



Du portail sud de la tranchée couverte Les Granges à l'interface du Pâquier, les murs en pied de talus ont une forme de type «New Jersey» afin de garantir la sécurité des usagers et ont une hauteur de 1,15 m.

Le point sur la route d'évitement H189

La route d'évitement conduira le trafic vers deux routes principales alpestres: la H189 qui mène de Bulle à Boltigen via le Jaunpass, et la H190 menant de La Tour-de-Trême à Château d'Oex via la vallée de l'Intyamon et le passage de la Tine.

Compte tenu de la présence de tronçons souterrains, cette nouvelle route aura le statut de semi-autoroute et remplacera les routes cantonales n° 100, 101, 103, 130 et 133 traversant actuellement Bulle - La Tour-de-Trême. Celles-ci deviendront communales sur environ 6,5 km, tandis qu'un tronçon de route communale de 730 m sera repris dans le réseau cantonal.

Décharger le réseau principal existant, réduire les impacts négatifs dus au trafic de transit (air, bruit, sécurité), favoriser l'introduction des transports en commun, assurer la sécurité des piétons et des deux roues dans l'agglomération et, surtout, améliorer la qualité de vie des habitants, tels sont les objectifs de la route d'évitement H189 Bulle - La Tour-de-Trême, qui reliera dès fin 2009 la sortie Bulle de l'autoroute A12 à la sortie sud du village de La Tour-de-Trême. Domobât fait le point sur les travaux actuellement en cours sur ce tracé, qui induit la construction de nombreux ouvrages différents.

LE TRACÉ À CIEL OUVERT

La future route principale alpestre suisse H189 est d'une longueur totale de 5270 m dont ~60% ou 3300 m en profil normal (à ciel ouvert), et 1970 m en tunnel et/ou tranchée couverte, soit ~40%. La vitesse de circulation est fixée à 80 km/h et, pour des raisons de sécurité, ponctuellement limitée à 60 km/h (interface de La Pâla). Une vitesse plus grande n'est pas envisageable du fait de la présence de tunnels, de tranchées couvertes et de giratoires répartis sur le tracé.

Le profil en travers en section courante comporte, de façon générale, une chaussée de 7 m à deux voies et deux accotements de 1,5 m, également revêtus. Des accotements élargis à 2,50 m sont prévus au droit des murs. En hauteur, le gabarit d'espace libre est de 4,50 m.

TEXTE: ERIC DE LAINSECQ

PHOTOS: ERIC DE LAINSECQ ET ERIC SAUTEREL



Les murs en pied de talus sont intégrés aux murs latéraux du portail des Granges. Du côté gauche de la route, le mur du portail fait office de mur de façade pour le local technique sud.



Longue de 465 m, la tranchée couverte des Granges s'abouche à une profondeur de 15 m environ au portail sud du tunnel sous la Trême.



Élargissement de la TC des Granges: la création d'une place d'évitement et d'une galerie d'accès résulte du concept de sécurité.



À la sortie du tunnel sous la Trême, dans la tranchée couverte des Granges et à la sortie du tunnel TPF à l'interface avec la tranchée couverte de Montcalia, une galerie d'accès part perpendiculairement à la route d'évitement pour aller rejoindre des routes communales toutes proches.

La structure de la chaussée est constituée d'un revêtement en trois couches et d'une couche de fondation de 80 cm d'épaisseur. Dans le secteur sud du tracé, depuis le portail des Granges à l'accrochage du Pré-du-Chêne, une étanchéité et un lestage sont mis en place en raison de la présence d'une nappe phréatique, dont le niveau est supérieur à celui de la route, ainsi que d'une portance réduite due à la présence d'alluvions post-glaciaires de faible qualité.

La typologie des accrochages nord «La Sionge» et sud «Pré du Chêne» est identique: un seul giratoire de grand diamètre (50 m au nord, 45 m au sud) est implanté à l'intersection des routes existantes et de la H189. Chaque voie d'accès comporte deux pistes d'entrée et une de sortie.

La jonction de Riaz marque le point de départ de la bretelle d'accès à l'autoroute A12. Elle se situe sur la route cantonale Riaz-Bulle. Plusieurs variantes ont été étudiées pour la modification de cette jonction. La variante avec la déconstruction du passage supérieur et du remblai et son remplacement par un giratoire sur l'axe de la route Fribourg-Bulle a été finalement retenue.

Les trois interfaces (Planchy, La Pâla et Le Pâquier) sont semi-nivellées. Les diamètres des giratoires sur la H189 sont de 40 m à Planchy, 50 m à La Pâla et de 40 m au Pâquier.

LES TUNNELS

Le tunnel sous les voies TPF a une longueur totale à l'axe de 88 m. La longueur du tunnel sous la Trême est de 580 m.

Les principales caractéristiques des tunnels sont les suivantes:

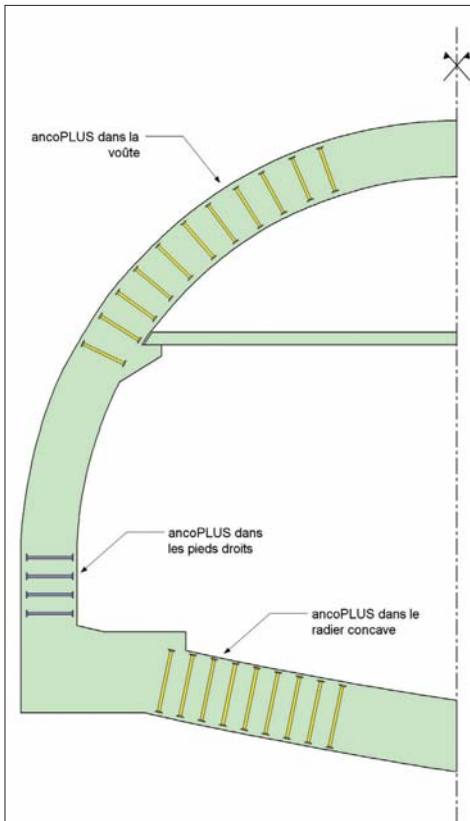
- une section fermée comprenant un anneau extérieur porteur et un revêtement intérieur avec une étanchéité complète entre les deux;



TC des Granges: armatures verticales de 90 cm de hauteur placées dans le radier de la tranchée couverte, dans les murs pieds droits puis dans les voûtes de façon à renforcer la résistance au cisaillement.

- pour le tunnel sous la Trême, des injections de consolidation du sol derrière les piliers et en pied de voûte sont exécutés depuis la base de l'excavation de la calotte; pour le tunnel sous les voies TPF, des injections au droit des piliers et des appuis de la voûte sont réalisées sur toute l'épaisseur de la couche de fluvioglacière depuis la surface;
- une voûte constituée de colonnes en jetting de 60 cm de diamètre;
- un anneau extérieur en voûte constitué par des cintres métalliques, du béton projeté entre cintres et du béton coffré

Coupe de la zone élargie de la tranchée couverte des Granges.



sur une épaisseur comprise entre 30 et 70 cm, armé longitudinalement aux deux naissances de voûte;

- des piédroits de 100 cm d'épaisseur pour le tunnel sous la Trême et de 120 cm d'épaisseur pour le tunnel sous voies TPF;
- un radier extérieur de 60 cm d'épaisseur;
- un revêtement intérieur de 30 cm d'épaisseur au droit de la voûte et des piédroits, et de 40 cm d'épaisseur au droit du radier;
- une reprise des défauts d'étanchéité de la voûte et des piédroits par un drainage longitudinal au-dessus de la semelle de chacun des deux piédroits;
- la collecte des eaux de chaussée dans un caniveau fendu, puis dans un collecteur;
- la collecte des eaux de la fondation dans le drain de collecte des défauts d'étanchéité;

- la collecte des eaux d'infiltration longitudinale et des défauts d'étanchéité au niveau du radier dans un drain central en fond de coffre.

Dans le cas du tunnel sous les voies TPF, les travaux d'excavation ont été exécutés à l'abri d'une voûte parapluie constitué de tubes métalliques injectés. Dans le cas du tunnel sous la Trême, la galerie de drainage a été réalisée avant l'excavation de la calotte du tunnel.

PASSAGES SUPÉRIEURS

Sept ouvrages permettent de franchir la H189. Ils sont intégrés dans le concept architectural et urbanistique. Ils aident l'automobiliste à se repérer, à identifier les différents lieux qu'il traverse, et à se situer par rapport à l'agglomération. Le concept urbanistique est composé d'une série de séquences qui s'enchaînent. Les ponts soulignent ces changements de séquences et, de ce fait, structurent l'ensemble du tracé.

Le concept choisi impose des ponts d'une seule portée, avec des culées en haut de talus. Le choix des matériaux s'est porté sur une structure bois-béton pour les ponts routiers et d'améliorations foncières (AF), une structure béton pour le pont TPF, et une structure bois pour la passerelle piétonne de La Motta.

Du producteur au consommateur



65'000 ancres verticales d'armature de cisaillement ont été livrées sur le chantier de la TC des Granges.

Ancotech SA possède sa propre structure de production à Dielsdorf/ZH, qui lui permet de livrer dans des délais très courts toutes sortes de pièces de renforcement et de fixation en acier pour des structures d'éléments préfabriqués ou de dalles bétonnées. L'entreprise est aussi très active dans le domaine des filetages d'armatures inox, des coupleurs d'armature ainsi que des systèmes d'ancres de transport, principalement utilisés pour la manutention des éléments en béton préfabriqué. Que ce soit en Suisse, en Allemagne, en Autriche, en Asie, ou encore au Moyen-Orient, la société a dans son palmarès une multitude de réalisations remarquables, voire prestigieuses: projets de génie civil, centres commerciaux, bâtiments, stades, ou encore parkings. Forgeage, façonnage, filetage, l'entreprise travaille plus de 3000 tonnes d'aciers spéciaux par an de manière autonome, ce qui lui permet de rester souple et flexible, et d'adapter rapidement sa production aux besoins du marché.

La structure des passages supérieurs (PS) de La Léchère, des ponts routiers et AF de Planchy, et des ponts routiers et AF du Pâquier est une dalle mixte sur deux appuis, avec un tablier en béton et des sommiers en bois lamellé-collé.

Pour le PS de La Pâla, l'architecture est différente, tout en restant dans une structure mixte bois-béton. Le pont de chemin de fer des TPF est constitué d'une structure en béton précontraint avec section en forme d'auge. Les appuis se trouvent sur les culées en sommet de talus. La proximité de ce pont avec les ponts routiers et AF du Pâquier a permis de n'avoir qu'une seule culée commune aux trois ponts.

La passerelle piétonne de La Motta est une structure tout en bois, reposant sur deux culées en béton. La section a une forme de U. Deux poutres en lamellé-collé constituent la structure porteuse primaire et servent également de barrières. La structure secondaire transversale forme la base du U. Un solivage dans le sens du pont supporte le plancher. La forme de la passerelle est circulaire dans le plan transversal.

TRANCHÉES COUVERTES

Deux concepts d'ouvrage ont été retenus pour les tranchées couvertes, selon les conditions des sols et d'eau rencontrées au



TC des Usisniers (265 m): enceinte de fouille et entrée nord du tunnel sous la Trême, le 2 avril 2008 (photo: Eric Sauterel).



TC Moncalia (349 m): ferrailage étape de voûte, le 13 février 2008 (photo: Eric Sauterel).



Tunnel sous la Trême: injection des colonnes Jetgrouting, 23 mai 2007.



Percement du tunnel sous voies TPF, le 19 novembre 2007.

droit des ouvrages. Les profils types des tranchées couvertes sont les suivants:

- une section fermée en béton armé avec une étanchéité extérieure complète dans les zones où l'ouvrage est situé sous la nappe phréatique dans les alluvions fluvio-glaciaires perméables;
- une section ouverte en fer à cheval en béton armé avec une étanchéité extérieure parapluie qui recouvre les piédroits et la voûte dans les zones sans nappe phréatique ou dans les zones avec un ouvrage situé dans la moraine peu perméable. Les méthodes d'exécution des tranchées couvertes pour les phases critiques sont les suivantes:
- le rabattement de la nappe profonde par des rangées de

puits de pompage ou de well-points situés de chaque côté de l'ouvrage;

- le contrôle de la nappe superficielle en dehors des fouilles par des tranchées drainantes exécutées le long des talus, de part et d'autre de la fouille. Dans le cas de la tranchée couverte des Usisniers, la profondeur des dépôts superficiels à drainer a nécessité le recours à une paroi drainante. Le maintien d'une voie de circulation sur la route des Usisniers nécessite la construction de parois clouées jusqu'au sommet de la fouille;
- l'exécution des terrassements au moyen d'un pré-terrassement à talus inclinés et ensuite exécution d'une paroi clouée avec berne intermédiaire;

- l'utilisation d'un coffrage glissant de même gabarit pour tous les ouvrages;
- le remblayage au-dessus et autour des ouvrages avec des matériaux qui rétablissent au mieux les conditions de perméabilité avant travaux;
- des ponts provisoires pour soutenir les voies TPF (Transports publics fribourgeois) au droit de la tranchée couverte des Usiniers.

PLACES D'ÉVITEMENT ET GALERIES D'ACCÈS

La création de deux places d'évitement et de deux galeries d'accès résultent du concept de sécurité. Elles se situent à la sortie du tunnel sous la Trême, dans la tranchée couverte des Granges et à la sortie du tunnel TPF à l'interface avec la tranchée couverte de Montcalia. Elles partent perpendiculairement à la route d'évitement pour aller rejoindre des routes communales toutes proches. Avec un gabarit intérieur de 4 x 3.5 m, elles présentent une pente de 12% et sont couvertes sur une longueur de 140 m. Celle de la tranchée couverte des Granges étant située dans une nappe, la section choisie est une section rectangulaire fermée en béton armé avec une étanchéité extérieure complète.

Un chemin de fuite est prévu dans le tunnel sous la Trême au droit de la piscine communale. Le profil type de ce chemin de fuite se présente sous la forme d'une cage d'escaliers de 5 m x 8 m sur une hauteur d'environ 16 m.

ZOOM SUR LA TC DES GRANGES

Longue de 465 m, la tranchée couverte des Granges, qui s'abouche au portail sud du tunnel sous la Trême, constitue une excellente démonstration de la mise en oeuvre d'armatures spéciales de cisaillement. Développée depuis plus de 15 ans par Ancotech SA, ce système dénommé ancoPLUS est l'un des plus performants et économiques du marché. Dans le cadre des travaux de cette tranchée couverte, la société Ancotech est sous-traitante du bureau d'ingénieurs principal ASI. Elle le sera également pour la TC des Usiniers, dont les travaux ont débuté début mai 2008.

Son rôle est de livrer le système spécial ancoPLUS, composé d'ancres de diamètre 10 à 30 mm. Celles-ci sont produites au moyen de barres d'armatures avec deux têtes d'ancrage forgées à 600°C. La hauteur des ancres s'adapte à l'épaisseur de la construction et elle n'est pas limitée. Une fois cette longueur définie, ces têtes d'ancrage sont soudées sur les barres de montage. Toutes ces armatures verticales - ici 90 cm de hauteur - sont placées dans le radier de la tranchée couverte, dans les murs pieds droits puis dans les voûtes de façon à renforcer la résistance au cisaillement. L'avantage de ce système est de permettre une réduction des épaisseurs de béton tout en augmentant la ductilité de l'ouvrage. "Un autre avantage de ce



Tunnel sous voies TPF: travaux d'étanchéité, le 2 avril 2008
(photo: Eric Sauterel).



Vue d'ensemble travaux de la TC de Planchy (248 m), le 13 février 2008
(photo: Eric Sauterel).

type d'armature est le gain de temps, qui est considérable pour l'entreprise, remarque Marc Barras, du bureau d'engineering Ancotech de Bulle. Nous avons livré sur le chantier environ 65'000 ancres verticales d'armature de cisaillement, ce qui représente quelque 80 tonnes d'acier. Un autre avantage - dans la mesure où on est en présence d'une galerie voûte avec un rayon relativement grand - est que les ingénieurs, l'entreprise et Ancotech ont pu opter pour des éléments qui épousent la forme arrondie de la tranchée avec des barres plates pourvues de trois têtes d'ancrage."

On notera qu'il existe des problèmes de cisaillement dans cette tranchée couverte notamment en raison des charges de terre très importantes qui la recouvrent (environ 15 mètres au niveau du tunnel sous la Trême).

Mais si un ouvrage présente une couverture de terre de seulement 2 mètres, il ne sera pas nécessaire de mettre en place de l'armature de cisaillement. Ce type d'armature est donc vraiment spécifique à certains ouvrages. Le système ancoPLUS permet également de résoudre des problèmes de poinçonnement: on le dispose alors en étoile pour éviter que le pilier ne transperce la dalle. ■

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE DE L'OUVRAGE

Service des Ponts et Chaussées du Canton de Fribourg

MANDATAIRE

ASI Association Sud - Ingénieurs

BUREAU PILOTE

MGI Partenaires Ingénieurs Conseils SA, Châtel-Saint-Denis