Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 137 (2011)
Heft: 22: Projet Poya

Artikel: Le tunnel Palatinat
Autor: Bisetti, Aldo / Houriet, Bernard / [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-237691

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: 15.07.2025

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

Aldo Bisetti, Bernard Houriet,
Dominique Tendon, Renaud Joliat
et Gaëtan Baudin

Le **tunnel** Palatinat

GÉNIE CIVIL

Situé à l'extrémité ouest du pont de la Poya, le tunnel Palatinat se caractérise par une section d'excavation importante, une faible couverture de terrain meuble et la présence de bâtiments sur l'ouvrage. Dans ces conditions, la maîtrise des tassements est fondamentale et repose à la fois sur une prévision théorique et sur un contrôle par mesure durant l'excavation.

Conditions géologiques

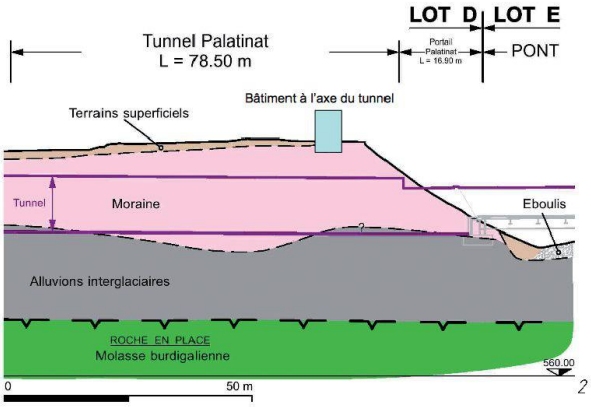
Le profil en long géologique (fig. 2) fait état d'une stratification essentiellement horizontale pour les formations géologiques dans lesquelles est excavé le tunnel Palatinat. Cet ouvrage est creusé principalement dans la moraine et la partie inférieure de la section d'excavation touche le toit de l'interglaciaire.

1

Fig. 1 : Percement du front d'attaque est, avec portique en béton et bâtiment à l'axe du tunnel

Fig. 2 : Profil en long géologique au droit du tunnel

Fig. 3 : Excavation et soutènement, coupe type



2

Les matériaux morainiques sont très peu perméables. Les venues d'eau y sont donc rares, le cas échéant très faibles et sans conséquences sur la tenue des terrains. Les alluvions interglaciaires renferment un aquifère libre qui contribue à l'alimentation du soubassement rocheux molassique. Cet aquifère est atteint par les micropieux situés sous les fondations de voûte et par les tirants de piédroits, mais ne concerne les excavations que dans une faible mesure.

La molasse constitue la roche en place et se situe entre 15 et 20 m sous le tunnel. L'influence de cette formation géologique sur l'ouvrage et les tassements est pratiquement nulle. D'un point de vue géotechnique, les formations sont individuellement assez homogènes, mais présentent toutefois une amélioration des caractéristiques avec la profondeur.

Méthode d'exécution

La section d'excavation importante (150 et 175 m^2 au début respectivement à la fin de la voûte parapluie), la faible couverture (6 à 8 m) et la présence de bâtiments sur l'ouvrage (fig. 1), conjointement à une réalisation en terrain meuble, ne permettent pas une excavation à pleine section. La réalisation du tunnel comprend les phases principales suivantes :

- excavation de la calotte sur toute la longueur (env. 80 m) ;
- confortation des fondations de voûte et mise en place du soutènement des piédroits ;
- excavation simultanée du stross et du radier ;
- pose de l'étanchéité et bétonnage du revêtement.

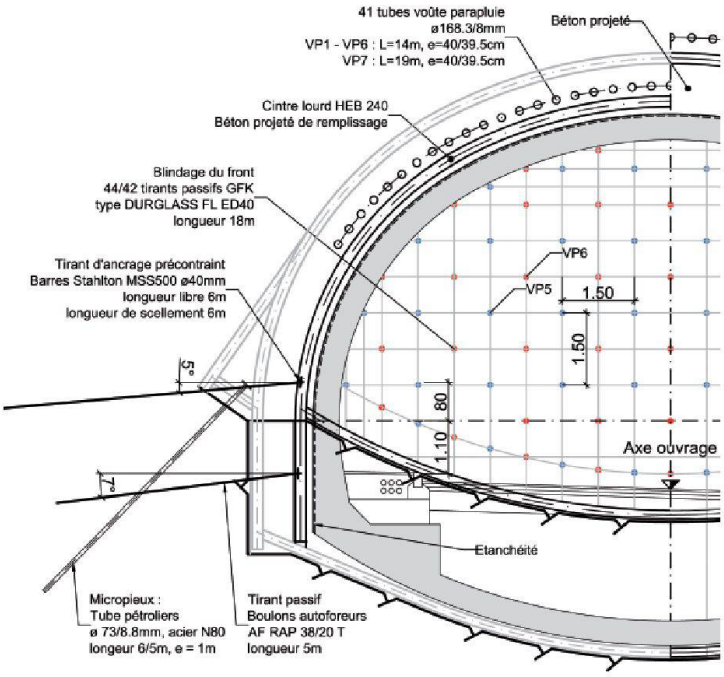
L'excavation de la calotte est précédée par la mise en place systématique d'un présoutènement en voûte (tubes métalliques) et derrière le front d'attaque (ancrages en fibres de verre).

L'excavation de la calotte et du stross est réalisée par étapes successives de 1 m de longueur et le soutènement (cintres de voûte et étrésillons de radier) est mis en place systématiquement après chaque étape.

Excavation de la calotte

La calotte qui représente 70 % de la section totale est excavée à l'abri d'une voûte parapluie, constituée de 41 tubes métalliques 168/8/N80 (diamètre extérieur, épaisseur et nuance d'acier) de 14 m de longueur, espacés de 40 cm et disposés avec un angle d'ouverture de 9,5 % en clé de voûte (fig. 3 et 4). Le rayon horizontal réduit à 180 m impose une adaptation de l'angle d'ouverture des tubes en fonction de leur position sur le périmètre de la voûte.

La longueur totale du tunnel est couverte par la mise en œuvre de sept voûtes parapluie. Les cinq premières, réalisées depuis la fouille d'accès à l'ouest, ont une longueur utile de 10 m (longueur des tubes sans le recouvrement). La sixième voûte, également réalisée d'ouest en est, a une longueur utile réduite à 8 m et constitue une étape de rattrapage qui permet de renforcer la voûte parapluie sous le bâtiment (fig. 4). La septième voûte, réalisée depuis le front d'attaque est (portail Palatinat), a une longueur utile de 18 m et une forme pratiquement cylindrique. L'ouverture des tubes, réduite à 1,5 %, est prévue uniquement pour compenser les inexactitudes de mise en place. Le recouvrement des tubes se monte à 4 m, respectivement 5 m sous le bâtiment.

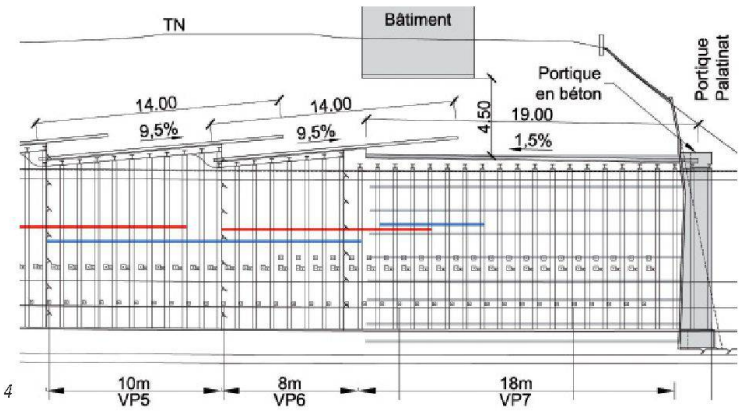


3

Fig. 4 : Voûtes parapluie et blindage du front

Le blindage du front est composé d'ancrages en fibres de verre de 18 m qui se recouvrent sur une longueur de 8 m (fig. 3). Ils sont disposés selon une maille carrée de 1,5 m de côté, décalés à chaque étape, injectés sous pression sur toute leur longueur et réalisés dans le même sens que les voûtes parapluie, immédiatement après la mise en place des tubes métalliques.

Le blindage du front réalisé depuis la fouille Palatinat, sous la voûte parapluie cylindrique (fig. 4), est réalisé de manière particulière. Dans un premier temps, lors de l'excavation de la fouille, les ancrages situés dans l'emprise de la calotte sont mis en place à la manière de tirants précontraints, munis d'un scellement et d'une longueur libre non gainée. Après excavation complète de la fouille, la longueur libre de ces ancrages est injectée sous pression à la manière de tirants passifs. Ces ancrages présentent ainsi le double avantage de la précontrainte lors de l'excavation de la fouille et d'un scellement sur toute la longueur lors de l'excavation progressive de la calotte.



4

Le soutènement de calotte est composé de cintres métalliques HEB 240 en voûte, respectivement HEB200 pour les étrésillons en radier (fig. 8).

Des portiques robustes en béton armé sont mis en place contre le front d'attaque aux deux extrémités du tunnel (fig. 1) pour solidariser les tubes de la voûte parapluie et permettre un raccordement convenable entre l'étanchéité du tunnel (étanchéité flottante en PVC) et celle de la structure de la tranchée couverte (étanchéité collée en LBP) à laquelle se raccorde le tunnel.

Travaux préalables et excavation du stross

Avant d'excaver le solde de la section, des micropieux de 6 m de longueur (tubes métalliques scellés sous pression dans le massif) sont disposés tous les mètres sous les fondations des cintres de calotte. Des tirants précontraints subhorizontaux sont également mis en place à la base de ces cintres pour maintenir ces derniers en contact avec le massif lors de l'excavation du stross et lors de la reprise en sous-œuvre du soutènement (fig. 5). Des tirants passifs sont également disposés, avec une longueur perdue, à mi-hauteur des piédroits. La mise en œuvre prématurée de ces éléments permet d'appuyer très rapidement le soutènement des piédroits, fortement sollicités après l'excavation du stross.

L'utilisation conjointe de béton projeté lors de la mise en place des cintres de calotte à l'avancement et de béton coulé après la mise en œuvre des micropieux s'est révélée optimale pour l'ancrage de ces derniers dans la fondation des cintres.

Une fois ces travaux de consolidation terminés, l'excavation du stross permet d'achever la section d'excavation. Le soutènement du stross est constitué, comme celui de la calotte, de profilés métalliques HEB240 pour les piédroits et de cintres HEB200 en radier.

Etanchéité et revêtement

Les irrégularités de la surface d'excavation induites par les voûtes parapluie sont comblées à l'aide d'un béton projeté de remplissage. La surface cylindrique qui en résulte est optimale pour la pose de l'étanchéité (lés PVC de 3 mm d'épaisseur) et pour la maîtrise de la fissuration du revêtement. Ce dernier est bétonné par étapes de 12,5 m et muni d'une armature sur tout le périmètre du revêtement. Cette armature est constituée de cages préfabriquées (barres transversales et étriers) et de demi-treillis (barres longitudinales).

Modélisation et calcul

Le calcul du soutènement, du revêtement et des déformations du massif a été effectué à l'aide d'un modèle 3D aux éléments finis étendu à une moitié du tunnel pour simuler à la fois l'excavation de la fouille et celle du tunnel.

La figure 6 montre la distribution des moments dans le soutènement de calotte (cintres et étrésillons), à l'état limite ultime. Quant à la figure 7, elle indique, à l'état de service, les déformations du massif et en particulier les tassements calculés en surface.

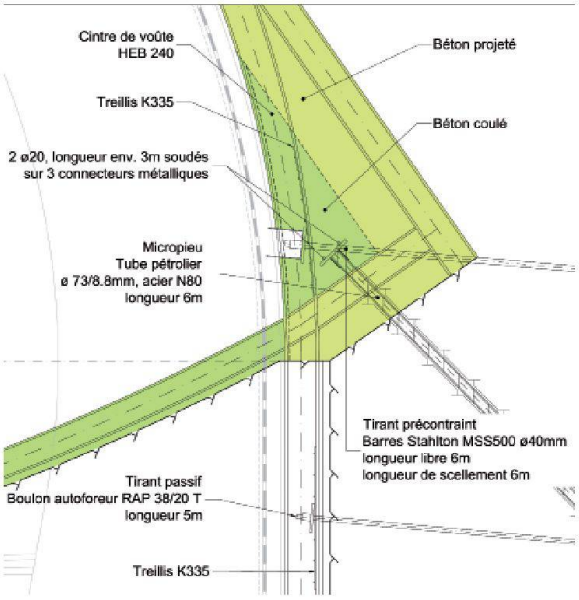
Dans la zone médiane du tunnel, les tassements calculés résultant de l'excavation de la fouille et du tunnel se montent à environ 20 mm.

Fig. 5 : Détail de la fondation des cintres de la calotte

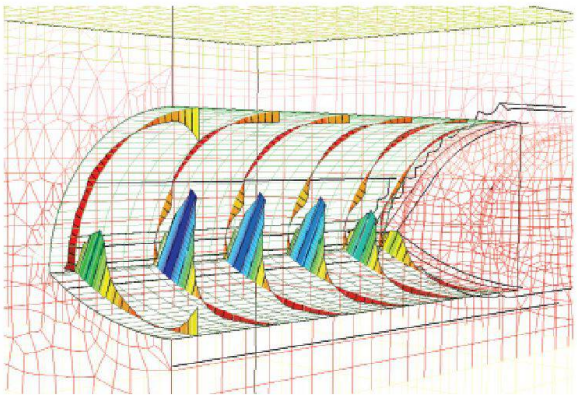
Fig. 6 : Moments dans les cintres et les étrésillons de la calotte à l'état limite ultime

Fig. 7 : Déformations calculées pour l'excavation de la calotte à l'état de service

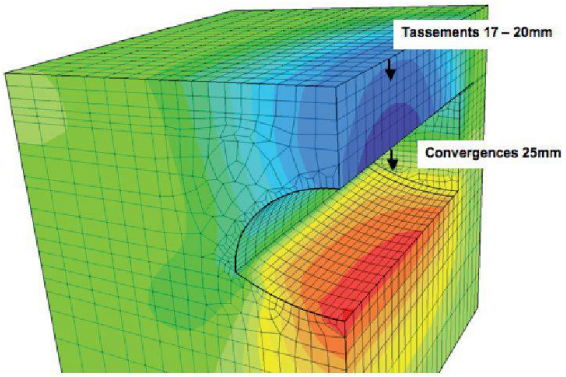
Fig. 8 : Mise en place du soutènement lors de l'excavation de la calotte (Photo Etat de Fribourg / Eric Sauterel)



5



6

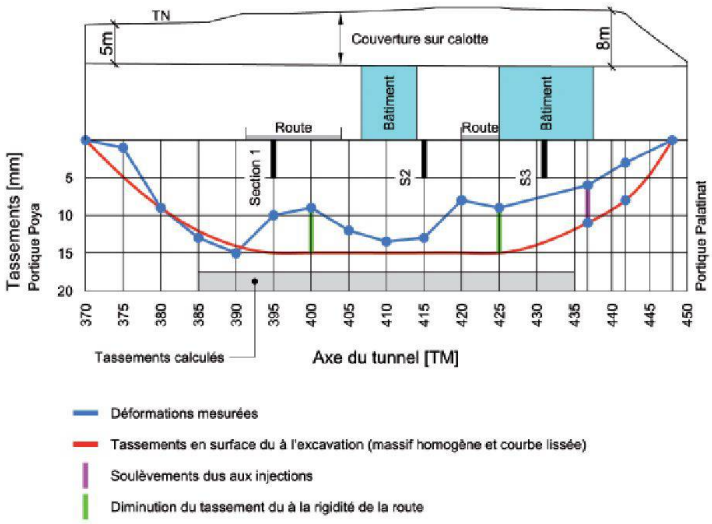


7

8

Fig. 9 : Tassements mesurés à l'axe du tunnel lors de l'excavation de la calotte

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



9

Contrôles durant l'exécution

Le système de mesure se compose de cibles implantées en surface sur le terrain et sur les bâtiments (tassements), de cibles fixées sur le soutènement (convergences) et d'extensomètres horizontaux dans le front.

Les cibles en surface sont distantes de 5 m et disposées à l'axe du tunnel ainsi que sur trois sections transversales de 60 m de largeur totale (fig. 2 p. 21).

Le bâtiment situé à l'axe du tunnel à moins de 8 m de profondeur a fait l'objet de mesures lors des différentes étapes d'excavation de la fouille et systématiquement lors de la réalisation du tunnel, après chaque tranche de 5 m d'excavation.

La figure 9 indique l'allure des déformations mesurées à l'axe du tunnel après l'excavation de la calotte sur toute la longueur. La courbe bleue indique les tassements mesurés. La courbe rouge, corrigée pour tenir compte des soulèvements induits par les injections et des points durs au droit des deux routes, indique les tassements dus à l'excavation uniquement. Cette courbe ramenée à zéro au droit des fronts d'attaque (portiques en béton rigides) s'approche d'une distribution théorique des tassements. La courbe met en évidence la bonne corrélation entre les valeurs calculées (environ 20 mm) et mesurées (15 mm pour l'excavation de la calotte et quelques mm pour l'excavation de la fouille) et souligne l'effet de voûte apportée par les deux routes en surface (coffre et revêtement bitumineux plus rigides).

Le système de mesure permet également d'identifier l'effet de front et l'extension de la cuvette des tassements. Les différentes sections de mesure mettent en évidence l'influence de l'environnement bâti sur les déformations de surface.

On peut relever qu'une bonne campagne géotechnique, une modélisation précise et un plan de contrôle bien conçu permettent de valider le concept, d'évaluer l'approche théorique par calcul et constituent de plus une aide précieuse pour l'adaptation inévitable du projet aux aléas géologiques et aux exigences de la réalisation.

Intervenants projet Poya

Maître d'ouvrage
Etat de Fribourg, Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions (DAEC), Service des ponts et chaussées

Mandataires
Projet génie civil du pont de la Poya (lot E)
GIPP Groupement d'Ingénieurs du Pont de la Poya : Groupe GVH par GVH Tramelan SA

Projet génie civil (lots C, C1, D) et direction des travaux (lots C, C1, D, E)
MPP Mandataires Projet Poya : Groupe GVH par GVH Tramelan SA (sous-traitant BInC) et Groupe SD par sd ingénierie Fribourg SA (sous-traitant Rhême et Jeanneret)

Géologue
Bureau technique Norbert, géologues-conseils SA, Romont (sous-traitant Gicot Géotechnique)

Géomètre
Groupement GMPP par Reso SA, Bulle

Entreprises
Tranchée couverte CFF, Tunnel Palatinat et galerie souterraine St-Leonard y compris travaux préparatoires (lots C, C1, D)
JPF Constructions SA, Frutiger SA et Infratunnel SA

Pont de la Poya (lot E)
Implenia Constructions SA, Grisoni-Zaugg SA et Routes Modernes SA, Sous-traitants Freyssinet SA (haubans) et Mageba SA (appuis et joints de chaussées)

Aldo Bisetti, ing. civil EPF
Bernard Houriet, dr ing. civil EPF
Dominique Tendon, ing. civil EPF
GVH Tramelan SA
Rue de la Paix 30, CH – 2720 Tramelan

Renaud Joliat, ing. civil EPF
sd ingénierie Fribourg
Route des Daillettes 21, CH – 1705 Fribourg 5

Gaëtan Baudin, ing. civil HES
Bureau d'ingénieur civil, CH – 1752 Villars-sur-Glâne