

Sommaire Recherche et développement



Valeur
au
bois

RDS 2009-01-F

Accroître la performance des poutrelles de bois en I

Ces dernières années, l'industrie canadienne des poutrelles de bois en I a connu une croissance remarquable grâce à la forte demande du marché nord-américain. Cette croissance est en partie attribuable aux investissements dans l'innovation effectués par l'industrie au cours des dernières décennies. Il n'en demeure pas moins que des investissements continus en recherche et développement sont nécessaires pour maintenir l'avance prise sur les concurrents. En conséquence, le Centre de la science et de la technologie du bois, de l'Université du Nouveau-Brunswick, de concert avec l'industrie des poutrelles de bois en I de l'Est du Canada et d'autres partenaires de recherche, s'est penché sur les questions suivantes :

- l'influence des propriétés de l'âme et de la semelle sur la performance structurale des poutrelles de bois en I;
- l'existence de méthodes de calcul éprouvées pour prédire certaines propriétés structurales des poutrelles de bois en I;
- la mise au point d'un concept optimal de profil de joint âme-semelle.

Ces questions ont été examinées dans le cadre de quatre projets de recherche du programme *Valeur au bois* de Ressources naturelles Canada : *Amélioration de la résistance au cisaillement et à l'écrasement des poutrelles en I*; *Bois d'ingénierie d'érable rouge assemblé par collage*; *Conception optimale des solives en I*; *Impact des propriétés d'âmes en OSB sur la performance des poutrelles en I*. Nous vous présentons ci-dessous les résultats de ces recherches.

Résultats de la recherche

Impact des propriétés d'âmes en OSB sur la performance structurale des poutrelles en I

En général, on connaît bien l'influence des propriétés de la semelle (dont la résistance à la traction et le module d'élasticité) sur la résistance au moment de flexion et la rigidité à la flexion des poutrelles de bois en I. Toutefois, il demeure deux questions d'un intérêt particulier que souhaite tirer au clair l'industrie des poutrelles de bois en I. Premièrement, les fabricants canadiens de poutrelles de bois en I utilisent majoritairement des semelles en bois de sciage, surtout en raison de la grande disponibilité de ce bois localement et de la grande qualité du bois d'épinette noire. Compte tenu de l'augmentation du coût du bois d'épinette noire, les fabricants de poutrelles de bois en I souhaitent évaluer s'il est possible d'utiliser d'autres matériaux de semelle. Deuxièmement, comme on connaît mal l'influence des propriétés de l'âme sur la performance des poutrelles de bois en I, il est difficile d'établir des exigences de contrôle de la qualité pour l'âme.

L'examen de la première question a entraîné des recherches sur d'autres matériaux de semelle possibles. Dans le cadre du projet *Conception optimale des solives en I (2007)*, on a comparé le coût des matériaux associés aux semelles en bois en placage stratifié (LVL) et aux semelles en bois de sciage. La *figure 1* fournit un exemple de la comparaison effectuée (la zone de texte indique de quelle façon interpréter les résultats). Selon la *figure 1*, on constate que, à moins que le prix du

bois de sciage ne grimpe au-dessus de la barre des 600 \$/ pied-planche, il n'est pas économique de le remplacer par du LVL pour fabriquer des semelles de poutrelles de bois en I de 11 7/8 po. Par ailleurs, si le prix du LVL augmente à plus de 18 \$/pi³, il n'est pas rentable de s'en servir au lieu du bois de sciage pour des poutrelles de même dimension. Il convient de remarquer que la comparaison ne se fonde que sur le coût des matériaux, et qu'elle ne prend pas en compte les coûts de production associés aux deux types de matériaux (le rapport de recherche final renferme des résultats supplémentaires).

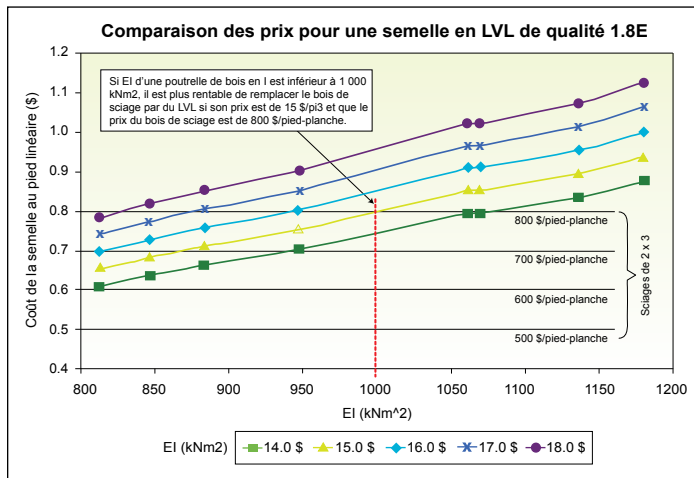


Figure 1 : Coût d'une semelle en LVL de qualité 1.8E

Dans le cadre du projet Bois d'ingénierie d'érable rouge assemblé par collage, on a exploré la faisabilité d'utiliser l'érable rouge, bois de feuillu dense sous-exploité, comme matériau de semelle. L'érable rouge s'est imposé en raison de son abondance dans l'Est du Canada. La figure 2 présente une comparaison des modules d'élasticité (ME) des bois de sciage de 2 x 3 d'épinette noire et d'érable rouge de l'Est du Canada. La comparaison effectuée indique clairement qu'il est faisable de produire des poutrelles de bois en I à haute performance avec de l'érable rouge. Néanmoins, on a aussi découvert que les adhésifs structuraux actuellement offerts sur le marché ne semblent pas convenir aux bois de feuillus denses, bien que des recherches antérieures aient permis de démontrer que les adhésifs phénoliques fournissent une adhérence adéquate. Le choix d'un adhésif structural adéquat est donc la clé de l'utilisation d'un bois de feuillu dense.

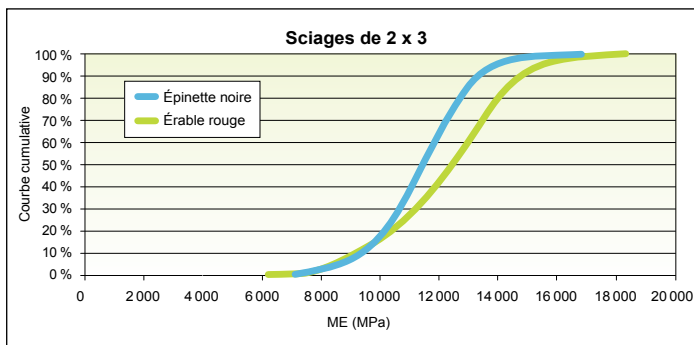


Figure 2 : Courbe cumulative du bois de sciage de 2 x 3 d'épinette noire et d'érable rouge

Quant au deuxième sujet qui intéresse les fabricants, le projet de recherche intitulé Impact des propriétés d'âmes en OSB sur la performance des poutrelles en I a permis de tirer les conclusions suivantes :

- En ce qui concerne la conception structurale, les propriétés importantes de l'âme sont le ME en flexion, le module de cisaillement sur chant et la résistance au cisaillement. Les deux premières propriétés ont un effet sur le comportement en flexion des poutrelles de bois en I, tandis que la dernière détermine leur capacité en cisaillement.
- La flexion des poutrelles de bois en I varie en fonction du module de cisaillement de l'âme s'il est inférieur à 500 MPa. Le module de cisaillement de l'âme devrait donc largement dépasser 500 MPa.
- On ne peut établir aucune corrélation utile entre l'adhérence interne du panneau OSB et ses propriétés mécaniques qui influencent les propriétés des poutrelles de bois en I.

Mise au point d'un concept optimal de profil de joint âme-semelle

On a démontré, dans le cadre du projet Amélioration de la résistance au cisaillement et à l'écrasement des poutrelles en I, que le profil du joint âme-semelle influe sur la résistance à l'effort tranchant sous charge de la semelle. On considère par ailleurs que ce profil joue un rôle déterminant pour retenir la semelle et l'âme ensemble pendant la fabrication. Un des objectifs du projet Conception optimale des solives en I était de déterminer un profil de joint âme-semelle qui optimise la capacité portante des poutrelles de bois en I et l'efficacité du procédé de fabrication. Le profil du joint âme-semelle est défini par la pente et la profondeur de la rainure, et la pointe de l'âme. Au moyen de travaux expérimentaux et de la modélisation numérique, on a déterminé que le profil optimal du joint âme-semelle dans le cas d'une âme de 9,5 mm d'épaisseur possède les caractéristiques présentées à la figure 3.

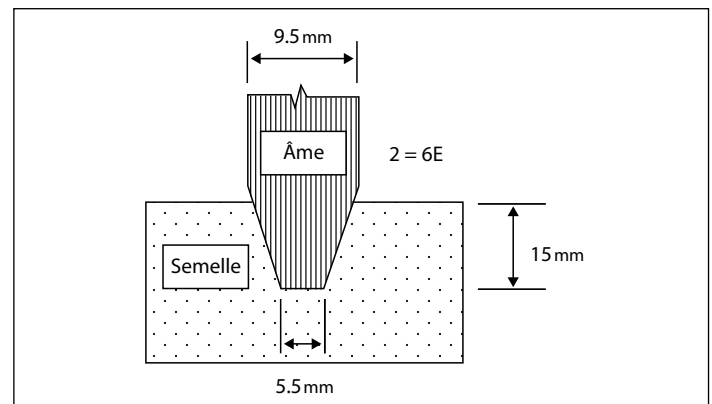


Figure 3 : Profil optimal du joint âme-semelle

On a établi que la force portante s'accroît par l'augmentation de la profondeur de la rainure. D'autres recherches ont révélé qu'une profondeur de 9 mm peut être employée afin de réaliser des économies de matériaux tout en conservant la même pente. Il faut par contre s'attendre à une réduction de 20 % de la force portante. Cette diminution de la force portante ne devrait pas modifier significativement la portée admissible des planchers d'une construction résidentielle, car cette propriété est rarement considérée dans les calculs de la portée. Remarquez que le fait d'utiliser une profondeur de 9 mm plutôt que de 15 mm, ce qui se rapproche de celle généralement utilisée par les fabricants de poutrelles de bois en I, permet de réaliser des économies de matériaux d'âme et de réduire l'usure des outils de coupe. Par exemple, dans le cas d'une poutrelle en I de 241 mm de hauteur, l'économie de matériau réalisée est d'environ 6 %. Le pourcentage d'économie diminue avec l'augmentation de la hauteur de la poutrelle.

Méthodes de calcul pour prédire certaines propriétés structurales des poutrelles de bois en I

Les exigences d'homologation demandent généralement que les propriétés structurales des poutrelles de bois en I, à l'exception des propriétés de flexion, puissent être déterminées au moyen d'essais. Dans le cadre des projets Amélioration de la résistance au cisaillement et à l'écrasement des poutrelles en I et Impact des propriétés d'âmes en OSB sur la performance des poutrelles en I, deux modèles mécaniques ont été mis au point ou vérifiés. Il est possible de se servir de ces modèles comme outils de conception ou de s'y reporter pour la conception de produits réduisant ainsi le nombre d'essais nécessaires pour l'homologation. Ces modèles sont résumés ci-dessous.

Résistance au cisaillement des poutrelles de bois en I

La résistance au cisaillement (V) des poutrelles de bois en I sans ouverture d'âme peut être estimée à partir de la résistance au cisaillement de l'âme obtenue avec l'équation [1] (Ozelton et Baird, 1976). La résistance au cisaillement a été déterminée au moyen du banc d'essai de cisaillement à deux rails conforme à la norme ASTM D2719 (ASTM 2004). L'équation fournie a été validée à partir des données des essais effectués sur des poutrelles de bois en I de 241 mm et de 406 mm de hauteur.

$$V = \frac{v t (EI_x)}{EQ_x}$$

où v = résistance au cisaillement de l'âme; t = épaisseur de l'âme; EI_x = somme du produit du module d'élasticité et du moment quadratique par rapport à l'axe central de la semelle et l'âme; EQ_x = somme du produit du module d'élasticité et du moment statique par rapport à l'axe central pour la semelle et l'âme (voir le rapport du projet Impact des propriétés d'âmes en OSB sur la performance des poutrelles en I pour obtenir la façon de calculer EI_x et EQ_x).

Résistance des poutrelles de bois en I dotées d'une ouverture d'âme carrée

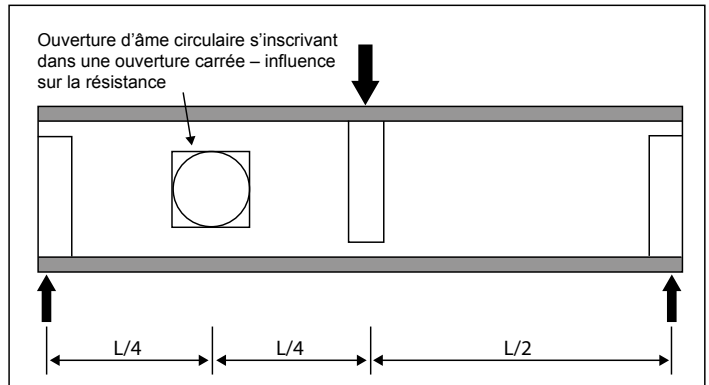


Figure 4 : Banc d'essai de cisaillement de l'ouverture d'âme d'une poutrelle en I

La charge, P, entraînant la défaillance des poutrelles de bois en I dotées d'une ouverture d'âme carrée dans le cadre d'un essai d'homologation réalisé à l'aide d'un banc d'essai type (figure 3) peut être calculée au moyen de l'équation [2].

$$P = \sqrt{\frac{S_1^2 S_{12}^2}{S_{12}^2 \sigma_{crit}^2 + S_1^2 \tau_{crit}^2}}$$

où S_1 = résistance de l'âme à la flexion sur le plat; S_{12} = résistance de l'âme au cisaillement; σ_{crit} = effort de cisaillement sur le coin critique de l'ouverture d'âme causé par la charge appliquée; τ_{crit} = effort de cisaillement sur le coin critique de l'ouverture d'âme causé par la charge appliquée (voir le rapport du projet Amélioration de la résistance au cisaillement et à l'écrasement des poutrelles de bois en I pour savoir comment calculer σ_{crit} et τ_{crit}).

Pour ce qui est des poutrelles de bois en I dotées d'une ouverture d'âme circulaire, on a déterminé que leur résistance était semblable à celle des poutrelles de bois en I identiques dotées d'une ouverture d'âme carrée si l'ouverture circulaire s'inscrit dans l'ouverture carrée, comme l'illustre la figure 4. Ainsi, l'équation [2] peut être employée pour prédire la résistance des poutrelles de bois en I comportant une ouverture circulaire. Il convient de remarquer que, bien que l'équation [2] soit présentée de façon à permettre de prédire la résistance des poutrelles de bois en I mises à l'essai à l'aide du banc d'essai illustré à la figure 4, il est possible de l'utiliser, moyennant certaines modifications, pour prédire la résistance des poutrelles de bois en I dotées d'une ouverture d'âme circulaire ou carrée dans d'autres conditions de charge, notamment dans le cas d'une charge uniformément répartie.



Références

American Society for Testing and Materials (2004). Standard test methods for structural panels in shear through-the-thickness, désignation D2719. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Penn.

Ozelton, E. C. et J. A. Baird (1976). Timber designers' manual, Granada Publishing Ltd, Londres, G.-B.

Remerciements

Les projets du programme Valeur au bois mentionnés dans le présent document ont été menés grâce aux ressources techniques fournies par des partenaires industriels : Pierre Audet (Distribution Toitures Mauriciennes), Ken Koo (FPIInnovations), Ken Lau (Ainsworth Lumber) et Kent Fargey (Western Archrib). L'auteur souhaite remercier les entreprises suivantes pour avoir fait don de matériaux d'essai et prêté leurs installations de production aux projets : Boise Cascade AllJoist, Ainsworth Lumber, Jager Building Systems, Nordic Engineered Wood et Norbord Inc. Nous soulignons avec gratitude le soutien technique accordé par l'APA – Association des fabricants de bois d'ingénierie – et FPIInnovations.

Pour tout renseignement supplémentaire sur ce sujet, veuillez communiquer avec :

M. Y. H. Chui
Centre de la science et de la technologie du bois
Université du Nouveau-Brunswick
Tél. : 506-453-4942
Courriel : yhc@unb.ca

This R&D Summary is also available in English.

Partenaires du programme de recherche *Valeur au bois*



^{MC}FPIInnovations, son logo et Forintek sont des marques de commerce de FPIInnovations



**Valeur
au
bois**

Dans le cadre du programme *Valeur au bois*, financé par Ressources naturelles Canada, les conseillers industriels de Forintek offrent des services techniques aux entreprises de valeur ajoutée partout au Canada. Informez-vous des ateliers prévus dans votre région en consultant www.valeuraubois.ca, ou passez par le site (Support technique) pour toute demande de renseignement technique en rapport avec la transformation du bois.

Pour commander le rapport complet, adressez-vous à :

Marielle Martel
FPIInnovations – Division Forintek
Région de l'Est
publications.forintek@fpinnovations.ca
Tél. : 418 659-2647
Télé. : 418 659-2922

Helen Ramsay
FPIInnovations – Division Forintek
Région de l'Ouest
publications.forintek@fpinnovations.ca
Tél. : 604 224-3221
Télé. : 604 222-5690