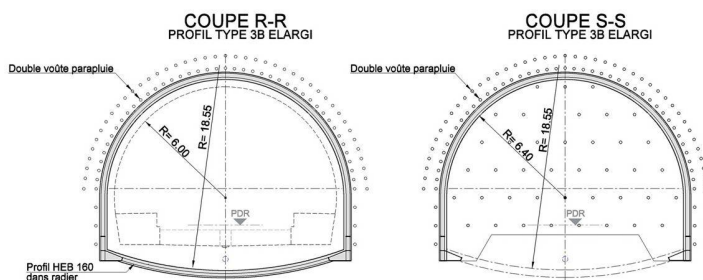
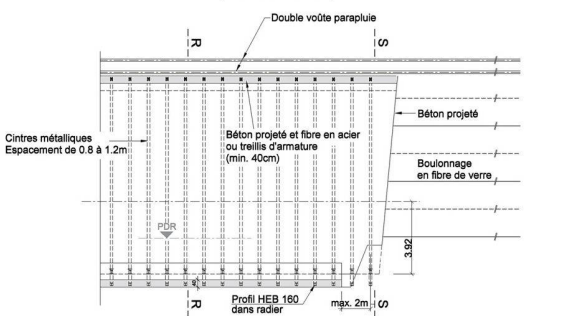
Walter Steiner, dr.sc, ing. civil dipl. EPF, B+S AG
Muristrasse 60, CH – 3000, Berne 31

Philippe Edder, ing. civil dipl. EPF, chef de projet
Projet CEVA, Rue Pellegrino-Rossi 16, CH – 1201 Genève

Michel Matalon, ing. civil dipl. EPF
Stucky Ingénieurs Conseils
Rue du Lac 33, CH – 1020 Renens



6



7

Groupements d'ingénieurs pour le secteur 5

Le secteur 5 comporte la tranchée couverte de la falaise, le tunnel et la halte de Champel

Avant-projet, projet avec dossier PAP et phase d'appel d'offre (dossier + analyse offres) pour le tunnel et la tranchée couverte de la falaise : GECA (Stucky SA, B+S AG, EDMS SA, GLM Gysi Leoni Mader AG)

Avant-projet et projet avec dossier PAP pour la halte de Champel : GECA

Phase d'appel d'offre (dossier + analyse offres) pour la halte de Champel : GMC (Thomas Jundt ingénieurs civils SA, B.Ot & C. Uldry Sàrl, B+S ingénieurs conseils SA, De Cérenville Géotechnique, Boubaker Ingénieurs Conseil SA)