

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 135 (2009)
Heft: 09: D'un pont à l'autre

Artikel: Les viaducs du Creugenat
Autor: Houriet, Bernard / Gnaegi, Jean-François
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-99753>

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: 22.12.2024

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

Les viaducs du Creugenat

PONTS

Les viaducs du Creugenat sont actuellement en construction à l'Ouest de Porrentruy, à proximité du village de Courtedoux. Le mandat d'ingénieur civil a fait l'objet d'une procédure sélective à deux degrés avec concours de projet en phase 1 et mandat parallèle en phase 2. Au terme de cette procédure (voir article p. 7), c'est le projet du bureau GVH Delémont SA, dont la construction est prévue par encorbellement dans les travées principales, qui a été retenu pour l'exécution.

L'autoroute A16 franchira la vallée sèche du Creugenat à une hauteur maximale de 50 mètres. Les viaducs en construction doivent enjamber une large brèche trapézoïdale d'environ 180 mètres de longueur dont les versants dissymétriques sont boisés. Le versant ouest présente une pente moyenne tandis que le versant opposé est plus escarpé et difficile d'accès (fig. 2).



Le fond de la vallée, constitué par le lit du déversoir occasionnel de la rivière souterraine l'Ajoulotte, est protégé par une zone d'interdiction de construire de 60 m de largeur, qui s'applique aussi bien en phase de réalisation que d'exploitation de l'ouvrage.

Les calcaires à Ptérocères du Kimméridgien affleurent sur les versants de la brèche; les marnes à Ptérocères sont interceptées localement côté Ouest. Dans la plaine du Creugenat, on rencontre une couche quaternaire constituée d'alluvions et de lehms dont l'épaisseur atteint 8 m. La campagne de reconnaissances géologiques complémentaires 2008, réalisée au terme de la procédure sélective, a mis en évidence la présence d'importants karsts dans les calcaires sous-jacents.

Sobre et économique

La prise en compte du site et des conditions géologiques est évidemment à la base de la conception de l'ouvrage. Dans le cas présent, il a aussi fallu ajouter à ces éléments certains impératifs liés à la procédure sélective à deux degrés, notamment les exigences économiques qui imposaient de choisir des formes simples et de mettre en oeuvre des techniques de construction éprouvées.

L'ouvrage en béton se caractérise par une grande sobriété qui favorise son intégration dans le site naturel (fig. 1). L'implantation décalée des piles des viaducs Nord et Sud est dictée par l'orientation générale de la vallée. Les viaducs se distinguent par leur longueur totale – respectivement 558.8 m et 544.5 m – et leur courbure horizontale – respectivement 869.275 m et 912.875 m. Cette seconde différence est due à la nécessité d'écarter les ponts à l'approche des tunnels. Les viaducs peuvent être divisés en trois parties en fonction du mode de construction retenu :

- une partie centrale, d'une longueur cumulée de 384 m, réalisée par encorbellement à 50 m au-dessus du fond de la vallée,
- le viaduc d'accès Ouest d'une longueur de 148 m, réalisé sur cintre fixe, avec des portées de 38.6, 48.2 et 48.2 m et un porte-à-faux provisoire de 13 m (avant le clavage avec la zone en encorbellement),

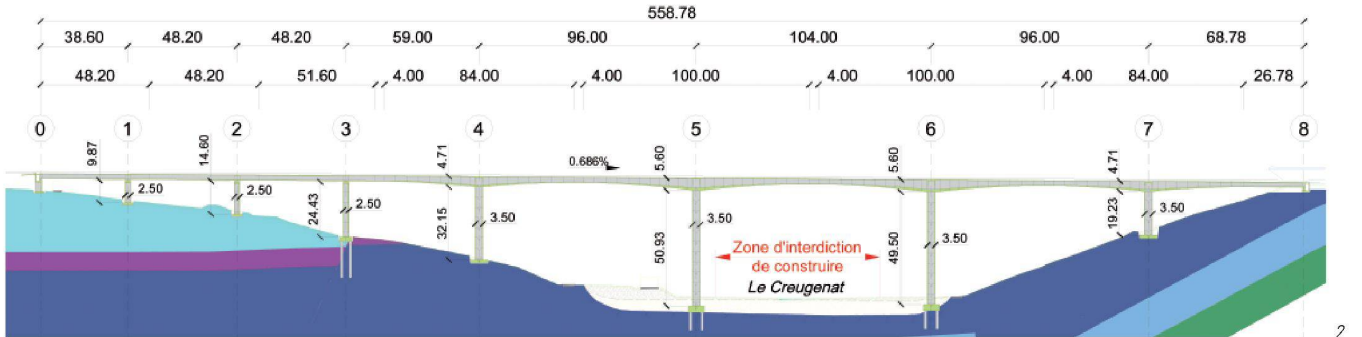
Fig. 1 : Photomontage des viaducs (Document Rhinoceros)

Fig. 2 : Vue générale en élévation du viaduc Nord

Fig. 3 : Section des viaducs sur appui

Fig. 4 : Section des viaducs en travée

Fig. 5 : Coupes des piles : viaducs d'accès (à gauche) et partie centrale (à droite)



– la travée de rive Est d’une longueur respective de 26.8 et 12.5 m pour les viaducs Nord et Sud, réalisée également sur cintre fixe.

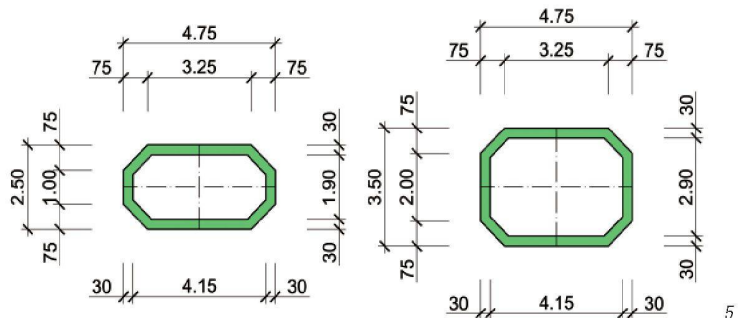
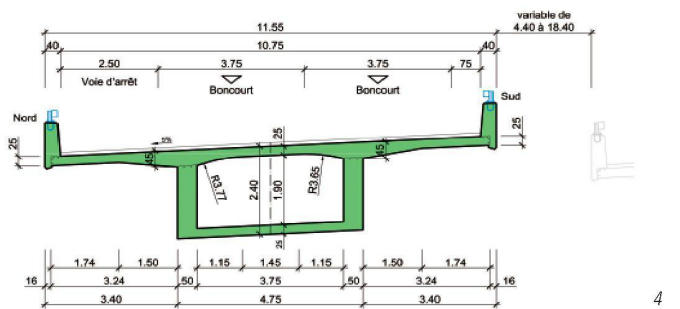
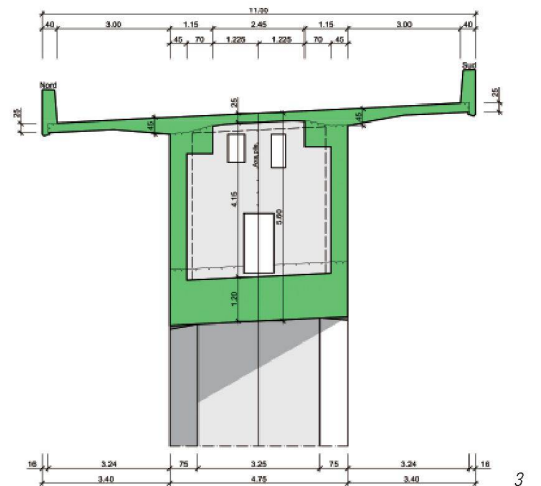
La section transversale formée d’un caisson et de deux porte-à-faux (fig. 3 et 4) est caractérisée par une hauteur variable dans la zone en encorbellement et une hauteur constante dans les autres parties du pont. La dalle de roulement, d’une largeur totale de 11.55 m, permet d’aménager deux voies de circulation unidirectionnelles et une voie d’arrêt d’urgence.

Depuis le sommet des piles

L’une des difficultés des ouvrages du Creugenat tient certainement à la réalisation de sa partie centrale, qui doit être construite à 50 m au dessus du sol, tout en respectant une zone d’interdiction de construire définie au centre de la vallée. Le recours au mode de construction par encorbellement constitue une réponse efficace à cette problématique. Si cette technique ne constitue pas une nouveauté en soi, il n’est pas inutile de souligner quelques éléments concernant la réalisation et le dimensionnement des piles ainsi que l’utilisation de la précontrainte.

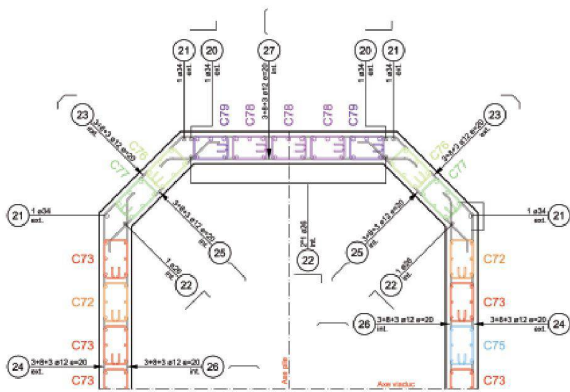
Les piles (et leurs fondations) sont d’abord réalisées par étapes de 4.5 m de longueur, à l’aide d’un coffrage grim pant. Le recours à des cages d’armature préfabriquées et alternées contribue aussi à simplifier la construction des piles (fig. 6 et 7).

La première tranche de tablier, le culot, est ensuite réalisée en tête de pile par des moyens traditionnels (fig. 10). La suite du tablier peut alors être construite depuis le culot par étapes successives, d’une longueur variant de quatre à cinq mètres, à l’aide de deux outils de coffrage performants (chariots) qui reposent sur les parties déjà réalisées. Chaque semaine, une nouvelle étape est bétonnée simultanément de part et d’autre de la pile, garantissant ainsi l’équilibre

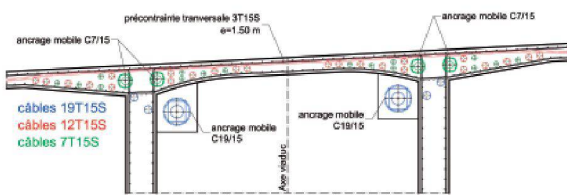




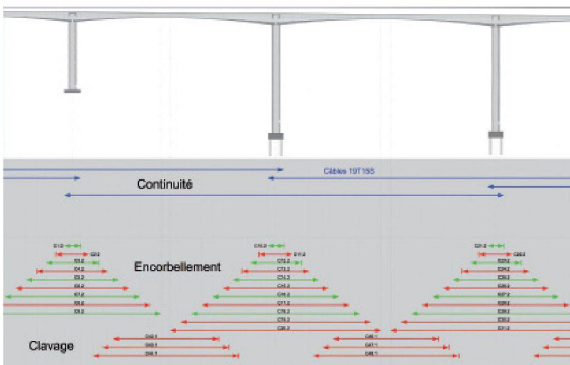
6



7



8



9

global du fléau¹. Les piles jouent donc un rôle essentiel lors du montage, puisque ce sont elles qui assurent la stabilité de l'ensemble du fléau en construction jusqu'à son clavage avec le fléau voisin.

Au niveau des fondations, il a fallu réaliser dix pieux sous les semelles des piles principales 5 et 6. Ces éléments sont figés dans le calcaire sain afin de minimiser les risques d'effondrement de karsts présumés ou identifiés lors des campagnes de reconnaissances géologiques.

La section octogonale creuse des piles (fig. 5) a été choisie pour sa capacité à reprendre les flexions obliques induites par les différentes situations de charge rencontrées au cours du montage. Une section constante sur toute la hauteur de la pile a été préférée à une solution avec évasement en pied et en tête, plus appropriée statiquement, afin de conférer une plus grande sobriété à l'ouvrage et de rationaliser sa construction.

La réalisation du pont par encorbellement a nécessité le recours à trois types de précontrainte longitudinale (fig. 8 et 9) :

- une précontrainte d'encorbellement (câbles 7T15S et 12T15S), logée dans la dalle de roulement, qui comprend quatre câbles par étapes. Ces derniers sont mis en tension quelques jours après le bétonnage d'une nouvelle étape de tablier, juste avant le déplacement du chariot d'encorbellement. Le rôle de cette précontrainte est de limiter la fissuration du tablier et de maîtriser les déformations en cours de construction.
- Une précontrainte de clavage (câbles 12T15S) disposée dans la dalle inférieure. Ces câbles introduisent une force de compression favorable dans l'étape de clavage et contribuent de manière significative à la reprise des moments positifs dans le système statique définitif.
- Une précontrainte de continuité à tracé parabolique (câbles 19T15S), logée dans les âmes, constituée de deux câbles par âme alternativement recouverts sur appuis et enfilés au moyen de bossages. De tels câbles, aussi utilisés lors de la réalisation de ponts en béton sur cintre, complètent les deux familles précédentes dans le système statique final.

La réalisation des fléaux 4 et 7 et des cinq premières étapes des fléaux 5 et 6 ne nécessitait pas de stabilisation extérieure des piles. En effet, leur résistance propre est suffisante pour supporter les sollicitations combinées de flexion et de compression auxquelles elles sont soumises en cours de construction.

¹ Un fléau comprend une pile et les étapes du tablier déjà construites à partir de celle-ci.

Fig. 6 : Cage d'armature des piles pendant le montage

Fig. 7 : Schéma d'armature des piles

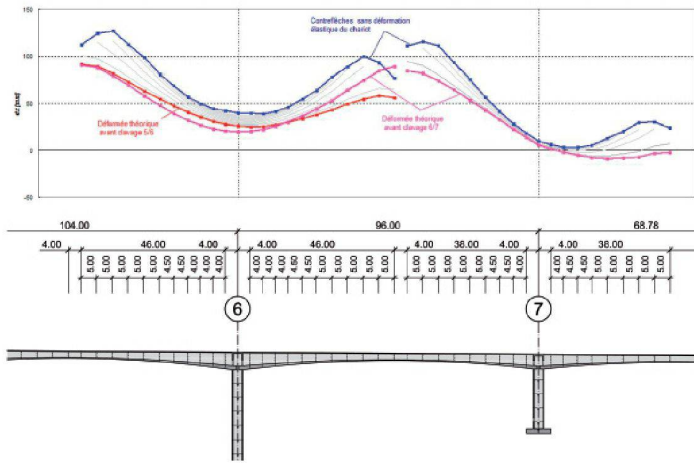
Fig. 8 : Distribution transversale des précontraintes

Fig. 9 : Répartition longitudinale des précontraintes

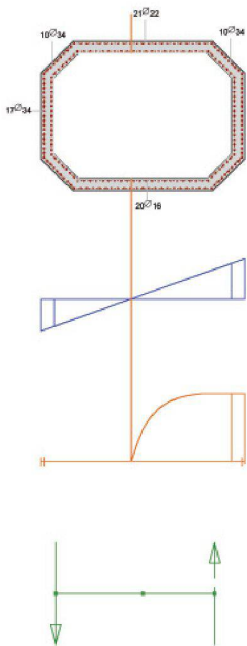
Fig. 10 : La pile 4 et son culot



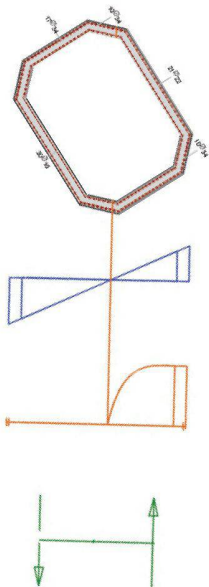
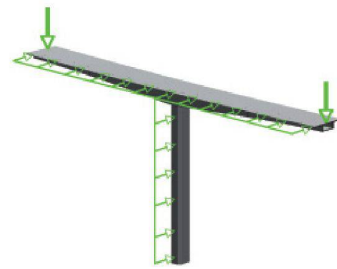
10



11



12



13



En revanche, la résistance des piles 5 et 6 ne permettait pas à elle seule de réaliser les étapes 6 à 10 des féaux 5 et 6 sans mesures additionnelles. Le recours aux solutions usuelles – stabilisation à l’aide de câbles verticaux ou de câbles en croix ancrés dans le sol – a dû être écarté en raison des contraintes liées au site (zone d’interdiction de construire et conditions hydrogéologiques).

L’idée a dès lors été de stabiliser le fléau en construction à l’aide des parties d’ouvrage déjà construites (fig. 14). Une poutre triangulée disposée à l’axe du tablier entre l’étape 5 du fléau en construction et la dernière étape du fléau adjacent crée ainsi une liaison statiquement très efficace (création d’un cadre avec plusieurs piles).

La difficulté principale du mode de réalisation par encorbellement est de prévoir et de maîtriser le comportement de l’ouvrage en cours de construction afin de permettre le clavage entre deux fléaux adjacents. Pour cette raison, la construction de l’ouvrage fait l’objet d’un suivi important qui consiste à vérifier régulièrement la verticalité des piles et la déformée de chaque fléau pendant les travaux.

Viaducs d’accès sur cintre

Le souci de rationalisation des procédés de montage a également influencé la conception des viaducs d’accès. La forme générale de la section des piles centrales (4 à 7) a été maintenue pour les piles d’accès (1 à 3), en réduisant simplement la dimension longitudinale pour tenir compte du niveau de sollicitation plus faible de ces dernières (fig. 5). Le tablier a été réalisé en trois étapes longitudinales et deux transversales (auge puis dalle de roulement).

La précontrainte longitudinale parabolique (quatre câbles par âme dans l’auge et deux dans la dalle de roulement) a été réalisée sans bossages, en couplant 50% des câbles au nez des étapes de bétonnage. L’épaisseur des âmes a par conséquent dû être augmentée à 50 cm, pour pouvoir accueillir les coupleurs et éviter les bossages. Ce concept a essentiellement été dicté par des considérations économiques, puisqu’il permet de limiter le nombre de cintres nécessaires.

Analyse structurale

Le calcul des sollicitations globales de l’ouvrage a été mené à l’aide d’un modèle de barres 3D qui intègre l’évolution du système statique de l’ouvrage pendant la construction ainsi que la mise en œuvre progressive des actions permanentes.

Le calcul des contreflèches a quant à lui été réalisé en considérant les effets de la précontrainte, des surcharges permanentes et de la température sont considérés sur la base d’hypothèses conservatives. Le but de cette démarche est de

Fig. 11: Calcul des flèches selon les étapes de construction

Fig. 12 et 13: Sollicitations et efforts dans les piles

Fig. 14 : Dispositif pour la stabilisation d'un fléau



14

légèrement surcompenser les déformations pour garantir la qualité esthétique de l'ouvrage à long terme. Un tel calcul est nécessaire au suivi des nombreuses étapes de construction et à la maîtrise de ses aléas (fig. 11).

Comme dit précédemment, lors d'une construction par encorbellement, ce sont les étapes de montage qui sont particulièrement critiques pour les piles. Le dimensionnement des piles 4 à 7 est conditionné par l'action du vent agissant uniformément sur les fléaux complets juste avant le clavage, ainsi que par un éventuel bétonnage asymétrique sans poutre de stabilisation – quatre étapes bétonnées d'un côté de la pile et cinq de l'autre, soit une situation non souhaitée mais couverte en cas d'imprévu majeur (fig. 12 et 13).

A noter que l'armature nécessaire des piles a été considérablement optimisée sur la base des exigences de la norme et du règlement de la procédure (sécurité minimale autorisée). Les effets du 2^e ordre, qui prennent en compte l'in-

fluence de la déformation de la structure sur son état d'équilibre, ont été considérés. L'armature du tablier est par contre déterminée par l'action du trafic en phase d'exploitation.

Influences de la procédure

La procédure sélective adoptée pour les ouvrages du Creugenat a révélé certaines difficultés liées à la mise en concurrence de deux projets dans le cadre des appels d'offres d'entreprises. Le coût étant l'unique critère de sélection de la deuxième phase, les mandataires ont procédé à une optimisation drastique de leur projet, s'approchant ainsi des marges de sécurité minimales autorisées par les normes.

Force est de constater que tant la norme SIA 162/1993, applicable lors du mandat parallèle, que la norme SIA 262/2003 actuellement en vigueur, ne garantissent pas que toutes les règles de l'art communément admises dans le domaine des ponts soient respectées, notamment en ce qui

Fig. 15: Les viaducs en construction

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

Les acteurs de la construction des viaducs du Creugenat

Maître de l'ouvrage et direction générale des travaux :
Service des Ponts et Chaussées, République et Canton du Jura

Auteur du projet et direction locale des travaux :
GVH Delémont SA

Entreprise :
F. Bernasconi & Cie SA

Précontrainte :
Freyssinet SA



15

concerne la précontrainte (critère : $\sigma_{c,max} = 0$ à 1 N/mm^2 à l'arête tendue). Dès lors, le rôle des experts a été particulièrement important lors du mandat d'étude parallèle et des règles spécifiques ont parfois dû être développées.

Cela concerne en particulier le contrôle de la fissuration, qui a été effectué sur la base d'un critère de « limitation de l'ouverture résiduelle des fissures sous charges cycliques » élaboré par le professeur Aurelio Muttoni de l'EPFL, expert pour le projet. Ce critère présente l'avantage de s'appliquer tant aux ponts en béton armé précontraint qu'aux ponts mixtes non précontraints, ce qui a rendu possible la mise à niveau des deux projets en concurrence.

Il faut encore souligner qu'une majoration de 30% des longueurs et des largeurs des fondations a également été imposée aux deux projets retenus lors de la seconde phase. L'application stricte des normes conduisait en effet à des dimensions de fondations indiscutablement trop petites pour ce type d'ouvrages.

Malgré ces adaptations, la quantité d'armature mise en place dans les différents éléments de l'ouvrage reste considérablement inférieure aux standards habituels pour des ponts de cette importance. La conséquence est de deux ordres. Tout d'abord, la structure ne bénéficie plus des réserves usuelles pour couvrir les aléas propres à ce type d'ouvrage (géologie et géotechnique, qualité effective des matériaux

mis en œuvre, modèles et paramètres de calcul, procédure de montage effective, évolution future des normes, ...). Ensuite, on peut craindre que la durabilité de l'ouvrage soit affectée négativement.

Nécessité d'expertise

La procédure sélective à deux degrés a permis la conception d'un ouvrage sobre et élégant, qui répond de manière optimale tant aux exigences de l'esthétique et de l'intégration dans le site qu'à celles de l'économie.

Sans l'arbitrage des experts, le mandat parallèle pourrait par contre conduire à des taux de précontrainte et à des dimensions de fondations qui ne respectent pas les règles de l'art du praticien. La réduction systématique des réserves usuelles de capacité portante a conduit à des taux d'armature très bas, aussi bien dans les piles que dans le tablier, ce qui a entravé le déroulement du projet d'exécution et le choix des procédés détaillés d'exécution. Des réserves qui sont censées couvrir les aléas relatifs aux conditions géologiques, aux modèles et aux paramètres de calcul, au déroulement des travaux, aux équipements mis en œuvre pour l'exécution ou à l'évolution future des normes.

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