

FICHE DE BONNES PRATIQUES RÉSISTANCE AU FEU DES ATTACHES – BOIS MASSIF

Table des matières

Introduction	2
Cadre réglementaire	4
Essais de résistance au feu	6
Recommandations	12
Exemples de calculs	14
Références	21

Remerciements

FPInnovations souhaite remercier le ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF), la Régie du bâtiment du Québec (RBQ), Cecobois, Nordic Structures et MTC Solutions pour leur contribution à la rédaction de ce document.

Introduction

Les bâtiments de construction en bois massif de moyenne et grande hauteur gagnent en popularité dans le monde depuis quelques années; leurs bienfaits pour l'environnement s'avèrent d'autant plus importants alors que les effets des changements climatiques se font de plus en plus sentir. L'un des défis liés à l'érection de structures en bois se rapporte à l'évaluation et à la détermination adéquate de son comportement au feu, étant donné que les attaches qui relient les éléments en bois massif sont des composants essentiels de la structure et sont vulnérables au feu.

Les études des dernières décennies se sont concentrées sur l'évaluation du comportement au feu des assemblages traditionnels composés de boulons et de goujons, et d'étriers ou de plaques métalliques exposées et dissimulés. Parfois difficiles à concevoir, ces types d'assemblages se trouvent généralement dans les bâtiments de construction en gros bois d'œuvre, comme décrit dans le Code national du bâtiment - Canada (CNB) [1], et la construction de Type IV selon l'International Building Code (IBC) [2], tel que montré à la figure 1a). Toutefois, en Amérique du Nord, nous retrouvons rarement ces assemblages traditionnels dans les nouveaux bâtiments de construction en bois massif où un degré de résistance au feu d'au moins 1 heure est exigé pour lesquels les assemblages seront, plus souvent qu'autrement, entièrement dissimulés comme illustré à la figure 1b).



a) Assemblage traditionnel d'une construction en gros bois d'œuvre selon le CNB



b) Assemblage moderne avec plaques d'appui dissimulées

Figure 1. Assemblages classique (gauche) et moderne (droite)

Pour le marché américain, le comportement au feu des assemblages est décrit dans le *Fire Design Specification (FDS) for Wood Construction* [3] et le *Technical Report 10 (TR10)* [4] publiés par le American Wood Council, où des lignes directrices de conception portent sur la pénétration de la carbonisation au niveau des écarts entre les éléments en bois (selon certaines conditions), la durée de protection thermique et l'augmentation maximale de température de tout composant d'un assemblage. Compte tenu de l'aspect conservateur des exigences décrites dans le FDS, le TR10 et l'IBC, quelques experts en conception, des fabricants de bois massif et des fournisseurs d'attaches ont récemment mené des essais de résistance au feu afin d'offrir des solutions modernes et conformes aux codes à la communauté des concepteurs. Les essais au feu constituent une alternative aux exigences du FDS et du TR10 afin de démontrer la conformité au IBC.

Au Canada, l'annexe B de la norme CSA O86 [5] donne très peu d'information sur la résistance au feu des assemblages pour les structures en bois. En résumé, la norme stipule que les assemblages essentiels au soutien des charges de gravité qui agissent sur la structure doivent être conçus de sorte à présenter au moins la même résistance au feu que les éléments supportés. De plus, les assemblages dont les composants métalliques sont situés dans la section transversale effective d'un élément en bois sont considérés comme étant protégés contre le feu. La section transversale effective (aussi appelée section réduite) est la section résiduelle en bois après avoir soustrait la couche de carbonisation fictive ($x_{c,n}$) et l'épaisseur de la couche de résistance nulle (x_t) de toutes les faces exposées au feu (Figure 2).

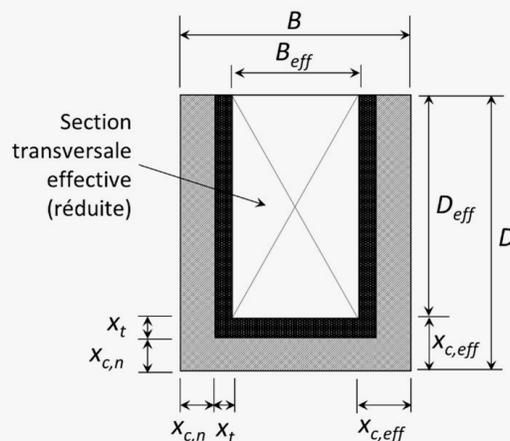


Figure 2. Section transversale effective (réduite) pour une exposition au feu sur 3 côtés, selon CSA O86

Dans le but de fournir des solutions modernes et conformes au CNB, en plus d'améliorer le coût concurrentiel de la construction en bois d'œuvre massif, il est nécessaire d'élaborer des lignes directrices destinées à la conception des assemblages offrant une résistance au feu basées sur des principes fondamentaux. Les assemblages visés par cette fiche technique sont essentiellement les assemblages dissimulés, tels que les plaques en âme, les plaques d'appui ou les connecteurs propriétaires métalliques, en acier ou en aluminium.

D'ici l'instauration de dispositions supplémentaires relatives à la conception dans la norme CSA O86, cette fiche technique propose des lignes directrices préliminaires basées sur les dernières connaissances acquises sur la résistance au feu des assemblages modernes en bois massif. Elle devrait servir de complément aux dispositions actuelles de la norme CSA O86 et du CNB. Il est convenu que l'information fournie dans la présente fiche constitue une première version des dispositions à élaborer pour la prochaine édition de l'annexe B de la norme CSA O86. Elle évoluera certainement au fil des nouvelles connaissances et des nouvelles données.

Il est à noter que cette fiche technique s'adresse aux éléments d'une construction en bois d'œuvre massif, encapsulé ou non, requis de fournir des degrés de résistance au feu au-delà de celui présumé à la construction en gros bois d'œuvre conforme à l'article 3.1.4.6 du CNB.

CADRE RÉGLEMENTAIRE

CSA O86

Selon l'article B.9 de l'annexe B de la norme CSA O86, les assemblages essentiels au soutien des charges de gravité qui agissent sur la structure doivent être conçus de sorte à présenter au moins la même résistance au feu que les éléments supportés. Ce principe correspond à celui de l'article 3.1.7.5 de la division B du CNB applicable à tous les types de construction. De plus, les assemblages dont les composants métalliques sont situés dans la section

transversale effective d'un élément en bois sont considérés comme étant protégés contre le feu. Il est également indiqué que l'édition 2018 du Technical Report 10 de l'American Wood Council et que l'édition 2004 de l'Eurocode 5 – parties 1-2 (EN 1995-1-2:2004) contiennent de l'information additionnelle à ce sujet, sans être des exigences à satisfaire à la norme CSA O86.

Technical report 10

Dans la section 4.4 (*Protection of wood structural members and connections*) et 4.5 (*Wood connections*) du TR 10, il est indiqué que lorsqu'une protection en bois est utilisée pour respecter les critères d'augmentation maximaux de température de la norme ASTM E119, c'est-à-dire de limiter l'augmentation de température moyenne de la surface non exposée au feu à au plus 250°F ou à 325°F en tout point par rapport à la température initiale ambiante, cette protection en bois doit remplir les critères a) et b) ci-dessous. Ces critères d'augmentation de température sont les mêmes que ceux utilisés dans la norme CAN/ULC S101 [6], c'est-à-dire d'au plus 180°C en tout point et 140°C en moyenne. Il est à noter que ces limites d'augmentation de température sont simplement dictées pour s'harmoniser avec les critères de la norme en lien avec la fonction séparative des assemblages de construction et ne sont pas reliées à la performance au feu du bois et des éléments métalliques. Par ailleurs, on retrouve ces mêmes exigences à l'article 2304.10.1 de l'édition 2024 du IBC pour les assemblages utilisés dans les bâtiments de construction du Type IV-A, IV-B et IV-C (types de construction similaires à la construction en bois d'œuvre massif encapsulé du CNB).

a) Afin de fournir un certain niveau de protection, il est précisé que la durée de séparation thermique fournie par le recouvrement en bois doit correspondre à 0,85 fois la durée de protection ($0,85 t_p$). Le facteur de 0,85 vise à limiter la hausse de température du côté de la dernière couche de bois (à l'opposé du feu) à une moyenne de 250 °F.

b) De plus, un recouvrement en bois minimal (d_p) permettant de protéger les assemblages contre le feu doit être calculé selon la durée de protection (t_p) et la vitesse de carbonisation non linéaire (βt) du modèle américain. Cette valeur (d_p) est calculée à 43,5 mm (1,71 po) et à 76,4 mm (3,01 po) pour des degrés de résistance au feu de 1 h et 2 h, respectivement (en tenant compte du modèle de carbonisation non linéaire présenté dans le TR 10 et d'une durée de séparation thermique fournie par le recouvrement en bois de $0,85 t_p$).

De plus, le TR 10 stipule que la pénétration de la carbonisation au niveau des écarts entre les éléments de bois, que ce soit de poutre à colonne ou de panneau à panneau, doit être calculée si cet écart est d'au plus 3,2 mm (1/8 po) et où la circulation d'air est évitée. Si aucune de ces conditions sont respectées, les surfaces comprises dans cet écart sont considérées comme étant entièrement exposées au feu et la pénétration de la carbonisation correspond au double de la profondeur de la carbonisation ($2a_{char}$), mais sans nécessiter la majoration de 20% pour le calcul de la carbonisation fictive. La figure 3 illustre la pénétration de la carbonisation dans les écarts non protégés, selon le TR 10. On peut remarquer que doubler la profondeur de carbonisation aura un impact important sur le dimensionnement des éléments en bois et par conséquent un effet considérable sur le coût des matériaux.

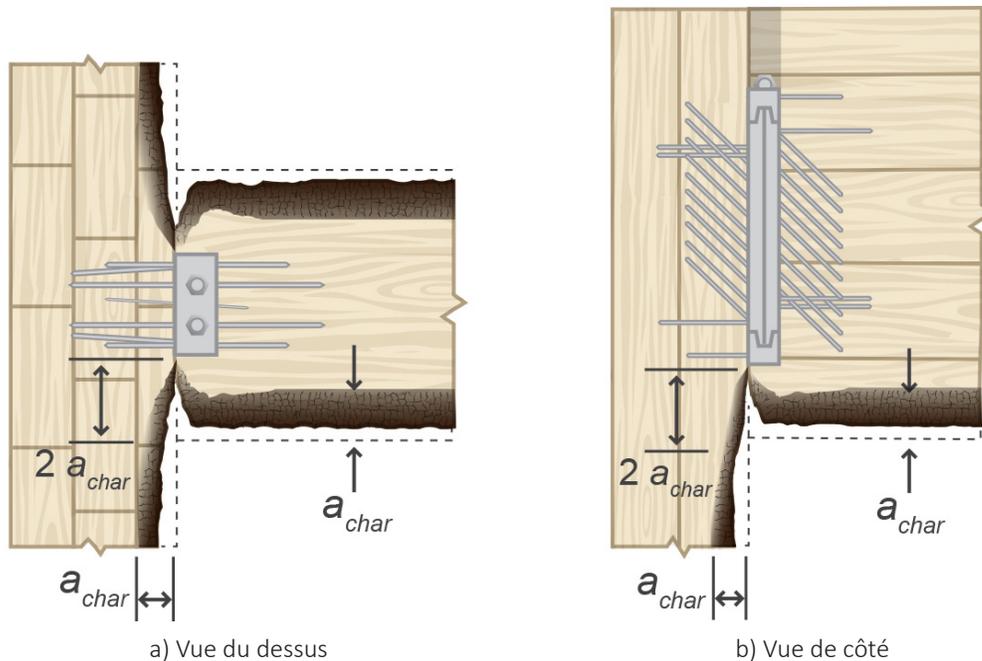


Figure 3. Profondeur de la carbonisation ($2a_{char}$) selon le TR 10 pour le marché américain

Eurocode 5 : parties 1-2

La section 6.1 de l'Eurocode 5 : partie 1-2 (EN1995-1-2 :2004) s'applique à tout assemblage situé entre des éléments exposés au feu normalisé pour une résistance maximale d'au plus 1 heure, ce qui limite son application dans les bâtiments au Canada. Les règles visent les

assemblages faits de clous, de boulons, de goujons, de vis, d'anneaux fendus, de disques de cisaillement et de plaques dentelées. La prochaine version de cette norme devrait fournir davantage d'information.

En résumé

Hormis le fait qu'en dehors de l'information limitée résumée précédemment, aucune disposition de la norme CSA O86 ne porte sur les assemblages modernes; la conception au feu des assemblages varie grandement selon qu'elle suit la norme CSA O86 ou la FDS/TR 10. Pour une résistance au feu de 2 heures, la profondeur de carbonisation calculée et la profondeur de carbonisation effective varient considérablement d'une approche de conception à l'autre. Ces données peuvent créer de la confusion chez les concepteurs qui font la promotion de la construction en bois massif au Canada et aux États-Unis. Comme les méthodes d'essais au feu des normes CAN/ULC S101 [6]

et ASTM E119 [7] préconisent une exposition temps-température similaire, il est nécessaire de justifier les approches de conception fondées sur des principes fondamentaux.

Il est à noter qu'il n'existe pas, à ce jour, de méthode d'essais normalisés pour évaluer la résistance au feu des assemblages. Par conséquent, les principes d'essais de CAN/ULC S101 et ASTM E119, tels que l'exposition au feu et la détermination de la charge à appliquer, ont été utilisés lors des essais réalisés durant les dernières années et résumés ci-après.

ESSAIS DE RÉSISTANCE AU FEU

En 2017, le Softwood Lumber Board a financé trois essais structuraux afin d'offrir un degré de résistance au feu d'au moins 1 heure en collaboration avec MTC Solutions [8]. Les essais portaient sur des poutres et des colonnes en bois lamellé-collé munies d'assemblages modernes dissimulés (Figure 4). L'écart qui sépare la poutre de la colonne n'est toutefois pas mentionné. Un boudin de scellant coupe-feu a été appliqué sur la surface de la colonne, à 38 mm (1,5 po) du rebord de la poutre. L'essai n° 1 a atteint une résistance au feu de 1 heure (malgré une charge en deçà de la pleine capacité), alors que les essais n° 2 et 3 ont atteint une résistance de 1,5 heure.

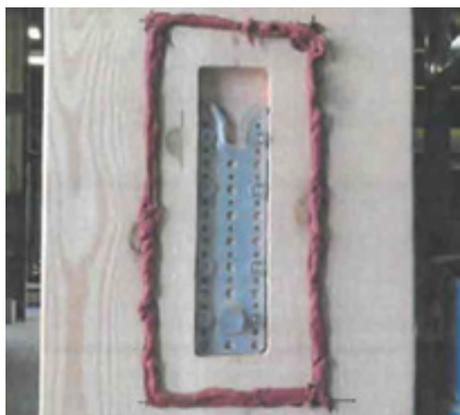
De 2020 à 2022, Simpson Strong Tie [9,10] a effectué huit essais de résistance au feu sur des étriers dissimulés, toujours au même laboratoire utilisé pour les essais précédents. Dans tous les essais, un écart de 3 à 7 mm a été laissé entre la poutre et la colonne, puis un boudin de scellant coupe-feu a été appliqué sur la face de la colonne, à 25 mm (1 po) du rebord de la poutre. Les essais n° 1, 2, 5 et 6 ont atteint un degré de résistance au feu de 1 heure, alors que les essais n° 3, 4, 7 et 8 ont atteint 2 heures.

Toujours en 2022, Nordic Structures [11,12] a réalisé des essais de résistance au feu au même laboratoire et dans les mêmes conditions que lors des essais de 2017. Un assemblage constitué d'une plaque en âme et des goujons avec un écart de 5 mm et un assemblage réalisé avec une

plaque d'appui et un écart de 3 mm ont atteint un degré de résistance au feu de 2 heures sans l'utilisation de scellant coupe-feu à la jonction entre la poutre et la colonne (Figure 5). Lors des deux essais, une charge de 159,2 kN (35 800 lb) a été appliquée pendant les 2 heures d'exposition au feu normalisé.

Plus récemment, en 2023, Simpson Strong-Tie [13] a réalisé 3 essais de résistance au feu de leur assemblage avec plaque d'appui HSKP. Un écart de 3,2 mm (1/8 po) entre la poutre et la colonne était créé et protégé à l'aide d'un ruban intumescent à la face de la colonne positionnée à 19 mm (3/4 po) et 25 mm (1 po) du rebord de la poutre pour les essais de 1 h et 2 h, respectivement. Lors des essais, une charge de 109 kN (24 500 lb) et de 154 kN (34 700 lb) ont été appliquées, selon le type de HSKP, pendant les 1 et 2 heures d'exposition au feu normalisé.

Alors que ces essais ont engendré des solutions conformes au IBC fournissant un degré de résistance au feu de 1 à 2 heures, la plupart d'entre elles comptaient sur un scellant coupe-feu et des poutres plus larges pour fournir assez de recouvrement en bois aux éléments métalliques. Il en découle des solutions possiblement surdimensionnées dont le coût ne peut plus rivaliser avec les autres types de construction. Le tableau 1 présente le détail des essais mentionnés précédemment.



a) Scellant coupe-feu appliqué à la face de la colonne



b) Assemblage poutre-à-colonne



c) Dispositif d'essais de résistance au feu

Figure 4. Essai de résistance au feu réalisé par MTC Solutions [8]



a) Plaque en âme



b) Plaque d'appui



c) Assemblage poutre-à-colonne

Figure 5. Essai de résistance au feu réalisé par Nordic [8]

Tableau 1. Résumé des essais de résistance au feu nord-américains réalisés depuis 2017

Fournisseur	Durée	Attache	Charge appliquée ⁽¹⁾	Poutre	Colonne	Écart	Scellant coupe-feu	Recouvrement	
								Latéral	Inférieur
MTC Solutions [8]	1 h	Ricon 290 x 80	17,4 kN	222 x 457	419 x 362	ND*	Oui	71 mm	102 mm
	1 h30	(2x) Ricon 200 x 80	73,9 kN	273 x 610	419 x 362	ND		57 mm	102 mm
	1 h30	Megant 430 x 150	73,9 kN	273 x 610	419 x 362	ND		62 mm	111 mm
Nordic Structures [11,12]	2 h	Plaque en âme	159,2 kN	346 x 699	395 x 395	5 mm	Non	84,5 mm	82 mm
	2 h	Plaque d'appui	159,2 kN	346 x 699	395 x 395	3 mm		83,5 mm	82 mm
Simpson Strong Tie [9,10,13]	1 h	ACBH 3 x 15,37	98 kN	171 x 610	406 x 406	3 mm	Oui	48 mm	48 mm
		(2x) ACBH 3 x 15,37	196 kN	260 x 610				48 mm	60 mm
	2 h	ACBH 3 x 15,37	98 kN	260 x 610				93 mm	92 mm
		(2x) ACBH 3 x 15,37	196 kN	311 x 610				73 mm	98 mm
	1 h	CBH 2,37 x 9,75	40 kN	171 x 362	406 x 406	3 à 7 mm	Oui	56 mm	56 mm
		(4x) CBH 2,37 x 9,75	160,1 kN	324 x 686				46 mm	46 mm
		2 h	CBH 2,37 x 9,75	40 kN				248 x 457	94 mm
	(4x) CBH 2,37 x 9,75		160,1 kN	362 x 686	81 mm	81 mm			
	1 h	HSKP 5,75 x 19,5	154 kN	222 x 610	315 x 419	3 mm	38 mm	38 mm	
	2 h	HSKP 5,75 x 14,5	109 kN	273 x 610	400 x 419	3 mm	64 mm	90 mm	
2 h	HSKP 5,75 x 19,5	154 kN	273 x 610	400 x 419	3 mm	64 mm	76 mm		

Note : * Non Disponible

(1) La charge appliquée est déterminée selon le calcul aux contraintes admissibles. Cette charge spécifiée doit être multipliée par 1,5 afin de la convertir en charge pondérée conformément au Code national du bâtiment du Canada.

Matériaux et discussion

En plus des essais résumés au tableau 1, un nombre limité d'essais au feu avec ou sans charge appliquée ont été menés sur des assemblages modernes pour la construction en bois massif pour une durée d'exposition au feu normalisé de 2 heures. L'objectif principal de ces essais était d'offrir des solutions commerciales exclusives à l'industrie de la construction par l'entremise des fournisseurs d'attaches. Dans le but de généraliser une approche en matière de conception, FPIinnovations a entrepris un projet de plusieurs années sur le comportement au feu des assemblages modernes pour la construction en bois massif afin d'offrir des solutions techniques à bon rapport coût-efficacité et élaborer des dispositions de conception fondées sur la mécanique qui correspondent au degré requis de résistance au feu. Jusqu'ici, deux phases de ce projet ont été achevées; dans la première phase (essai n° 1), l'équipe a évalué le comportement thermique de 24 configurations exposées pendant 2 heures au feu normalisé de la norme CAN/ULC S101. Aucune charge structurale n'a été appliquée sur les configurations de cette phase, qui comprenaient diverses tailles d'écart et épaisseurs de recouvrement en bois, avec ou sans l'utilisation de scellant et de bande intumescente coupe-feu [14] (Figure 6 a). Le protocole de la deuxième phase reposait sur les résultats de la phase 1; elle visait à évaluer la résistance structurale au feu de quatre assemblages, mais cette fois, en appliquant une charge structurale. Cette phase s'est déroulée en deux vagues (essai n° 2 et essai n° 3), chacune comportant une seule poutre reliée à deux colonnes par deux assemblages à moyenne capacité (essai n° 2) et deux assemblages à capacité élevée (essai n° 3). Dans cette phase, le degré de résistance au feu visé était de 2 heures [15] (Figure 6 b et c).

Résultats

Les résultats de cette série d'essais et les données des essais précédents menés par d'autres équipes fournissent des pistes importantes pour l'élaboration d'une méthode de conception fondée sur la mécanique en vue de son intégration à la norme CSA O86 et aux prochaines révisions de la FDS et du TR10. Ces résultats se résument ainsi :



a) Phase 1 (essai n° 1 : thermique)



b) Phase 2 (essai n° 2 : thermique et structural [moyenne capacité])



c) Phase 2 (essai n° 3 : thermique et structural [capacité élevée])

Figure 6. Essais réalisés par FPIinnovations

Position de l'assemblage

Selon les observations, la position des assemblages peut avoir un effet sur la taille réelle de l'écart entre les éléments. Il faut installer les différents types d'assemblages (selon leur conception particulière, leur méthode de fixation et l'instrumentation utilisé) directement au bas de la rainure de la colonne ou à une certaine distance au-dessus de son extrémité. Ainsi, le positionnement (recouvrement inférieur) est calculé du bas de la poutre au bas de l'assemblage. Par exemple, deux types d'assemblages sont présentés à la figure 7. Lors du calcul du recouvrement

en bois minimal requis (selon les dispositions du TR10), il faut s'assurer qu'aucune section des éléments en bois ne soit réduite par l'usinage, comme les rainures de la cavité de l'assemblage (sur la poutre et/ou la colonne). Autrement, cela crée un vide d'air sous l'assemblage (de la taille de la rainure, plus l'écart standard) tout en réduisant le recouvrement en bois efficace. Ce vide pourrait permettre le passage des gaz chauds et des flammes de façon prématurée.

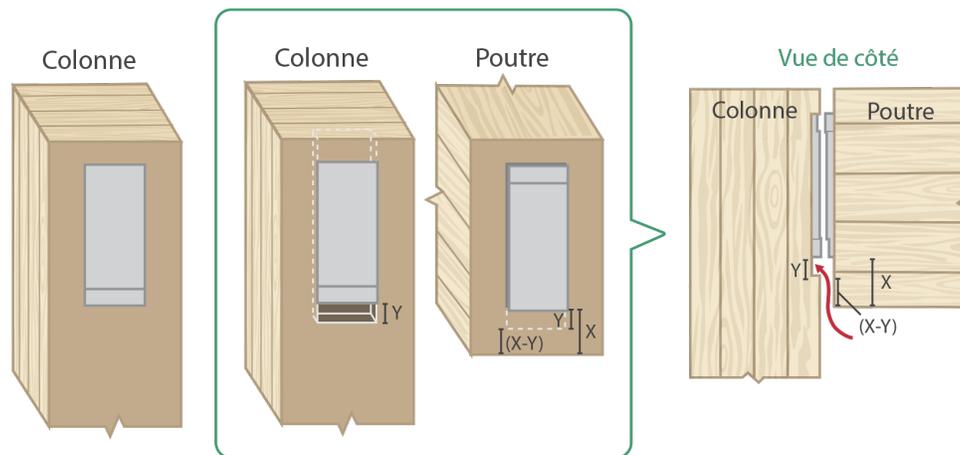


Figure 7. Exemples de positionnement des assemblages

Pénétration de la carbonisation

Tel que mentionné précédemment, pour le marché américain, la pénétration de la carbonisation au niveau des écarts entre les éléments de bois doit être calculée si cet écart est d'au plus 3,2 mm (1/8 po) et où la circulation d'air est évitée. Si aucune de ces conditions sont respectées, les surfaces comprises dans cet écart sont considérées comme étant entièrement exposées au feu et la pénétration de la carbonisation correspond au double de la profondeur de la carbonisation ($2a_{char}$) lorsque calculée selon le modèle non linéaire américain (Figure 3).

Les résultats des essais menés en deux phases par FPIinnovations [14,15] sur 24 assemblages poutre-à-colonne ont démontré peu ou pas de pénétration de la carbonisation dans les écarts étudiés. Après démontage des échantillons brûlés, l'étendue des dommages aux assemblages poutre et colonne en bois lamellé-collé, y compris les extrémités à angle droit des poutres, ne présentait aucun signe de carbonisation et/ou d'arrondissement des coins au niveau de la jonction entre les poutres et les colonnes. Ces

observations concordent avec celles des essais de Simpson Strong Tie [9] et Nordic Structures [11,12] où aucune pénétration de la carbonisation n'a été observée. Les résultats suggèrent que la pénétration de la carbonisation de $2a_{char}$ imposée au niveau des joints non collés semble trop conservatrice, ce qui engendre des dimensionnements dont le rapport coût-efficacité ne convient pas à la construction en bois massif. Une estimation de la profondeur de carbonisation, tel qu'illustrée à la figure 8a) et b), serait plus appropriée.

Par ailleurs, les résultats d'essais suggèrent qu'il semble survenir une hausse locale de la température et, par conséquent, une hausse locale de la vitesse de carbonisation au bas de la poutre (comme illustré à la figure 8c). L'augmentation de la vitesse de carbonisation engendre un effet d'arrondissement plus prononcé sur les colonnes ainsi qu'une variation potentielle du mode de rupture des assemblages.

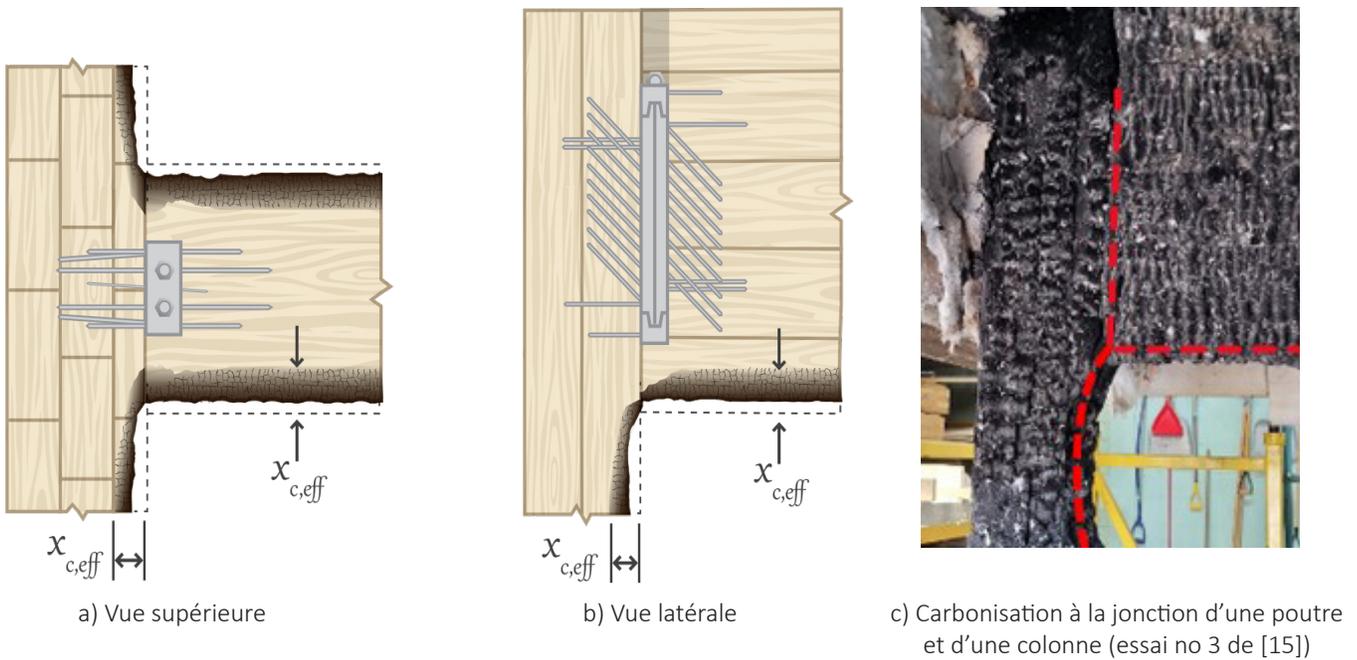


Figure 8. Pénétration de la carbonisation basée sur les résultats d'essais de résistance au feu



Figure 9. Observation de la pénétration de la carbonisation et de l'arrondissement des coins durant l'essai no 3 de FPIinnovations [15]

Conduction de la chaleur par les vis de renfort

Les profils de température de l'essai n° 2 [14] démontrent que les vis autotaraudeuses de renfort de 10 mm de diamètre par 400 mm de longueur, dont les têtes étaient entièrement exposées au feu, ont atteint la température de carbonisation (300 °C) en 67 minutes à 75 mm le long de leur tige. Techniquement, ces vis exposées ne répondraient pas aux critères d'augmentation maximale de température définis dans le TR 10 (article 4.5.1) et l'IBC (article 2304.10.1) puisque leurs têtes sont entièrement exposées au feu dès le début de l'essai et par conséquent vont chauffer rapidement. Cependant, les mesures et les

observations visuelles des essais réalisés par FPInnovations [15] démontrent très peu de transfert de chaleur le long de ces tiges de vis de renfort, qui présentent peu ou pas de carbonisation à environ 25-30 mm au-delà de la couche carbonisée. Ces observations concordent avec celles observées lors d'essais sur ce sujet [16,17]. Ainsi, selon ces observations, on peut avancer que les vis de renfort d'un diamètre d'au plus 10 mm pourraient être exclues des critères d'augmentation de température établis dans le TR 10.



a) Extrémité est de la poutre – essai n° 2



b) Extrémité est de la poutre – essai n° 3



c) Extrémité est de la poutre – essai n° 3

Figure 10. Carbonisation localisée le long de la tige des vis autotaraudeuses [15]

RECOMMANDATIONS

Basé sur les résultats d'essais résumés dans cette fiche technique, les recommandations suivantes permettent d'offrir un niveau de protection incendie aux assemblages dissimulés utilisés dans la construction en bois massif. Tel que mentionné précédemment, ces recommandations se veulent complémentaires aux exigences de la norme

CSA O86 et seront appelées à évoluer au fil du temps afin de les introduire ultérieurement à la norme.

Afin d'atteindre le niveau de résistance au feu exigé et un dimensionnement adéquat des éléments en bois d'œuvre massif, les étapes suivantes sont à réaliser :

1) Déterminer le type d'assemblage et ses attaches afin de définir la zone impliquée.

Le type d'assemblage et ses attaches dicteront probablement les dimensions minimales des éléments en bois d'œuvre massif. Certains assemblages sont relativement simples géométriquement (les plaques en âme ou d'appui avec goujons, par exemples) alors que certains assemblages propriétaires peuvent avoir les attaches (vis) insérées à divers angles et de géométries variables. Tous ces paramètres sont à considérer avant de passer à l'étape suivante.

2) Calculer la profondeur de la couche carbonisée effective selon le degré de résistance au feu requis.

Selon les principes de conception de la norme CSA O86, tous les composants métalliques d'un assemblage doivent être situés dans la section transversale effective (réduite). Ainsi, selon le degré de résistance au feu exigé, la profondeur de la couche carbonisée effective ($x_{c,eff}$) est la somme de la profondeur de la couche carbonisée fictive ($x_{c,n}$) et l'épaisseur de la couche de résistance nulle (x_r). La profondeur de la couche carbonisée fictive est calculée en utilisant des vitesses de combustion fictive (β_n) de 0,70 et 0,80 mm/min pour l'épaisseur de protection latérale et inférieure de la poutre, respectivement. La vitesse de combustion fictive à utiliser pour les colonnes demeure celle dictée dans la norme CSA O86 pour le type de produit utilisé (ex : 0,70 mm/min pour du bois lamellé-collé). Ces vitesses sont des recommandations conservatrices basées sur un nombre limité d'essais de comportement au feu. Ces vitesses seront appelées à évoluer lorsque de nouvelles données d'essais deviendront disponibles pour appuyer une réduction de ces vitesses.

3) Calculer les dimensions minimales des éléments en bois d'œuvre massif.

Les dimensions extérieures des assemblages combinées au recouvrement minimal requis dicteront les dimensions minimales des éléments en bois d'œuvre massif. L'épaisseur minimale de recouvrement correspond à la profondeur de carbonisation effective calculée à l'étape 2, en fonction de l'exposition au feu par les côtés et le dessous de la poutre. Ces dimensions minimales permettront de positionner tous les éléments métalliques de l'assemblage adéquatement à l'intérieur de la section transversale effective. Dans l'éventualité où des goujons métalliques sont utilisés, leur longueur doit être vérifiée afin de s'assurer qu'ils aient suffisamment de recouvrement en bois (ex : bouchons de bois). Si les goujons sont plus longs que la largeur de l'assemblage, ces goujons dicteront les dimensions minimales de la poutre et de l'épaisseur minimal de recouvrement latéral.

4) Vérifier le gradient thermique à proximité de l'assemblage.

Positionner les éléments métalliques à l'intérieur de la section transversale effective permet de fournir intrinsèquement une certaine protection thermique. Il est à noter que lorsqu'on positionne les éléments à l'intérieur de la section transversale effective, une épaisseur de la couche de résistance nulle de 7 mm agit comme une protection thermique au-delà de la profondeur de la couche carbonisée fictive. Selon le gradient thermique présumé dans l'annexe B de la norme CSA O86, cette épaisseur de 7 mm résulte en un positionnement des éléments métalliques dans une section de bois dont la température des fibres est approximativement 200°C (donc une augmentation de température de 180°C).

5) Vérifier le gradient thermique des attaches.

Dans certaines configurations, plusieurs rangées d'attaches (ex : vis autotaraudeuses) sont utilisées pour créer un certain niveau de redondance et de robustesse à la résistance globale de l'assemblage. Bien que les principes de la norme CSA O86 soient de positionner tous les éléments métalliques à l'intérieur de la section transversale effective, il se peut que certaines conceptions sacrifient volontairement les rangées extérieures d'attaches sans compromettre la résistance de l'assemblage. Le gradient thermique aux positionnements des rangées d'attaches considérées pour fournir la résistance doit être vérifié et évalué par rapport à des critères de performance appropriés.

Ces recommandations présument que l'écart aux jonctions entre les éléments de bois d'œuvre massif soit le plus limité possible, c'est-à-dire qu'il y a peu ou pas d'espace entre les éléments. À partir des essais réalisés et résumés au tableau 1, il est démontré qu'un certain écart n'aura pas

d'effet négatif sur la performance au feu de l'assemblage, que cet écart soit complètement ouvert ou protégé avec un scellant coupe-feu.

Puis, l'utilisation de scellant coupe-feu ou de ruban intumescent peut s'avérer comme une solution pratique pour protéger les écarts excessifs, ou comme une solution à réaliser au chantier advenant que les tolérances de construction ne sont pas suivies. Ce scellant ou ruban intumescent doit pouvoir démontrer sa performance au feu conformément à la norme CAN/ULC S115 [18] pour le degré de résistance au feu exigé.

Finalement, une attention particulière est à faire si les assemblages sont réalisés à partir d'éléments en aluminium. Ce métal perd rapidement de ses capacités lorsqu'il est chauffé. À titre d'exemple, la norme EN1999-1-2 [19] indique que la plupart des alliages en aluminium commencent à perdre de leur résistance dès 100°C.

Il est à noter que ces recommandations ne sont pas à être respectées advenant qu'un essai de résistance au feu soit réalisé avec succès pour un assemblage spécifique utilisant différents paramètres. L'exposition au feu des essais doit cependant être conforme à la norme CAN/ULC S101 et la charge à appliquer doit suivre les principes de la norme CSA O86. Idéalement, la charge appliquée lors de l'essai doit représenter une sollicitation à 100% de la résistance pondérée de l'assemblage. Autrement, l'utilisation des résultats sera limitée au ratio de sollicitation utilisé lors de ces essais.

EXEMPLES DE CALCULS

Des exemples de calculs sont présentés ci-dessous afin d'évaluer si les recommandations sont respectées. Il est présumé que la température initiale (T_0) est de 20°C.

Exemple 1 : Assemblage poutre-à-colonne avec une plaque en âme

Étape 1 : Une poutre en bois lamellé-collé de dimensions initiales de 280 x 670 mm est conçue pour offrir un degré de résistance au feu de 1 h lorsqu'exposée au feu normalisé de la norme CAN/ULC S101 sur 3 côtés (le dessus de la poutre est protégé contre le feu), tel qu'exigé dans le Code national

du bâtiment – Canada. Les attaches utilisées sont des goujons métalliques de 19 mm de diamètre par 160 mm de longueur. La figure 11 illustre la configuration de l'assemblage et de la plaque en âme.

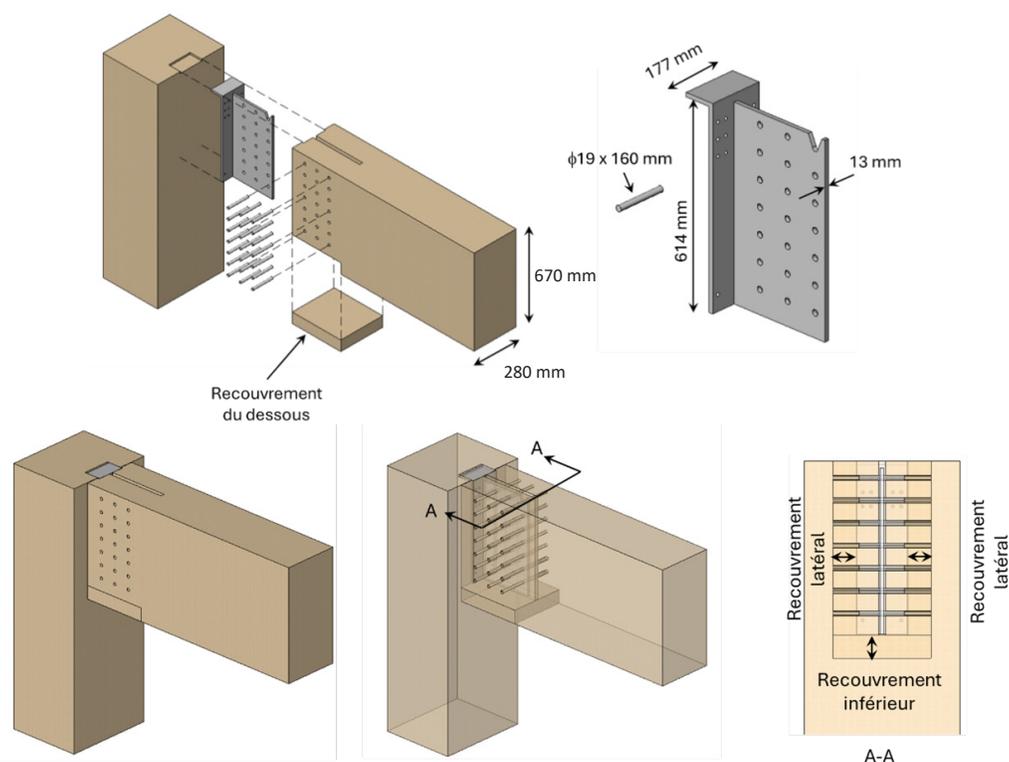


Figure 11. Assemblage poutre-à-colonne avec une plaque en âme

Étape 2 : En utilisant les vitesses de combustion fictives (β_n) suggérées précédemment, la profondeur de la couche de carbonisation effective ($x_{c,eff}$) est calculée à partir de

l'équation (1) en utilisant la profondeur de carbonisation fictive ($x_{c,n}$) et l'épaisseur de la couche de résistance nulle (x_t) après 1 heure d'exposition au feu normalisé.

$$x_{c,eff} = x_{c,n} + x_t = \begin{cases} \left(0,70 \frac{mm}{min} \times 60 min\right) + 7 mm = 49 mm \text{ (recouvrement latéral)} \\ \left(0,80 \frac{mm}{min} \times 60 min\right) + 7 mm = 55 mm \text{ (recouvrement inférieur)} \end{cases} \quad (1)$$

Étape 3 : Puisque l'assemblage métallique fait 177 x 614 mm (largeur x hauteur du connecteur propriétaire), les dimensions minimales de la poutre sont déterminées à partir de l'équation (2) :

$$B_{min} = x_{c,eff} + Largeur_{plaque} + x_{c,eff} = 49 + 177 + 49 = 275 \text{ mm } (\leq 280 \text{ mm } \rightarrow ok) \quad (2)$$

$$D_{min} = x_{c,eff} + Hauteur_{plaque} = 55 + 614 = 669 \text{ mm } (\leq 670 \text{ mm } \rightarrow ok)$$

Dans cet exemple, les goujons sont de 160 mm de longueur et la largeur de la plaque en âme est de 177 mm. Ainsi, c'est la largeur de la plaque en âme qui dicte les calculs. La longueur des bouchons de bois doit être au moins égale à l'épaisseur de recouvrement latéral. Le recouvrement inférieur, lorsqu'il est réalisé à partir d'un élément en bois distinct, c'est-à-dire qu'il ne fait pas partie intégrante de la poutre, doit être assemblé de manière à demeurer en place pour l'entière durée de l'exposition au feu, tel que par

l'utilisation d'un adhésif ayant des performances au feu suffisantes et de vis autotaraudeuses.

Par ailleurs, le recouvrement latéral réel (51,5 mm) est supérieur à l'épaisseur minimale requise (49 mm), et cette dernière correspond aussi à la longueur minimale des bouchons de bois pour protéger les goujons. Le recouvrement inférieur doit être d'au moins 55 mm d'épaisseur.

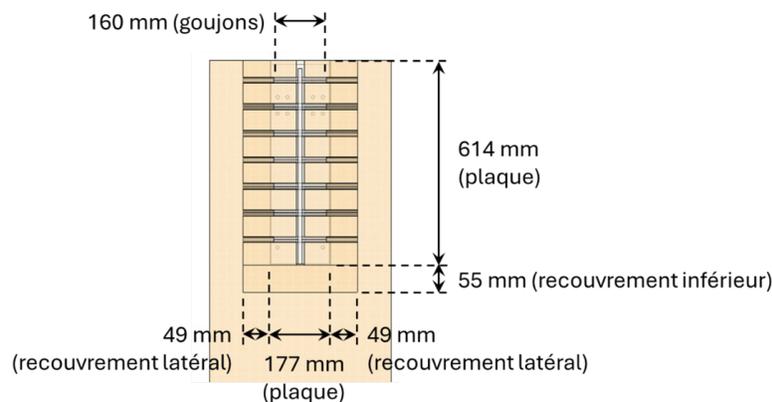


Figure 12. Positionnement et épaisseur de recouvrement pour un DRF de 1 heure

Étape 4 : La profondeur de la couche carbonisée fictive ($x_{c,n}$) sur les côtés et en dessous de la poutre est respectivement égale à 42 et 48 mm. Ceci signifie que le côté de la plaque en âme est situé à 9,5 mm de la carbonisation ($((280 - 177) / 2) - 42 = 9,5 \text{ mm}$) et que le dessous de la plaque est à 8 mm ($670 - 614 - 48 = 8 \text{ mm}$). Selon le gradient thermique

présupposé à l'annexe B de la norme CSA O86, et en présupmant une température initiale (T_0) de 20°C, une température de carbonisation (T_p) de 300°C, une position (x) au-delà de la couche carbonisée et une profondeur de pénétration thermique (a) de 35 mm, la température à 9,5 et 8 mm peut être estimée à partir de l'équation (3) :

$$T_x(^{\circ}C) = T_0 + (T_p - T_0) \left(1 - \frac{x}{a}\right)^2 \quad (3)$$

$$T_{9,5mm} = 20 + (300 - 20) \left(1 - \frac{51,5 - 42}{35}\right)^2 = 169^{\circ}C \text{ (recouvrement latéral)}$$

$$T_{8mm} = 20 + (300 - 20) \left(1 - \frac{(670 - 614) - 48}{35}\right)^2 = 187^{\circ}C \text{ (recouvrement inférieur)}$$

Les augmentations de température à ces positions sont estimées à 149°C (côté) et 167°C (dessous). Bien que ces augmentations ne satisfont pas les exigences du FDS et TR 10 du marché américain, tels que résumés à la section 2.2, il est à noter que selon l'annexe K de la norme CSA S16 [20], il n'y a pas de réduction de la limite élastique (F_y) de l'acier jusqu'à une température de 400°C et est donc considérée à sa pleine résistance.

Étape 5 : Dans l'objectif de maintenir les fibres de bois associées au calcul de l'assemblage à une température d'au plus 100°C, c'est-à-dire que les fibres demeurent à une certaine teneur en humidité (pas à l'état anhydre), l'équation (3) indique que les attaches doivent être situées à au moins 16,5 mm au-delà de la profondeur de carbonisation. Dans cet exemple, la profondeur de carbonisation est de 42 mm sur les côtés (latéral) de la

poutre et la partie la plus large de la plaque en âme est à 9,5 mm au-delà de cette carbonisation. Ainsi, des attaches qui seraient à au moins 7 mm au-delà du bord de la plaque en âme seraient dans des fibres de bois d'au plus 100°C ($16,5 - 9,5 = 7$ mm).

La configuration illustrée dans cet exemple, utilisant les recouvrements latéral et inférieur calculés, permet de respecter les exigences de conception pour le feu de la norme CSA O86. Tel que mentionné précédemment, l'exemple présume également que l'écart à la jonction entre les éléments de bois d'œuvre massif soit le plus limité possible, c'est-à-dire qu'il y a peu ou pas d'espace entre ces éléments. À partir des essais réalisés avec ce type d'assemblage à plaque en âme, il est démontré qu'un écart non protégé d'au plus 5 mm permet d'offrir la résistance au feu souhaitée (Tableau 1).

Exemple 2 : Assemblage poutre-à-colonne avec une plaque d'appui

Étape 1 : Une poutre en bois lamellé-collé de dimensions initiales de 370 x 720 mm est conçue pour offrir un degré de résistance au feu de 2 h lorsqu'exposée au feu normalisé de la norme CAN/ULC S101 sur 3 côtés (le dessus de la poutre est protégé contre le feu), tel qu'exigé dans le Code

national du bâtiment – Canada. L'assemblage utilisé consiste en une plaque d'appui et utilise 2 goujons métalliques de 19 mm de diamètre par 160 mm de longueur. La figure 13 illustre la configuration de l'assemblage et de la plaque d'appui.

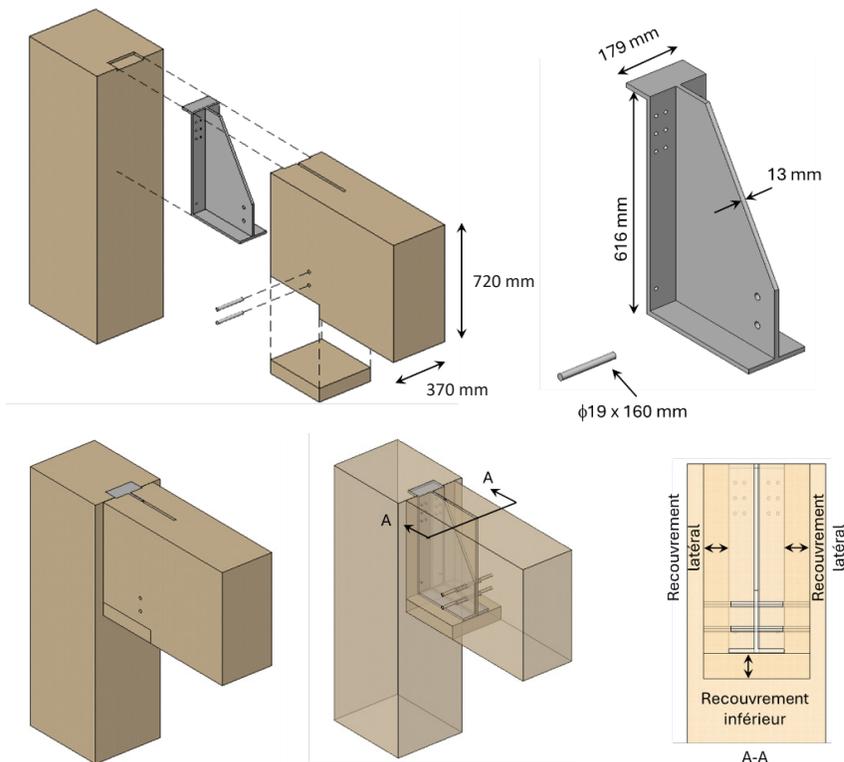


Figure 13. Assemblage poutre-à-colonne avec une plaque d'appui

Étape 2 : En utilisant l'équation (1), la profondeur de la couche de carbonisation effective ($x_{c,eff}$) après 2 heures d'exposition au feu normalisé est calculée comme suit :

$$x_{c,eff} = x_{c,n}t + x_t = \begin{cases} \left(0,70 \frac{mm}{min} \times 120 min\right) + 7 mm = 91 mm \text{ (recouvrement latéral)} \\ \left(0,80 \frac{mm}{min} \times 120 min\right) + 7 mm = 103 mm \text{ (recouvrement inférieur)} \end{cases}$$

Étape 3 : Puisque l'assemblage métallique fait 179 x 616 mm (largeur x hauteur de la plaque d'appui), les dimensions minimales de la poutre sont déterminées à partir de l'équation (2) :

$$B_{min} = x_{c,eff} + Largeur_{Plaque} + x_{c,eff} = 91 + 179 + 91 = 361 mm (\leq 370 mm \rightarrow ok)$$

$$D_{min} = x_{c,eff} + Hauteur_{Plaque} = 103 + 616 = 719 mm (\leq 720 mm \rightarrow ok)$$

Dans cet exemple, les goujons sont de 160 mm de longueur et la largeur de la plaque d'appui est de 179 mm. Ainsi, c'est la largeur de la plaque d'appui qui dicte les calculs. La longueur des bouchons de bois doit être au moins égale à l'épaisseur de recouvrement latéral. Le recouvrement inférieur, lorsqu'il est réalisé à partir d'un élément en bois distinct, c'est-à-dire qu'il ne fait pas partie intégrante de la poutre, doit être assemblé de manière à demeurer en place pour l'entière durée de l'exposition au feu, tel que par

l'utilisation d'un adhésif ayant des performances au feu suffisantes et de vis autotaraudeuses.

Par ailleurs, le recouvrement latéral réel (95,5 mm) est supérieur à l'épaisseur minimale requise (91 mm), et cette dernière correspond aussi à la longueur minimale des bouchons de bois pour protéger les goujons. Le recouvrement inférieur doit être d'au moins 103 mm d'épaisseur.

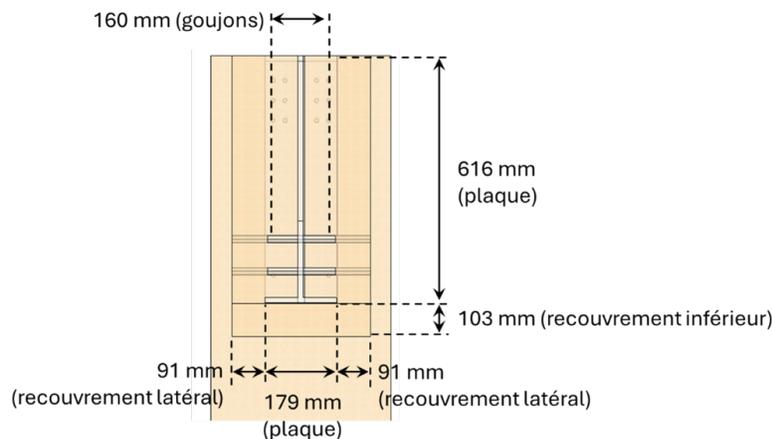


Figure 14. Positionnement et épaisseur de recouvrement pour un DRF de 2 heures

Étape 4 : La profondeur de la couche carbonisée fictive ($x_{c,n}$) sur les côtés et en dessous de la poutre est respectivement égale à 84 et 96 mm. Ceci signifie que le côté de la plaque d'appui est situé à 11,5 mm de la carbonisation ($((370 - 179) / 2) - 84 = 11,5 mm$) et que le dessous de la

plaque est à 8 mm ($720 - 616 - 96 = 8 mm$). Selon le gradient thermique présumé à l'annexe B de la norme CSA O86, la température à 11,5 et 8 mm peut être estimée comme suit à partir de l'équation (3) :

$$T_{11,5mm} = 20 + (300 - 20) \left(1 - \frac{95,5 - 84}{35}\right)^2 = 146^\circ C \text{ (recouvrement latéral)}$$

$$T_{8mm} = 20 + (300 - 20) \left(1 - \frac{(720 - 616) - 96}{35}\right)^2 = 187^\circ C \text{ (recouvrement inférieur)}$$

Les augmentations de température à ces positions sont estimées à 126°C (côté) et 167°C (dessous). Bien que l'augmentation de 167°C ne satisfait pas les exigences du FDS et TR 10 du marché américain, il est à noter que selon l'annexe K de la norme CSA S16 [20], il n'y a pas de réduction de la limite élastique (F_y) de l'acier à cette température et est donc considérée à sa pleine résistance.

Étape 5 : Dans cet exemple, des attaches qui seraient à au moins 5 mm au-delà du bord de la plaque d'appui (étant à 11,5 mm de la couche carbonisée) seraient dans des fibres de bois d'au plus 100°C.

La configuration illustrée dans cet exemple, utilisant les recouvrements latéral et inférieur calculés, permet de respecter les exigences de conception pour le feu de la norme CSA O86. Tel que mentionné précédemment, l'exemple présume également que l'écart à la jonction entre les éléments de bois d'œuvre massif soit le plus limité possible, c'est-à-dire qu'il y a peu ou pas d'espace entre ces éléments. À partir des essais réalisés avec ce type d'assemblage à plaque d'appui, il est démontré qu'un écart non protégé d'au plus 3 mm permet d'offrir la résistance au feu souhaitée (Tableau 1).

Exemple 3 : Assemblage poutre-à-colonne avec un assemblage propriétaire

Étape 1 : Une poutre en bois lamellé-collé de dimensions initiales de 265 x 570 mm est conçue pour offrir un degré de résistance au feu de 2 h lorsqu'exposée au feu normalisé de la norme CAN/ULC S101 sur 3 côtés (le dessus de la poutre est protégé contre le feu), tel qu'exigé dans le

Code national du bâtiment – Canada. L'assemblage utilisé consiste en un connecteur métallique propriétaire et des vis auto-taraudeuses. La figure 15 illustre la configuration de l'assemblage et du connecteur propriétaire.

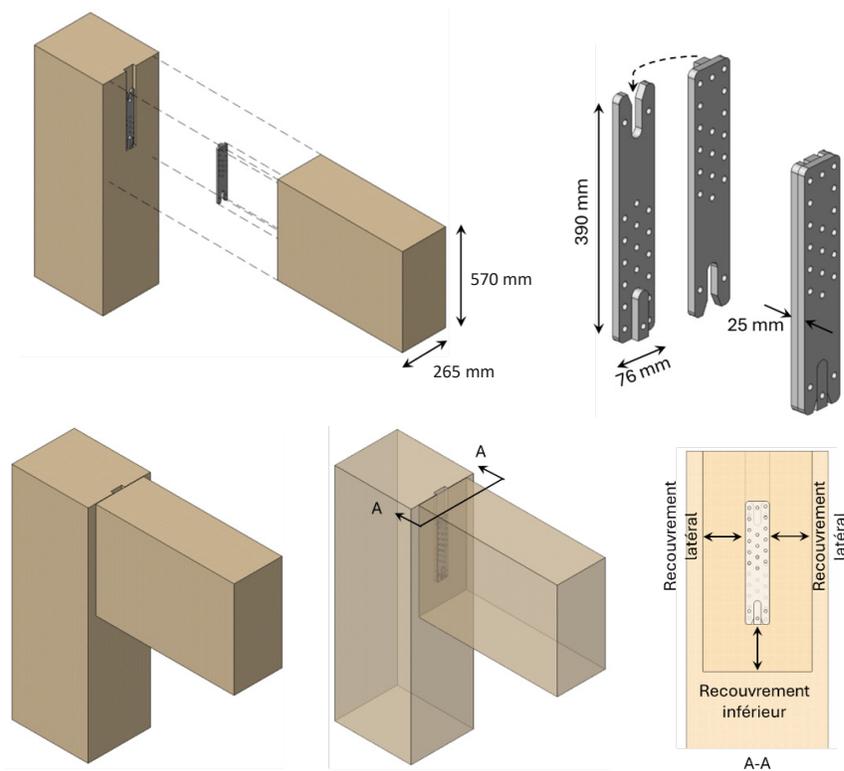


Figure 15. Assemblage poutre-à-colonne avec un connecteur métallique propriétaire

Étape 2 : En utilisant l'équation (1), la profondeur de la couche de carbonisation effective ($x_{c,eff}$) après 2 heures d'exposition au feu normalisé est calculée comme suit :

$$x_{c,eff} = x_{c,n}t + x_t = \begin{cases} \left(0,70 \frac{mm}{min} \times 120 min\right) + 7 mm = 91 mm \text{ (recouvrement latéral)} \\ \left(0,80 \frac{mm}{min} \times 120 min\right) + 7 mm = 103 mm \text{ (recouvrement inférieur)} \end{cases}$$

Étape 3 : Puisque l'assemblage métallique fait 76 x 390 mm (largeur x hauteur du connecteur propriétaire), les dimensions minimales de la poutre sont déterminées à partir de l'équation (2) :

$$B_{min} = x_{c,eff} + Largeur_{Connecteur} + x_{c,n} = 91 + 76 + 91 = 258 mm (\leq 265 mm \rightarrow ok)$$

$$D_{min} = x_{c,eff} + Hauteur_{Connecteur} = 103 + 390 = 493 mm (\leq 570 mm \rightarrow ok)$$

Pour cet exemple, le positionnement du connecteur sur l'extrémité de la poutre est important, ainsi que sa position à l'intérieur de l'encastrement dans la colonne. Selon les recommandations fournies dans cette fiche technique, le connecteur doit être positionné à au moins 103 mm du bas

de la poutre et réciproquement dans la colonne. Il est présumé que le connecteur est bien encasté dans la colonne et qu'aucun écart soit fourni entre le bas du connecteur et le bas de l'entaille dans la colonne.

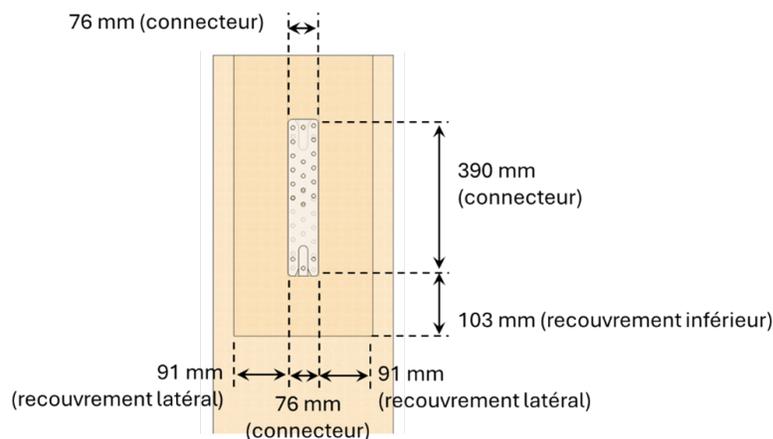


Figure 16. Positionnement et épaisseur de recouvrement pour un DRF de 2 heures

Étape 4 : La profondeur de la couche carbonisée fictive ($x_{c,n}$) sur les côtés et en dessous de la poutre est respectivement égale à 84 et 96 mm. Ceci signifie que le côté du connecteur est situé à 10,5 mm de la carbonisation ($((265 - 76) / 2) - 84 = 10,5 mm$) et que le dessous est à

7 mm ($103 - 96 = 7 mm$). Selon le gradient thermique présumé à l'annexe B de la norme CSA O86, la température à 10,5 et 7 mm peut être estimée comme suit à partir de l'équation (3) :

$$T_{10,5mm} = 20 + (300 - 20) \left(1 - \frac{94,5 - 84}{35}\right)^2 = 157^\circ C \text{ (recouvrement latéral)}$$

$$T_{7mm} = 20 + (300 - 20) \left(1 - \frac{103 - 96}{35}\right)^2 = 199^\circ C \text{ (recouvrement inférieur)}$$

Les augmentations de température à ces positions sont estimées à 137°C (côté) et 179°C (dessous). Bien que l'augmentation de 179°C ne satisfait pas les exigences du FDS et TR 10 du marché américain, il est à noter que selon l'annexe K de la norme CSA S16 [20], il n'y a pas de réduction de la limite élastique (F_y) de l'acier à cette température et est donc considérée à sa pleine résistance.

Étape 5 : Dans cet exemple, des attaches qui seraient à au moins 6 mm au-delà du bord du connecteur (étant à 10,5 mm de la couche carbonisée) seraient dans des fibres de bois d'au plus 100°C.

La configuration illustrée dans cet exemple, utilisant les recouvrements calculés pour le côté et le dessous, permet de respecter les exigences de conception pour le feu de la norme CSA O86. Tel que mentionné précédemment, l'exemple présume également que l'écart à la jonction entre les éléments de bois d'œuvre massif soit le plus limité possible, c'est-à-dire qu'il y a peu ou pas d'espace entre ces éléments. À partir des essais réalisés avec ce type d'assemblage avec connecteur propriétaire, il est démontré qu'un écart non protégé d'au plus 3,2 mm (1/8 po.) permet d'offrir la résistance au feu souhaitée (Tableau 1).

Références

- [1] CNRC, "Code National Du Bâtiment - Canada," Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (ON), 2022.
- [2] ICC, "International Building Code," International Code Council, Washington (DC), 2024.
- [3] AWC, "Fire Design Specification for Wood Construction," American Wood Council, Leesburg (VA), 2024.
- [4] AWC, "Calculating the Fire Resistance of Wood Members and Assemblies - Technical Report No. 10," American Wood Council, Leesburg (VA), 2021.
- [5] CSA, "CSA O86-24 Règles de Calcul Des Charpentes En Bois," CSA Group, Mississauga (ON), 2024.
- [6] ULC, "CAN/ULC-S101-14-REV1 Fire Endurance Tests of Building Construction and Materials," Underwriters Laboratories of Canada, Toronto (ON), 2019.
- [7] ASTM, "ASTM E119 Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials," ASTM International, West Conshohocken (PA), 2018.
- [8] Arup, "Glulam Connection Fire Test - Summary Report to Softwood Lumber Board," 2017.
- [9] Arup, "Simpson Strong-Tie: Summary of ASTM E119 Fire Testing for CBH Connector," Arup, 2022.
- [10] Arup, "Aluminum Concealed Beam Hanger for Glulam: Fire Testing - Summary Report to Simpson Strong Tie," Arup, 2023.
- [11] SwRI, "Fire Performance Evaluation of Glulam Loaded Doweled Steel Knife Plate Beam-to-Column Connection with a CLT Panel Floor, Tested in General Accordance with ASTM E119.20, Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials (Project No. 01.26260.01.704)," SouthWest Research Institute, 2022.
- [12] SwRI, "Fire Performance Evaluation of Glulam Loaded Steel Bearing Plate Beam-to-Column Connection with a CLT Panel Floor, Tested in General Accordance with ASTM E119.20, Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials (Project No. 01.27009.01.413)," SouthWest Research Institute, 2022.
- [13] Arup, "Simpson Strong-Tie: HSKP Connector - Summary of ASTM E119 Fire Testing," Arup, 2024.
- [14] Aram, M., and Dagenais, C., "Fire Performance of Modern Mass Timber Connections: Part 1 Thermal Assessment (Project No. 301015733)," 301015733, FPIinnovations, 2024.
- [15] Dagenais, C., and Aram, M., "Fire Performance of Modern Mass Timber Connections: Part 2 - Full-Scale Fire-Resistance (Project 301015733)," FPIinnovations, 2025.
- [16] Létourneau-Gagnon, M., Dagenais, C., and Blanchet, P., "Fire Performance of Self-Tapping Screws in Tall Mass-Timber Buildings," Appli. Sci., Vol. <https://doi.org/10.3390/app11083579>, 2021.
- [17] Fischer, E. C., Bhandari, S., and Sinha, A., "Fire Testing of Glue-Laminated Beam-to-Column Connections," J. Struct. Eng., Vol. 151, No. 4, 2025. <https://doi.org/10.1061/JSENDH.STENG-13888>
- [18] ULC, "CAN/ULC-S115 Standard Method of Fire Tests or Firestop Systems," Underwriters Laboratories of Canada, Toronto (Ont.), 2018.
- [19] CEN, "Eurocode 9 - Design of Aluminium Structures - Part 1-2: Structural Fire Design (EN 1999-1-2)," European Committee for Standardization, Brussels (Belgium), 2009.
- [20] CSA, "CSA S16 Règles de Calcul Des Charpentes En Acier," Groupe CSA, 2019.

Pour plus d'information

Christian Dagenais, ing., Ph.D.
Scientifique leader
Systèmes de construction
christian.dagenais@fpinnovations.ca

Monireh Aram, Ph.D.
Scientifique
Systèmes de construction
monireh.aram@fpinnovations.ca

Suivez nous

web.fpinnovations.ca

Info

ISBN 978-0-86488-631-6

2025

web.fpinnovations.ca



570, boul. Saint-Jean
Pointe-Claire (Québec)
H9R 3J9