

# PERFORMANCE AU FEU DU BOIS MASSIF

Christian Dagenais, ing., Ph.D., Lindsay Ranger, ing., M.A.Sc

De nombreux projets de recherches sur la performance au feu du bois massif ont été menés au cours des dix dernières années au Canada. Cela a contribué au succès de la conception et de la construction de nombreux bâtiments en bois de faible, de moyenne et même de grande hauteur. Ces recherches ont également favorisé l'introduction de nouvelles dispositions dans le Code national du bâtiment du Canada qui ont rendu plus accessibles le bois et la construction massive en bois.

Cependant, le comportement de ces structures lors d'incendies demeure une préoccupation pour de nombreux occupants ou propriétaires potentiels de ces bâtiments, sans parler des législateurs en bâtiment et des services d'incendie. Les recherches menées chez FPInnovations continuent d'appuyer les concepteurs et les constructeurs dans l'utilisation de structures massives en bois en fournissant des solutions sécuritaires en cas d'incendie.

## La construction massive en bois

La construction massive en bois est relativement nouvelle et sera bientôt intégrée dans le Code national du bâtiment du Canada (CNB). Il s'agit d'une solution à base de bois à prix compétitif qui complète les systèmes existants à ossature en bois et de construction en gros bois d'œuvre et constitue une option appropriée pour certaines applications qui utilisent actuellement du béton, de la maçonnerie ou de l'acier.

La construction massive en bois est un type de construction où le niveau de sécurité face aux incendies est calculé et conçu en fonction des grandes sections transversales des composantes. La construction massive en bois ne doit pas être confondue avec la « construction en gros bois d'œuvre », selon la définition du CNB. En fait,

sa résistance au feu dépasse celle attribuée à la « construction en gros bois d'œuvre » et ressemble plus à celle de la plupart des constructions incombustibles.

Bien que les poutres en bois de grandes dimensions conviennent encore dans de nombreux cas, le bois massif « moderne » se compose désormais de bois d'ingénierie comme le bois lamellé-collé (GLT), le bois lamellé-croisé (CLT), le bois lamellé mécaniquement (MLT) et le bois de charpente composite (SCL) et a donc une applicabilité plus large.

## Le bois lamellé-croisé (CLT)

Le bois massif offre une excellente résistance au feu, souvent comparable aux assemblages massifs typiques de matériaux incombustibles. Cela est dû à la structure interne inhérente du bois épais qui se carbonise lentement à un rythme prévisible, ce qui permet aux structures massives en bois de maintenir une importante capacité structurelle pendant de longues périodes lorsqu'ils sont exposés au feu.

Plusieurs essais de résistance au feu à grande échelle ont été effectués au Canada depuis la dernière décennie pour évaluer la résistance au feu du CLT et valider une méthode de calcul pour assurer la conformité aux codes. Un four de résistance au feu est illustré à la figure 1.

Les assemblages en CLT ont été testés conformément à la norme CAN/ULC-S101 qui reproduit la même sévérité d'un feu de la norme ASTM E119. Différents niveaux de sollicitation structurale ont été appliqués en fonction du nombre de plis et du type d'assemblage (mur ou plancher).



Figure 1. Enlèvement d'un plancher en GLT après un essai de résistance au feu effectué par FPInnovations au Conseil national de recherches du Canada

Les panneaux en CLT ont été construits selon la norme ANSI/APA PRG 320 et provenaient de différents fabricants à travers le Canada. Les panneaux ont été fabriqués avec un adhésif polyuréthane structural conforme à la norme ANSI/APA PRG 320 avant son édition 2018. Les assemblages ont été instrumentés avec des thermocouples insérés à l'intérieur des assemblages pour en évaluer la vitesse de carbonisation. Certains des panneaux CLT étaient entièrement exposés au feu (non protégés) tandis que d'autres étaient protégés par des panneaux de gypse de type X.

Les résultats ont été utilisés pour développer une méthode de calcul de la résistance au feu, comme décrit dans les dernières éditions des manuels canadiens et américains sur le CLT et maintenant intégrés dans l'annexe B de la norme CSA O86 (pour le Canada) et le chapitre 16 de la National Design Specification for Wood Construction (pour les États-Unis). La figure 2 présente les temps de résistance au feu calculés à l'aide de la méthode canadienne par rapport aux données provenant d'essais.

Depuis 2017, les recherches menées par FPInnovations sur la délamination thermique des adhésifs ont conduit à l'amélioration des exigences de performance intégrées dans la norme ANSI/APA PRG 320 (mise à jour en 2018). Les résultats des tests au feu sont maintenant utilisés

pour vérifier que la délamination thermique du CLT n'est plus un problème et qu'une vitesse de carbonisation unidimensionnelle constante de 0,65 mm/min pourrait être utilisée en conception, quelle que soit la position de la première ligne de collage. FPInnovations a soumis une proposition de modification de la norme CSA O86 en janvier 2020 afin de réviser la vitesse de carbonisation applicable pour les éléments en CLT.

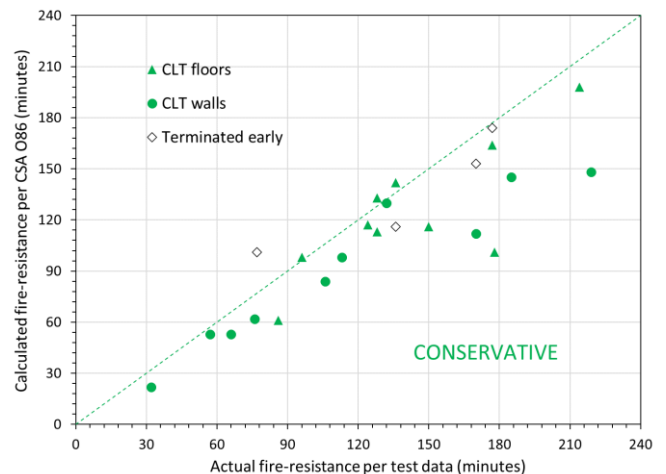


Figure 2. Résistance au feu calculée du CLT par rapport aux données d'essais

### Autres produits en bois massif

Depuis 2018, FPInnovations a mené une série de huit essais de résistance au feu à grande échelle sur d'autres assemblages de construction massive en bois. Ceux-ci ont inclus des tests sur le bois lamellé cloué (NLT), le bois lamellé goujonné (DLT), les platelages en bois lamellé-collé (GLT) et le bois de placage lamellé-croisé (X-LVL).

Différents degrés de protection en panneaux de contreplaqué ou en placoplâtre ont été utilisés. Les assemblages ont été instrumentés avec des thermocouples insérés dans les assemblages pour évaluer les vitesses de carbonisation. Pour la plupart des assemblages, les vitesses de carbonisation sont restées inférieures à la vitesse de carbonisation acceptée pour les produits en bois massif de 0,65 mm/min.

Pour les assemblages lamellés mécaniquement NLT et DLT, une protection d'étanchéité à l'air est nécessaire au

côté non exposé des assemblages pour limiter le risque de défaillance d'intégrité. En effet, il a été constaté que les espaces entre les planches de bois, notamment le NLT, entraînaient des défaillances prématurées (c.-à-d. le passage de flammes) si une protection adéquate n'était pas fournie. Pour les assemblages qui utilisaient des adhésifs, X-LVL et GLT, de telles défaillances d'intégrité ne se sont pas produites.



Figure 3. Fin d'un test de résistance au feu d'un mur en DLT

### Propagation de la flamme

Des tests normalisés d'inflammabilité de surface conformes à la norme CAN/ULC-S102 ont été effectués sur plusieurs produits massifs en bois, notamment le CLT, le SCL (PSL, LVL et LSL), les platelages en bois GLT et le NLT. L'indice de propagation de la flamme (IPF) et l'indice de dégagement des fumées (IDF) pour ces produits sont résumés dans le tableau 1. L'utilisation de matériaux qui présentent des IPF inférieurs à ceux des matériaux combustibles typiques de finition intérieure entraînerait une réduction du « risque » d'allumage, de croissance du feu et un temps potentiellement plus long pour atteindre l'embrasement généralisé, selon la configuration de la pièce où l'incendie s'est allumé.

L'utilisation d'un vernis intumescent retardateur de flammes sur le CLT fut aussi évaluée, ce qui réduisait l'IPF

à 25 ou moins. Ceci a démontré qu'il est viable de faire appel à des traitements de surface, s'ils sont permis par les codes du bâtiment, pour les concepteurs qui voudraient laisser le bois ou les produits de bois entièrement exposés pour des raisons esthétiques.

Tableau 1. Résultats de tests de propagation de flamme

Produit de bois massif	Indice de propagation des flammes	Indice de dégagement des fumées
<b>Bois lamellé-croisé</b>		
Configuration E1 (min. 105 mm)	35	40
Configuration V2 (min. 99 mm)	40	30
<b>Bois de charpente composite</b>		
PSL (min. 89 mm sur le plat)	35	25
LVL (min. 140 mm sur rive)	35	30
LSL (min. 89 mm sur le plat)	75	85
<b>Bois lamellé-collé</b>		
Platelage EPS (min. 64 mm)	40	55
<b>Bois lamellé cloué</b>		
EPS surface à plat (min. 64 mm)	50	55

### Coupe-feu

Le maintien de l'intégrité et de la continuité des séparations coupe-feu sont nécessaires pour prévenir le passage de gaz chauds ou l'augmentation de température au côté non exposé. Dans les constructions massives en bois, les points vulnérables à la propagation des flammes sont les écarts et les trous qui peuvent être introduits dans le système. Un paramètre clé de conception est d'éviter le transfert de chaleur provenant d'un élément traversant le bois de façon que la carbonisation adjacente à cet élément soit semblable à celle plus éloignée de la pénétration. Des essais ont démontré que les coupe-feu approuvés pour les constructions en béton sont adéquats pour les bâtiments en CLT, pourvu que suffisamment de détails soient fournis.

Des tests de coupe-feu ont été complétés sur des assemblages en CLT et en NLT. Des tests de portes coupe-feu ont aussi été menés avec des murs en CLT. La plupart des systèmes coupe-feu, comprenant des insertions en métal et en plastique, ont réussi à atteindre la cote F 1½ h selon la norme CAN/ULC-S115 qui serait requise pour

satisfaisant à l'exigence de résistance au feu de 2 heures pour des assemblages qui seraient utilisés dans des édifices de grande hauteur.

### Assemblages et attaches

Comme stipulé dans la norme CSA O86, les assemblages qui sont nécessaires pour supporter la charge due à la gravité d'une structure doivent être conçus avec la même résistance au feu que les éléments qu'ils supportent. Les assemblages dont les composantes en acier sont insérées à l'intérieur de la section résiduelle des éléments en bois sont considérés comme étant adéquatement protégés donc non affectés par la dégradation thermique des éléments en acier.

Plusieurs essais de résistance au feu sur des assemblages ont été menés. Cependant, ils ont surtout porté sur des attaches traditionnelles comme les boulons, les goujons et les plaques d'acier et pour des durées relativement courtes (+/- 30 minutes), ce qui limite l'applicabilité de leurs résultats aux bâtiments qui requièrent des durées de 45 minutes et plus. Des essais plus récents ont proposé que la résistance résiduelle des attaches et leur mode de rupture pourraient être estimés en utilisant la section transversale réduite des pièces de bois, couplés avec la soustraction d'une couche additionnelle qui assurerait que les fibres de bois demeurent sous la barre des 100 °C. Plus de travaux sont nécessaires pour valider cette hypothèse et vérifier l'applicabilité à une gamme étendue d'attaches et de détails.

FPInnovations poursuit sa collaboration avec les universités et des instituts de recherches au niveau international pour augmenter les connaissances sur la résistance au feu des assemblages dans les constructions massives en bois, y compris les vis autotaraudeuses et des attaches modernes. L'objectif ultime est d'accumuler suffisamment des connaissances pour développer une méthode de calcul dans un avenir rapproché.

### Assurances

Le feu et les dommages subséquents causés par l'eau sont les préoccupations principales des compagnies d'assurances en regard des édifices en bois massif. Selon les statistiques, les feux résidentiels sont habituellement peu importants, et les dommages qui en résultent sont peu étendus. La plupart des incendies sont contrôlés à partir d'un seul gicleur. Lorsque de l'eau est utilisée pour éteindre un feu, l'évacuation de l'eau doit être gérée rapidement parce que l'infiltration d'eau dans le bois augmente avec la durée d'exposition à l'eau. Après un feu, une évaluation de toutes les pièces en bois devrait être effectuée. Dans la plupart des incendies de faible intensité, la carbonisation de surface n'aura probablement pas d'incidence sur l'intégrité structurelle d'un élément en bois atteint, mais toute surface carbonisée devrait être enlevée et une évaluation structurelle réalisée. Toutes les surfaces potentiellement touchées par le feu ou l'eau, comme les panneaux de gypse par exemple, devraient être enlevées pour s'assurer qu'il n'y ait pas d'eau derrière. Si de l'eau est présente, les éléments en bois devront être séchés avant de pouvoir réappliquer un fini intérieur.

Pour les incendies majeurs, où les éléments de structure ont possiblement été affectés, une évaluation de ces éléments devrait être menée pour déterminer si les pièces peuvent être réparées ou si elles doivent être remplacées. Plusieurs méthodes non destructives sont disponibles pour évaluer la condition de pièces en bois après une exposition au feu.

### Conclusion

L'essor des matériaux de construction durables comme le bois a amené le développement et l'introduction de nouveaux produits et systèmes à base de bois sur le marché nord-américain. Les efforts pour démontrer la conformité de la construction massive en bois aux normes prescriptives ou basées sur la performance dans les codes du bâtiment démontrent que la sécurité incendie demeure l'un des obstacles majeurs à l'expansion de l'utilisation du bois dans les bâtiments.

Au cours de la dernière décennie, le groupe de recherche sur la sécurité incendie de FPIinnovations a mené le développement et soutenu la mise en œuvre de la construction massive en bois en complétant de nombreux tests normalisés ou spécialisés sur la performance au feu (figure 4). N'eût été les résultats de ces essais qui ont permis la construction de plusieurs édifices de grande hauteur en bois, ceux-ci auraient été autrement construits avec une construction incombustible.



*Figure 4. Feu de démonstration en appui au bâtiment Origine (soutien financier fourni par le ministère de la Forêt, de la Faune et des Parcs du Québec - MFFP)*

## Références

Harmsworth A. & C. Dagenais (2014). *Technical Guide for the Design and Construction of Tall Wood Buildings in Canada (SP-55E): Chapter 5 - Fire Safety and Protection*. FPIinnovations.

Dagenais C., Ranger L. & N. Benichou (2019). *Canadian CLT Handbook 2019 Edition (Special Publication SP-532E): Chapter 8: Fire Performance of Cross-Laminated Timber Assemblies*. FPIinnovations.

Dagenais C., Ranger L. & N. Benichou (2019). *Solutions for Upper Mid-Rise and High-Rise Mass Timber Construction: Fire Performance of Cross-Laminated Timber with Adhesives Conforming to 2018 Edition of ANSI/APA PRG-320 (Project 301013085)*. FPIinnovations.

Ranger L., Dagenais C. & N. Benichou (2019). *Solutions for Upper Mid-Rise and High-Rise Mass Timber Construction: Fire Resistance of Mass Timber Laminated Elements (Project 301013085)*. FPIinnovations.

Ranger L., Dagenais C. & N. Benichou (2019). *Evaluating Fire Performance of Nail-Laminated Timber (Project 301013024)*. FPIinnovations.

Ranger L. & C. Dagenais (2019). *Evaluating Fire Performance of Nail-Laminated Timber: Surface Flammability (Project 301013024)*. FPIinnovations.

Ranger L. & C. Dagenais (2019). *Evaluating Fire Performance of Nail-Laminated Timber: Influence of Gaps (Project 301013024)*. FPIinnovations.

Ranger, L. (2019). *Solutions for Upper Mid-Rise and High-Rise Mass Timber Construction: Rehabilitation of Mass Timber Following Fire and Sprinkler Activation (Project 301013070)*. FPIinnovations.

## Pour plus d'information

Christian Dagenais, ing., Ph.D. | (418) 781-6753  
christian.dagenais@fpinnovations.ca

## Suivez-nous



[fpinnovations.ca](http://fpinnovations.ca)