Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 117 (1991)
Heft: 8

Artikel: Le tablier métallique pour la rénovation de ponts
Autor: Dauner, Hans-Gerhard
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-77602

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: 01.08.2025

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

Le tablier métallique pour la rénovation de ponts

L'exemple du pont sur le Rhône à la Porte du Scex sur la route cantonale N° 725c entre Chessel et Vouvry permet de démontrer facilement l'avantage d'une technique pratiquement ignorée en Suisse, c'est-à-dire celle du tablier métallique (dalle orthotrope).

PAR HANS-GERHARD DAUNER, AIGLE

Aperçu historique

Le prédécesseur du pont actuel était un pont en bois, construit en 1840 (fig.1) [1][1].
Cet ouvrage, dont les pieux en chêne munis d'une pointe en fer ont été retirés du lit du Rhône lors des travaux de rénovation en 1990, a été remplacé en 1905 par un pont triangulé métallique (fig. 2). L'ingénieur et constructeur Conrad Zschokke, de la Mechanische Werkstätte Döttigen, donne en date du 30 avril 1904 la «Description du Projet de Pont» suivante:
«Le projet d'un pont-route sur le Rhône à la porte de Scex que nous avons l'honneur de présenter est formé par deux poutres paraboliques de 71,50 m de longueur portant sur 2 culées et laissant une ouverture libre de 70 m entre les culées (fig. 3).
»Les détails de construction des poutres ressortent amplement de nos dessins et il en est de même du tablier qui est formé par des fers Zorès chargés d'une chaussée en empierrement qui est bordée par des caniveaux en béton.
»Les culées se composent de deux parties:
»Le corps de la culée, établi sur un bloc en béton qui sera descendu par le procédé pneumatique sur le bon terrain; les murs de retour qui sont établis directement sur le terrain et qui devraient seulement être placés sur pilotis dans le cas où ce terrain n'offrait visiblement pas la résistance nécessaire pour les supporter.
»L'élévation des deux culées prévue en béton, comme toutes les maçonneries de l'ouvrage tant en fondation qu'en élévation, sera revêtue par des moellons piqués avec des chaînes d'angle, le tout en calcaire. Le cordon et les coussinets sont prévus en pierre de granit tandis que toutes les autres pierres de revêtement indiquées par le projet seront en calcaire.
»Les calculs des dimensions nécessaires pour les différentes parties de la construction métallique et du corps des culées, ainsi que des murs en retour ressortent des calculs graphiques de nos feuilles IV et V.
»Nous profitons de l'occasion pour déclarer que nous n'entendons pas pouvoir être engagés à établir les travaux de fondation et d'élévation des culées sans être simultanément chargés de la fourniture du tablier.» Aarau, le 30 avril 1904, signé: Cd. Zschokke.
Selon les inscriptions du Registre du pont de Chessel, l'ouvrage a été repeint en 1916 et 1958.
Le professeur Dubas analyse le comportement de telles triangulations à doubles montants [2] et rapporte qu'en 1960, à la suite d'un accident qui endommagea un montant de l'ouvrage, des contrôles statiques ont été entrepris, 8 diagonales ont été renforcées et, sur 12 autres diagonales, des diaphragmes ont été rajoutés. C'est probablement à cette même période que les charges du trafic ont été limitées à 16 t.
En 1977, le professeur Badoux dépose son premier rapport d'expertise, qui peut être résumé comme suit [3]:
- la charpente métallique est encore en bon état
- le tablier est en mauvais état et doit être complètement refait.

Il propose le remplacement du tablier lourd par une structure légère du type caillebotis ($\leq$ 200 kg/m², entretoises non comprises), le remplacement d'entretoises et de longerons ainsi que le renforcement de quelques diagonales.
En 1989, sur la base du troisième complément au rapport d'expertise du professeur Badoux, qui fait mention d'un danger imminent d'effondrement du tablier, les charges de trafic ont été limitées à 3,5 t (fig. 4).
A la suite de cette limitation draconienne, les autorités décident d'entreprendre immédiatement toutes les études et travaux de rénovation permettant de lever cette limitation, afin de rétablir la situation précédente (16 t). Ces travaux ont duré du 9 janvier au 2 août 1990, conformément à leur planification. Pendant cette période, le trafic léger (3,5 t au maximum) a été détourné sur une passerelle provisoire, installée à environ 6 m en amont du pont.

Etudes et travaux

Afin de pouvoir réaliser les travaux de rénovation dans un délai relativement court, il fallait trouver une solution évitant au maximum des renforcements, tout en gardant le plus possible de structures porteuses existantes. Le tablier (fig. 5) devait de toute façon être remplacé, les fers Zorès étant complètement rongés par la rouille (fig. 6). Un bilan simple des poids et des charges démontre facilement l'intérêt de remplacer ce tablier lourd par une structure légère, soit un tablier métallique du type dalle orthotrope (fig. 7).

- Poids propre du tablier à enlever	500 kg/m²
- Poids propre du tablier métallique	200 kg/m²
d'où un gain de	300 kg/m²
soit au total 99 t	

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

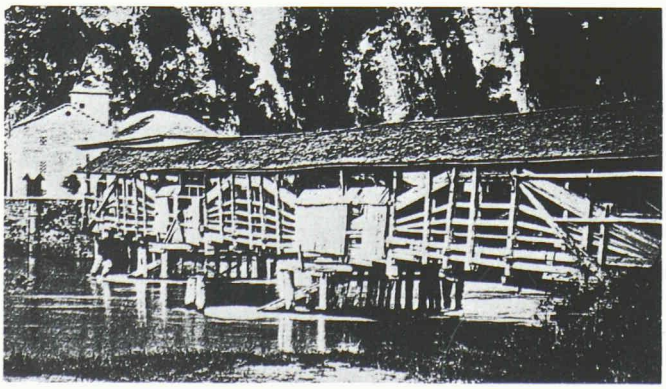

Fig. 1. – Pont sur le Rhône à Chessel, construit en 1840.

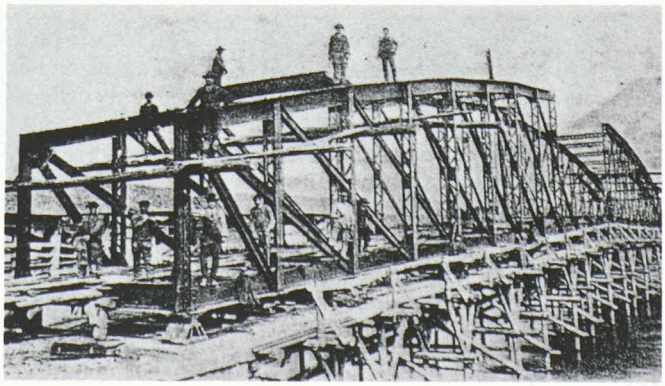

Fig. 2. – Remplacement du pont en bois en 1905.

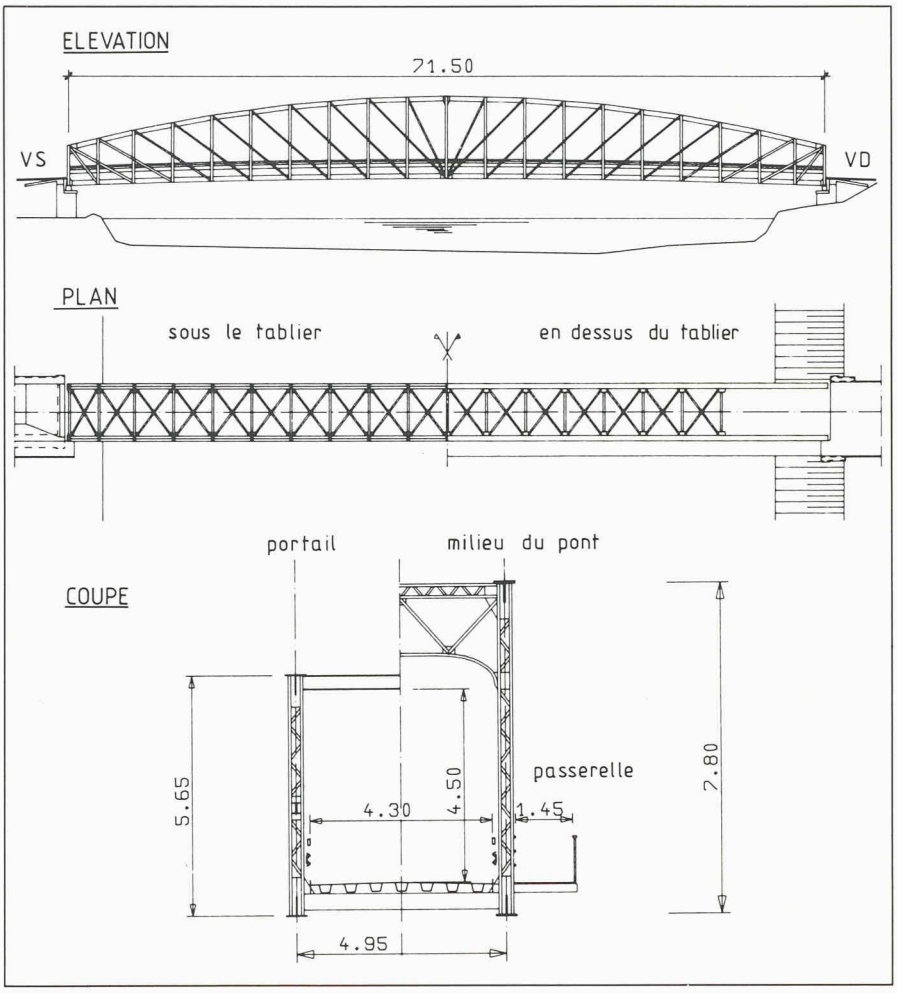

Fig. 3. – Système du pont métallique triangulé.

Les surcharges totales selon la norme SIA 160 éd. 1989, avec une réduction de 25% selon l'article 4.09.106 pour une chaussée de moins de 6 m de large (ici 4,30 m), atteignent:

- sur 3 m:
  $0{,}5 \times 3 \times 71{,}5 \times 0{,}75 =$ 80 t
- sur 1,3 m:
  $0{,}35 \times 1{,}3 \times 71{,}5 \times 0{,}75 =$ 24 t
- surcharge roulante:
  $4 \times 7{,}5 \times 1{,}8 \times 0{,}75 =$ 41 t
  Total 145 t

En admettant une réduction proportionnelle aux limitations, nous obtenons une surcharge globale autorisée de $16/28 \times 145 = 83$ t.
La marge entre le gain sur le poids propre et ces surcharges est donc de 16 t. Le poids propre d'une passerelle pour piétons installée à l'extérieur des poutres triangulées est de 12 t.
Ces quelques chiffres montrent que le remplacement du tablier permettrait déjà à lui seul de lever la limitation de 3,5 t et d'autoriser de revenir à la limitation de 16 t, et cela sans puiser dans la réserve créée par les surcharges que l'auteur du projet a considérées, soit:
- surcharges uniformément réparties 350 kg/m²
- surcharges concentrées roulantes 12 t

En 1904, le dimensionnement de l'ouvrage se basait sur les contraintes admissibles suivantes:
- barres en traction 980 kg/cm²
- barres en compression voir fig. 8

Le calcul a été exécuté sur la base d'une triangulation articulée et d'un plan de Crémona, en négligeant l'effet hyperstatique des diagonales centrales [2].

Des essais sur éprouvettes prélevées sur le pont ont été exécutés par le laboratoire LMM de l'EPFL [4]. Ils ont donné le résultat suivant:
Il s'agit d'un acier soudable, qu'on peut classer Fe 360. Les essais de fatigue sur un tronçon de cornière L 80/8 ... 1000 avec des trous ∅ 21 ont conduit sous l'effet de sollicitations ondulées entre 70 et 100 N/mm² à la formation d'une fissure à travers un trou, après 1,4 million de cycles.
Le contrôle statique de l'ouvrage, en admettant des articulations dans les nœuds, des surcharges correspondant à 75% de la norme SIA 160 éd. 1989 et une réduction de la section des membrures inférieures rouillées de 15% à 25%, sous l'effet du sel, a conduit à renforcer 8 des 44 diagonales.
Ce renforcement concerne les diagonales au centre du pont, pour deux raisons: la diminution de la traction par un poids propre réduit et l'augmentation de la compression par une plus grande charge roulante.
L'ouvrage supporterait ainsi les charges des normes suisses actuellement en vigueur sans restrictions.
Il est cependant indiqué de garder la limitation à 16 t, pour des raisons liées à la résistance à la fatigue. La valeur obtenue en laboratoire, quoique peu représentative, montre quand même une faiblesse sur ce point. Il est donc raisonnable de maintenir les différences de contraintes à un bas niveau.
La dalle orthotrope, dimensionnée selon [5], supporte une charge roulante de $4 \times 7{,}5 \times 1{,}4 = 42$ t. Le coefficient dynamique de la norme SIA 160 est donc réduit de 1,8 à 1,4, ce qui est raisonnable pour cet ouvrage connaissant un trafic à vitesse limitée. Le tablier est composé d'une tôle de roulement en Fe 360 (St.R 37-2) et de raidisseurs longitudinaux à forme trapézoïdale en acier Q STE 420 TM (limite élastique

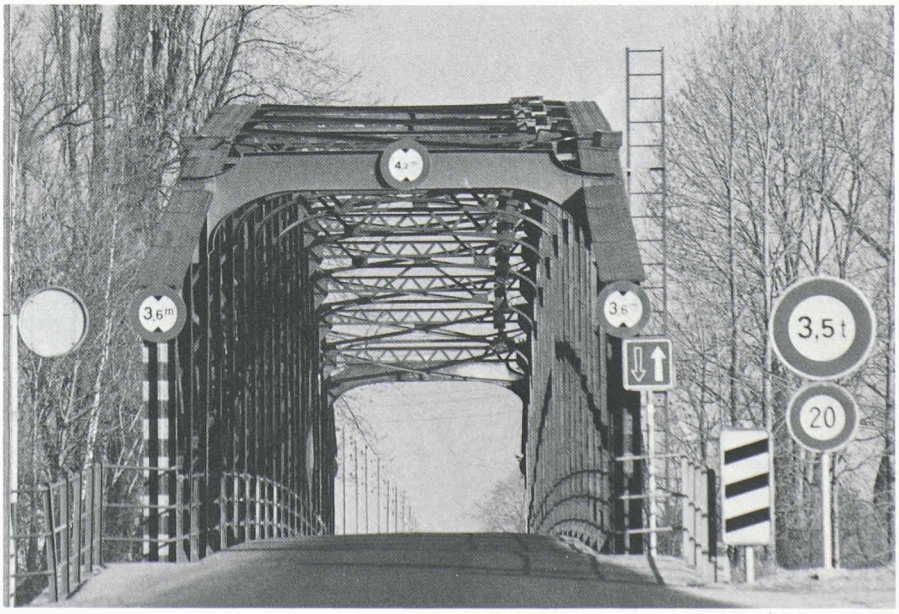

Fig. 4. – Restrictions avant la rénovation.

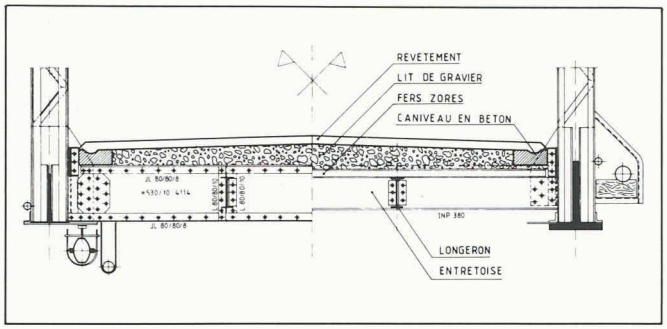

Fig. 5. – Tablier avant la rénovation.

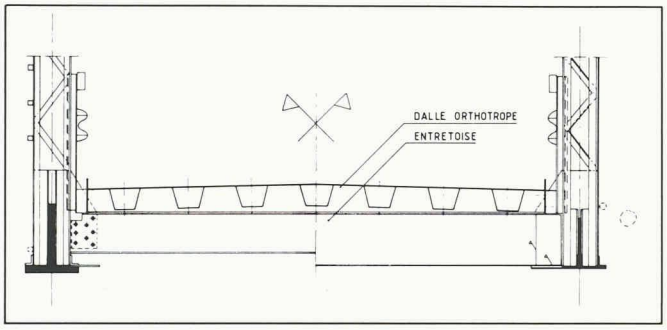

Fig. 7. – Tablier métallique.

Fig. 6. – Dessous du pont rouillé.

420 N/mm²), acier spécialement prédestiné au pliage à froid. Ces raidisseurs longitudinaux portent sur 3,7 m, distance des entretoises en IPN 380 sur lesquelles ils sont soudés (fig. 9). Il a fallu remplacer 6 des 21 entretoises (fig. 10).

Le tablier métallique a été fabriqué en atelier, en 16 éléments de 3,7 m, 2 éléments de 3,35 m et 2 éléments de 3,20 m. Pesant chacun environ 3,0 t, ils ont été posés sur les entretoises en place et ensuite soudés (fig. 11).

Un aspect intéressant est constitué par la question du revêtement du tablier métallique. Il existe en Allemagne de multiples expériences sur de nombreux ponts à tablier orthotrope (10% des ponts allemands). On y applique d'abord un revêtement en résine synthétique à deux composants sur la protection antirouille, d'une épaisseur 3 mm, sur lequel est répandu, au stade liquide, un sable de quartz. Une fois durci, ce revêtement fonctionne comme couche d'accrochage pour l'asphalte coulé d'une épaisseur totale de 7 cm.

Etant donné que cet ouvrage est soumis à un trafic ne comportant pas de poids lourds et circulant à vitesse modérée, l'asphalte coulé a été simplement supprimé. L'épaisseur de la couche de fond a passé de 3 à 5 mm et la quantité de sable de quartz répandu a passé de 1,5 à 3,0 kg/m².

La protection antirouille pour le tablier a été choisie comme suit:

- surface de roulement et bordures: métallisation au zinc (99%), 120 m²

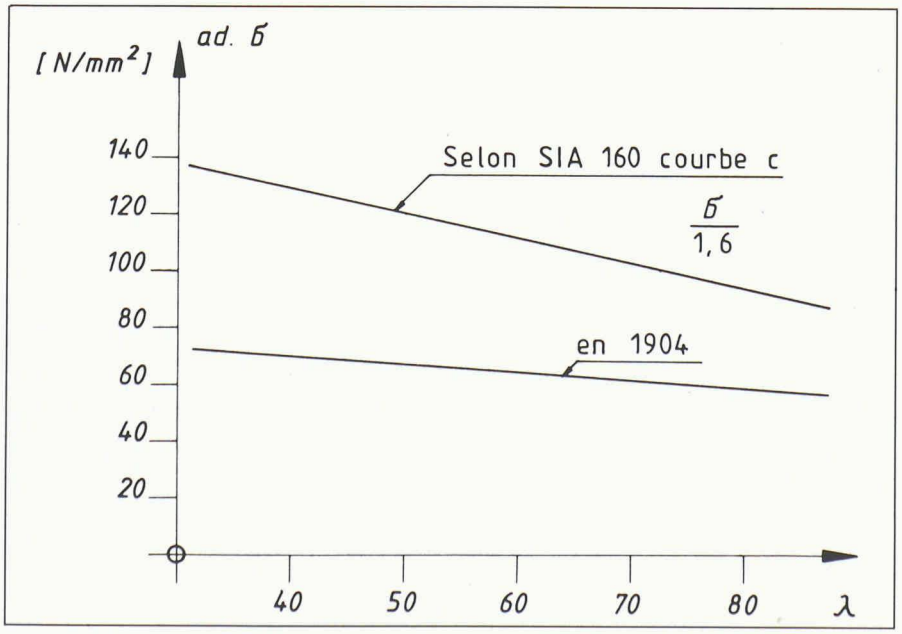

Fig. 8. – Contraintes de compression admissibles.

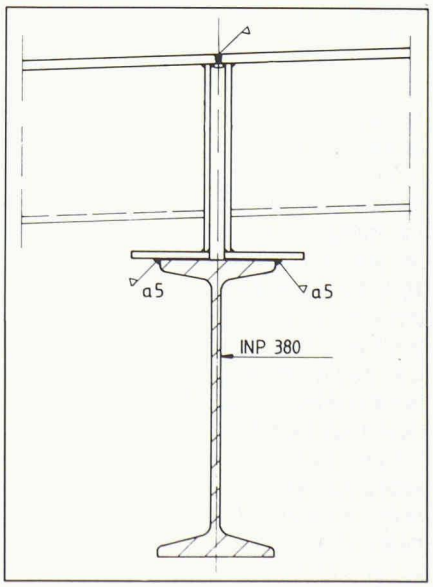

Fig. 9. – Fixation du tablier métallique sur les entretoises existantes.

- autres surfaces: 3 × 50 μ à base d'oxyde de fer micacé.

Le poids du tablier métallique de 200 kg/m² comprend le revêtement. Il s'agit là d'un test, destiné à permettre de tirer des conclusions pour d'autres applications. Rappelons que ce type de revêtement est utilisé sur des rampes métalliques à forte usure (par exemple pour des tanks).

Les coûts des travaux précités ont été les suivants:

- fabrication, montage et protection antirouille du tablier métallique 60 t à Fr. 3850.–/t (330 m² à Fr. 700/m²)	Fr. 231 000.–
- revêtement spécial du tablier 330 m² à Fr. 157.60/m²	Fr. 52 000.–
- renforcements	Fr. 60 000.–
Total	Fr. 343 000.–

Les modifications des deux portails d'entrée, exécutées pour lever la limitation de hauteur et le remplacement de quatre entretoises, ne sont pas comprises dans ces coûts.

A titre comparatif, nous pouvons estimer les coûts pour un tablier traditionnel en béton, un revêtement de 4 cm et un renforcement très important (impossible selon [3]) comme suit:

- tablier en béton épaisseur 22 cm 330 m² à Fr. 200.–/m²	Fr. 66 000.–
- revêtement y compris étanchéité du tablier 330 m² à Fr. 60.–/m²	Fr. 19 800.–
- renforcements et goujons	Fr. 300 000.–
Total	Fr. 385 800.–

En outre, ces travaux n'auraient pas pu être accomplis dans les délais imposés.

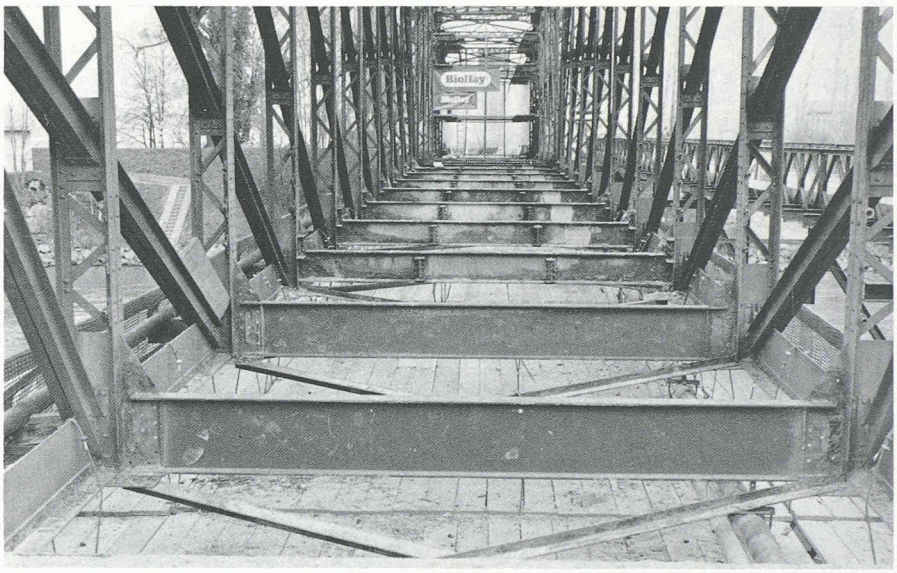

Fig. 10. – Le pont avant le sablage et la peinture.

Conclusions

Le tablier métallique (fig. 12) peut offrir une solution intéressante pour la rénovation de ponts. Son faible poids propre, avec un gain d'environ 300 à 400 kg/m² par rapport au tablier existant, permet souvent une rénovation sans renforcements importants, coûteux et compliqués.

Adresse de l'auteur:
Hans-Gerhard Dauner, Dr.-ing., ingénieur civil SIA
Bureau DIC
Rue de la Gare 6
1860 Aigle

Bibliographie

[1] VAUTIER, A.: *La Patrie vaudoise.* G. Bridel & Cie, Lausanne, 1903.
[2] DUBAS, P.: *Einfluss von überzähligen Streben und von durchgehenden Gurten beim doppelten Ständerfachwerk.* ETH Zürich, Publikation Nr. 89-2, Baustatik und Stahlbau, 1989.
[3] BADOUX, J.-C.: Rapport d'expertise Pont sur le Rhône à la Porte du Scex, 1977.
[4] LMM: Laboratoire de métallurgie mécanique de l'EPF, Lausanne. Rapport LMM 846/90-3.
[5] PELIKAN/ESSLINGER: Die Stahlfahrbahn-Berechnung und Konstruktion MAN-Forschungsheft Nr. 7/1957.

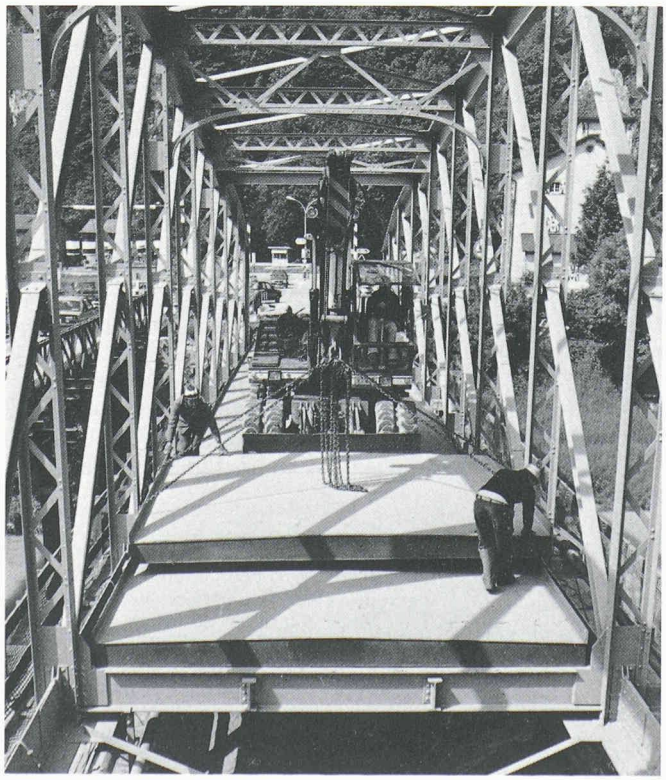

Fig. 11. – Montage du tablier métallique.

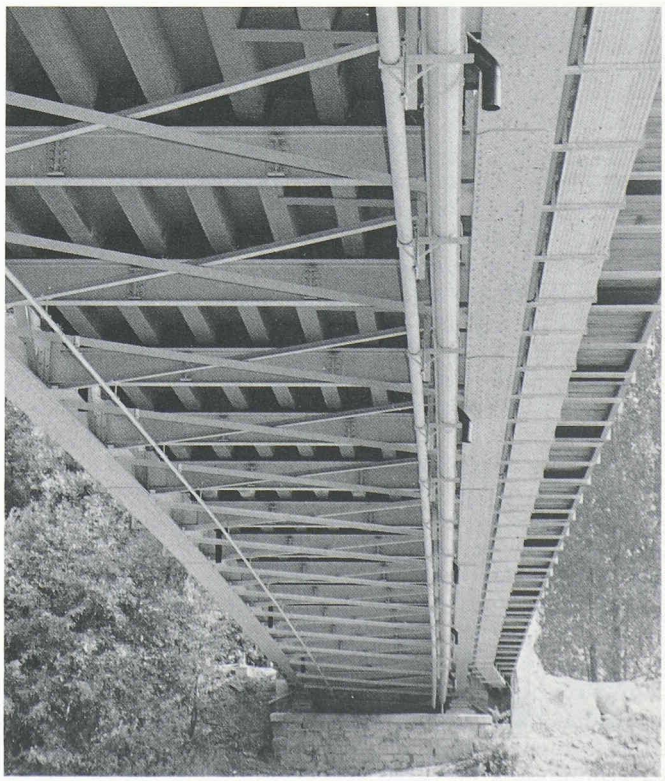

Fig. 12. – Dessous du pont avec tablier métallique.