

02/16 steeldoc

Ponts



Un nouvel élément bien intégré

Maître de l'ouvrage

Aare Seeland mobil AG, Langenthal

Ingénieurs

Fürst Laffranchi Bauingenieure GmbH, Aarwangen

Achèvement

2015

Depuis sa mise en service en 1907, l'ancien pont ferroviaire situé non loin du château d'Aarwangen était l'élément marquant de ce franchissement historique de l'Aar. Cet ouvrage a été remplacé en 2015. Le nouveau pont de chemin de fer témoigne de l'époque industrielle par une interprétation moderne de la poutre à treillis.

En Suisse, les ponts ferroviaires historiques et leur structure porteuse sont inspectés périodiquement. Ces contrôles réguliers permettent de constater la nécessité d'une remise en état, voire d'un remplacement le cas échéant. En règle générale, les services des monuments historiques sont soucieux de conserver les témoins de l'époque industrielle. Mais si l'ampleur des travaux de réparation est disproportionnée ou si la valeur immatérielle de l'ouvrage est limitée comme dans le cas du pont d'Aarwangen, un remplacement peut être envisagé.

Le Pont de l'Aar historique à Aarwangen : la route à voie était d'environ la moitié de la hauteur de la bandage herniaire.



Situation, 1:30 000

Un ancien pont dans la force de l'âge

Un pont situé à proximité immédiate du château existe depuis le XIII^e siècle. Jadis, il servait non seulement de franchissement du fleuve, mais aussi de poste de douane, comme le rappelle aujourd'hui encore le resserrement sur la tête de pont, côté sud. Lorsque l'on vient de Niederbipp, ce passage sur l'Aar mène à Langenthal via le château d'Aarwangen et l'auberge Gasthaus Bären (qui abritait autrefois les douanes). Les passerelles ferroviaire, routière et piétonnière constituent un ensemble inscrit à l'Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse (ISOS), en tant que cas particulier d'« importance nationale ». En raison de sa structure rivetée typique des ouvrages métalliques du début du XX^e siècle, l'ancien pont de chemin de fer était aussi répertorié au recensement architectural du canton de Berne en tant que monument méritant d'être conservé (objet cantonal, groupe C). Pour cette raison, couplée à son bon état de conservation, cet ouvrage historique devait originellement être sauvegardé. L'expertise conduite en 2011 par le professeur Eugen Brühwiler à la demande de l'Office fédéral de la culture (OFC) souligne la qualité esthétique et structurale de cette construction métallique d'une grande légèreté.

Cette étude confirme l'intérêt lié à la situation de ce pont, et plus généralement aux franchissements ferroviaire, routier et piétonnier de l'Aar, mais conclut à une valeur culturelle et historique plutôt minime. En effet, cette construction métallique n'était pas une référence remarquable dans le domaine des ponts rivetés et les opérations de consolidation entreprises en 1979 avaient grandement dénaturé l'original et porté préjudice à l'esthétique des détails. Pour des motifs d'ordre technique et économique, le Service cantonal des monuments historiques a donc consenti au remplacement de l'ancien ouvrage, en précisant toutefois qu'il ne s'agissait pas de réaliser une réplique du pont historique.



Une poutre à âme pleine perforée

Le pont à tablier inférieur, proposé par les concepteurs, ne manque pas d'atouts, tant sur un plan formel que structural. Situé au même endroit, avec le même système statique à deux travées d'une portée de 48 mètres chacune, le nouvel ouvrage enjambe l'Aar avec une poutre métallique à âme pleine et membrures parallèles. La voie ferrée est toujours située à mi-hauteur entre les deux poutres principales à symétrie double. Les concepteurs ont pu réduire à 3,10 mètres la hauteur de la poutre, alors que le treillis en N atteignait 4 mètres à l'origine. Le bord supérieur des poutres est maintenu par les socles du pont routier et donc à la hauteur d'une main courante ordinaire. L'élanement ainsi obtenu ($L/15$) augmente la berge, ce qui est appréciable en cas de crues. Elle autorise aussi un abaissement du bord supérieur de la membrure, ce qui améliore la visibilité sur le paysage fluvial pour les voyageurs en train. Les tôles de l'âme sont perforées. Les ouvertures en forme de losange, disposées selon un rythme régulier sur toute la longueur de la poutre, ont été réalisées à l'aide d'un appareil d'oxycoupage commandé par robot. Le côté des losanges présente une longueur variant entre 0,18 mètre et 0,50 mètre selon l'intensité de la contrainte de cisaillement. Lorsque les efforts tranchants sont élevés, les trous sont plus petits, et inversement ils sont donc plus grands en milieu de travée. Les poutres perforées ont pu être mises en œuvre du fait de la relative légèreté du chemin de fer à voie étroite. Grâce à la faible intensité du trafic, la construction est moins sujette à la fatigue ; l'état limite de service a été déterminant.

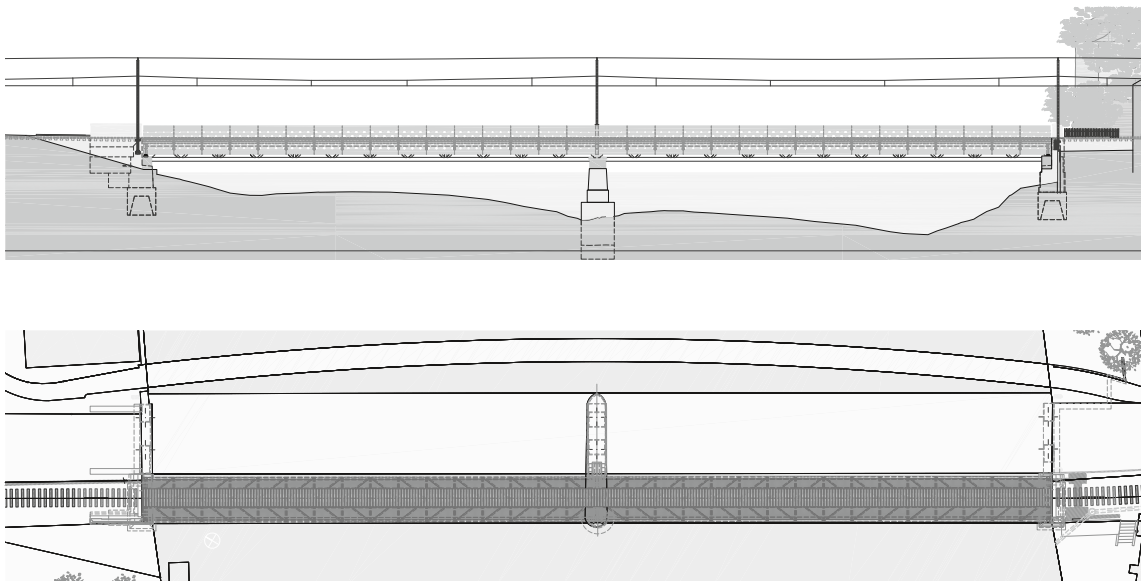
S'inspirant des poutres à treillis avec assemblage par rivets du XIX^e siècle, le profilage de l'âme reflète la logique entre stabilité et esthétique. Il confère à la poutre une légèreté visuelle, tout en produisant un effet de surface et de transparence. La vue sur le pont, côté amont, a été adoucie et le poids de la poutre a pu être réduit de 5% environ, ce qui a été un avantage en particulier pour le montage.

Planning des travaux : concis, bref et efficace

Le remplacement du pont sur l'Aar s'est déroulé en deux temps. La superstructure a été préfabriquée en atelier, ce qui a permis sa mise en place dans un espace réduit ainsi qu'une interruption du trafic ferroviaire de seulement quatre semaines. Grâce au degré élevé de préfabrication, à l'anticipation des mesures de stabilisation et à une gestion efficace des travaux, toutes les étapes de remplacement du pont ont pu être réalisées dans ce site exigu : démontage de l'ancien pont, réalisation des travaux de protection contre les affouillements au pied de la pile, renforcement de la culée au sud à l'aide de micropieux, restauration et surélévation de 0,65 mètre de la pile et des culées, transport en convoi exceptionnel de nuit, montage de la nouvelle superstructure et mise en place des dispositifs techniques ferroviaires (traverses, points d'appui, rails, poteaux de caténaire, contrôle des trains et câblages). La superstructure du pont a été divisée en quatre segments de 50 tonnes et près de 25 mètres chacun. Le montage a pu être effectué avec des dispositifs accessoires minimales comme des palées enfoncées au fond du fleuve. Deux grues de 130 tonnes sur pneumatiques ont été utilisées pour retirer les anciens

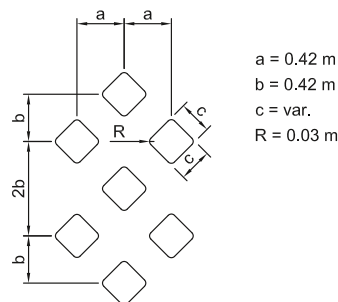
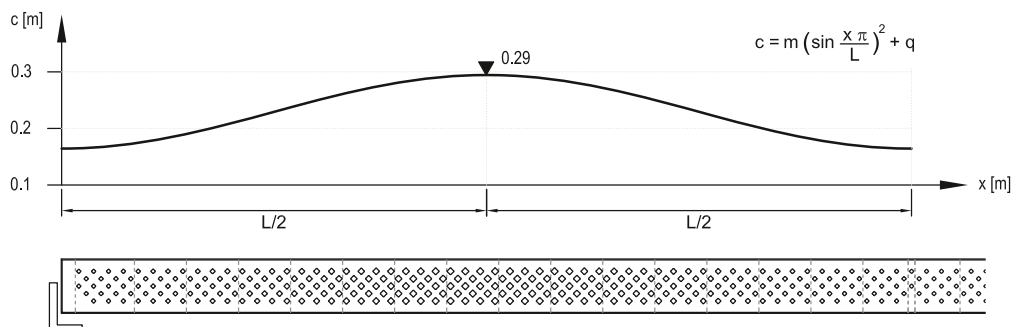
L'Aar dans la zone de rétention de la centrale électrique de Wynau à proximité d'Aarwangen : le nouveau pont occupe la place qu'il mérite dans cet ensemble comprenant le château et l'ancien bâtiment des douanes. Il s'insère dans le paysage sans s'imposer.

Vue (en haut) et situation (au centre), échelle 1:800 : le pont suit un tracé rectiligne entre les culées existantes. Les rails suivent une légère courbe. Les culées (la culée sud a été renforcée avec des micropieux) et la pile (appareil d'appui fixe, mesures de protection contre les affouillements dans le fleuve) ont été surélevées de 0,65 mètre à l'aide d'une construction en béton.

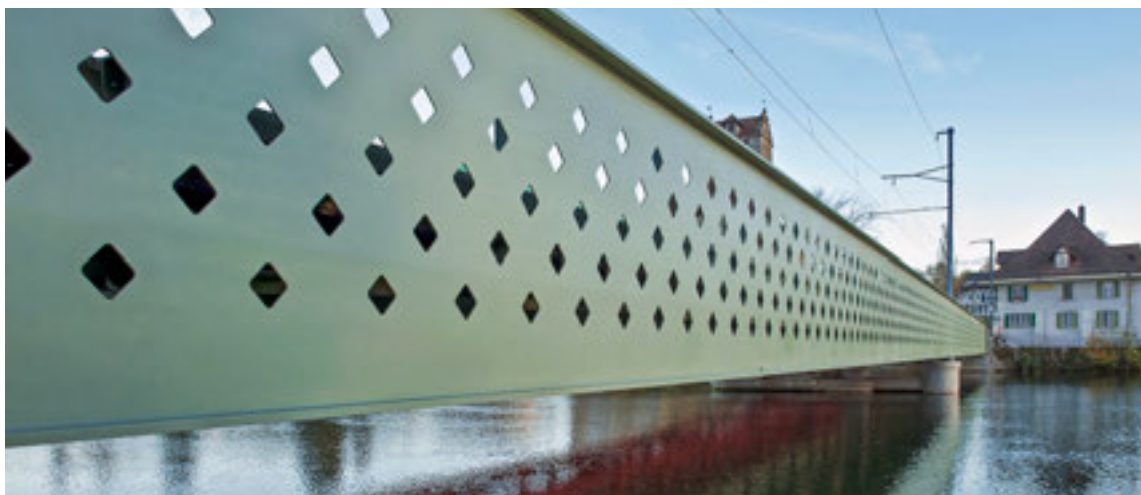


éléments depuis le pont routier parallèle, situé juste à côté, et insérer les éléments de remplacement. Pour avoir l'assurance que le pont routier résisterait aux charges importantes, l'ouvrage a été entièrement recalculé. Les pressions ponctuelles maximales ne devaient pas dépasser 530 kN par étai. L'éventualité d'une rupture par cisaillement de la plaque de console

a joué un rôle déterminant. Une poutre de répartition d'une longueur de 3 mètres et des plaques de répartition de la charge de 1 x 1 mètre ont réduit les efforts de compression, ce qui a permis d'éviter la mise en œuvre complexe et coûteuse de vérins hydrauliques et de plateformes flottantes pendant les travaux.



La variation des dimensions des orifices a été calculée à l'aide d'une fonction sinusoidale élevée au carré, dont la demi-onde correspond à la portée. La constante q décrit les dimensions minimales du trou ; m est une constante qui définit l'amplitude de la variation des trous.



Le montage du nouveau pont ferroviaire s'est déroulé dans l'ordre inverse de la démolition. Il a donc fallu réaliser les trois joints longitudinaux par soudage MAG (Metal Active Gas) sur site. D'une façon générale, la construction présente très peu de soudures. Globalement, elle s'avère ainsi moins sensible à la fatigue que les structures soudées conventionnelles. Les dernières opérations de soudage MAG ont été réalisées dans des abris provisoires. Après l'achèvement des joints et l'application d'un traitement supplémentaire des surfaces, les rails et les dispositifs techniques ferroviaires ont été mis en place. Le pont a pu être ouvert à la circulation au terme d'une interruption du trafic de quatre semaines.

Rapport entre l'ancien et le nouveau

A l'instar de l'ancienne structure à rivets, la nouvelle construction métallique est un gage d'efficacité à de nombreux égards : courte durée des travaux, coût réduit et esthétique d'une grande sobriété. La légèreté de la structure souligne son efficacité technique et minimise les inconvénients de la poutre à âme pleine, comme par le passé. Alors que la construction métallique rivetée était une solution éprouvée et fréquemment employée au début du XX^e siècle, cette structure contemporaine récente doit encore faire ses preuves.

L'aspect du pont, à mi-chemin entre la poutre à âme pleine et la poutre à treillis, ne manque pas d'atouts et montre à quel point l'élaboration formelle et la conception particulière sont essentielles pour un ouvrage d'art. Cette réalisation démontre la grande liberté laissée par une structure (poutre à âme pleine) a priori banale. Cette subtile réinterprétation confirme l'efficacité et la rentabilité de mise en œuvre de la poutre à treillis, déjà vérifiée à l'époque.

A cet égard, les trous ne sont pas des éléments simplement décoratifs, mais une réponse adéquate à la diversité des solutions conceptuelles, qui peuvent être techniquement mises en œuvre aujourd'hui, y compris en termes de stabilité et d'esthétique.

Clementine Hegner-van Rooden,
correspondante en génie civil TEC21



Références bibliographiques

- Expertise «Bahnbrücke in Stahlbauweise über die Aare, Aarwangen BE, Beurteilung der Erhaltungswürdigkeit und -fähigkeit», Eugen Brühwiler
- TEC21 45/2013, Proposition pour un concours «Ersatzneubau Aarebrücke Aarwangen», Clementine Hegner-van Rooden
- TEC21 47/2015, «Reminiscenz an den Gitterträger», Armand Fürst, Diego Somaini
- SZS-steeldoc 03+04/2013, «Historische Stahlbrücken»

Localité Aarwangen BE

Maître de l'ouvrage Aare Seeland mobil AG, Langenthal

Ingénieurs Fürst Laffranchi Bauingenieure GmbH, Aarwangen

Maîtrise d'œuvre ARGE ASM pont Aarwangen :

Meier + Jäggi AG, Zofingen (génie civil, construction des voies ferrées, aménagements fluviaux) / Senn AG, Oftringen (construction métallique)

Système porteur Poutre à deux travées

Structure Poutre à âme pleine perforée

Nuance d'acier S355 K2 + N

Traitement de surface Protection anticorrosion, 4 couches, classification C4

Tonnage 200 t

Coût des travaux 2,51 millions de francs

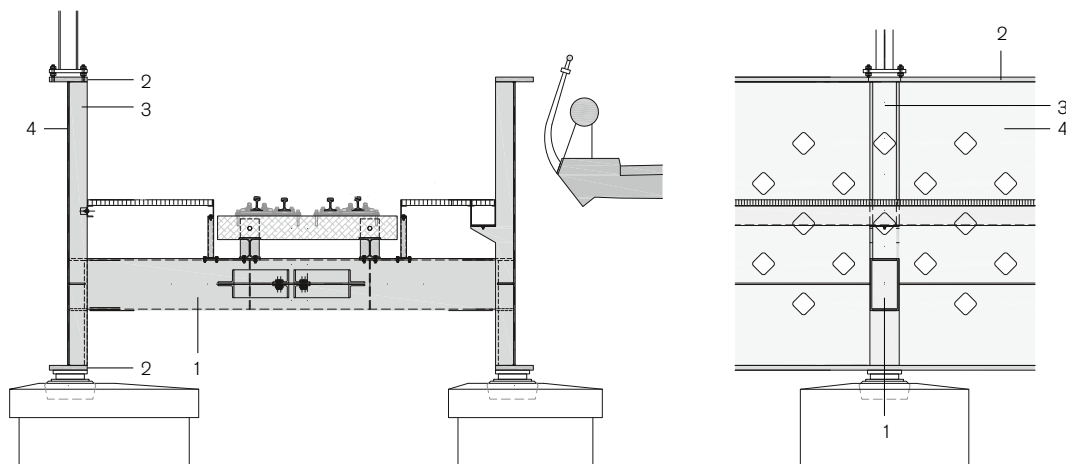
Durée des travaux Juillet à octobre 2015

(interruption du trafic ferroviaire : du 19.9 au 18.10.2015)

Achèvement Octobre 2015

Dimensions Portée de 2 m x 48 m, hauteur poutres env. 3,1 m

La vue de la route fait apparaître le nervrage interne du tablier de pont, les treillis et la partie supérieure de la voie ferrée avec les rails de roulement et les contrerails. Aux extrémités du pont, les socles en pierre naturelle, dont certaines parties ont été reconstruites et d'autres remises en état, sont bien visibles.



Section de la pile, échelle 1:80 : les tôles perforées de l'âme sont renforcées sur la face intérieure à l'aide de nervures constituées d'épaisses tôles planes. Tous les 3 mètres, une structure en cadre, constituée de poutres transversales, relie les poutres principales. Pour répondre aux exigences en matière de prévention des crues, la partie inférieure du pont a été relevée de 0,65 mètre. La pile et les culées conservées ont été relevées en conséquence.

- 1 Poutre transversale caissonnée 550 mm x 300 mm x 15 mm
- 2 Semelle FLB 400 mm x 50 mm
- 3 Raidisseur FLB 193 mm x 30 mm
- 4 Poutre longitudinale, âme 3000 mm x 15 mm

Impressum

steeldoc 02/16, juin 2016

Ponts

Editeur:

SZS Centre suisse de la construction métallique, Zurich
Patric Fischli-Boson

Redaction et textes:

espazium – Les éditions pour la culture du bâti, Zurich
Judit Solt, rédactrice en chef TEC21

Dr. Viola John, rédactrice en construction/construction durable TEC21

Thomas Ekwall, rédacteur en génie civil TEC21

Clementine Hegner-van Rooden, correspondante en génie civil TEC21

Philippe Morel, rédacteur en génie civil TRACÉS

Christof Rostert, secrétaire de rédaction TEC21

Anna-Lena Walther (Stämpfli AG), mise en page

Textes basés sur les informations des concepteurs.

Les informations et les plans ont été fournis par les bureaux d'études.

Traduction française:

Fabienne Michel, Véronique Pézard, Gerhard Frechen,
Georg Lambertz (TTN Tele Translator Network)

Plans et photos:

Tous les plans de terrain en échelle 1:30 000 et

1:40 000: Swiss Topo

Titre: Chitvanni + Wille

Editorial: Schneider Stahlbau Jona

Pont, Zizers: Schneider Stahlbau Jona (p. 4,
isométrie p. 6), Chitvanni + Wille (p. 5–7)

Pont, Aarwangen: Eugen Brühwiler (p. 8), Beat

Schertenleib (photos p. 9 et 11), Fürst Laffranchi (plans)

Pont, Reichenau: Conzett Bronzini Partner (plans,
photos p. 12), Anna-Lena Walther (photo p. 13),

Thomas Ekwall (photos p. 15)

Pont, Birmenstorf: OFROU (photos), Senn AG
(isométrie p. 17), Bänziger Partner AG (plans)

Pont, Massongex: Hartmut Mühlberg, Monod-

Piguet + Associés Ingénieurs Conseils SA (photos),

Groupement MPAIC + Synaxis (plans)

Ponts, funiculaire du Stoos: Ivan Steiner, Stoosbahnen AG
(photos), H. Wetter AG (plans)

Conception graphique:

Gabriele Fackler, Reflexivity AG, Zürich

Impression:

Stämpfli SA, Berne

ISSN 0255-3104

Abonnement annuel CHF 60.– / étranger CHF 90.–

Numéros isolés CHF 18.– / doubles numéros CHF 30.–

Sous réserve de changement de prix. A commander sur

www.steeldoc.ch

Construire en acier/steeldoc© est la documentation d'architecture du Centre suisse de la construction métallique et paraît quatre fois par an en allemand et en français. Les membres du SZS reçoivent l'abonnement ainsi que les informations techniques du SZS gratuitement.

Toute publication des ouvrages implique l'accord des architectes, le droit d'auteur des photos est réservé aux photographes. Une reproduction et la traduction même partielle de cette édition n'est autorisée qu'avec l'autorisation écrite de l'éditeur et l'indication de la source.

**Abonnement annuel à steeldoc pour CHF 60.–
(étudiants gratuit) sur www.steeldoc.ch**