

# Intégration du pont sur l'Arve

**Le franchissement de l'Arve sera l'une des rares sections visibles du CEVA. Le concours organisé à cette occasion a abouti à une solution originale : un pont fermé par des façades en verre devant répondre au souci d'intégration des maîtres de l'ouvrage.**

Le projet de liaison ferroviaire Cornavin-Eaux-Vives-Annemasse prévoit le franchissement de l'Arve à Carouge par un pont. Celui-ci se situe entre la piscine de Carouge et la zone de détente de la Fontenette, un endroit très apprécié par la population carougeoise. Les maîtres d'ouvrage souhaitent une intégration harmonieuse dans le site, d'autant plus qu'il s'agit de l'un des rares ouvrages aériens du projet, la majeure partie du tracé étant souterraine. Le choix d'un pont abaissé, sans piles dans le lit de la rivière, résulte de la volonté d'intégrer au mieux le projet dans son environnement. Le franchissement de l'Arve a lieu au droit d'un méandre prononcé de la rivière (fig. 1) qui se caractérise par une rive gauche en pente douce alors que la rive droite, particulièrement abrupte à cet endroit, présente à l'évidence des signes d'instabilité dus à l'érosion naturelle de la rivière. La topographie du fond de la rivière est mobile et varie d'année en année du fait de l'érosion.

Il faut ajouter à cela la volonté des maîtres d'ouvrage de construire la majeure partie du projet avec une voie bétonnée munie de dispositifs d'atténuation des vibrations et des sons transmis par les éléments de la structure (sons solidiens). Cette exigence constitue pour le pont sur l'Arve un défi technique de premier ordre, puisqu'il s'agit du premier ouvrage de ce type à être construit en Suisse.

## Concours

Pour atteindre leur objectif, les maîtres d'ouvrage ont lancé en juillet 2004 un concours de projets pour le pont sur l'Arve et un concours d'idées pour l'aménagement de ses abords immédiats et de la partie émergente de la tranchée couverte en rive gauche. Les critères retenus portaient sur :

- l'insertion du projet dans le site et le paysage,
- la cohérence des éléments du projet (pont, portail et tran-

- chée couverte) dans l'esprit d'une unité globale du site,
- l'adéquation entre l'expression architecturale et le concept de la structure porteuse,
- l'impact de la ligne du pont, sa transparence et son dynamisme,
- la qualité du traitement architectural
- l'économie générale du projet.

Parmi les 18 dossiers déposés, le jury a accordé le premier prix au projet présenté par le groupement Vd'A, lauréat des deux concours. Ce groupement, composé de *sd ingénierie Genève SA* et de *BMS Atelier d'Architecture*, a proposé un pont à treillis métallique comprenant une auge et une toiture en béton armé avec des panneaux de verre à facettes pour ses façades (fig. 2). Ce projet offre :

- une solution élégante, économique et bien intégrée dans le site pour le pont sur l'Arve,
- une solution convaincante pour le réaménagement des abords de l'ouvrage,

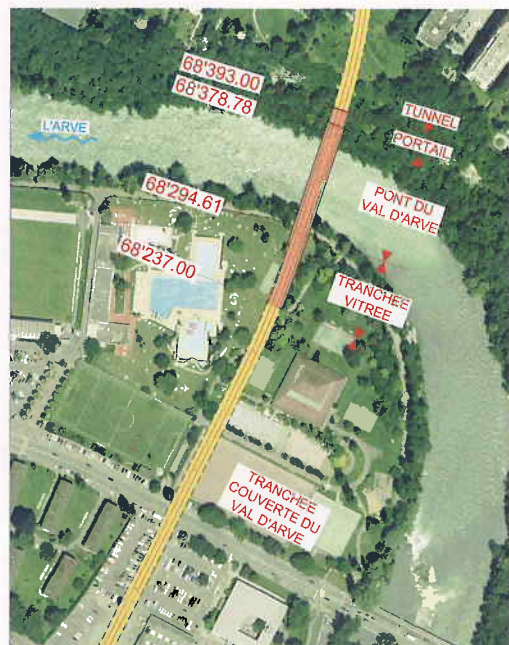


Fig. 1 : Situation générale du pont sur l'Arve

Fig. 2 : Coupe type de la structure porteuse

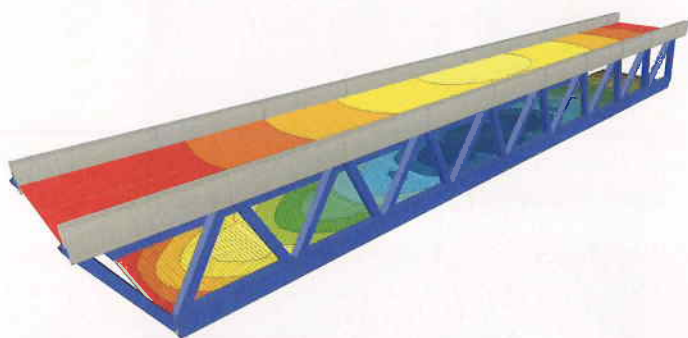
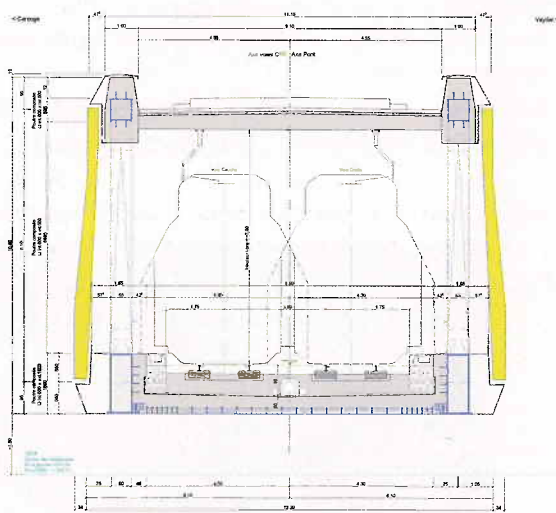
Fig. 3 : Modélisation 3D / SCIA

- une cohérence entre la proposition faite pour le pont et les aménagements proposés pour la tranchée couverte.

Le groupement Vd'A s'est vu confier les études pour le projet et l'exécution de l'ouvrage. Le projet a été mis à l'enquête publique pendant l'été 2006 et mis en soumission à l'automne 2008. Selon le planning des travaux, la construction du pont doit se faire au cours des premières phases de réalisation du CEVA, notamment en raison de son rôle d'accès pour la réalisation du tunnel de Champel.

### Particularités du site

La future ligne du CEVA traverse la zone sportive de Carouge avant de s'enfoncer dans la falaise de Champel sur la rive droite de l'Arve. L'ouvrage à construire s'inscrit dans un site naturel de grande qualité paysagère (fig. 4 et 6) et patrimoniale situé à l'intérieur du périmètre de protection des rives (L 4 16 de la législation cantonale). Ce périmètre est en principe non constructible, mais des « constructions d'intérêt général » peuvent y être édifiées si elles ne peuvent être implantées ailleurs. La réalisation de la liaison CEVA appartient clairement à cette catégorie de construction.



La géologie des terrains au droit du franchissement est relativement simple. Des dépôts alluvionnaires récents de faible épaisseur se rencontrent en surface en rive gauche. Ces dépôts recouvrent la formation de l'alluvion ancienne, bien connue des constructeurs genevois, une formation qui constitue aussi la majeure partie de la falaise en rive droite. Elle est composée de sables et graviers très denses et localement cimentés.

La traversée de l'Arve se doit par ailleurs de respecter un certain gabarit d'espace libre sous le pont. Il s'agit d'éviter la création d'une situation problématique en cas de crues, en regard notamment du niveau d'eau atteint et des corps flottants. C'est ainsi que le profil en long du tablier de l'ouvrage a été déterminé à partir d'une étude hydraulique, confiée au Laboratoire de constructions hydrauliques de l'EPFL. Les contraintes hydrauliques à respecter sont les suivantes :

- maintien d'un tirant d'air minimum de 50cm sous le tablier pour le débit de crue centennal  $Q_{100}$ ,
- respect de la limite zéro du tirant d'air pour la crue millénaire extrême  $Q_{1000}$ .

Les données hydrologiques sont disponibles sur une période d'enregistrement de près de 80 ans (1924 - 2002). Elles comportent une pointe annuelle maximale de  $840 \text{ m}^3/\text{s}$  enregistrée en 1968. Le calcul des niveaux d'eau extrêmes a été effectué en tenant compte de la présence du méandre sous le pont. En effet, le méandre provoque un balancement du plan d'eau qui conduit à une surélévation à l'extérieur et un abaissement à l'intérieur de la courbe. Ce balancement a été calculé par la formule de Sinniger et Hager (1989).

La présence d'une falaise abrupte en rive droite exige la protection de l'ouvrage contre les chutes de blocs. Cette étude a été confiée à l'Institut géotechnique SA. Elle a servi à définir l'énergie d'impact des chutes de pierres utilisée pour le dimensionnement des protections. La falaise présente une hauteur de 40m avec une pente moyenne de  $40^\circ$ . Le scénario extrême prévoit la chute d'un bloc de 50cm de diamètre ayant une masse de 180kg. Calculée par analyse trajectographique (modélisation en deux dimensions des trajectoires des blocs), l'énergie maximale lors de l'impact est de l'ordre de 2 à 5kJ.

### Structure et façades

Le pont est situé au plus près du niveau d'eau de l'Arve, sans appui dans la rivière. La structure a été modélisée en trois dimensions avec le logiciel SCIA (éléments finis coques et barres) (fig. 3). Le système statique longitudinal est celui d'une poutre à treillis isostatique ayant une portée de 84.18m.

L'ouvrage comprend en fait deux poutres à treillis reliées entre elles par une auge et une dalle supérieure (fig. 2). Ces poutres sont composées de deux membrures faites de caissons métalliques enrobés de béton. Elles sont reliées par des diagonales en acier. La prise en compte des exigences liées à la fatigue conduit à des sections d'acier considérables : en travée, par exemple, la membrure inférieure intègre un caisson de 1800 mm x 950 mm avec une épaisseur de tôle de 80 mm (acier type S 355 K2). Le bétonnage des membrures latérales supérieures et de la dalle est exécuté après le poussage de la structure métallique.

L'auge est constituée d'une section mixte acier béton. Le platelage inférieur en acier, d'une épaisseur de 10 mm, est raidi par des  $\frac{1}{2}$  profilés (HEBT 700 et HEAT 340). L'ouvrage s'appuie sur deux culées visitables, permettant de contrôler les appuis ou de les remplacer.

Le choix du béton pour constituer le toit de l'ouvrage (dalle et membrure) permet d'utiliser au mieux la résistance à la compression du béton. Le choix de l'acier pour les membrures et diagonales permet quant à lui d'alléger l'ouvrage. En ce qui concerne l'auge, le choix d'une structure mixte répond à des impératifs esthétiques et d'entretien.

Les façades du pont sont constituées de panneaux de verre triangulaires et disposés sur des plans d'orientation variable. En plus de jouer un rôle de barrière phonique visant à absorber les émissions sonores dues au trafic ferroviaire, les façades, entièrement vitrées, améliorent la pérennité de l'ouvrage – puisque l'enveloppe fermée protège les infrastructures des intempéries – et participent à l'insertion du pont dans le paysage. En effet, à l'instar de l'eau, le verre possède des qualités de réflexion, de transparence et de brillance avec lesquelles on peut obtenir une palette de couleurs variée et nuancée, émanant de l'environnement et permettant ainsi une intégration harmonieuse. A noter que les verres sont traités par l'ajout de motifs hachurés peu perceptibles pour l'homme, mais propres à diminuer le risque de collision pour la faune aviaire. Ce traitement est en cours d'élaboration avec les spécialistes de la station ornithologique de Sempach. Ces variations de surface évoquent les ondulations du plan d'eau en fragmentant les reflets et en mélangeant les zones de transparence et de réflexion.

Une étanchéité traditionnelle (lés + chape de protection) sera appliquée à l'auge et à la dalle supérieure du pont. Un drainage au fond de l'auge doit permettre l'évacuation des eaux en cas d'incendie ou d'apport exceptionnel.

Une fosse d'amortissement remplie de sable sera aménagée au niveau de la dalle supérieure, entre le pont et le pied de la falaise, pour amortir les chocs dus aux chutes de pierre. De

plus, on procédera à un remodelage de la topographie du talus au-dessus de l'ouvrage pour dévier les trajectoires des blocs et améliorer ainsi la protection de l'ouvrage contre les chutes de pierre.

### Méthode d'exécution

L'ouvrage est réalisé par lancement depuis la rive gauche. Les éléments préfabriqués de la structure métallique seront amenés par transports spéciaux sur la berge, rive gauche, côté piscine de Carouge. Ils seront mis en place par un camion-grue et soutenus par un étayage provisoire avant d'être assemblés par soudage dans un atelier mobile. Cet atelier aura la double fonction de permettre le soudage dans des positions confortables et de protéger les soudeurs des intempéries. Toutes les soudures effectuées sur chantier seront contrôlées (ultrason, magnétoscopie, visuel).

La position du pont pendant son assemblage sera dans l'axe du futur ouvrage, en léger décalage par rapport à l'axe de la tranchée couverte vitrée. Un périmètre d'installation de 10 m de part et d'autre de la structure métallique est nécessaire pour effectuer le montage. Ce périmètre permet d'engager des machines de manutention pour monter les membrures et les diagonales de la charpente métallique.

Les principales phases de construction comprennent notamment (fig. 5) :

- création d'un gué provisoire pour franchissement de l'Arve,
- exécution des culées (pieux forés et sommier en béton),
- exécution de la pile provisoire (battage de pieux type HEB 300, huit pièces) et montage de deux tours *MegaSteel* d'une hauteur de 7 m et d'une capacité de 810 tonnes chacune.
- poussage de la structure métallique, munie d'un avant-bec, pour diminuer la portée,

