

Dialogue inédit entre acier et béton

Autor(en): **Perret, Jacques / Salamé, Farida / Moussaoui, Nadir**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tracés : bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **134 (2008)**

Heft 09: **Trafics divers**

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-99676>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Dialogue **inédit** entre acier et béton

Le pont de Branson se situe sur la route cantonale RC71 qui relie Martigny à Fully. Lauréat du concours d'ingénierie, le projet des bureaux *DIC* et *Nunatak*, réalisé en 2006, associe de manière originale béton et acier tout en offrant un discret clin d'œil aux ouvrages qui l'ont précédé pour franchir le Rhône à cet endroit.

Au coude du Rhône, à proximité du hameau du même nom, le pont de Branson s'insère dans un paysage mêlant du vignoble en terrasses et les steppes de la réserve naturelle des Folatères. Faisant partie de la correction de la RC71, le nouvel ouvrage conçu par le bureau *DIC ingénieurs* à Aigle, en collaboration avec les architectes de *Nunatak*, a remplacé un pont en béton armé construit en 1925 par Alexandre Sarrasin¹. Rectiligne dans sa partie centrale, il suit de légères courbes à l'approche de ses culées (fig. 1)

Une solution originale née de contraintes

En relation avec la 3^e correction du Rhône, le programme du concours imposait un ouvrage à trois portées laissant un espace libre capable d'absorber des crues millénaires et d'accueillir des cheminements piétonniers le long du fleuve. Il

en résultait des points d'appui fixant une longueur de l'ordre de 70 m pour la travée centrale, soit plus de deux fois celles des deux portées de rive.

L'analyse du site par l'architecte a décidé les auteurs du projet à préserver une vision claire du paysage tout au long du franchissement, ce qui s'est traduit par le renoncement délibéré à tout élément porteur situé au-dessus du pont. Il s'agissait dès lors d'envisager une solution de type poutre, tout en intégrant les contraintes du projet. Etant donnée le rapport très peu favorable entre les portées de rive (33 et 26 m) et la portée centrale (70 m), il fallait minimiser le poids de la zone centrale tout en augmentant celui des travées de rive. Il est en effet aisé de s'imaginer qu'un poids excessif du centre de l'ouvrage engendrerait des risques de soulèvement au niveau des culées.

Autre élément pris en compte au stade de la conception, une volonté claire de laisser une trace de l'historique des franchissements du Rhône à cet endroit. Le 19^e siècle a en effet vu la reconstruction à de nombreuses reprises d'un pont en treillis de bois (fig. 2) à la suite de sa destruction

¹ En piteux état, cet ouvrage, qui détient un moment un record de portée pour un ouvrage en béton, sera démolie une fois l'ensemble du nouveau tracé de la RC71 ouvert au trafic.

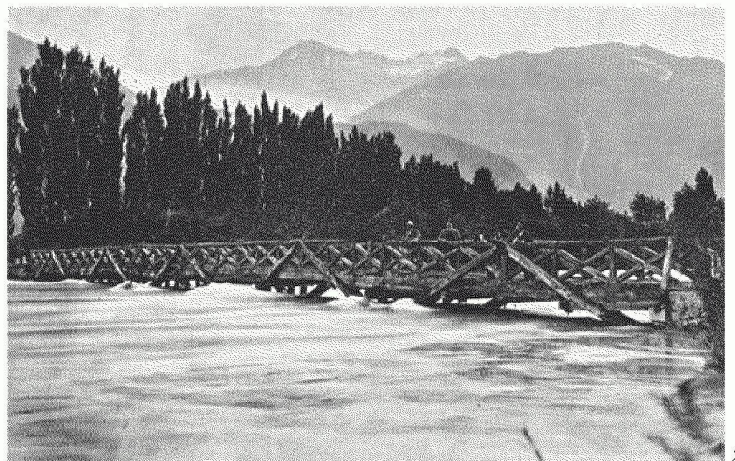
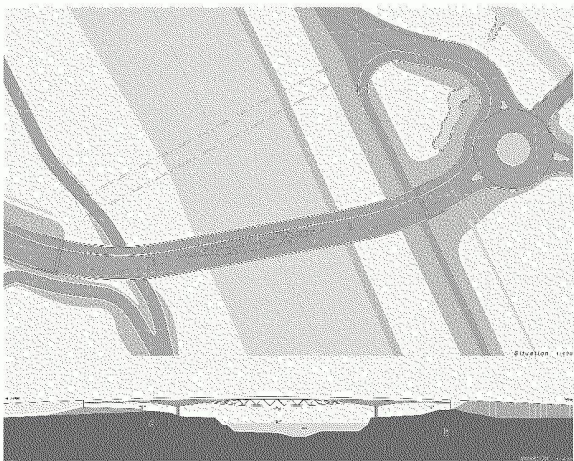
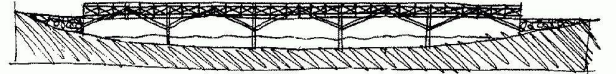


Fig. 1 : Plan de situation et élévation

Fig. 2 : Pont en bois en 1870

Fig. 3 : Vue générale du pont depuis le côté Fully, avec au second plan le pont de Sarrasin (Photo Jean-Yves Glassey)



répétée par des crues décennales. C'est pour mettre un terme à ces événements, dans le « prolongement » de la première correction du Rhône, que le pont de Sarrasin fut érigé. En combinant selon une configuration inédite deux matériaux classiques, pour dessiner un pont en béton précontraint avec poutre métallique sous-tendue, le profil retenu permet d'offrir les avantages statiques escomptés tout en faisant une discrète allusion aux deux structures – treillis en bois des premiers franchissements et élancement du pont de Sarrasin – qui l'ont précédé à cet endroit (fig. 4). Afin d'obtenir le poids escompté pour les travées de rive, celles-ci sont faites de sections pleines, un artifice qui évite en outre de rendre trop massifs des éléments particulièrement lourds.

Construction par étapes

Les travaux ont naturellement débuté par la construction des appuis. Ceux-ci reposent sur deux fondations superficielles

au droit des culées et sur des pieux au droit des piles intermédiaires (fig. 7). Afin de se prémunir de tout risque d'affouillement en cas de crue du Rhône, les semelles ont dû être enfouies à une profondeur d'environ onze mètres. Pour les construire, on a commencé par forer six pieux par fondation, disposé longitudinalement en deux groupes, de façon à créer un système de couple garantissant un encastrement de la base des piles. Des palplanches ont ensuite été battues pour permettre une excavation jusqu'à la profondeur de onze mètres. On a alors pu réaliser les semelles de fondation, puis les piles, avant de procéder au remblayage des fouilles et à l'extraction des palplanches.

La réalisation du tablier s'est faite en trois étapes principales. On a dans un premier temps construit les deux extrémités, avec des porte-à-faux d'environ 15 m au-delà des piles. Ces travaux ont été successivement réalisés de chaque côté du Rhône. Afin d'éviter la mise en place d'un important



3

Fig. 4 : Conserver la trace des anciens franchissements

Fig. 5 : Coffrage autour d'une amorce d'extrémité

Fig. 6 : Mise en place à la grue de l'amorce d'extrémité côté Martigny



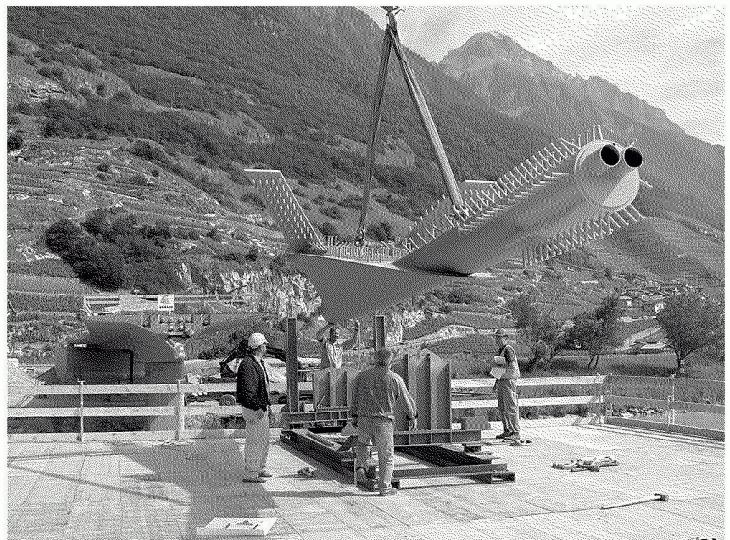
volume d'armature nécessaire uniquement pour cette phase, un appui intermédiaire provisoire a été construit au milieu de chaque travée de rive. Cette étape comprenait aussi l'installation des deux amorces d'extrémité de la structure métallique de la travée centrale. Ces deux premiers éléments ont été mis en place avant qu'aucun élément béton du pont n'ait été coulé (fig. 5). Côté Branson, où la pile est située à proximité immédiate du fleuve, la grue de chantier ne disposait pas d'un accès adéquat pour poser l'amorce à sa place définitive. Il a donc fallu la faire glisser sur le platelage de coffrage à l'aide d'une « luge » circulant sur des rails de guidage. Le réglage fin (± 5 mm) de sa position a été effectué par le géomètre, la mise en place du coffrage s'effectuant ultérieurement autour de l'amorce. Côté Martigny, la seconde amorce a pu être posée directement avec la grue de chantier (fig. 6). Chaque côté du pont a été bétonné en une nuit, ce qui correspondait à la mise en place d'environ deux fois 500 m^3 d'un béton spécialement conçu pour résister aux alcalis et limiter sa chaleur d'hydratation lors du coulage des sections pleines.

Une fois les travées de rive bétonnées avec les amorces métalliques, une plateforme de travail haubanée a été construite côté Martigny, principalement pour la mise en place de la travée centrale de la structure métallique divisée en quatre éléments (voir encadré). Ceux-ci ont été posés à la suite sur la plateforme, chaque tronçon étant ripé en direction de l'extrémité Branson à l'aide de chariots servant également au transport et au réglage fin de la structure. Les trois membrures ont alors été ajustées avec des tiges filetées permettant de régler précisément l'ouverture du joint de rabotage. La plate-forme s'étant sensiblement déformée sous l'effet du poids propre de la structure métallique (fig. 12), il fallait procéder au contrôle géométrique et au réglage vertical de cette dernière avant le soudage au fil des joints de rabotage et des diagonales. Toutes les soudures sur chantier ont été contrôlées, à l'ultrason et en magnétoscopie.

Les travaux de soudure terminés, la structure métallique est devenue autoportante et les chariots provisoires ont pu être démontés de manière à la désolidariser de la plateforme de travail. La dernière étape pouvait alors commencer, par la construction d'un cintre de coffrage directement suspendu à la nouvelle structure métallique. Cette façon de procéder a permis d'éviter tout risque de déformation différentielle



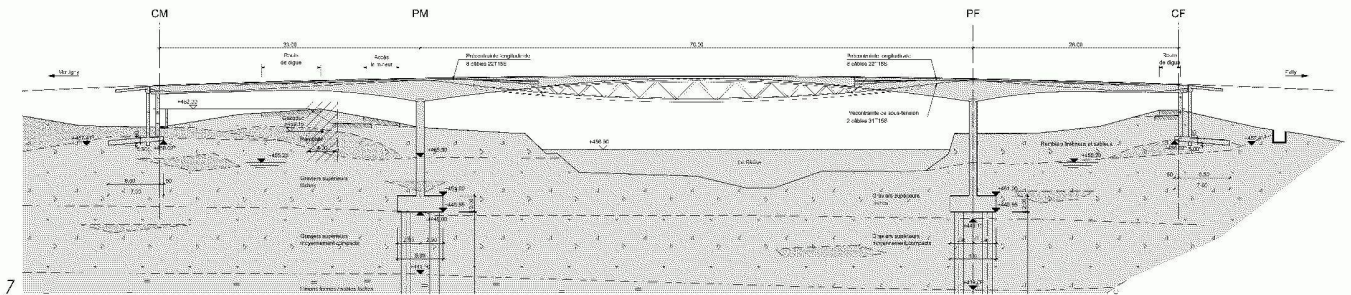
5



6

Fig. 7 : Profil en long

Fig. 8 : Le nouveau pont vu depuis l'ancien (Photo JP)



entre la structure métallique et le coffrage du béton. Le bétonnage de la travée centrale a été divisé en trois zones, en commençant par les tiers situés à l'extrémité des porte-à-faux pour se terminer par le coulage de la zone de liaison entre les deux côtés du pont.

Une des particularités du pont de Branson tient au fait que deux câbles de précontrainte passent directement dans le tube de la membrure inférieure de la structure métallique. Ces câbles risquant d'être endommagés par les soudures du tube inférieur de la charpente, deux tubes en acier de 152 mm de diamètre ont été incorporés dans celui-ci (fig. 9), jouant ainsi un rôle de gaine de protection au montage.

Changements de systèmes statiques

L'analyse statique a naturellement été menée en fonction des étapes de construction. Elle a nécessité le calcul – par la méthode des éléments finis – du pont selon divers systèmes statiques.

La première étape de réalisation – travées de rive – correspond en fait à deux ponts distincts sur deux appuis, avec un porte-à-faux de 15 m. Cette situation engendrait une forte flexion des travées de rive pendant la construction. Afin de limiter les armatures qu'impliquerait cette configuration provisoire, un appui temporaire a été construit. La mise en place de la structure métallique centrale a par ailleurs demandé le montage d'une plateforme de travail métallique haubanée à partir de deux tours positionnées à l'extrémité des porte-à-faux provisoires du pont, créant ainsi un nouveau cas de charge qu'il a aussi fallu prendre en compte.

Fig. 9 : Tube pour la protection des câbles de précontrainte de la membrure inférieure

Fig. 10 : Réalisation des soudures en position horizontale

Fig. 11 : Découpage de la structure métallique en quatre éléments

Fig. 12 : Plateforme de montage pour la structure métallique centrale

Construction en atelier de la structure métallique

La structure métallique de la travée centrale a une longueur de 56,4 m, pour une largeur de 5,6 m et une hauteur de 4,0 m. La membrure inférieure (tube de 508×60 mm) est cintrée verticalement, les deux membrures supérieures (tubes de 368×40 mm) étant quant à elles cintrées dans un plan incliné à 40°. A l'état final, seules la membrure inférieure et les diagonales restent visibles sur une longueur d'environ 40 m, les autres éléments étant noyés dans le béton.

Fabrication en atelier

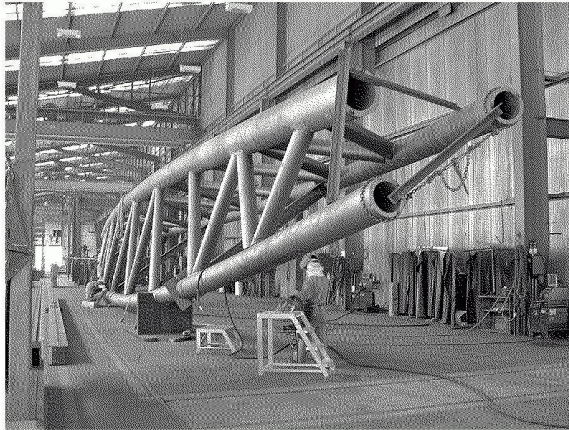
La structure métallique a été préfabriquée en trois tronçons principaux : les deux amorces d'extrémités (9,50 m de longueur chacune) et la partie centrale (37,40 m) qui reste visible. La géométrie complexe des amorces d'extrémités, comportant notamment des tôles à surfaces gauches, a nécessité la fabrication de gabarits d'assemblage.

La partie centrale a été entièrement fabriquée en atelier, avant d'être découpée en quatre tronçons (fig. 11) qui ont ensuite été ré-assemblés par soudage sur le chantier. Des éléments rectilignes de tubes de 6 à 9 m de long ont d'abord été rabotés pour constituer les trois membrures principales de 40 m chacune. Ces dernières ont ensuite été cintrées sur des gabarits par points de chauffés successifs jusqu'à obtenir les rayons désirés. L'ensemble de la partie centrale triangulée spatiale a été assemblée à l'envers en utilisant des gabarits de pose : les trois membrures cintrées sont disposées correctement dans l'espace, les diagonales préalablement débitées étant ensuite positionnées entre ces membrures. La structure centrale préassemblée est alors mise de côté ou retournée de manière à exécuter la majorité des soudures en position horizontale (fig. 10).

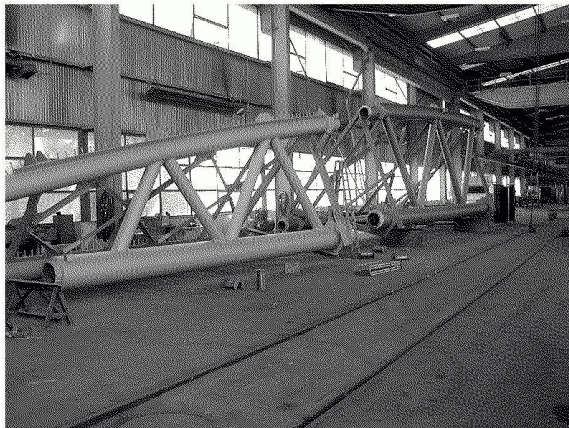
Matériaux de base et techniques de soudage

L'ossature principale de la structure métallique est composée de tubes laminés à chaud en acier de haute qualité S460 NLH. La résistance élastique des aciers devait être de 460 N/mm², quelle que soit l'épaisseur, ce qui a nécessité l'adjonction d'alliage spéciaux par rapport à une qualité conventionnelle.

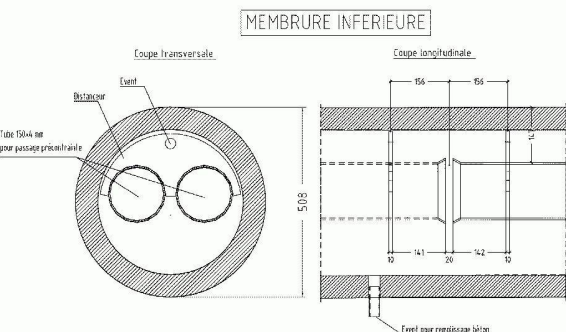
Deux types de procédés de soudage ont été utilisés en atelier : un procédé automatique au fil sous poudre à la potence (UP 121) pour le rabotage des tubes, ainsi qu'un procédé semi-automatique au fil fourré (MAG 136) pour toutes les autres soudures, notamment la jonction entre les diagonales et les membrures supérieures et inférieures. Sur le chantier, toutes les soudures ont été effectuées en procédé semi-automatique au fil sous protection gazeuse (MAG 136). Deux témoins de production à l'échelle 1 : 1 ont été réalisés pour valider les procédés de soudage. Un parachèvement par martelage des soudures à l'intérieur des rosaces des diagonales sur les membrures supérieures et inférieures a permis de diminuer les contraintes résiduelles dans les zones tendues.



10



11



9



12

Fig. 13: Vue générale du pont depuis le côté Martigny

(Photo Jean-Yves Glassey)

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



13

La fixation de la structure métallique a relié les deux côtés du pont, assemblant deux systèmes statiques jusqu'alors indépendants en un état proche de celui du pont définitif. A ce stade, le système fonctionne comme une poutre continue reposant sur quatre appuis (deux culées et deux piles intermédiaires), mais avec des matériaux différents.

Au stade final, les piles sont articulées en tête longitudinalement et ne reprennent aucun effort de flexion. Le pont est précontraint longitudinalement et transversalement, un choix qui permet notamment une réduction significative de la quantité d'armature passive. Les câbles longitudinaux demeurent dans la partie supérieure des sections en béton jusqu'au bout des porte-à-faux, à l'exception de deux câbles qui suivent la membrure inférieure de la poutre triangulée. La mise en place de ces derniers est indispensable pour obtenir une résistance suffisante de la section tout en conservant une faible hauteur statique (de l'ordre de trois mètres, soit un élanement supérieur à 20) au centre du pont, et respecter ainsi le gabarit d'espace libre.

Un des résultats les plus spectaculaires des modélisations concerne le suivi des déformations au cours du chantier. En effet, les changements successifs engendrés par la construction impliquaient un calcul des déformations pour

prévoir les contre-flèches nécessaires. La plus impressionnante concernait la surélévation de 42 cm des porte-à-faux lors de la première étape. Le suivi des déformations au cours de différentes phases de montage a montré une excellente corrélation entre modèle et comportement réel.

Elégance et ingéniosité

En plus d'offrir une solution légère et intégrée, le nouveau pont de Branson a été l'objet de nombreuses solutions d'ingénierie originales, que ce soit au niveau de sa conception, de son calcul ou de sa réalisation. Il illustre ainsi la diversité des tâches de l'ingénieur, et il ne fait pas de doute que les acteurs de sa réalisation ont certainement dû éprouver un plaisir considérable dans l'exercice de leur profession, mettant leur ingéniosité au service d'une indéniable élégance, tout en sachant rendre hommage à leurs prédécesseurs.

Jacques Perret

Farida Salamé, ing. civil EPF
DIC SA ingénieurs
Les Glariers, CH – 1860 Aigle

Nadir Moussaoui, ing. civil EPF - EWE
Zwahlen & Mayr SA
Zone Industrielle 2, CH – 1860 Aigle