

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 133 (2007)
Heft: 08: Transjurane

Artikel: Les viaducs des grand'Combes
Autor: Houriet, Bernard / Gnaegi, Jean-François
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-99566>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

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

Les viaducs des grand'Combes

Les viaducs des grand'Combes sont situés à 1,2 km au sud de la plate-forme douanière et à 1,5 km à l'ouest du village de Boncourt. Ils ont été l'objet d'une procédure de mandats parallèles qui a abouti à une construction basée sur l'utilisation d'un cintre mobile.

L'autoroute franchit le vallon des grand'Combes sur une longueur de 371 m à une hauteur culminant à 38 m environ. L'axe rectiligne des deux viaducs présente un biais d'environ 20° par rapport à l'orientation générale du vallon. La pente longitudinale importante de la chaussée conduit à des ouvrages globalement asymétriques, malgré la symétrie intrinsèque du vallon (fig. 1). L'ouvrage n'est que partiellement visible depuis le village de Boncourt situé au nord-est, il n'est perçu dans son ensemble que de près.

Étroitement liée à la procédure de mandats parallèles, la conception générale de l'ouvrage répond à plusieurs objectifs. Tout d'abord, proposer un ouvrage sobre et élégant qui s'intègre dans le site naturel par des formes très simples. Concevoir ensuite une structure simple et robuste, sans porter préjudice au critère de l'économie. Enfin, recourir à un mode de construction rationnel et éprouvé.

Du point de vue géologique, les calcaires du Rauracien affleurent dans la zone centrale de l'ouvrage. Sur les versants du vallon, les fondations des viaducs interceptent les calcaires à Astartes et Natices.

Procédure mise en place

Les viaducs des grand'Combes ont fait l'objet d'une procédure sélective à deux degrés pour l'attribution du mandat d'ingénieur civil :

- phase 1 : sélection de six candidats sur la base d'une procédure ouverte, concours de projet, avec choix des deux meilleurs projets ;
- phase 2 : mandats d'étude parallèles jusqu'à la phase de l'appel d'offres.

Au terme de la première phase, un jury composé de dix personnes a retenu les projets de *GVH Delémont SA*, propo-

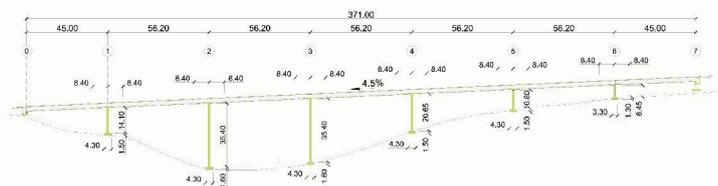
sant une réalisation des ouvrages sur cintre fixe, et du bureau *G. Stampbach SA*, prévoyant la construction des viaducs par poussage cadencé. La comparaison des offres des entreprises, établie à l'issue de la deuxième phase, a mis en évidence un écart significatif (environ 900 000 francs) entre les offres les plus basses des deux projets, à l'avantage de celui de *GVH*. Ce classement « financier » n'a pas été remis en cause par l'évaluation de l'ensemble des critères d'adjudication.

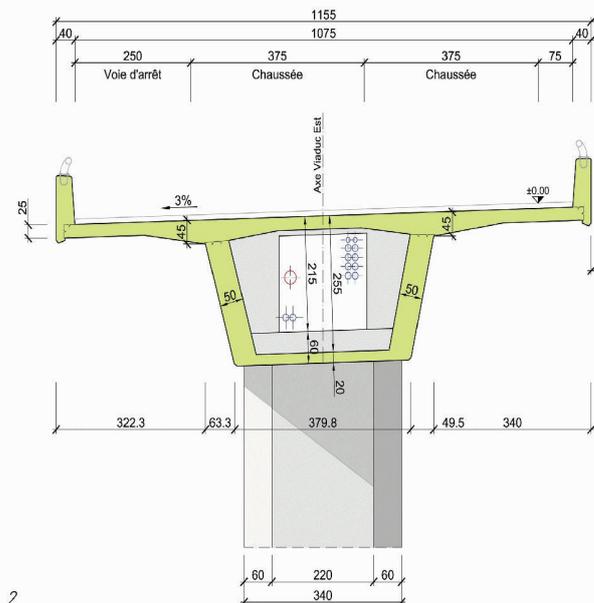
La réalisation des viaducs a été attribuée à un consortium d'entreprises proposant en variante d'exécution l'utilisation d'un cintre mobile, alors que le projet officiel prévoyait une exécution sur cintre fixe conventionnel.

Il est à noter que la procédure à deux degrés avec mandats parallèles a influencé de manière prépondérante la conception structurale et le dimensionnement de l'ouvrage.

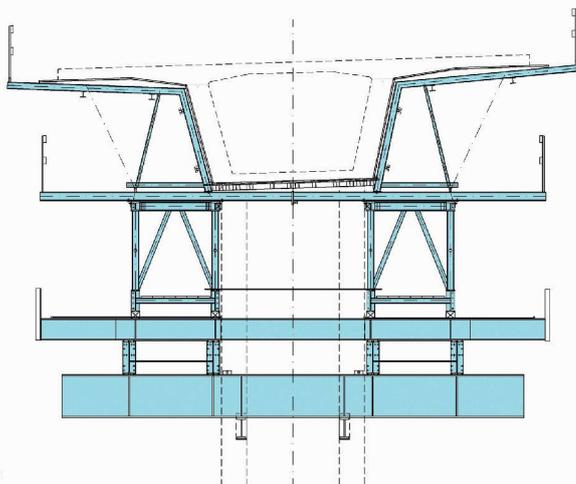
Pour permettre une comparaison objective des deux projets retenus, certains critères faisant défaut ont dû être définis. Ces critères, liés à la limitation des contraintes de traction dans le béton et l'armature du tablier, ont été élaborés par le professeur Aurelio Muttoni de l'EPFL, expert du projet. En effet, les critères usuels appliqués par l'ingénieur praticien dans le domaine des ouvrages d'art (limitation des contraintes de traction entre 0,0 et 1,0 N/mm² à l'arête tendue) ne sont formalisés ni dans la norme SIA 162/1993, en vigueur lors des mandats parallèles, ni dans la nouvelle norme SIA 262.

Les critères d'aptitude au service définis ci-dessus et le choix d'une armature minimale convenue d'entente entre les deux concurrents et l'expert ont permis de respecter les exigences des normes dans la vérification de la sécurité structurale. Les coefficients obtenus ne laissent cependant que très peu de réserve.

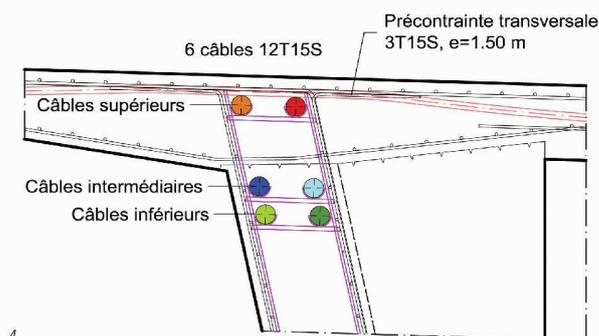




2



3



4

Lors de l'établissement du projet d'exécution, les vérifications menées sur la base des nouvelles normes SIA 260, 261 et 262 n'ont pas exigé une adaptation significative de l'armature, hormis le contrôle du séisme longitudinal.

Projet retenu

Chacun des deux viaducs est divisé en sept travées. Les portées intermédiaires ont une longueur constante de 56,20 m, celles de rive variant entre 41,75 m et 48,25 m. Pour tenir compte de l'orientation légèrement biaise du vallon, les piles du viaduc ouest sont décalées par rapport à celles du viaduc est. Les culées par contre sont alignées. Les douze piles ont la même section octogonale pleine et sont fondées sur les calcaires non altérés au moyen de semelles superficielles.

Du point de vue statique, les deux viaducs sont conçus comme des systèmes flottants, le centre du mouvement étant situé entre les piles n° 2 et 3. Les piles n° 1, 2, 3 et 4 sont liées monolithiquement au tablier alors que toutes les autres sont équipées d'un appui mobile en tous sens et d'un appui bloqué transversalement. Chaque culée, dont la conception architecturale est due à l'architecte Renato Salvi, est munie de deux appuis mobiles en tous sens et d'un appui de guidage longitudinal.

Le choix d'une hauteur de tablier de 2,75 m permet de garantir un accès aisé à l'intérieur du caisson pour l'entretien, d'assurer une bonne ductilité de la structure au droit des appuis et d'être financièrement économique tout en ne portant pas préjudice à l'esthétique de l'ouvrage. L'élanement des travées intermédiaires vaut ainsi 20,4 ($\lambda = 56,2/2,75$). La dalle inférieure du caisson varie de 20 cm en travée à 60 cm sur les appuis. Les âmes ont une épaisseur constante de 50 cm (fig. 2). La dalle de roulement présente des renforcements de part et d'autre des âmes. Son épaisseur est de 25 cm au milieu du caisson et aux extrémités des porte-à-faux alors qu'elle atteint 45 cm dans les zones renforcées. Pour annuler la torsion sous charges permanentes, les porte-à-faux ont des longueurs différentes (3,22 m du côté bas du dévers et 3,40 m du côté haut).

Les viaducs sont précontraints longitudinalement avec six câbles 12T 15S (2 230 kN) par âme (fig. 4). Quatre des câbles sont maintenus dans l'âme et deux vont jusque dans la dalle de roulement. Cette disposition des câbles dans un même plan permet d'éviter de cisailer les armatures verticales des âmes. La moitié des câbles sont couplés au nez des étapes de travail. L'épaisseur de 50 cm des âmes a été expressément choisie pour éviter tout recours à des bossages. Transversalement, la dalle de roulement est précontrainte à l'aide de câbles 3T 15S (558 kN) espacés de 1,5 m.

Fig. 1 : Coupe longitudinale, viaduc est

Fig. 2 : Coupe transversale, viaduc est

Fig. 3 : Coupe transversale du cintre « Van Randen LGV » et de l'outil de coffrage avec détail de son appui sur une pile définitive

Fig. 4 : Positionnement sur appuis des six câbles de précontrainte

Fig. 5 : Viaduc est en construction (janvier 2007) depuis le nord-est, avec le système de coffrage utilisé pour la réalisation des piles (pile n° 2, viaduc ouest)

Fig. 6 : Armature de l'auge avec les six câbles de précontrainte des âmes

Les sollicitations globales de l'ouvrage ont été évaluées à l'aide d'un modèle de barres spatial, la flexion transversale de la dalle de roulement a été estimée au moyen d'un modèle dalle.

Procédé de montage

Après la mise en place des installations de chantier et l'aménagement des pistes permettant d'accéder aux piles sur chaque versant, le terrassement des fondations a été entrepris pour les deux viaducs, en progressant du nord au sud. Les semelles de fondation des piles ont été bétonnées en remplissant de béton le vide laissé entre l'excavation et un coffrage négatif. Les piles sont construites à la suite, en recourant à un coffrage grim pant de six mètres de hauteur (fig. 5). Des cages d'armature préfabriquées sont ensuite montées sur les piles pour être mises en place en garantissant un recouvrement complet avec les barres en attente des étapes précédentes.

Le tablier est réalisé en deux étapes : l'auge, puis la dalle de roulement. Pour diminuer le temps d'intervention, les cages d'armatures sont préfabriquées à terre, puis mises en place à l'intérieur du coffrage (fig. 6). Le coffrage de l'auge et des consoles est porté par deux poutres à treillis qui s'appuient sur une pile définitive et sur deux piles provisoires et qui sont suspendues au nez de l'étape déjà réalisée (fig. 3 et 7). Ce coffrage est composé de deux éléments qui peuvent être séparés ou joints pour constituer la géométrie extérieure de l'auge et des consoles (fig. 8).

L'auge est d'abord bétonnée puis suivie, trois jours après, par la mise en tension de quatre câbles longitudinaux (injectés). La dalle de roulement est ensuite réalisée. La construction d'une étape de tablier s'achève par la mise en tension

Systèmes de montage

Pont réalisé sur cintre fixe ou mobile

Les éléments de coffrage du tablier (auge et consoles) sont portés par des poutres métalliques s'appuyant sur les piles déjà bétonnées et sur des piles provisoires (tours d'échafaudage). En cas de cintre fixe, les éléments de coffrage sont enlevés des poutres métalliques à la fin de chaque étape de réalisation du tablier. Les poutres et les piles provisoires sont ensuite démontées, puis réassemblées pour l'étape suivante. Pour une question de rapidité d'exécution, il est nécessaire de disposer du matériel pour deux étapes de tablier. Avec un cintre mobile, les poutres et l'outil de coffrage sont conjointement déplacés longitudinalement et positionnés pour la construction de l'étape suivante. Cette méthode exige un matériel lourd, mais présente l'avantage d'une progression très rapide.

Pont réalisé par poussage cadencé

Le tablier (auge, dalle de roulement, évtl. parapets) est réalisé sur une aire de préfabrication disposée sur la culée située au point bas de l'ouvrage. L'étape bétonnée (une demi-travée ou une travée) est ensuite poussée à l'aide de vérins. Cette méthode présente des caractéristiques similaires à celle sur cintre mobile (matériel lourd et avancement rapide).

des deux derniers câbles longitudinaux et de tous les câbles transversaux (non injectés). Le cintre est alors abaissé (à la suspen-sion du nez, sur la pile définitive et les deux piles provisoires), les deux éléments du coffrage sont séparés et les deux poutres à treillis sont éloignées l'une de l'autre au moyen de vérins qui les font glisser latéralement sur des voies de ripage. Cette opération est nécessaire pour que l'outil de coffrage passe à côté des piles (fig. 9). Les poutres à treillis sont ensuite alternativement déplacées longitudinalement par pas de 80 cm en faisant glisser les ailes des profilés de la membrure inférieure des poutres à treillis sur des voies de ripage. Pour limiter les déformations, les têtes des piles définitives et provisoires sont retenues par des câbles.

Une fois leur nouvelle position atteinte, les poutres sont rapprochées et l'outil de coffrage est fermé. Il ne reste plus ensuite qu'à suspendre le cintre au nez de l'étape précédente, puis à régler sa position sur la pile définitive et les piles



5



6

Fig. 6 : Cintre en train d'être déplacé après la réalisation de la 1^{ère} étape de tablier

Fig. 7 : Vue sur l'outil de coffrage ouvert et du nez de la 1^{ère} étape de tablier

Fig. 9 : Outil de coffrage prêt à être refermé (2^e étape de tablier)

Fig. 10 : Déroulement des travaux d'une étape de tablier de 56,20 m

(Tous les documents illustrant cet article ont été fournis par les auteurs.)



7



8



9

provisoires au moyen de vérins. Toute cette mécanique bien rôdée permet d'amener le cintre (y compris l'outil de coffrage prêt à recevoir l'armature et les câbles de précontrainte) dans sa nouvelle position en quatre jours. Cette façon de faire, associée à un choix judicieux de la précontrainte (50% de coupleurs au nez de chaque étape), permet de réaliser une étape de 56,20 m en quatre semaines (fig. 10).

Les culées sont exécutées de manière conventionnelle. Les voiles inclinés qui ferment l'espace situé entre le caisson, les porte-à-faux et le banc de culée sont réalisés avant la construction du tablier, ce qui exige une exécution très précise. Les parapets sont bétonnés après la réalisation de la troisième étape de tablier, en partant de la culée nord et au moyen de deux outils de coffrage (un par console) de neuf mètres de longueur. Un système permettant la mise en place immédiate des nattes de protection thermique après le décoffrage fait que deux étapes peuvent être bétonnées hebdomadairement.

Enseignements

Le mandat d'étude parallèle a conduit au choix d'une solution simple, exécutée de manière rationnelle, dont la sobriété ne porte pas préjudice à l'esthétique et à l'intégration de l'ouvrage dans le site.

Cette procédure a en revanche contribué à priver la structure des réserves usuelles de capacité portante prévues pour couvrir les aléas des normes, de la géologie, des modèles de calcul et des procédés de montage.

Le coût global de l'ouvrage (y compris les grands murs en aile des culées imposés par des considérations architecturales, l'étanchéité, le revêtement et tous les équipements) est estimé à 11 500 000 de francs, ce qui correspond à un prix moyen de tablier de 1 400/m². Ce coût ne s'écarte pas de manière significative de réalisations récentes comparables (viaducs de Chanélaz sur la N5).

Bernard Houriet, dr. ing. civil dipl. EPFZ/SIA
 Jean-François Gnaegi, ing. civil dipl. EPFZ/SIA
 GVH Delémont SA
 Rue St-Maurice 30H
 CH – 2800 Delémont

	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4
Suspente du cintre au nez de l'étape précédente				
Auge, coffrage, armature et précontrainte	■	■	■	■
Bétonnage de l'auge		■	■	■
Mise en tension et injection de la précontrainte d'auge (4 câbles)			■	■
Dalle de roulement, coffrage, armature et précontrainte transversale		■	■	■
Bétonnage de la dalle de roulement			■	■
Mise en tension de la précontrainte transversale et longitudinale (2 câbles)				■
Abaissement et déplacement du cintre				■

10