

# Sommaire Recherche et développement



Valeur  
au  
bois

RDS 08-08-F  
avril 2008

## Méthodes de conception d'assemblages dans les structures de bois d'ingénierie

**M**algré leurs excellentes propriétés mécaniques, les produits de bois d'ingénierie (PBI) comme le bois en placage stratifié (LVL), le bois de copeaux parallèles (PSL) et le bois de longs copeaux lamellés (LSL) ne sont pas très utilisés fréquemment comme éléments de charpente. Ces produits sont largement employés comme substituts du bois débité dans les « petits bâtiments ». Pour changer ce statu quo, il est essentiel que les ingénieurs connaissent mieux les caractéristiques relatives à la résistance et à la rigidité des assemblages mécaniques afin d'augmenter les connaissances actuelles sur les propriétés des PBI eux-mêmes. Les assemblages doivent être conçus de manière à transférer les forces entre les pièces de charpente, à joindre ces pièces pour créer un élément composé, à fixer les revêtements, les planchers et les toits et à ancrer les superstructures aux fondations. Actuellement, on ne se fonde que sur des méthodes très prudentes pour calculer les propriétés de conception pour les assemblages des PBI. En Amérique du Nord, la principale méthode consiste à chercher des équivalences entre le rendement des assemblages de PBI et des assemblages semblables de bois débité. Bien que cette méthode ait permis aux ingénieurs de concevoir des systèmes structuraux, elle a tendance à donner lieu à des assemblages surdimensionnés et donc à du gaspillage de matériaux et à des pertes de débouchés, en particulier dans les applications non résidentielles.

Ce projet avait pour but de formuler des renseignements généraux sur la conception des structures relativement aux assemblages mécaniques de PBI, en prenant en considération les caractéristiques physiques de ces produits. Cette démarche était en partie fondée sur le fait que, parce que la composition physique de la plupart des PBI est différente de celle du bois débité, il ne faut pas présumer que leurs modes de défaillance sont identiques à ceux des assemblages de bois débité. Les activités de ce projet visaient à augmenter la compréhension des propriétés mécaniques des PBI assemblés et du comportement des systèmes d'assemblage eux-mêmes, de la manière de choisir des combinaisons adéquates de fixations et de PBI pour des situations particulières et de la manière d'établir les capacités de conception d'assemblages. Le PBI étudié était le bois de charpente composite (BCC), notamment le LVL (2600Fb 1.9E), le PSL (2900Fb 2.0E) et le LSL (2250Fb 1.5E). Ce choix se fonde sur le fait que le LVL est de

loin le bois composite le plus couramment fabriqué au Canada et que le PSL et le LSL sont ceux qui ressemblent le moins au bois débité parmi les bois composites actuellement fabriqués en Amérique du Nord. En raison du besoin d'uniformité entre la conception d'assemblages de PBI et du bois débité, on a également étudié le comportement des assemblages correspondants de pin débité [poids spécifique (SG) = 0,38] et d'épinette débité [poids spécifique (SG) = 0,40]. Les résultats de ce projet fournissent une base de données sur les propriétés des types de produits évalués et servent à établir des voies techniquement fiables pour l'utilisation de ces données en ingénierie. Le programme d'essais comportait des assemblages avec fixations uniques et multiples chargées statiquement, et ce, parallèlement et perpendiculairement au grain (axe principal de la pièce). Des essais complémentaires ont également été effectués pour déterminer les propriétés matérielles des PBI et la résistance à la flexion des fixations.

### Conclusions du projet

#### Résultats généraux :

La principale conclusion de ce projet était que, dans la conception d'assemblages de charpente, il convient de penser aux PBI en termes de matériaux « enclins au fendage » ou « résistants au fendage ». Des matériaux comme les LVL et les PSL, tout comme le bois débité, présentent des structures internes (par ex. placage, copeaux longs, cellules

longitudinales) qui créent d'importantes inégalités en ce qui concerne les propriétés de résistance et de solidité dépendantes de l'orientation. Par conséquent, ces matériaux possèdent un axe fort prononcé de symétrie. Dans les LVL, cette orientation est parallèle au fil du bois moyen des couches superposées du placage dont il est fait, et dans les PSL, elle est parallèle au sens moyen des copeaux longs du placage.

Dans les assemblages mécaniques, ou en d'autres cas où des caractéristiques peuvent amener des tensions localisées à des niveaux critiques, le matériau présente une tendance inhérente aux modes de défaillance qui peut entraîner une fracture dans les plans parallèles à l'axe fort de symétrie du matériau. Comme le bois débité, les PBI enclins au fendage présentent une faible capacité inhérente à se renforcer contre la propagation de ces fentes une fois qu'elles apparaissent. Les stratégies visant à réaliser des assemblages de PBI résistants et rigides doivent correspondre aux stratégies habituelles des assemblages de bois débité. Les stratégies acceptables sont : l'utilisation de goujons élancés qui absorbent l'énergie par leur propre déformation, le renforcement des pièces à proximité des éléments d'assemblage et l'utilisation de nouvelles pièces d'assemblage qui préviennent la création de zones de concentration des tensions.

Des matériaux comme les LSL présentent des dispositions structurales internes de copeaux longs, qui réduisent la tendance aux grandes inégalités directionnelles au niveau de la rigidité et de la résistance. De plus, ce qui est très important du point de vue des assemblages mécaniques, ces PBI résistants au fendage présentent en soi une grande capacité à se renforcer contre la propagation des fentes. Par conséquent, il n'est pas nécessaire que les stratégies visant à réaliser des assemblages mécaniques résistants et rigides en soi correspondent aux stratégies habituelles appliquées au bois débité .

### Mécanismes de défaillance et de déformation :

La figure 1 montre des exemples courants de défaillance où une pièce de pin débité ou de PBI à laquelle on a appliqué l'action indirecte de quatre boulons de 3/8 de pouce (9,5 mm) insérés dans des trous percés à l'avance perpendiculairement à l'axe fort du matériau. Comme on peut le voir, les mécanismes de défaillance étaient semblables pour les pièces de pin débité, de LVL et de PSL, avec une propagation instable des fentes (horizontales comme le montrent les illustrations) parallèlement à l'axe fort du matériau. Toutefois, dans le cas de la pièce de LSL, c'est la pièce de LSL elle-même qui a connu la défaillance, et non l'assemblage.

La similitude des mécanismes de défaillance n'est pas toujours synonyme de similitude dans la rigidité et la résistance si des dispositifs semblables servent d'assemblage de divers produits de bois. La figure 2

montre une déformation classique par action indirecte correspondant aux mêmes types de spécimens que dans la figure 1. Il faut éviter de tenter et de généraliser, à partir des résultats limités présentés ci-dessus, l'importance relative des capacités de rigidité et de résistance des assemblages de divers PBI. Toutefois, on a observé que les assemblages de LSL étaient généralement toujours relativement résistants et rigides et que les assemblages de pin débité étaient généralement toujours relativement fragiles.

L'interprétation correcte de ces résultats est que l'estimation des propriétés de conception des assemblages des PBI doit toujours être fondée sur un ensemble de données éprouvées et fiables spécifiques à un produit de bois particulier. De même, les méthodes d'interprétation des données d'essai doivent être cohérentes et « normalisées ». À cette fin, l'équipe du projet a créé des pratiques normalisées provisoires pour évaluer les assemblages de PBI et les a présentées au comité technique 086 sur les règles de calcul aux états limites des charpentes en bois de l'Association canadienne de normalisation (comité technique du CSA) et au comité technique 165 sur les structures en bois de l'Organisation internationale de normalisation (ISO). Ces propositions sont activement en cours d'élaboration dans ces comités. De plus, les procédures proposées peuvent être suivies par des organisations indépendantes d'évaluation de produits comme le Centre canadien de matériaux de construction (CCMC) du Conseil national de recherches qui effectue des évaluations indépendantes sur les produits exclusifs.

### Pertinence des protocoles d'essai normalisés actuels :

Ce projet a examiné la pertinence des normes écrites actuelles qui recommandent des méthodes d'essai des assemblages de PBI. L'équipe du projet s'est particulièrement penchée sur la norme D5652 95 de l'American Society for Testing and Materials (ASTM), « Standard test methods for bolted connections in wood and wood-based products », parce que les réactions des assemblages par boulons sont très sensibles aux différences entre les produits de bois et que cette norme est couramment utilisée par l'industrie nord-américaine comme base d'évaluation des assemblages des PBI.

Un des principaux résultats était qu'en utilisant l'essai de flexion en trois points de la norme D5652 de l'ASTM pour déterminer la résistance d'un assemblage lorsque la charge est appliquée perpendiculairement à l'axe fort du matériau, il est possible d'obtenir des mécanismes de défaillance complètement erronés dans les assemblages. La mesure dans laquelle les

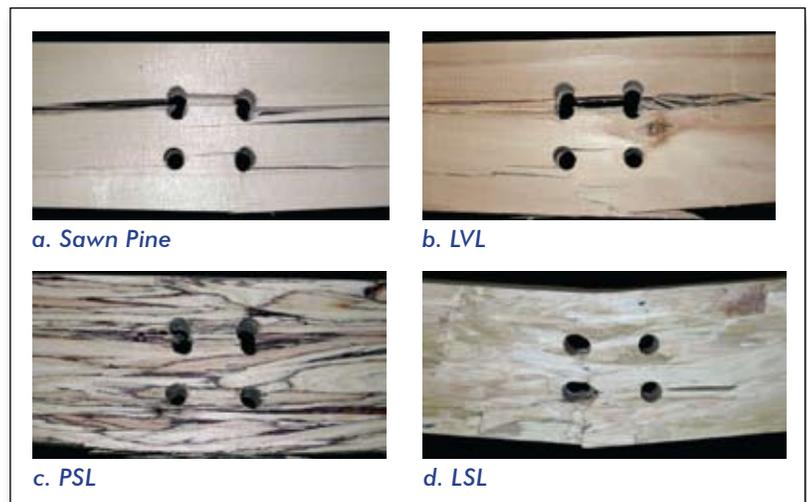


Figure 1 : Défaillance d'assemblage par boulons

observations sont erronées dépend du type de pièce de bois utilisé. Ces écarts peuvent entraîner de grandes contradictions dans l'évaluation des produits et souvent mener à la sous-évaluation des forces potentielles des PBI. Par conséquent, il faut élaborer un autre modèle d'essai.

L'équipe du projet a proposé qu'on utilise un nouveau spécimen en porte-à-faux isostatique consolidé, qui rend les défaillances d'assemblage de façon plus constante et qui reflète mieux les situations critiques en service.

### Fixations tubulaires novatrices de faible diamètre pour les PBI :

Lorsqu'on utilise des fixations classiques semblables à des goujons pleins, comme les clous et les boulons, la rigidité et la capacité des assemblages de PBI (ou de bois débité) enclins au fendage peuvent être assez faibles, comparativement aux capacités des pièces assemblées. Par conséquent, l'équipe du projet a étudié le potentiel des tubes métalliques de petit diamètre insérés dans des trous étroitement ajustés et prépercés comme nouvelle méthode d'assemblage des PBI.

Les fixations tubulaires créent un contact plus souple et plus étroit avec les pièces que celui produit par les fixations pleines, ce qui réduit la prédisposition à fendre (figure 3). De plus, les fixations tubulaires, si elles sont élancées, sont plus à même de créer des conditions d'articulations plastiques favorables dans les fixations soumises à une surcharge. En combinant des fixations tubulaires à des éclisses d'acier emboîtées aux extrémités des pièces de bois (figure 3), on s'est rendu compte qu'il s'agissait d'un moyen particulièrement efficace d'assembler des pièces de PBI. Cette méthode a permis d'obtenir une bonne rigidité initiale, une bonne force et une forte ductilité à la surcharge. En choisissant correctement les dimensions des fixations et le type d'acier, ces assemblages peuvent supporter des défaillances qui réalisent 100 % de la capacité de pointe de chaque fixation, et ce, pour toutes les fixations. Il s'agit d'un avantage extrêmement important, parce qu'avec les boulons et d'autres types de fixations pleines, la capacité potentielle de chaque fixation peut être sérieusement réduite dans les assemblages à fixations multiples parce que les fixations elles-mêmes provoquent des concentrations de tension qui provoquent la propagation des fentes. L'étude a montré que l'utilisation de fixations tubulaires en acier dont le diamètre externe est de ¼ de pouce (6,4 mm) est des plus efficaces. Les avantages provenant de l'utilisation de fixations creuses s'accroissent dans une moindre mesure avec des fixations plus grosses.

### Mise à jour du code de conception du bois d'oeuvre canadien :

L'équipe du projet a entrepris une analyse des dispositions de conception actuelles et proposées pour les assemblages du bois d'après la norme CAN/

CSA-O86-01, « Règles de calcul des charpentes en bois ». Il s'est avéré que les dispositions actuelles et proposées sont mal adaptées à la conception d'assemblages de PBI parce que la nature particulière de ces matériaux n'est pas reconnue.

Par exemple, dans les assemblages de LSL par boulons, il n'est pas forcément nécessaire de réduire la capacité par boulon si un certain nombre de boulons surchargés latéralement sont disposés en colonnes et en rangées, bien que cette réduction soit exigée par les dispositions actuelles. Dans certains assemblages de PBI, il est possible de créer des assemblages simples avec très peu de fixations plus solides que les pièces de PBI qu'ils assemblent, en comptant sur la capacité de transférer le moment des pièces à d'autres parties de la structure.

Les implications sont radicales, car ces résultats modifient totalement les préceptes fondamentaux de décennies de pratiques de conception technique de construction en bois fondées sur la présomption que les structures réagissent toujours comme celles fabriquées avec du bois débité. La modernisation des codes de conception au Canada et ailleurs afin de prendre en considération ces résultats constitue une tâche énorme, mais l'équipe du projet a déjà entamé le processus conjointement avec des homologues du Canada et de l'étranger. Pour ce faire, il faut cesser de s'attarder à la conception d'éléments individuels pour penser en termes de conception de systèmes structuraux. Au Canada, ce processus se déroule par l'intermédiaire des activités du Comité technique 086 du CSA, et ailleurs, par celui de la Commission de travail W18 sur les structures en bois du Conseil international du bâtiment pour la recherche, l'étude et la documentation.

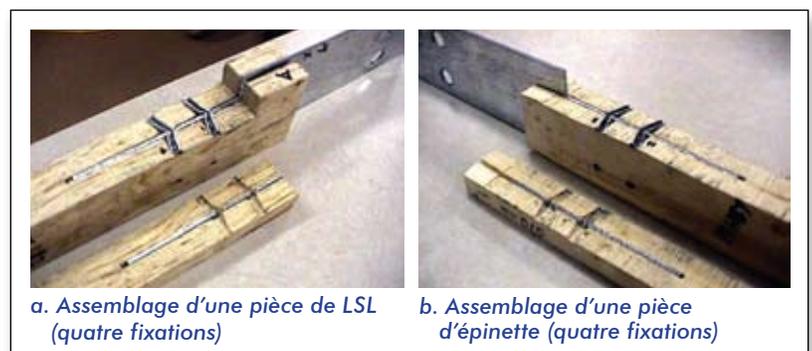


Figure 2 : Assemblages classiques avec tubes d'acier après défaillance.

## Avantages possibles sur le plan commercial

Le principal avantage commercial pour le secteur du bois est que le projet a jeté des bases fondamentales de compréhension pour formuler plus avant les particularités de conception qui permettront aux ingénieurs de concevoir des bâtiments qui comportent des PBI. Cela fera monter la demande de produits comme les LVL, fabriqués à une échelle de plus en plus massive au Canada. Ce projet a permis la création d'une base de données indépendante sur certains PBI qui servira de référence tant pour l'industrie de la fabrication que pour les utilisateurs des produits.

Moins directement, ce projet contribue à la vente de PBI en créant un savoir-faire dans la fabrication d'un nouveau type d'assemblages qui utilise de petites fixations tubulaires d'acier. Ce savoir-faire rend possible la création d'une plus vaste gamme et, par conséquent, l'ouverture de nouveaux créneaux commerciaux, principalement non résidentiels. Les avantages



possibles pour les utilisateurs de produits de bois et le public en général dont la sécurité doit être assurée, sont la prestation d'une base solide pour la conception sécuritaire et économique d'assemblages dans les systèmes structuraux employant des PBI.

## Application des résultats à l'échelle commerciale

Ce projet a fourni une base rationnelle grâce à laquelle les spécialistes de l'évaluation des produits peuvent évaluer les assemblages de PBI. Sans ce fondement, les PBI ne peuvent être pleinement exploités. Les approches introduites sont plus uniformes que celles appliquées auparavant et reconnaissent que les assemblages de PBI ne réagissent pas toujours comme les assemblages semblables de bois débité. La création d'une nouvelle méthode d'assemblage mécanique présente des débouchés pour les fabricants de produits et de systèmes exclusifs. L'Université du Nouveau-Brunswick cherche d'autres possibilités d'exploitation.

## Remerciements

L'Université du Nouveau-Brunswick remercie Ressources Naturelles Canada pour le soutien financier de ce projet. Elle tient également à remercier le défenseur de ce projet, Kenneth Koo, de Jager Building Systems, Eric Jones, des relations avec l'industrie du Conseil canadien du bois, ainsi que Darian Wentland, de Jager Building Systems. L'équipe du projet remercie également Jager Building Systems et Trus Joist (É.-U.) pour leur contribution en espèce de matériel de test.

### Pour plus d'information sur ce sujet, veuillez communiquer avec :

Ian Smith, professeur  
Université du Nouveau-Brunswick  
Tél. : 506-453-4944  
Télécopieur : 506-453-3538  
Courriel : ismith@unb.ca

*This R&D Summary is also available in English.*

### Partenaires du programme de recherche *Valeur au bois*



**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](http://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  
FPInnovations – Division Forintek  
Région de l'Est  
[publications.forintek@fpinnovations.ca](mailto:publications.forintek@fpinnovations.ca)  
Tel. : (418) 659-2647  
Télec. : (418) 659-2922

Bibliothèque  
FPInnovations – Division Forintek  
Région de l'Ouest  
[publications.forintek@fpinnovations.ca](mailto:publications.forintek@fpinnovations.ca)  
Tel. : (604) 224-3221  
Télec. : (604) 222-5690