Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande

Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes

Band: 142 (2016)

Heft: 9: Remplacement des ponts sur le Rhône ; Agrandissement du tunnel de St-Maurice

Artikel: Un nouveau pont ferroviaire sur le Rhône

Autor: Anacleto, Hugo / Jakob, Tristan / Mühlberg, Hartmut

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-630494

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: 21.11.2025

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

1

Un nouveau pont ferroviaire sur le Rhône

Du 22 mars au 1er avril 2016, le pont ferroviaire métallique possédant la plus longue portée de Suisse a été lancé avec succès au-dessus du Rhône, à Massongex (VS). Trois opérations de ripage successives le verront remplacer définitivement les anciens ponts et permettront ainsi de lever des restrictions de trafic marchandises sur la ligne Lausanne-Brigue.

Hugo Anacleto, Tristan Jakob, Hartmut Mühlberg, Stéphane Utz et Philippe Morel

La ligne CFF Lausanne-Brigue enjambe le Rhône entre Bex et Massongex grâce à deux ponts métalliques parallèles **(fig. 1)**. Ces ouvrages ont été construits en 1903 (amont) et 1923 (aval). Ils portent chacun une voie unique et ont une portée identique de 70 m. Deux paires de ponts de 10 m de portée les complètent, amenant leur longueur totale à 90 m. Les voies existantes ne sont pas ballastées; elles se trouvent en position haute sur les ouvrages de rives et en position médiane sur les ouvrages au-dessus du Rhône. En raison du vieillissement de la structure, la catégorie de trains la plus lourde (D4) n'est plus admise sur le pont amont[1], pénalisant l'exploitation ferroviaire. Sur cette base, et tenant compte du projet de 3e correction du Rhône, les CFF ont décidé de remplacer les six ouvrages existants par un nouveau pont unique portant les deux voies ballastées sans limitation de catégorie de trains et permettant la réalisation d'éventuels travaux d'élargissement du fleuve.

Compte tenu des importantes charges de trafic liées au caractère ferroviaire de l'ouvrage et de la distance à franchir, le système porteur qui s'est imposé est un pont de type bow-string **(encadré « Pont bow-string », p. 12)**. Il est composé de deux arcs métalliques et d'un tablier mixte avec une auge en béton armé **(fig. 4a et 4b)**. Le nouvel ouvrage a une portée simple de 125.80 m, la plus grande de Suisse pour un pont ferroviaire métallique. La hauteur maximum de l'arc par rapport au plan de roulement est de 22.7 m. Les deux poutres longitudinales ont une hauteur de 4 m.

PHASAGE DES TRAVAUX

- Mise en place de 2 × 2 ponts provisoires (longueur 18.20 m, portée 17.50 m) au droit des futures culées, s'appuyant sur des micropieux
- Exécution de parois berlinoises pour les enceintes de fouille des nouvelles culées
- Terrassement par étapes sous les ponts provisoires et ancrage des parois berlinoises par des tirants actifs
- Exécution de pieux forés diamètre 1500 mm pour les culées, en partie avec déplacement des ponts provisoires lors d'une opération coup-de-poing sur un week-end
- Construction des culées sous les ponts provisoires
- Lancement de la structure métallique du nouveau pont
- Bétonnage du tablier et des sommiers latéraux
- Mise en place de l'étanchéité et pré-ballastage
- Remplacement des suspentes provisoires près des culées par les suspentes définitives
- Ripage du pont par étapes avec déconstruction des ponts existants
- Ripage de la voie amont sur 800 mètres[1]
- Ripage du pont en position définitive
- Mise en service des deux voies CFF sur le nouveau pont et bétonnage du solde des murs en aile des culées

1 Les anciens ponts n'ayant pas été construits simultanément, l'écart entre les deux voies est plus grand que celui possible sur un pont unique; cette opération permettra d'ajuster les voies au gabarit du nouveau pont.

Projet sous contraintes

La structure métallique a été montée in situ, sur la rive gauche du Rhône, et en amont des ouvrages existants **(fig. 2)**. La zone de construction a été définie par l'axe de ces derniers, ainsi que par la position de la ligne aérienne haute tension côté Bex. Outre le maintien du trafic ferroviaire, le chantier est également contraint par la présence d'un oléoduc sur la rive gauche et d'un gazoduc sur la rive opposée. Le choix d'un ripage de l'amont vers l'aval a été imposé par l'obligation de maintenir le trafic marchandises, et donc de conserver aussi longtemps que possible le pont aval actuel qui le supporte à lui seul.

La structure métallique a été lancée au-dessus du cours d'eau entre le 22 mars et le 1er avril 2016. Trois opérations de ripage successives, du printemps à l'automne 2016, permettront de le positionner définitivement. Elles s'effectueront selon une chorégraphie savamment orchestrée **(fig. 10)** afin de perturber au minimum l'exploitation du réseau ferroviaire. En effet, la circulation des trains ne sera interrompue totalement que durant deux nuits définies longtemps à l'avance, et qu'il n'est pas possible de repousser. Le nouveau pont sera également utilisé pour soutenir les ouvrages existants pendant leur déconstruction.

1 La conception du treillis métallique riveté des ouvrages principaux diffère entre les ponts amont et aval.

Infrastructures provisoires

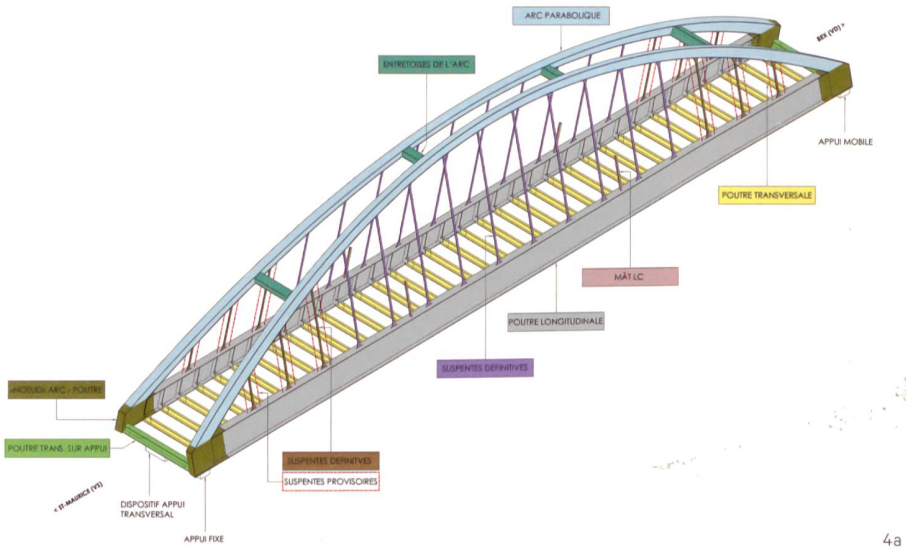
En complément aux palées provisoires soutenant la structure métallique dans la zone de montage, le chantier a nécessité l'aménagement de deux bancs de lancement/ripage (un sur chaque rive) et d'une paire de piles provisoires sur une plateforme réalisée dans le Rhône **(fig. 5)**.

Les deux bancs de lancement/ripage **(fig. 3)** sont conçus de manière similaire et fondés sur huit pieux de 1.50 mètre de diamètre et 20 m de profondeur. Ils serviront également au vérinage lors du montage des appuis définitifs. Le banc de lancement en rive gauche a accueilli les vérins **(fig. 8)** ayant permis de tirer le pont lors du lancement, au moyen de câbles fixés à l'extrémité valaisanne de la structure métallique.

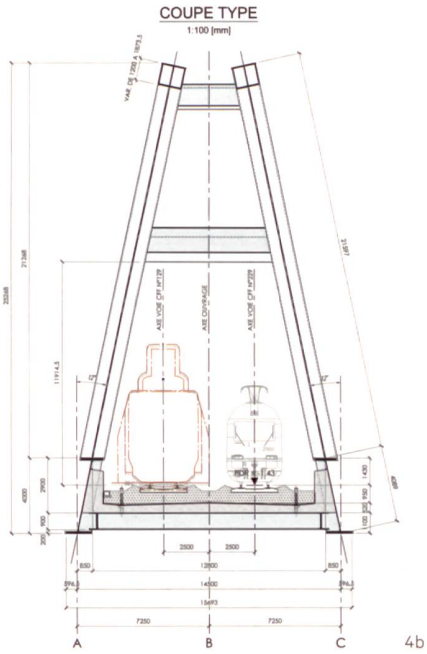
Pour des raisons liées aux contraintes hydrauliques du Rhône, les piles provisoires **(fig. 9)** se situent à 68 m du banc de lancement côté Massongex: le lancement d'une poutre simple nécessitant une distance entre les appuis provisoires inférieure à la moitié de la portée, il a fallu équiper le pont d'un avant-bec de 30 m de longueur. Ce dernier a été préfabriqué et installé sur place. Les piles provisoires sont installées sur une plateforme composée d'une digue en enrochement sur laquelle est créée une rampe d'accès, puis de la plateforme elle-même, soutenue par un rideau de palplanches ancré côté Rhône et par une digue en enrochement en aval.

2

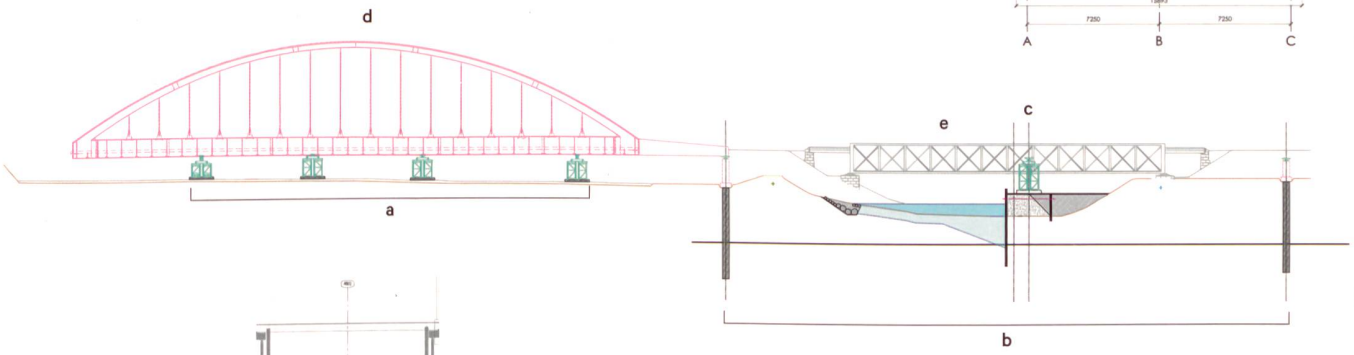
3



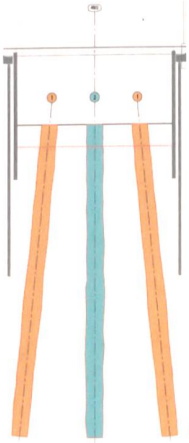
4a



4b



5



6

1 Vue aérienne du chantier : l'on y distingue le nouveau pont en construction (en haut à gauche), les bancs de lancement/ripage (de part et d'autre du Rhône), la plateforme sur laquelle sont construites les piles provisoires, les deux anciens ponts et les fouilles réalisées pour construire les culées (ainsi que les quatre ponts provisoires qu'exigent ces travaux). (Photo Swissgas)
2 Montage de la structure métallique du nouveau pont sur la rive gauche du Rhône, en amont des anciens ouvrages
3 Construction des bancs de lancement/ripage
4 a) Schéma du pont et de ses éléments et b) coupe du pont
5 Profil longitudinal du chantier : a) palées de soutien, b) bancs de lancement/ripage, c) piles et plateforme provisoires, d) nouveau pont et e) anciens ponts
6 Coupe sur les pieux de la culée fixe (Massongex)

Des investigations de berges ainsi qu'une bathymétrie ont été effectuées durant l'été 2015 afin d'établir les bases solides nécessaires aux calculs de dimensionnement de la plateforme. Lors des travaux préliminaires avant l'intervention principale, un confortement de la berge valaisanne a été réalisée sur 70 m pour éviter tout risque d'érosion. Des essais ont été effectués afin de valider la portance du système et d'estimer au plus proche les tassements lors du lancement de la charpente métallique.

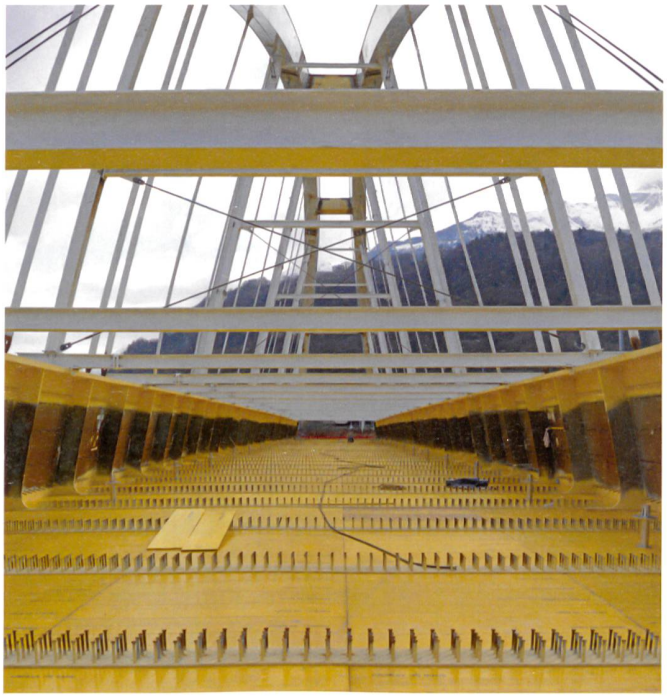
Le système mixte palplanches et blocs a été retenu car il permet de limiter au maximum la réduction du gabarit fluvial en phase travaux et assure la stabilité de la plateforme même avec des affouillements généraux et locaux. Les palplanches étant faciles à retirer, le lit du Rhône sera restitué libre de tout reste de construction puisque les piles provisoires seront démontées après le lancement.

Appuis définitifs

Le pont reposera sur quatre appuis de type sphérique, libres transversalement et bloqués longitudinalement sur la seule culée côté Massongex. Les efforts transversaux en service, et surtout les charges sismiques, sont repris par le biais de butées transversales à l'axe de l'ouvrage aux deux extrémités. Le côté mobile du pont se trouve côté Bex, où les voies seront équipées d'appareils de dilatation.

Les deux culées sont en béton armé avec fondations profondes. La culée fixe comporte trois rangées de cinq pieux de 1.50 m de diamètre et d'une longueur de 27 m. Afin de pouvoir reprendre les efforts horizontaux notamment dus au séisme (±21 000 kN en sens longitudinal et ±16 000 kN en sens transversal), les pieux extérieurs ont été inclinés à 5.7°, la largeur de l'enceinte de fouille étant limitée par la portée des ponts provisoires à disposition lors des travaux (17.50 m). La position des pieux des deux culées a été fixée en fonction des conditions d'exploitation ferroviaire. Les pieux les plus sollicités par les efforts dus au séisme ont nécessité la mise en place d'une double cage d'armature en partie haute. La culée mobile quant à elle comporte deux rangées de cinq pieux de 1.50 m de diamètre pour une longueur de 20 m. La géométrie des culées a été définie en fonction des étapes de ripages avec mise en service intermédiaire de la voie amont mais également de manière à pouvoir procéder facilement aux futures inspections et changement d'appuis.

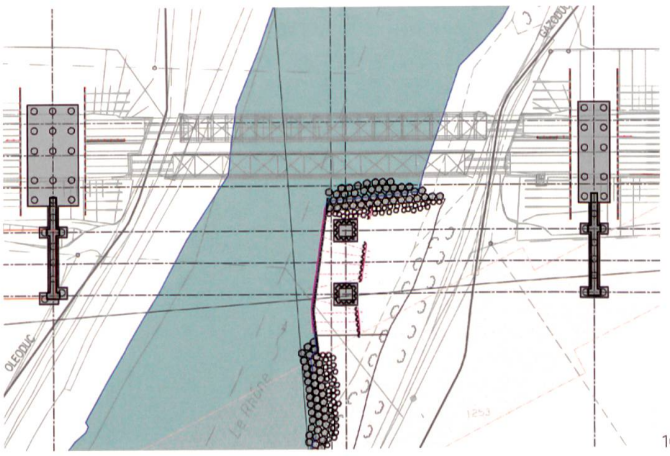
Afin de maintenir du trafic ferroviaire, la réalisation des culées à leur emplacement définitif a nécessité la pose de quatre ponts provisoires **(fig. 1)**. Deux enceintes de fouilles ont été nécessaires pour permettre les terrassements au-dessous des ponts provisoires. Cette phase du projet a vu la réalisation de 32 micropieux (ROR 139.5-12 S355 avec injections répétitives et sélectives de 21 m de longueur), 90 pieux (ROR 323-16 S355 de 12 m de longueur avec forage excentrique), 145 ancrages et 5800 m³ de terrassement par étapes.



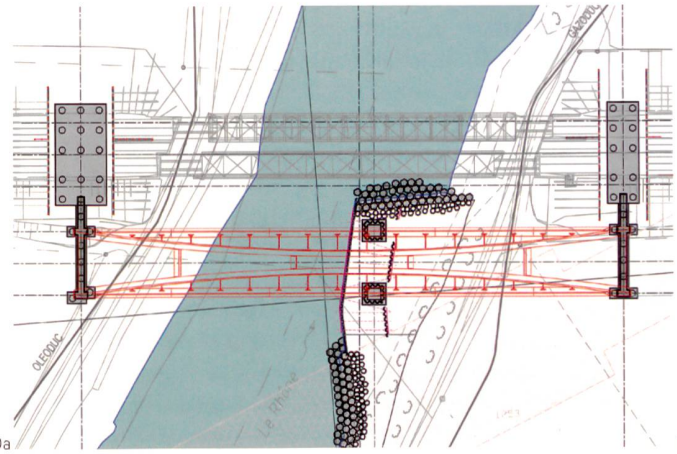
7

8

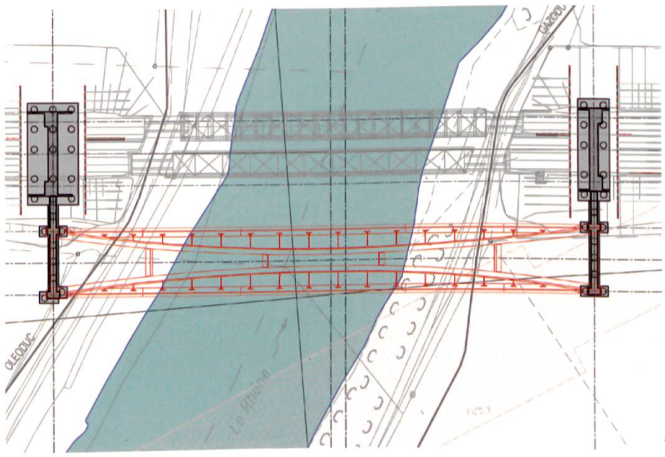
9



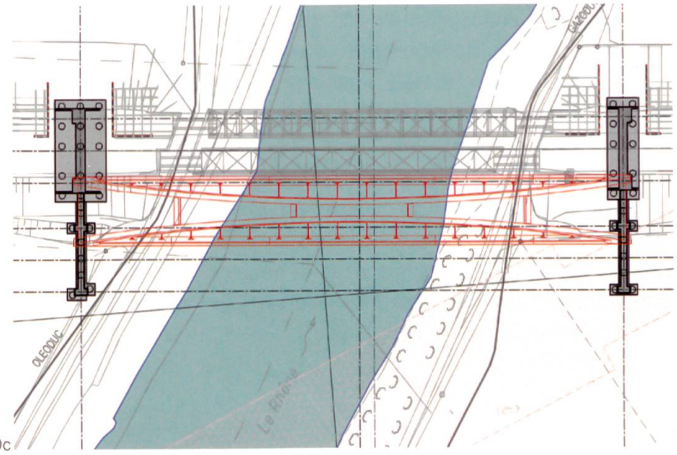
10a



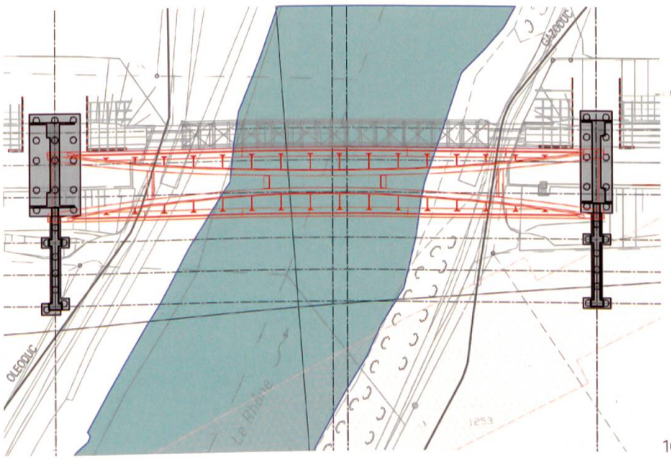
10b



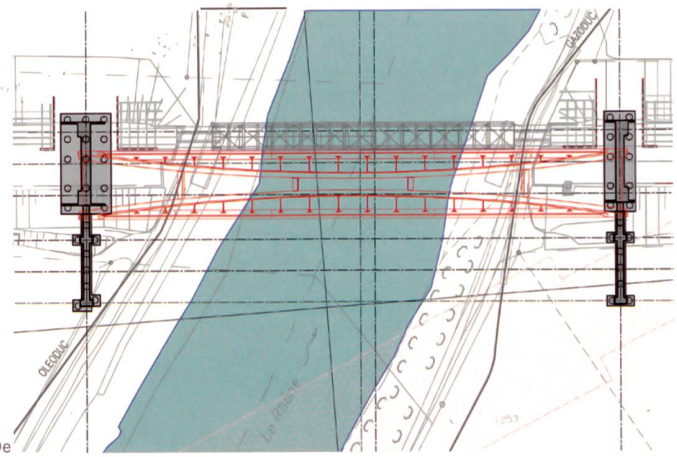
10c



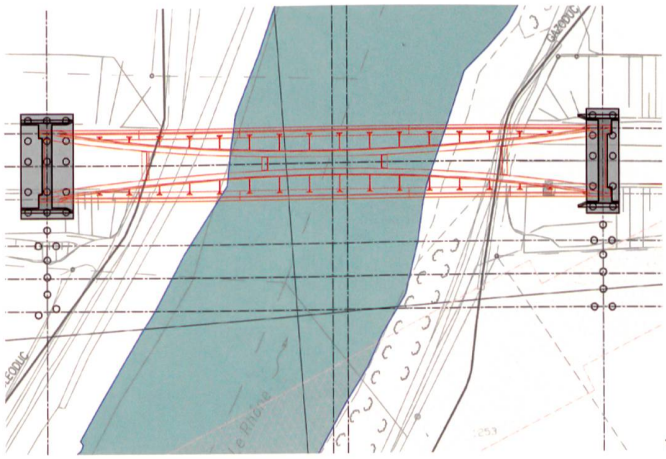
10d



10e



10f



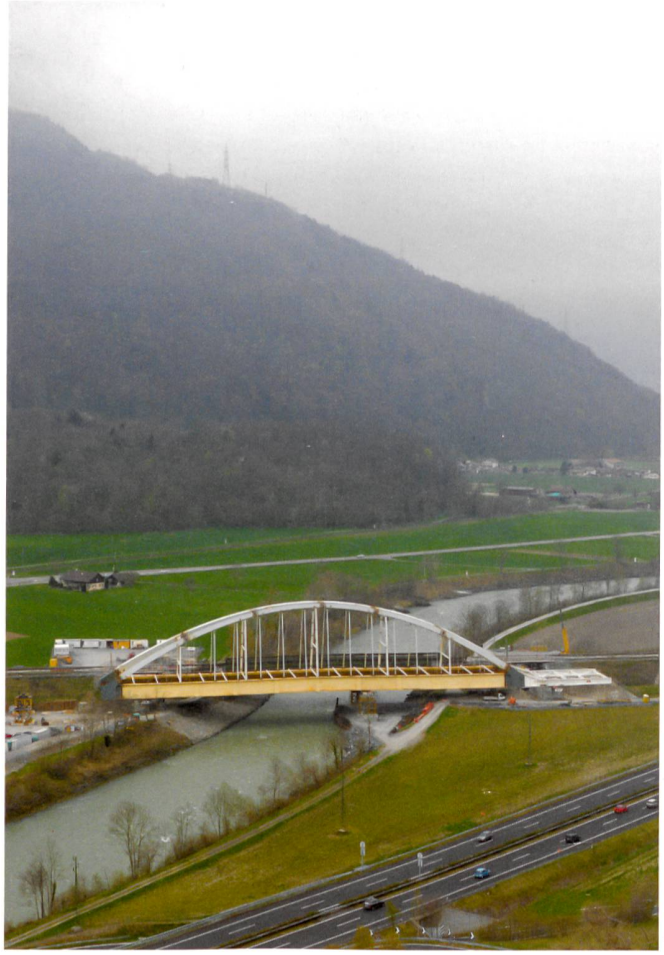
10g

7 Partie métallique de l'auge mixte acier/béton
8 Vérins et câbles de lancement sur le banc de lancement/ripage en rive gauche
9 Passage de l'avant-bec sur les piles provisoires
10 Phases de ripage : a) état initial, b) lancement du pont, c) retrait de la plateforme portant les piles provisoires, d) pré-ripage contre le pont amont et démolition de ce dernier, e) ripage intermédiaire et mise en œuvre de la voie amont, f) mise en service de la voie amont et démolition du pont aval, g) ripage définitif

Structure métallique et tablier

La structure métallique primaire du bow-string se compose de deux arcs métalliques inclinés de 12° vers l'intérieur de l'ouvrage et de deux poutres longitudinales faisant office de tirants et créant la rigidité flexionnelle nécessaire **(fig 4a et 4b)**. Les arcs ont une section rectangulaire en caisson composé-soudé avec une troisième âme centrale dans l'axe des suspentes. Leur hauteur varie de 1.85 m à la base pour 1.20 m à la clé. Ils sont stabilisés par quatre entretoises en caisson et étayés pendant la phase du lancement. Le pied de l'arc est encastré dans les deux poutres transversales sur appui, d'une hauteur de 1.10 m, qui assurent la transmission de l'action sismique transversale aux culées.

Les poutres longitudinales sont également inclinées dans le même plan de 12° **(fig. 7)**. Elles sont constituées de composés-soudés en I d'une hauteur constante de 4 m avec une âme centrale traversant la semelle supérieure et sur laquelle viennent se fixer les suspentes. Dans la zone du nœud à l'extrémité de la poutre et à l'intersection avec l'arc, les poutres sont caissonées. La déformation du pont sous charges ferroviaires excentrées est déterminante pour la hauteur de la poutre. Les poutres longitudinales ont une contre-flèche de 200 mm, les poutres transversales de 20 mm.



11

PONT BOW-STRING

Le terme bow-string vient des mots anglais bow = arc et string = corde, faisant tant référence à la géométrie du pont qu'à son principe statique. Il désigne une catégorie de pont constitué d'un tablier faisant fonction de tirant, et d'arcs encastrés aux extrémités dans les poutres latérales du tablier. En travée, le tablier est suspendu aux arcs par des suspentes.

Les arcs sont soumis à des efforts de compression longitudinaux sous l'effet des charges verticales transmises par les suspentes. Les réactions d'appui horizontales des arcs qui en découlent sont intégralement reprises par les tirants, si bien que ne sont transmis aux culées que des efforts verticaux (exception faite des efforts liés aux accélérations/décélérations des trains, vent, choc et séisme).

CHIFFRES CLÉS

Portée: 125.80 mètres
Largeur: 14.50 mètres
Hauteur totale: 25 mètres
Poids total: 8000 tonnes (2500 tonnes d'acier, 3000 tonnes de béton pour le tablier et 2500 tonnes de ballast/voies)
Planification des travaux: avril 2015 à mars 2017
Coûts des travaux: 34 millions de francs

INTERVENANTS

Maître d'ouvrage: CFF SA Infrastructure, Projets, Engineering, Centre de compétence ponts
Auteur du projet: Groupement Monod-Piguet + Associés Ingénieurs Conseils SA – Synaxis SA Lausanne
Direction locale des travaux: Groupement Monod-Piguet + Associés Ingénieurs Conseils SA – Synaxis SA Lausanne
Génie civil: Implenia Construction SA
Construction métallique: Zwahlen & Mayr SA

11 Le Rhône est enjambé: encore une dizaine de mètres pour compléter l'opération de lancement.
(Sauf mention, tous les documents illustrant cet article ont été fournis par le Groupement MPAIC + Synaxis et les photos sont de Hartmut Mühlberg, Monod-Piguet + Associés Ingénieurs Conseils SA)

Les poutres longitudinales sont reliées aux arcs par des suspentes (16 par côté) constituées de fers plats d'une section de 60 mm × 300 mm. Afin d'éviter une flexion trop importante dans les suspentes d'extrémité, des suspentes provisoires, plus souples, sont mises en place lors du montage. Après lancement et bétonnage du tablier, elles sont remplacées par les suspentes définitives. La partie métallique du tablier est composée de 36 poutres transversales espacées de 3.40 m, toujours en composé-soudé, d'une hauteur de 0.90 m et avec une contre-flèche de 20 mm, qui forment une section mixte avec la dalle en béton.

La structure métallique est entièrement en acier S355 M/ML. Les épaisseurs des tôles constituantes vont de 20 mm pour les âmes des poutres transversales à 120 mm pour les semelles des poutres longitudinales. La structure est revêtue d'un système de protection anticorrosion par métallisation, qui consiste à projeter du zinc en fusion sur l'acier grenaillé. Le système est complété par un bouche-pores, une couche intermédiaire et une couche de finition.

L'auge est constituée par une dalle de 52 cm d'épaisseur à l'axe et minimale de 40 cm aux points bas, et par deux poutres latérales d'épaisseur variable et de 2.20 m de hauteur, bétonnées contre les poutres longitudinales en acier. L'arasée des poutres en béton est inclinée vers l'intérieur de l'ouvrage. Les eaux du tablier du pont s'écouleront directement dans le Rhône ou sur les berges. Le fond de l'auge en béton sera réalisé en facettes avec des pentes minimales de 2% permettant de conduire les eaux aux points bas situés de part et d'autre de l'ouvrage et espacés de 6.80 m. Une étanchéité composée d'un lé collé en plein, type LBP, de 5 mm et protégée par une couche d'asphalte coulé de 40 mm recouvrira l'ensemble de la surface de l'auge. Le tablier recevra enfin une épaisseur de ballast de 75 cm (55 cm sous traverses), avec une réserve de bourrage de 12 cm.

Fin juin 2016, une fois les travaux de génie civil majoritairement achevés, débutera la phase ferroviaire proprement dite, qui verra la pose des voies et des lignes de contact avant le dernier ripage, en novembre 2016. Place ensuite aux trains, qui pourront alors passer sous les arches du nouveau pont sur le Rhône!

Hugo Anacleto, ingénieur civil dipl. HES, Synaxis SA (Lausanne)
Tristan Jakob, chef de projet, CFF
Hartmut Mühlberg, ingénieur REG A, Monod-Piguet + Associés Ingénieurs Conseils SA
Stéphane Utz, ingénieur civil dipl. EPFL, Zwahlen & Mayr SA

Votre expert en génie civil et en travaux publics spécialisés.
Excavations, Pieux, Ancrages, Terrassement,
Constructions hydrauliques.
jms-risi.ch

JMS RISI AG
Rapperswil-Jona: +41 55 286 14 55, Baar: +41 41 766 99 33, Sion: +41 27 322 63 60, info@jms-risi.ch