

Le pont en bois d'Albanel

Auteurs : Luc Lapointe, ing., Service de la conception, MTQ*
Louis-Marie Bélanger, ing., Service de l'entretien, MTQ*

MTQ* : Direction des structures – Ministère des Transports du Québec

Résumé

Dans le contexte actuel d'une valorisation des produits dérivés du bois, et à la lumière des différentes expériences déjà réalisées en sol nord-américain, le ministère des Transports du Québec a convenu de favoriser la construction d'un pont avec ce type de matériau. Le concept retenu pour le pont d'Albanel est un tablier dont les poutres, les diaphragmes et le platelage sont en bois d'ingénierie exclusif («proprietary product»), plus spécifiquement un bois lamellé-collé fabriqué à partir d'épinette noire du Québec. Le concept du pont prévoit également un platelage étanche, et des glissières en bois ayant subi des essais d'impact dynamiques («crash tests»). Suite à la construction du pont en novembre 2009, des essais de chargement ont été réalisés avant sa mise en service, et ce, dans le cadre d'un projet de recherche visant à évaluer la performance du bois d'ingénierie en situations réelles d'utilisation. Le projet prévoit la mesure en continu de différents paramètres sur le pont jusqu'à l'automne 2010, et sera alors complété par une autre série d'essais de chargement.

Contexte

L'utilisation du bois a depuis presque toujours été présente dans l'organisation de la vie humaine. À l'origine, utilisé comme abri ou bien comme moyen de se déplacer, le bois a été par la suite dans l'ombre d'un grand matériau de structure, la maçonnerie. Néanmoins, le bois s'est taillé au fil du temps un certain statut, une certaine noblesse, dans les limites de sa capacité. L'acier et le béton armé se sont par la suite imposés comme matériau optimal de résistance structurale, notamment concernant les charpentes de pont.

Dans un pays relativement jeune, comme ici au Québec, le bois s'est avéré un matériau et un outil de développement efficaces, entre autres au niveau des ponts. Il serait peut-être à propos de souligner ici la contribution du savoir et de l'expérience de la culture anglaise dans l'élaboration d'un réseau de transport primaire. Il en a découlé au cours d'une certaine période, un parc de ponts adaptés aux conditions rigoureuses des saisons, les ponts couverts. La grande ténacité structurale de ces ponts à treillis en bois a fait en sorte qu'il en reste encore environ 80 exemplaires, en grande partie fonctionnels, mais évidemment à capacité limitée.

Au cours de la période faste de construction de nouveaux ponts dans les années 50-60, quelques concepteurs ont opté pour le bois lamellé-collé comme matériau de poutres et de platelage. Le bois s'est par la suite pleinement intégré dans le concept des ponts acier-bois. Poutres en acier, culées et platelage en bois, le pont acier-bois a été un choix privilégié pour franchir nombre de cours d'eau. La simplicité et l'efficacité du concept ont fait en sorte que ce type de pont s'est agressivement implanté jusqu'à représenter environ le cinquième de l'ensemble des 10 000 ponts du réseau québécois. Un grand nombre de ces ponts, dits «semi-permanents», ont déjà atteint ou sont en voie d'atteindre la limite de leur vie utile.

C'est dans ce contexte d'utilisation de matériau, mais aussi de développement social, que se situe le projet du pont d'Albanel, un pont tout en bois, conçu comme une solution de rechange potentielle au pont acier-bois, mais aussi conçu dans le cadre de l'utilisation intégrée d'une ressource indigène renouvelable.

Historique

Au niveau historique, le projet du pont d'Albanel est l'aboutissement de plusieurs facteurs conjoncturels. Tout d'abord, les liens étroits entre les responsables politiques des états du Nord-Est américain ont engendré, entre autres, une série d'échanges techniques avec nos voisins du Sud au niveau de l'utilisation du bois comme matériau principal de pont. C'est ce contexte qui a incité le ministère des Transports à considérer le potentiel d'utilisation d'un bois d'ingénierie, le tout en parallèle avec l'implantation d'une nouvelle stratégie gouvernementale d'utilisation du bois dans la construction non résidentielle au Québec. Il en a résulté une volonté de construire quelques ponts expérimentaux tout en bois. Une suite de circonstances, dont une à saveur régionale, ont conduit au projet spécifique de la reconstruction du pont d'Albanel.

Matériau

En tant que projet lié à une stratégie gouvernementale plus globale, le Ministère a convenu de privilégier l'utilisation d'un bois d'ingénierie local exclusif («proprietary product»), de type Nordic LamTM pour le nommer, qui est un bois lamellé-collé fabriqué à partir d'épinette noire du Québec. Ce bois lamellé-collé est composé de lamelles faites d'éléments de section carrée ou légèrement rectangulaire de dimension d'au plus 50 mm, et assemblées en bout par joints structuraux en dents de scie. En plus des joints en bout, le bois de type Nordic LamTM est constitué de lamelles qui sont collées sur leurs faces, résultant en des assemblages latéraux autant en largeur qu'en hauteur, ce qui le différencie du bois lamellé-collé classique constitué de lamelles pleine largeur et assemblées en hauteur.

Une des particularités principales de ce bois lamellé-collé est que les lamelles le composant sont faites de courtes pièces dont la longueur varie de 700 à 900 mm. Cette caractéristique fait en sorte que le produit n'est pas totalement couvert par la norme canadienne CAN/CSA-O122 « Éléments de charpente en bois lamellé-collé » qui établit la longueur minimale des lamelles à 1,8 m (6 pi). Ainsi, en vue de faire reconnaître son produit, le fabricant a procédé à une démarche d'acceptation auprès du Centre canadien de matériaux de construction (CCMC) (organisme lié au Centre national de recherches du Canada (CNRC)) par le biais de différents essais de résistance visant à déterminer les propriétés mécaniques de ce type de bois lamellé-collé. Ces essais ont permis aussi de déterminer des valeurs propres à l'épinette noire, essence qui présente dans le contexte québécois des caractéristiques de résistances supérieures en raison de la nordicité de son habitat (50^e parallèle). De plus, une reconnaissance de la qualité de production et de la fiabilité du processus de fabrication à travers un programme d'assurance qualité a également été obtenue, le tout en conformité avec la norme CAN/CSA-O177 « Règles de qualification des fabricants d'éléments de charpente lamellés-collés », et ce de concert avec l'organisme américain APA-EWS qui est officiellement reconnu dans ce domaine d'application.

Concept / conception

Sur la base des expériences de ponts en bois réalisées aux États-Unis, et guidé par un certain conservatisme, le Ministère a opté dans un premier temps pour un type de pont pouvant s'adapter aisément à de courtes portées (6 à 23 m). Un tablier de type poutres et platelage non mixte a donc été retenu pour le projet. La conception du système structural du tablier, s'est basée sur la norme CAN/CSA-S6 « Code canadien sur le calcul des ponts routiers ». Les propriétés mécaniques du bois lamellé-collé utilisées pour les calculs de conception ont été prises dans le rapport d'acceptation du CCMC. Certains critères de conception comme ceux ayant trait aux déplacements relatifs entre deux panneaux adjacents du platelage, ainsi que presque tous les détails d'assemblage des éléments du tablier se sont basés sur les spécifications et les plans types de ponts du Service forestier du Département américain de l'Agriculture (« US Department of Agriculture (USDA) »).

Ainsi, il en a résulté le concept d'un pont de 11 mètres de portée, d'une largeur carrossable de 6,7 m pour deux voies de circulation. Le tablier du pont est composé de 10 poutres rectangulaires de 705 mm de hauteur par 184 mm de largeur, poutres supportant des panneaux de 927 mm de longueur par 184 mm d'épaisseur sur la pleine largeur du tablier. La faible hauteur des poutres est liée à des contraintes strictes de configuration. L'établissement préalable d'une élévation inférieure sous le pont en raison de recommandations d'une étude hydraulique, ainsi que celui d'une élévation supérieure sur le pont en raison du profil projeté de la route, ont imposé par le fait même la hauteur des poutres, ne laissant au concepteur que le choix du nombre de poutres et l'espacement entre elles.

Le pont d'Albanel est doté d'un dispositif de retenue tout en bois répondant aux exigences d'essais d'impact dynamiques reconnus (« crash tests ») effectués sur des glissières de ponts forestiers américains.

Parmi les détails de conception, il est à remarquer que le système de liaison poutres / platelage à l'aide d'attaches en aluminium permet une bonne retenue verticale et latérale ainsi qu'un certain mouvement longitudinal. Il est à mentionner aussi que, contrairement au platelage des ponts acier-bois, le concept du platelage du pont d'Albanel est de nature «étanche», avec l'intégration d'une membrane autocollante et d'un enrobé comme surface de roulement, ce dernier étant posé selon des pentes transversales pour permettre le drainage du tablier. En appui à la démarche de conception, des essais de compatibilité et d'adhérence ont été menés en collaboration avec le laboratoire du Ministère. Le concept d'étanchéité du tablier répond avant tout au principe de base de protéger le bois au maximum, et tout particulièrement l'épinette noire, qui ne peut pas recevoir de traitement sous pression en raison de sa grande densité.

Construction

En raison des délais inhérents à une approche de conception «sur mesure» (custom), le processus d'appel d'offres a été scindé en deux parties. Premièrement, un pré-achat de la totalité des éléments du tablier a permis une fabrication préalable en usine, à partir d'opérations bien contrôlées. Ensuite, un contrat de construction a été préparé pour la mise en œuvre du pont sur le terrain.

Comme unités de fondation, des culées en bois de type caisson à claire-voie ont été érigées; leur construction a nécessité la mise en place d'un batardeau en palplanches métalliques afin de réaliser une bonne fondation superficielle. L'érection du tablier s'est faite sans problèmes majeurs : la mise en place des poutres et des diaphragmes, ainsi que la pose des panneaux formant le platelage a été relativement facile grâce à l'utilisation d'une grue appropriée.

Parmi les ajustements de chantier, il a été décidé d'intégrer la pose d'un contre-plaqué sur le platelage pour des raisons d'entretien à moyen terme. En effet, l'intégration de cette sous-couche au niveau du platelage pourra permettre de réaliser un resurfaçage de l'enrobé sans altérer les panneaux structuraux. Sur le chantier, en raison des conditions automnales de plus en plus tardives, un abri temporaire a été érigé pour pallier aux conditions atmosphériques défavorables pouvant survenir.

Suivi de performance in situ

Considérant le caractère expérimental du pont d'Albanel, le Ministère a convenu de réaliser un projet de recherche en vue d'évaluer la performance du bois d'ingénierie de type Nordic LamTM dans des situations réelles d'utilisation. En phase de réalisation actuellement, le projet prévoit la cueillette d'informations en fonction de différentes charges et conditions afin d'analyser le comportement du tablier du pont et de valider certains paramètres de conception.

Une acquisition ponctuelle de données a été prévue lors de deux essais de chargement, l'un juste avant la mise en service du pont en novembre dernier, et l'autre, un an après. Un enregistrement de données en continu est également planifié entre les deux essais de chargement, en conditions normales d'utilisation.

Ainsi, les paramètres principaux ciblés par le projet et identifiés à partir de mesures de déformations à l'aide de capteurs optiques (cordes optiques et extensomètres) sont les suivants :

- La déflexion (instantanée) des poutres sous des charges de service;
- La répartition transversale des charges sur les poutres;
- Le déplacement relatif entre deux panneaux de platelage adjacents;
- La position de l'axe neutre;
- Le fluage des poutres.

Les autres paramètres ayant été mesurés sont la fréquence naturelle de l'ouvrage à l'aide d'une masse ponctuelle et d'un accéléromètre, ainsi que les variations d'humidité et de température, ces dernières afin de valider des hypothèses de calcul. Mentionnons entre autres que lors de la conception, les éléments de tablier ont été considérés pour une utilisation en milieu humide, c'est-à-dire une teneur en eau dans le bois dépassant 19 %. Cette hypothèse de conception a entraîné l'application de facteurs de réduction sur toutes les propriétés mécaniques du bois lamellé-collé. Ainsi, les mesures d'humidité prises dans le bois au cours de l'année vont permettre de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

Des données ont été enregistrées lors du premier essai de chargement, à partir de huit configurations de charges avec deux véhicules lourds (camions env. 25 t), et selon trois conditions de mouvement – statique, quasi-statique (vitesse 5-15 km/h) et dynamique (vitesse 30-50 km/h). La valeur maximale de déflexion des poutres mesurée à partir d'un arpentage de précision lors des essais statiques a été de 18,4 mm, valeur presque identique à la valeur théorique calculée de 19 mm. Les mesures obtenues lors des essais ont permis de déterminer un facteur d'essieu moyen en flexion de 0,219 comparativement à la valeur théorique de 0,230 selon la norme S6. Le déplacement vertical moyen mesuré entre deux panneaux adjacents lors du passage des camions a été de 0,25 mm comparativement à la valeur théorique de 0,13 mm calculée selon les documents de l'USDA. Il est cependant à préciser que le déplacement mesuré est très inférieur à la valeur limite de 2,5 mm (0,1 po) spécifié par l'organisme américain. De plus, des mesures de déformation ont permis de constater que la position de l'axe neutre se situe à toutes fins pratiques au centre de la poutre, confirmant ainsi le caractère non mixte du tablier.

Le projet se poursuit actuellement, sous forme de monitoring, à l'aide de mesures qui sont enregistrées en mode continu pour évaluer la variation des paramètres dans le temps.

Conclusion

En conclusion, l'aventure du pont d'Albanel ne sera pas une expérimentation isolée dans le curriculum du Ministère puisque la construction de d'autres ponts en bois est prévue à court terme. Le projet du pont de Ste-Thècle permettra dès cette année de bonifier le concept du pont d'Albanel dans la perspective de remplacement de pont acier-bois. D'autres projets sont en gestation dans le but de réaliser des concepts différents, entre autres pour des portées plus longues, mais ce toujours dans un esprit d'ouverture d'utilisation du bois en tant que ressource faisant partie de notre patrimoine naturel.

Déjà d'autres propriétaires ont exploré la construction de ponts en bois au Québec, et d'autres sont à venir sous peu. En somme au stade actuel, il est permis de dire que les événements survenus au cours des derniers mois peuvent ressembler à une bonne nouvelle pour l'utilisation du bois d'une façon appliquée dans le domaine des ponts, et ce, avec un bois indigène de la forêt boréale d'ici.