



RENENS-LAUSANNE | SAUT-DE-MOUTON

Ponctualité et fluidité

Le saut-de-mouton qui permettra de supprimer un goulet d'étranglement entre Lausanne et Renens est un remarquable ouvrage d'art, dont les défis de réalisation du point de vue qualitatif et en termes de délais sont particulièrement audacieux.

TEXTE: ANNIE ADMANE | PHOTOGRAPHIES: VANINA MOREILLON





Bâtir
1001 Lausanne
021/ 695 95 10
www.batir-jcsr.ch

Genre de média: Médias imprimés
Type de média: Presse spécialisée
Tirage: 8'000
Parution: mensuelle

Page: 26
Surface: 391'306 mm²

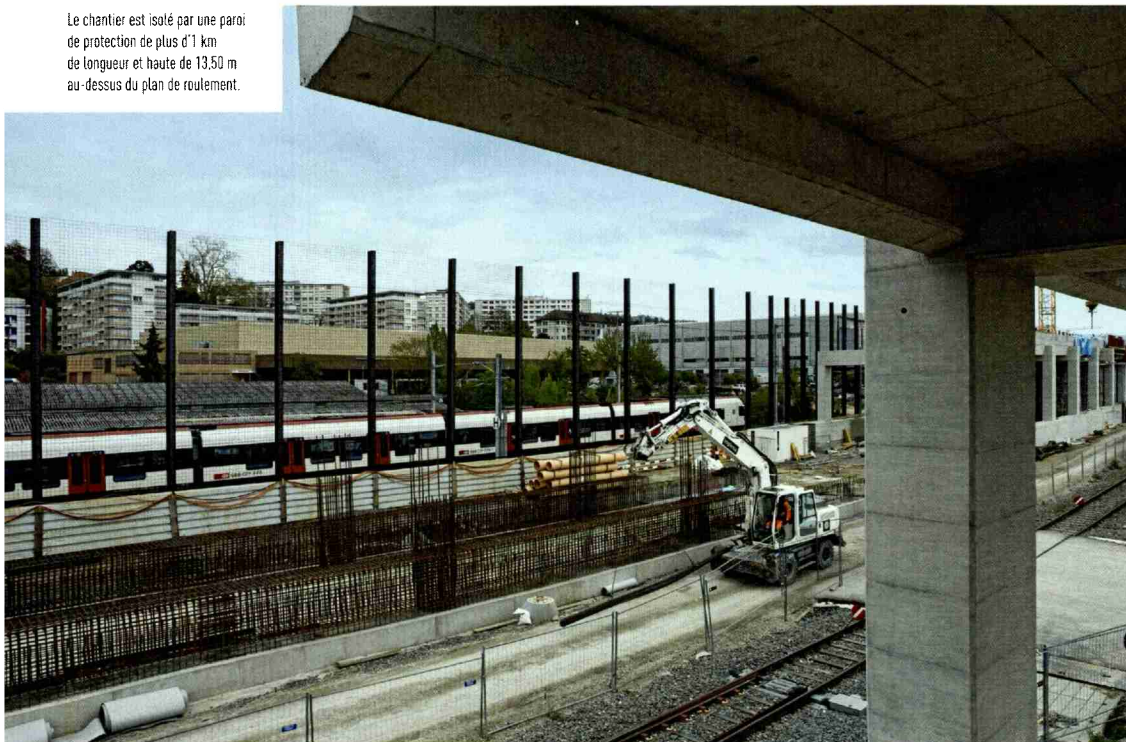
Ordre: 1094419
N° de thème: 862.021

Référence: 74233535
Coupure Page: 2/10



Sur la longueur totale de l'ouvrage, 40 à 50 réseaux divers occupent le sous-sol sous le saut-de-mouton, sans que l'on sache exactement où ils se trouvent. Des sondages préalables au forage des pieux ont donc été effectués.

Le chantier est isolé par une paroi de protection de plus d'1 km de longueur et haute de 13,50 m au-dessus du plan de roulement.





Tandis que les trains circulent sans cesse, la première pierre de la réalisation la plus emblématique de Léman 2030 – le saut-de-mouton entre la halte de Prilly-Malley et la gare de Renens – a été posée le 30 novembre dernier, par la présidente du gouvernement vaudois, Nuria Gorrite, et Serge Dal Busco, conseiller d'Etat genevois en charge des Infrastructures. A leurs côtés, Christophe Beuret, responsable des grands projets à la Division infrastructure de l'Office fédéral des transports, et Philippe Gauderon, responsable de CFF Infrastructure, qui en a rappelé la nécessité: «Ce saut-de-mouton a trois raisons d'être. La première est d'augmenter la capacité, en particulier pour le RER vaudois entre Cully et Cossonay. La deuxième est de permettre la transformation de la gare de Lausanne – les passagers qui viennent de Berne subissent l'inconfort des secousses provoquées par un champ de voies très compliqué à l'est de la gare de Lausanne; il n'y aura pratiquement plus d'aiguillage à cet endroit. Enfin, troisième raison, les trains croiseront en pleine vitesse, ce qui augmentera la ponctualité et la fluidité.» Ce dernier impératif a d'ailleurs été relevé par Christophe Beuret: «Avec l'horaire dense du réseau suisse, la stabilité est cruciale. Un retard entre Renens et Lausanne peut avoir des effets jusqu'à Romanshorn et inversement. C'est l'effet papillon du réseau ferroviaire.» La cérémonie s'est déroulée devant le prototype en grandeur réelle d'une arche préfigurant les 66 portiques qui constitueront un ouvrage voulu le plus ajouré possible, parce qu'érigé en plein secteur de mixité industrielle et urbaine.

Il s'est donc agi de conférer un haut niveau de transparence à la réalisation tout en préservant les impératifs géométriques liés, d'une part, au respect de la pente maximale de 2,5% du profil en long permettant à un train arrêté de redémarrer et, d'autre part, à la nécessaire robustesse propre aux ponts ferroviaires, qui leur permet de répondre aux exigences élevées en ce qui concerne les déformations ou les chocs.

«Cette idée s'est traduite en quelque sorte par une forme de «mille-pattes», notamment dans la zone de croisement, où la voie du saut-de-mouton est conçue comme un ruban posé sur une succession de cadres enjambant deux autres voies.» C'est ainsi que Michaël Maître, chef de projet CFF, perçoit l'objet, mais il n'a pas le temps de s'attarder à la comparaison: le scolopendre de béton, de 17 m de large aux entrées de la zone de croisement et de 9,10 m de hauteur entre les plans de roulement inférieur et supérieur, doit être réalisé rapidement.

En flux tendu

«Les temps impartis sont un énorme défi divisé en trois étapes: la première couvre 90% de la réalisation, soit 1000 m pour une longueur totale de 1175 m, et doit être réalisée en quatorze mois. Il s'agit tout d'abord du forage de 350 pieux sur lesquels l'ouvrage doit s'appuyer, aujourd'hui achevé. Actuellement (25 avril 2019, *ndlr*), quatre ateliers simultanés s'activent: la rampe côté Renens, qui amorce la montée de la voie; le pont côté Renens, ajouré; la galerie, soit la zone de croisement des trains, longue de 260 m, également ajourée; le pont côté Lausanne, que nous commençons maintenant», détaille Michaël



La longueur des pieux forés varie en fonction du niveau de la molasse en sous-sol.



Maître. Dans le but de permettre à l'entreprise d'engager un rendement de construction très élevé dès l'ouverture du chantier, la construction d'une paroi de protection de 1000 m de long et de 13,50 m de hauteur a été anticipée, entre octobre 2017 et octobre 2018, dans des conditions très complexes, puisqu'elle a été érigée entre les voies en service, avec 670 trains par jour. Présentement, cette paroi s'avère très bénéfique au planning, à la sécurité et à la qualité de réalisation. Ultime défi en cette fin d'avril, composer avec le chantier de la dernière partie du passage inférieur du Léman, qui se déroule dans le même temps et dans le même périmètre que celui du saut-de-mouton. «Nous ne disposons que d'une piste de chantier, poursuit le chef de projet CFF. Il a fallu trouver des synergies entre les différentes entreprises, qui devaient travailler rapidement et adapter leurs méthodes de construction pour éviter de se marcher sur les pieds.» La première étape ainsi que les travaux de plateforme ferroviaire devront impérativement être achevés à la fin de février 2020. L'étape intermédiaire qui s'ensuivra durera neuf mois. «Un ordonnancement minutieux des travaux ferroviaires permettra de basculer les deux voies au nord sur lesquelles passent aujourd'hui les trains, pour les faire transiter à l'intérieur de la galerie, sans coupure de trafic. De même, pour le génie civil, nous démantè-

rons 500 m de paroi de protection et construirons le quai de guidage, lequel est destiné à éviter qu'un train qui aurait déraillé ne percute les piliers de la galerie.» Durant cette phase, les trains circuleront au sud et au nord du domaine, contraignant l'entreprise de génie civil à travailler en ilot, c'est-à-dire confinée entre une voie principale en service et l'ouvrage construit dans la première étape. En outre, le planning devra respecter les jalons impératifs des travaux ferroviaires de maintenance, dont les dates sont réservées plus d'une année à l'avance.

Ces différentes opérations libèreront le flanc nord de toute voie ferroviaire aux abords de la halte de Prilly-Malley et autoriseront le démarrage de la dernière étape de construction de l'ouvrage, soit la rampe côté Lausanne, dès la mi-novembre 2020, en alimentant le chantier depuis le nord. A mi-2021, la structure de l'ouvrage sera achevée. Fin 2021, les travaux de plateforme et d'aménagement de voies, de lignes de contact, de câbles et d'installations de sécurité, sur l'ouvrage et au nord de celui-ci, seront totalement terminés.

Un ouvrage unique

La longueur des pieux forés varie de 5 à 30 m, étant donné que le toit de la molasse entre Prilly-Malley et la gare de Renens se trouve à des profondeurs très variables,

affleurant parfois en surface. Par conséquent, par endroits, l'ouvrage reposera directement sur le sol.

Pour la partie structurelle, comme l'ouvrage ne ressemble en rien à ce qui se fait usuellement, et considérant le peu de temps à disposition, Michaël Maître justifie le prototype qui marque l'entrée du site: «Pour confirmer les options prises, nous avons fait réaliser cet élément témoin, en marge du projet. L'idée était de s'exercer à la construction des détails complexes qui se répètent sur l'ouvrage définitif, et qui auraient pu mener à des non-conformités inacceptables, lorsque le chronomètre sera enclenché.»

Malgré l'aspect robuste de l'ouvrage, les éléments qui le constituent utilisent en de nombreux endroits les matériaux béton et armatures à un très haut niveau de capacité. «Nous avons été particulièrement attentifs au dimensionnement, poursuit Michaël Maître. Les calculs des ingénieurs ont fait l'objet d'expertises internes et externes aux CFF et certains détails ont également fait l'objet d'études spécifiques par l'EPFL.» Le saut-de-mouton supportera des charges ferroviaires lourdes et cycliques. Les éléments porteurs sont donc sujets aux phénomènes de fatigue. «Les cycles de charge sont induits par le fort impact répété des roues des trains sur les éléments structurels sensibles de l'ouvrage tels que le haut des piles ou la structure du tablier.»

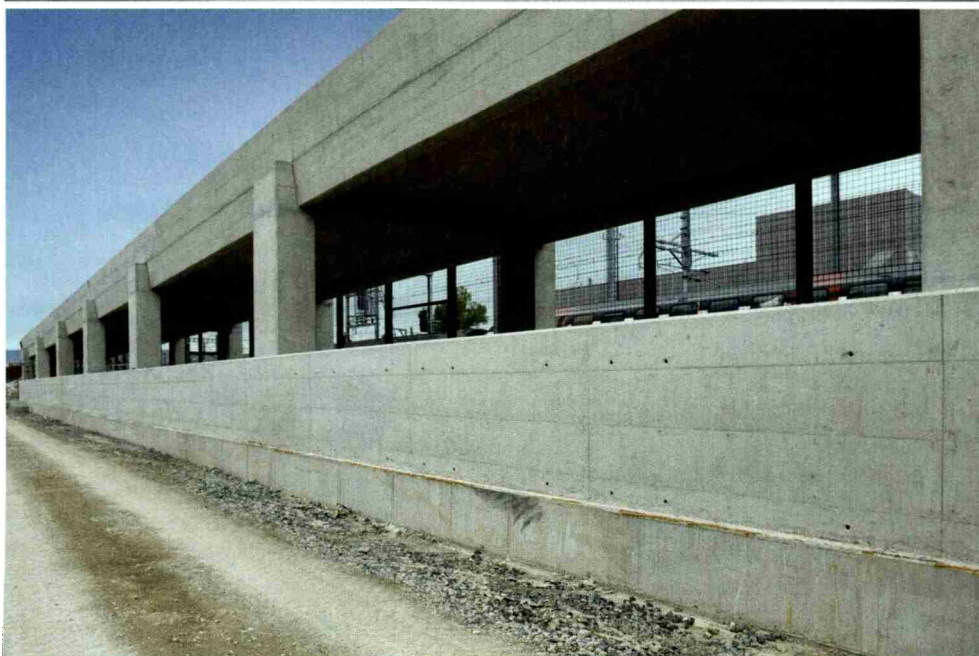
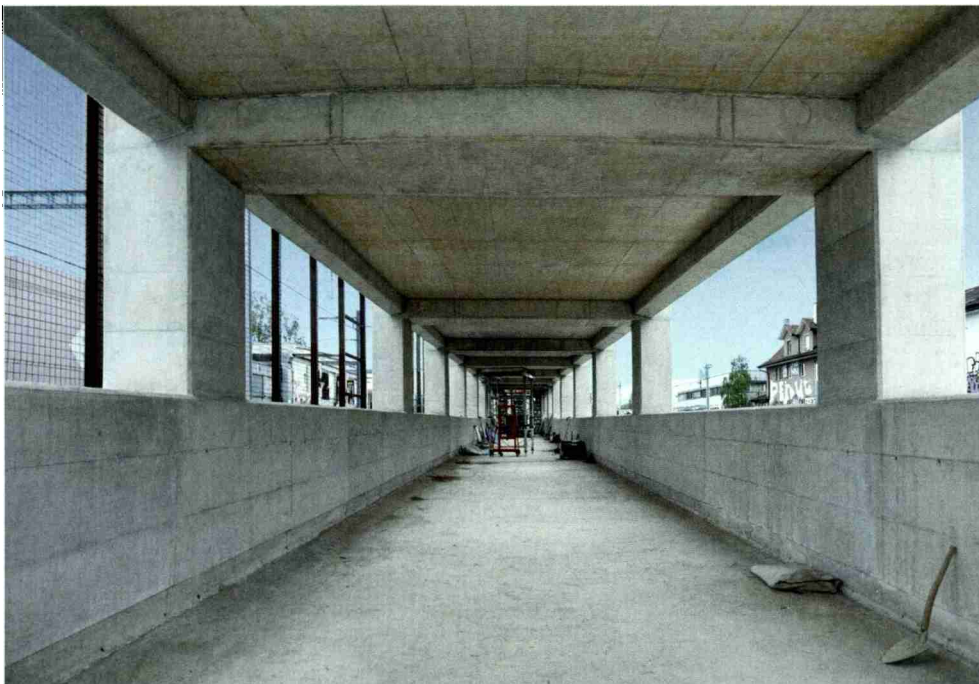


Les matériaux béton et armatures sont à un très haut niveau de capacité.

Le life-cycle cost a été optimisé en supprimant par exemple tous les appuis mécaniques (éléments d'usure) et en permettant les dilatations aux joints par le biais de piles diapasons plus souples. En ce sens, le saut-de-mouton est un pont intégral.

Un autre aspect contraignant de la conception et du dimensionnement est lié aux mesures imposées par les dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer (DE-OCF), qui visent à limiter l'importance des dommages matériels et corporels en cas de déraillement d'un train contre le viaduc. «L'exiguïté du domaine dans le périmètre du saut-de-mouton est telle que ces mesures ne pouvaient pas être appliquées. En collaboration avec l'Office fédéral des transports, nous avons mis au point des mesures dérogatoires efficaces en vue d'atteindre le niveau de sécurité des DE-OCF»,

explique Michaël Maître. Par exemple, les murs en pied de piles et aux entrées de galerie sont conçus de manière à guider les trains en cas de déraillement et à diminuer le risque de collision contre les porteurs. Toutefois, chaque pile est dimensionnée pour résister à un impact de choc colossal de 600 t. Par ailleurs, des piles diapasons ont été prévues tous les 45 à 68 m au droit des joints de dilatation. De fait, chaque tronçon de pont entre joints





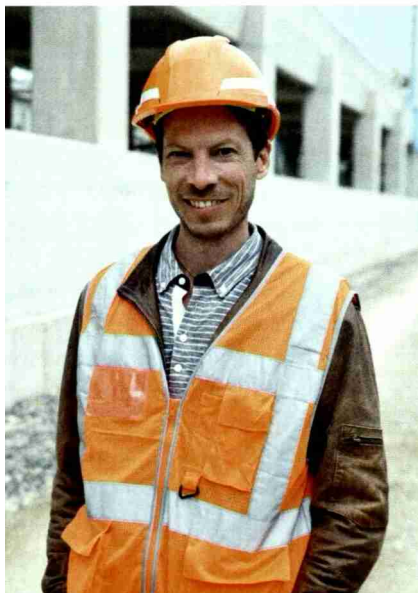
Bâtir
1001 Lausanne
021/ 695 95 10
www.batir-jcsr.ch

Genre de média: Médias imprimés
Type de média: Presse spécialisée
Tirage: 8'000
Parution: mensuelle

Page: 26
Surface: 391'306 mm²

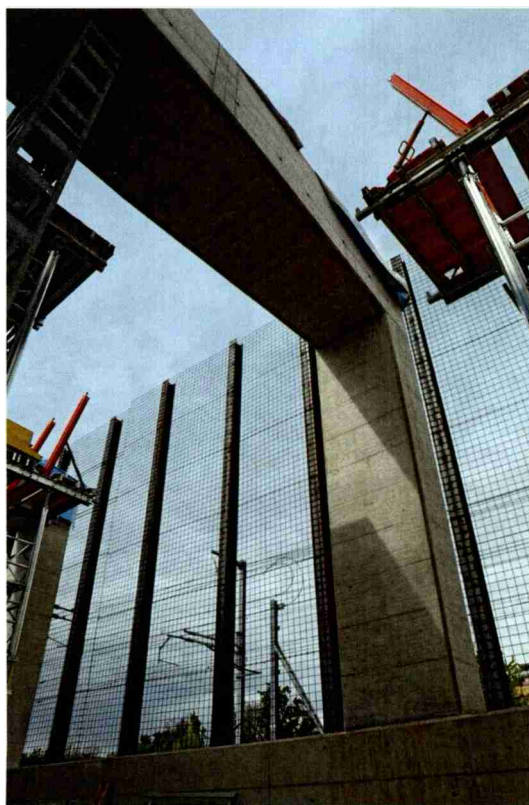
Ordre: 1094419
N° de thème: 862.021

Référence: 74233535
Coupure Page: 8/10



«Les calculs des ingénieurs ont fait l'objet d'expertises internes et externes aux CFF et d'études spécifiques par l'EPFL.»





La galerie présente une géométrie complexe où presque aucun élément n'est parallèle ou perpendiculaire à ceux qui l'entourent.

se comporte comme un pont intégral. Tout recours à des appuis mécaniques sujets à usure et nécessitant un entretien est ainsi évité. Les interventions de maintenance lourdes, contraignantes pour l'exploitation et onéreuses, sont donc réduites.

L'ouvrage est coulé sur place. «La réalisation de la galerie avance lentement en raison de sa géométrie extrêmement complexe; presque aucun élément n'est parallèle ou perpendiculaire à ceux qui l'entourent; les angles entre les piles et les murs d'appui ou entre le tablier et les traverses sont chaque fois différents. La menuiserie au niveau des coffrages est admirable», souligne le chef de projet. Trois classes différentes de résistance de

béton sont utilisées pour les divers types d'éléments. La centrale à béton foraine sur place alimente la totalité des bétons pour la première étape de construction. Enfin, l'ouvrage a été dimensionné en fonction du risque sismique, mais ce n'était pas prépondérant pour le dimensionnement. Les cas de charges les plus complexes à maîtriser sont en revanche ceux liés aux trois voies chargées dans la zone de croisement, dont le système statique s'apparente à un pont à deux niveaux de circulation qui repose ponctuellement sur des pieux forés. Le nombre de cas de charges étudiés est gigantesque.

Pour longtemps

Le saut-de-mouton est extrêmement long, avec des murs massifs dotés d'une armature contre la fissuration, dimensionnée selon les normes. Michaël Maître explique les orientations prises: «Sur certaines parties de murs qui n'ont pas de fonction porteuse, nous avons décidé de voir ce qui se passerait si on réduisait cette armature, afin d'avoir un regard expérimental et critique sur ce que proposent les normes en vigueur à partir d'hypothèses réalistes mais souvent défavorables qu'on n'a peut-être pas ici. Nous allons observer le développement de la répartition et de l'ouverture des fissures dans la durée. Cela pourrait nous permettre, dans certains cas futurs, de trouver le meilleur compromis entre une bonne mise en œuvre de béton et une densité d'armature de fissuration élevée.»

La convention d'utilisation prévoit une longévité de 100 ans pour le saut-de-mouton. «Moi, je parie sur une durée plus longue, assume le chef de projet. Si la qualité exigée est atteinte et que nous suivons les processus de contrôle que l'on s'est impo-



sés, il n'est pas illusoire de viser 150, voire 200 ans.» En tout état de cause, l'ouvrage sera mis en service en décembre 2021. ■

LES INTERVENANTS

LE PROJET

Programme CCF Infrastructure Léman 2030
Chef de projet: Michaël Maître

LES COMMANDITAIRES

Canton de Vaud
Canton de Genève
Office fédéral des transports
CFF

LA COORDINATION

Domaines de la technique ferroviaire,
installations de sécurité,
mesures de sécurité et d'exploitation
Services CFF Infrastructure Projets

LES MANDATAIRES

Auteur de projet

Groupement PMSB (Perret-Gentil
+ Rey & Associés SA, Monod-Piguet
+ Associés Ingénieurs Conseils SA,
Schopfer & Niggli SA, Bovay Consulting Sàrl)

Architecte sous-traitant

Farra Zoumboulakis & Associés architectes
urbanistes, Lausanne

Géotechnicien sous-traitant

Karakas & Français SA, Lausanne

Géomètre sous-traitant

Renaud et Burnand SA, Lausanne

Expertise ouvrage d'art

GVH Tramelan SA, Tramelan

Suivi environnemental

Biol Conseils SA, Lausanne

Coordination sécurité de chantier

Orqual SA, Carouge

Concept de mise à terre

Enotrac AG, Thoun et Lausanne

Spécialiste câbles

RS Ingénieurs SA, Jongny

L'ENTREPRISE

Construction (travaux d'ouvrage
d'art et de génie civil),
marché de travaux de construction
«TraGC8: saut-de-mouton
et solde 4^e Voie Lausanne - Renens»
Implenia Suisse SA, Onex