

Régie du bâtiment du Québec



Construction d'HABITATIONS EN BOIS de 5 ou 6 étages

Directives et guide explicatif

La **SECTION I**, qui présente les lignes directrices, a été rédigée par la Régie du bâtiment du Québec.

Recherche et rédaction

Lise Veilleux

Édition

Marie-Claude Masson

Révision linguistique

Sara-Juliette Hins

Adaptation de la couverture et infographie

Isabelle Cayer



La **SECTION II** a été rédigée par l'institut de recherche **FPInnovations** en collaboration avec la Régie du bâtiment du Québec.

Rédaction de la préface

Lise Veilleux

Recherche et rédaction

Sylvain Gagnon, Ing.

Christian Dagenais, Ing. M.Sc.

Constance Thivierge, Ing. M.Sc. (Partie 5 – Séparation des milieux différents)

Révision linguistique

Séverine Lavoie

Marie-Claude Thibault

Grille graphique

FPInnovations

Le présent document s'adresse spécifiquement aux professionnels et intervenants travaillant dans la conception et la construction de bâtiments d'habitation en bois.

Dépôt légal - 2013

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Bibliothèque et Archives Canada

ISBN (imprimé) : 978-2-550-68178-6

ISBN (PDF) : 978-2-550-68177-9

Tous droits réservés. La reproduction, par quelque procédé que ce soit, la traduction ou la diffusion du présent document, même partielles, sont interdites sans l'autorisation préalable de la Régie du bâtiment du Québec. Cependant, la reproduction partielle ou complète du document à des fins personnelles et non commerciales est permise à condition d'en mentionner la source.

© Gouvernement du Québec, 2013

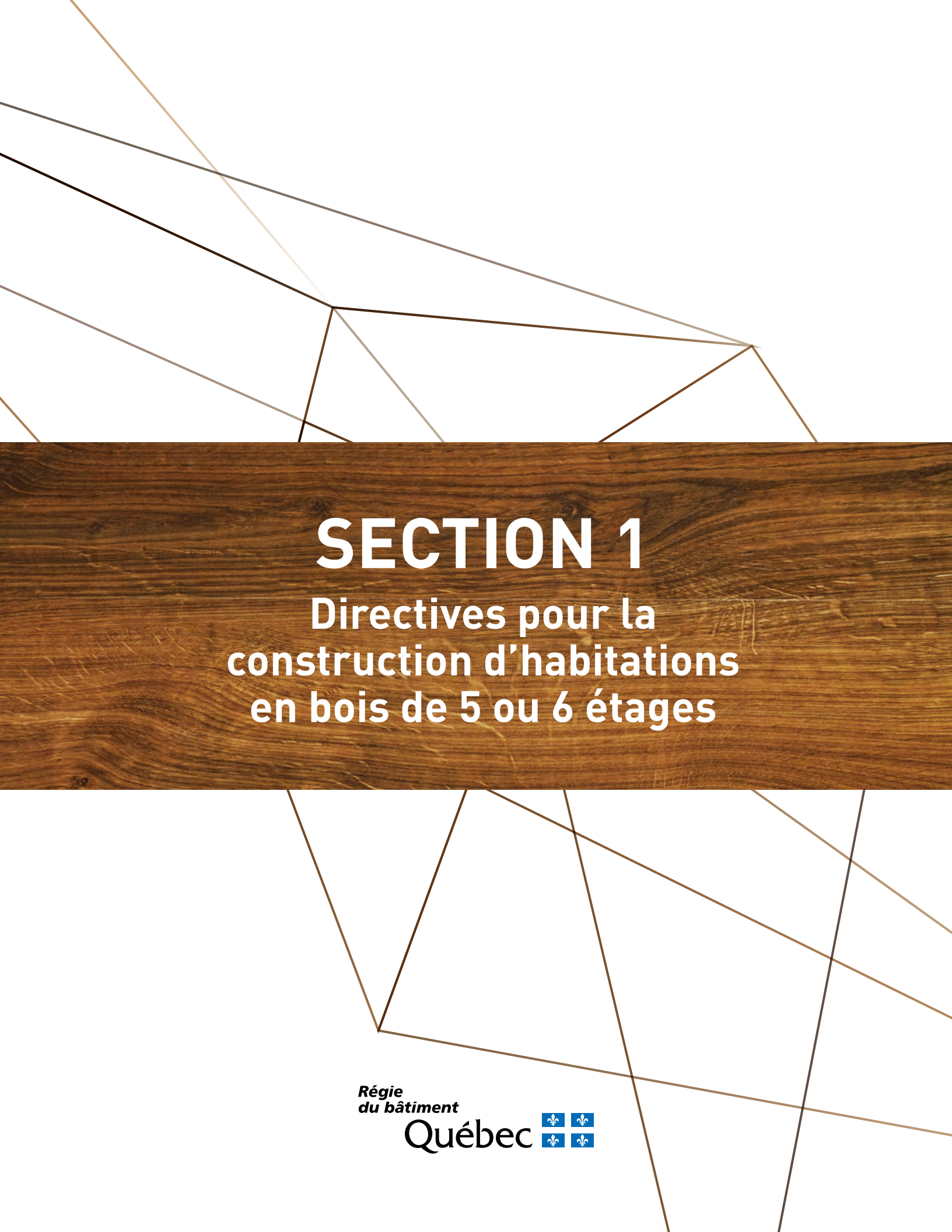
Table des matières

SECTION 1

Directives pour la construction d'habitations en bois de 5 ou 6 étages	5
1. Introduction	6
2. Directives d'ordre technique	7
3. Directives d'ordre administratif	9
4. Respect des autres lois et règlements applicables au projet	9

SECTION 2

Guide explicatif pour la conception d'habitations en bois de 5 ou 6 étages	11
---	-----------



SECTION 1

**Directives pour la
construction d'habitations
en bois de 5 ou 6 étages**

*Régie
du bâtiment*

Québec 

1. Introduction

La Loi sur le bâtiment a pour objectifs d'assurer la qualité de construction d'un bâtiment, de certains équipements ainsi que d'assurer la sécurité du public qui y accède. La Loi regroupe, dans un même cadre législatif, l'ensemble des lois et des règlements sous la responsabilité de la Régie du bâtiment du Québec (RBQ). En application de cette loi, un bâtiment assujéti doit être conçu et construit conformément aux exigences décrites au Code de construction du Québec, chapitre I – Bâtiment et Code national du bâtiment – Canada 2005 (modifié), ci-après appelé Code.

Ce code impose actuellement des limites à l'utilisation du bois dans la construction. Comme pour tout autre matériau concurrent, il est assujéti à certaines exigences minimales selon les usages prévus. On peut penser ici à la résistance structurale ou à la résistance au feu, soit comme matériau brut, comme élément d'un système ou comme matériau de finition. Les restrictions établies dans le Code s'appliquent aussi bien au bois qu'aux autres matériaux qui lui font concurrence, n'étant limités en fait que par leurs caractéristiques intrinsèques par rapport à l'usage pressenti. Les concepteurs qui souhaitent ériger un bâtiment en bois de plus de 4 étages doivent donc formuler une demande de mesures équivalentes à la RBQ.

Le besoin d'adapter les normes canadiennes de construction pour permettre une utilisation accrue du bois est reconnu par d'autres provinces comme par le Québec. D'ailleurs, la RBQ a participé à l'élaboration des propositions pour le Code national du bâtiment du Canada 2015 (CNB 2015), qui seront soumises à la consultation du public à l'automne 2013. La RBQ a mis en place un groupe de travail sur la construction en bois, sous l'égide de son comité consultatif provincial sur le chapitre Bâtiment du Code de construction, pour examiner des modifications à apporter au code en se basant sur les propositions à l'étude pour la construction de bâtiments combustibles d'au plus 6 étages. Un projet de règlement pourrait être déposé à la ministre en décembre 2013.

L'article 127 de la Loi sur le bâtiment permet à la RBQ d'approuver, aux conditions qu'elle détermine, l'utilisation du bois en tant que matériau différent de ce qui est prévu par le Code pour la construction d'un bâtiment résidentiel de 5 et 6 étages. Ces conditions sont présentées sous la forme de lignes directrices¹ qui ont été élaborées en consultation avec l'institut de recherche FPInnovations. Elles sont basées sur le Code et les normes y référant, et inspirées des exigences techniques mises de l'avant en Colombie-Britannique en 2009. Elles sont aussi basées sur des analyses de risque réalisées pour soutenir ces changements provinciaux de la Colombie-Britannique, sur le document préparé par l'Association of Professional Engineers and Geoscientists of British Columbia (APEGBC) ainsi que sur des recommandations discutées au sein du Comité permanent de la protection contre l'incendie de la Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies (CCCBPI), en date de mars 2013.

La RBQ diffuse, en complément des lignes directrices, un guide préparé par les experts qu'elle a mandatés. En s'appuyant sur la réglementation applicable ailleurs

¹ Le terme « lignes directrices » constitue l'ensemble des directives émises par la RBQ pour la construction d'habitations en bois de 5 ou 6 étages.

qu'au Québec ainsi que sur les connaissances disponibles et les travaux de recherche et d'élaboration de nouvelles normes et exigences du prochain CNB 2015, les lignes directrices et le guide qui les accompagne permettent d'assurer la construction d'un bâtiment en bois sécuritaire. En effet, la RBQ et ses experts mandatés sont d'avis que les concepteurs et les constructeurs ayant les compétences requises et qui respectent les lignes directrices, les autres normes et exigences applicables ainsi que les recommandations disponibles vont assurer que les bâtiments construits en bois ont le même niveau de qualité et de sécurité offert par les bâtiments conçus avec d'autres matériaux.

En mai 2013, le gouvernement a publié la Charte du bois, dans laquelle on indique que la RBQ facilitera et permettra la construction d'édifices en bois de 6 étages comme ailleurs dans le monde. La RBQ répond ainsi à la volonté du gouvernement du Québec de favoriser une plus grande utilisation du bois dans la construction. Il s'agit d'une voie d'avenir qui assurera le développement de l'industrie forestière et une diminution d'émissions de gaz à effet de serre.

Il importe pour les concepteurs et constructeurs de bien connaître les caractéristiques et le comportement du bois, particulièrement en matière de sécurité incendie et de comportement structural. Le guide explicatif présenté à la section 2 de ce document fournit des renseignements et des conseils utiles à cet effet.

2. Directives d'ordre technique

Les solutions acceptables de la division B du Code de construction chapitre I – Bâtiment 2005 limitent l'utilisation du bois aux bâtiments d'au plus 4 étages et ayant une superficie limitée.

Afin de permettre davantage l'utilisation du bois dans la construction de bâtiments au Québec et de faciliter l'approbation de solutions équivalentes, la RBQ accepte de permettre la construction de bâtiments en bois de 5 ou 6 étages à la condition que les critères ci-dessous soient respectés.

Le bâtiment doit respecter les critères et conditions suivants :

- Être d'un seul usage principal du groupe C (habitation). Le bâtiment ne doit pas constituer une résidence privée pour aînés soumise à la Loi sur les services de santé et les services sociaux (chapitre S-4.2) administrée par le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS);
- Avoir une hauteur de bâtiment de 5 ou 6 étages, dont aucun des planchers n'est à plus de 18 m du niveau moyen du sol (incluant les planchers des mezzanines);
- Le plus haut point de la construction de la toiture doit être à une hauteur d'au plus 25 m mesurée à partir du niveau moyen du sol;
- Le niveau de la voie d'accès pour le service de sécurité incendie doit être à au plus 2 m sous le niveau du premier étage;
- Avoir une superficie en aire de bâtiment d'au plus :
 - 1 440 m² s'il est d'une hauteur de 5 étages;
 - 1 200 m² s'il est d'une hauteur de 6 étages;

- Avoir au moins 25 % de son périmètre situé à moins de 15 m d'une rue ;
- Les planchers doivent former une séparation coupe-feu ayant un degré de résistance au feu d'au moins 1 heure ; toutefois, il n'est pas obligatoire que les planchers situés à l'intérieur d'un logement occupant plus d'un étage forment une séparation coupe-feu ;
- Les murs, poteaux et arcs porteurs doivent avoir un degré de résistance au feu d'au moins 1 heure ;
- Le toit doit avoir un degré de résistance au feu d'au moins 1 heure ;
- Les mezzanines doivent avoir un degré de résistance au feu d'au moins 1 heure ;
- Tous les murs extérieurs et les toits considérés comme des murs, c'est-à-dire ceux dont la pente forme un angle de 60 degrés avec l'horizontale ou plus, devront être en revêtement incombustible ;
- Il n'est pas permis d'avoir une façade de construction combustible lorsque la section 3.2.3 requiert une façade de construction incombustible ;
- Le dessous des balcons doit être recouvert par un revêtement incombustible ;
- Le bâtiment doit être entièrement protégé par un système de gicleurs conforme à la norme NFPA 13 ;
- Pour un bâtiment construit avec une ossature légère, le système de gicleurs doit être installé et conçu selon les critères du chapitre 11 de la norme NFPA 13 « Installation of Sprinkler Systems » pour un niveau de risque plus élevé que celui établi dans cette norme pour l'usage résidentiel, soit un risque ordinaire groupe 1 (*ordinary hazard group 1*) au lieu d'un risque faible (*light hazard*), en ce qui concerne les critères applicables aux calculs hydrauliques pour la densité d'eau appliquée, la superficie d'application et l'allocation d'un débit d'eau pour le service de sécurité incendie ;
- Les vides de construction des planchers doivent être remplis d'isolant incombustible ;
- Lorsqu'une ossature légère est utilisée, la construction doit être de type à plate-forme afin d'améliorer la compartimentation entre les étages ;
- Les murs coupe-feu doivent partir du sol et traverser tous les étages, y compris les étages en sous-sol du ou des bâtiments. Il n'est pas permis que le mur coupe-feu parte du plancher situé immédiatement au-dessus du garage de stationnement ;
- Les murs, les planchers et les plafonds des garages de stationnement doivent être en maçonnerie ou en béton ;
- Les calculs de structure de la partie 4 doivent être faits en fonction de la norme CSA O86-09 ;
- Le bâtiment ne doit pas contenir de foyers nécessitant une cheminée ;
- L'alimentation électrique de secours pour l'éclairage de sécurité et pour le système d'alarme incendie doit être conçue de façon à assurer le fonctionnement des systèmes pendant au moins 1 heure ;
- Aucune toiture végétalisée n'est autorisée sur ces bâtiments ;

- La ventilation doit être conçue de façon à permettre que le taux d'humidité puisse être géré dans chaque logement ;
- Tous les autres éléments de construction du bâtiment non cités dans le texte doivent être conçus pour satisfaire aux exigences d'un bâtiment incombustible ; seuls les éléments combustibles permis à la section 3.1.5 du Code doivent être installés.

Il est à noter que **dès la planification du projet**, le service de sécurité incendie et la municipalité doivent être consultés. Il se peut que ceux-ci appliquent des exigences supplémentaires ou réglementaires plus sévères sur leur territoire.

3. Directives d'ordre administratif

Les exigences d'ordre administratif suivantes devront également être respectées :

- Aviser la RBQ, avant le début des travaux, qu'une habitation en bois de 5 ou 6 étages sera construite et lui transmettre, dûment rempli et signé, le formulaire de transmission de renseignements pour une construction en bois de 5 ou 6 étages disponible sur son site Internet à l'adresse suivante : www.rbq.gouv.qc.ca/bois ;
- La surveillance des travaux est requise et doit être réalisée sous la supervision d'un architecte et/ou d'un ingénieur, selon leur champ d'expertise ;
- Le concepteur responsable du projet doit fournir au propriétaire les recommandations sur l'entretien du bâtiment, notamment pour la gestion des dégâts d'eau, sur l'entretien de la structure, l'infiltration d'eau, l'effet du retrait de bois, etc. ;
- Une attestation signée et scellée par le professionnel (architecte ou ingénieur) qui assume la responsabilité de la surveillance des travaux doit être émise au propriétaire et/ou copropriétaire à la fin des travaux. Cette attestation doit confirmer que les travaux ont été réalisés conformément aux directives d'ordre technique énoncées précédemment.

4. Respect des autres lois et règlements applicables au projet

Si toutes ces exigences sont respectées, il n'est pas requis d'acheminer une demande de mesures différentes ou équivalentes à la RBQ. Le bâtiment est ainsi présumé conforme à la réglementation. Toutefois, ceci ne doit pas être interprété comme une approbation du projet et ne dispense pas les professionnels et constructeurs de leur obligation de conformité à toutes les dispositions réglementaires applicables. Le demandeur demeure également tenu d'obtenir, le cas échéant, toute autre autorisation requise par toute loi ou tout règlement. La RBQ pourra en tout temps exiger que les plans et devis ainsi que les rapports de surveillance des travaux et les attestations lui soient remis aux fins de vérification et de contrôle.

Lorsque le chapitre Bâtiment du Code de construction permettra la construction d'un bâtiment de 5 ou 6 étages en bois, ces lignes directrices ne seront plus valides.

SECTION 2

Guide explicatif pour la
conception d'habitations
en bois de 5 ou 6 étages

Préface de la Régie du bâtiment du Québec

Les entrepreneurs en construction, les constructeurs-propriétaires et les concepteurs des plans et devis sont responsables du respect du chapitre Bâtiment du Code de construction lors de la conception et de la construction des bâtiments assujettis à la Loi sur le bâtiment.

À cet effet, la RBQ a élaboré des lignes directrices basées sur le Code de construction du Québec chapitre I – Bâtiment, 2005 modifié (Code) [1] afin de permettre la construction de bâtiments en bois de 5 ou 6 étages. Ces constructions doivent être d'un seul usage principal du groupe C (habitation) et ne doivent pas constituer une résidence privée pour aînés soumise à la Loi sur les services de santé et les services sociaux (chapitre S-4.2) du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS).

Parallèlement, la RBQ a confié le mandat à FPInnovations d'élaborer un guide destiné aux intervenants qui seront impliqués dans la conception et la construction d'un bâtiment en bois de 5 ou 6 étages.

Ce guide est un complément aux lignes directrices de la RBQ. Il explique et décrit les principes de base à considérer. Il présente des recommandations et certaines exigences techniques qui méritent une attention particulière lors de la conception d'un bâtiment en bois de moyenne hauteur.

L'information contenue dans ce guide découle des exigences techniques mises de l'avant en Colombie-Britannique en 2009 [2,3,4], des analyses de risque réalisées pour soutenir ces changements provinciaux de la Colombie-Britannique [5,6,7], du document préparé par l'Association of Professional Engineers and Geoscientists of British Columbia (APEGBC) [8], ainsi que des recommandations discutées au sein du Comité permanent de la protection contre l'incendie de la Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies (CCCBPI) [9], en date de mars 2013. Le guide tient compte également de l'évolution des connaissances techniques et scientifiques ainsi que des normes disponibles au moment des travaux.

Ce guide a été réalisé à l'intention des concepteurs et des constructeurs. Les constructions visées par ce guide sont de type :

- ossature légère en bois de type plate-forme ;
- poutres et colonnes en gros bois d'œuvre, bois d'ingénierie structural et bois lamellé-collé ;
- bois lamellé-croisé (*cross-laminated timber*, CLT) ;
- hybride (bois/acier/béton) ; ou
- une combinaison des systèmes précédents.

Figure 1
Bâtiments de moyenne hauteur à ossature de bois en Colombie-Britannique



Mise en garde aux concepteurs, constructeurs et entrepreneurs

La primauté des « directives d'ordre technique » (directives) émises par la RBQ doit, en tout état de cause, prévaloir sur le guide explicatif, lequel constitue une illustration de l'application desdites directives.

Aucune disposition du guide explicatif n'a pour effet de diminuer, d'atténuer, de modifier ou d'altérer les directives. Les dispositions du guide doivent être comprises et interprétées en conformité avec les principes visés par les directives.

En cas de divergence entre l'information contenue dans ce guide et les critères et conditions des directives basées sur le Code, ces dernières ont préséance ; elles doivent être observées intégralement.

Table des matières

1. Rôles et responsabilités des concepteurs	16
1.1. Architecture.....	16
1.2. Ingénierie.....	16
2. Partie 3 – Protection contre l’incendie, sécurité des occupants et accessibilité	19
2.1. Lignes directrices émises par la RBQ en vertu du Code (modifié)	21
2.2. Degré de résistance au feu.....	24
2.3. Indice de propagation de la flamme.....	30
2.4. Séparation coupe-feu.....	32
2.5. Système de gicleurs automatiques	33
2.6. Vides techniques, de construction et sanitaires.....	36
2.7. Mur coupe-feu	37
2.8. Mur de gaines (cages) d’ascenseur	39
2.9. Séparation spatiale et protection des façades	41
2.10. Matériaux de couvertures.....	42
2.11. Façades sur rue et voies d’accès.....	42
2.12. Nombre de personnes	42
2.13. Systèmes de détection et d’alarme incendie	43
2.14. Exigences relatives aux issues.....	44
2.15. Tuyauterie combustible et filage électrique.....	44
2.16. Balcons extérieurs	44
2.17. Garage de stationnement.....	45
2.18. Services incendie municipaux	45

3. Partie 4 – Règles de calcul	46
3.1. Charges de calcul	47
3.2. Objectifs et exigences de calcul selon la norme CSA O86-09	48
3.3. Systèmes hybrides.....	54
3.4. Conception du bâtiment en tenant compte de la déformation des composants	56
3.5. Dessins de structure et documents connexes	59
4. Partie 5 – Séparation des milieux différents	62
4.1. Introduction.....	62
4.2. Charges et méthodes de calcul.....	62
4.3. Transferts de chaleur.....	63
4.4. Étanchéité à l'air.....	63
4.5. Diffusion de vapeur.....	64
4.6. Précipitations.....	64
4.7. Retrait du bois et incidence sur l'enveloppe	65
4.8. Transmission du son	66
4.9. Plomberie et mécanique	67
5. Instructions au promoteur et au maître d'œuvre	67
6. Coordination des travaux	68
7. Surveillance des travaux de construction	68
8. Sécurité et protection incendie durant la construction	68
9. Conclusion	70
10. Références.....	71

1. Rôles et responsabilités des concepteurs

Depuis l'entrée en vigueur de la Loi sur le bâtiment, les entrepreneurs en construction et les constructeurs-propriétaires doivent se conformer au Code de construction pour les travaux réalisés sous leur responsabilité. Les concepteurs des plans et devis ont également la responsabilité de préparer des plans et devis conformément au Code de construction.

1.1. Architecture

Selon la Loi sur les architectes [10], les plans et devis de travaux d'architecture pour la construction, l'agrandissement, la reconstruction, la rénovation ou la modification d'un édifice doivent être signés et scellés par un membre de l'Ordre des architectes du Québec (OAQ) selon leurs champs d'expertise. Cette exigence s'applique notamment aux bâtiments de plus de 2 étages et de plus de 300 m² de superficie brute totale des planchers. Ainsi, les bâtiments de moyenne hauteur (5 et 6 étages) font partie du champ de pratique de l'architecte.

En ce qui concerne les constructions en bois de 5 et 6 étages, l'architecte s'assure que les travaux fournis par l'entrepreneur et les divers sous-traitants sont en tous points conformes aux plans et devis de construction. Ce contrôle doit être effectué sur le chantier. Il est requis de faire appel aux services d'un architecte qualifié membre de l'OAQ pour effectuer un contrôle et valider la conformité des travaux effectués au chantier.

1.2. Ingénierie

En vertu de la partie 2 de la division C du Code, les calculs des structures doivent être réalisés par un ingénieur qualifié et spécialisé dans le travail à accomplir. Cette exigence s'applique notamment à tous les bâtiments visés par la partie 4 de la division B du Code, donc aux bâtiments de moyenne hauteur (5 et 6 étages).

Par ailleurs, la Loi sur les ingénieurs [11] régit la profession d'ingénieur et définit les travaux qui constituent le champ de pratique de l'ingénieur. À cet effet, l'article 2e) de la Loi sur les ingénieurs stipule que les travaux de la nature des fondations, de la charpente et des systèmes électriques ou mécaniques des édifices dont le coût excède 100 000 \$ et des édifices publics au sens de la Loi sur la sécurité dans les édifices publics [12] font partie du champ de pratique de l'ingénieur. L'exercice de la profession d'ingénieur consiste à faire, pour le compte d'autrui, l'un ou l'autre des actes suivants, lorsque ceux-ci se rapportent aux travaux de l'article 2 de la Loi sur les ingénieurs :

- donner des consultations et des avis;
- faire des mesurages, des tracés, préparer des rapports, calculs, études, dessins, plans, devis, cahiers des charges; et
- inspecter ou surveiller les travaux.

La Loi sur les ingénieurs n'empêche pas une personne de faire un acte visé par le droit d'exercice exclusif de l'ingénieur, mais sous réserve que ce travail soit effectué sous l'autorité ou sous la supervision immédiate d'un ingénieur membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ). Cependant, il est requis de retenir les services d'un ou de plusieurs ingénieurs membres de l'OIQ pour effectuer la surveillance des travaux, notamment ceux réalisés au chantier afin d'en valider la conformité, selon leurs champs d'expertise respectifs.

Selon les ententes contractuelles, il se peut que l'ingénieur en structure du bâtiment soit également l'ingénieur de composants structuraux. Il incombe ainsi à l'ingénieur de respecter les rôles et les responsabilités définis ci-après, tout en respectant les ententes contractuelles.

1.2.1. Ingénieur en structure du bâtiment

L'ingénieur en structure du bâtiment est un professionnel qualifié ayant la responsabilité de la conception globale de la structure du bâtiment. Le calcul des structures relève du champ de pratique de l'ingénieur [11], peu importe la hauteur du bâtiment, et les plans doivent être signés et scellés par l'ingénieur en structure responsable du projet. Pour un projet réalisé au Québec, cet ingénieur doit être membre de l'OIQ.

Les plans et devis de l'ingénieur en structure du bâtiment doivent, au minimum, définir clairement l'information technique reliée aux systèmes de résistance aux charges gravitaires et latérales, ainsi que toute autre information pertinente définie dans ce guide.

1.2.2. Ingénieur de composants structuraux

L'ingénieur du fournisseur de composants structuraux (fermes de toit, platelage, bois lamellé-collé, etc.) a la responsabilité de la conception des éléments en bois en tant que composants structuraux individuels d'un ensemble pour les charges et les conditions de calcul spécifiées dans les plans et devis de l'ingénieur en structure du bâtiment [13, 14, 15, 16, 17].

Selon les ententes contractuelles, il arrive parfois que l'ingénieur de composants structuraux assiste l'ingénieur en structure du bâtiment et parachève les détails d'attaches de ce dernier, selon ses propres méthodes de conception. Il est ainsi fortement recommandé de consulter les fabricants de composants structuraux en début de projet afin d'assurer une conception efficace et intégrée des divers produits du bois.

Le calcul des paramètres généraux et des charges spécifiées sur les éléments structuraux et non structuraux ne peut être effectué par les fournisseurs de composants structuraux, tels que les fabricants de fermes de toit ou autre sous-traitant, à moins que ces derniers soient également responsables des plans et devis de la structure de l'ensemble du bâtiment.

1.2.3. Ingénieur en sécurité incendie

La conception dans le domaine de l'ingénierie de la sécurité incendie (aussi appelée « protection contre l'incendie ») doit respecter les exigences prévues aux codes, aux règlements et aux normes applicables (NFPA 13, par exemple). La conception doit également considérer les exigences particulières des projets individuels, du service d'incendie local et, par exemple, des recommandations des compagnies d'assurances [18].

Tel qu'il est mentionné dans un document publié par l'OIQ, intitulé *Processus de conception des systèmes de gicleurs automatiques* [18], les installations de gicleurs font partie des systèmes de mécanique d'un bâtiment, car elles comportent un assemblage de tuyaux et d'éléments hydrauliques. De plus, la conception d'une installation de gicleurs nécessite de faire des mesurages, de préparer des croquis, d'effectuer des calculs, d'optimiser des solutions, de préparer des dessins, des plans et des devis. Ainsi, toutes ces tâches appartiennent au champ d'exercice exclusif de la profession d'ingénieur.

Par ailleurs, selon le profil de compétences défini par l'Ordre des ingénieurs du Québec [19], un ingénieur en sécurité incendie est défini comme un ingénieur responsable du calcul de systèmes de gicleurs automatiques à eau. Or, l'ingénierie de la sécurité incendie est un domaine beaucoup plus vaste et s'étend bien au-delà de la conception de gicleurs automatiques, en passant notamment par les concepts de la dynamique incendie, de l'analyse de risques incendie, des principes de conception pour la résistance au feu et du comportement des matériaux en situation d'incendie. L'ingénieur en sécurité incendie doit posséder les qualifications requises en lien avec ces champs de connaissances, sans toutefois s'y limiter.

L'ingénieur responsable de la conception des systèmes de mécanique, tels que l'installation de gicleurs, participe aux réunions de conception, rencontre les responsables des autres disciplines (architecture, structure, électricité, aménagement extérieur, etc.) et connaît les exigences des autres disciplines de mécanique (plomberie, ventilation, climatisation, chauffage, etc.).

1.2.4. Qualification professionnelle des entrepreneurs et des constructeurs-propriétaires

Conformément au Règlement sur la qualification professionnelle des entrepreneurs et des constructeurs-propriétaires du chapitre B-1.1 r. 9 de la Loi sur le bâtiment, la licence d'entrepreneur général est requise de tout entrepreneur dont l'activité principale consiste à organiser, à coordonner, à exécuter ou à faire exécuter, en tout ou en partie, des travaux de construction compris dans les sous-catégories de licence de la catégorie d'entrepreneur général, ou à faire ou à présenter des soumissions, personnellement ou par personne interposée, dans le but d'exécuter ou de faire exécuter, en tout ou en partie, de tels travaux. De plus, la licence de constructeur-propriétaire général est requise de tout constructeur-propriétaire dont l'activité principale consiste à organiser, à coordonner, à exécuter ou à faire exécuter, en tout ou en partie, des travaux de construction compris dans les sous-catégories de licences de la catégorie de constructeur-propriétaire général.

Les entrepreneurs généraux en bâtiments de tout genre ainsi que les entrepreneurs spécialisés, dont ceux en mécanique du bâtiment, en charpentes de bois, en systèmes d'alarme incendie et en systèmes d'extinction incendie, tels qu'ils sont définis dans la référence [20], doivent préalablement être avisés des exigences générales et particulières des bâtiments visés par les lignes directrices de la RBQ et le présent guide de conception afin de coordonner adéquatement l'avancement des travaux en conformité avec les plans et devis.

2. Partie 3 – Protection contre l'incendie, sécurité des occupants et accessibilité

Cette section du guide de conception présente les exigences techniques liées à la protection contre l'incendie de bâtiments d'usage principal du groupe C (habitation) de moyenne hauteur (5 et 6 étages) construits à partir d'une charpente de construction combustible telle qu'une ossature légère en bois (de type plate-forme), un système à poutres et colonnes en gros bois d'œuvre (y compris les bois d'ingénierie structuraux et le bois lamellé-collé), un système en bois lamellé-croisé (*cross-laminated timber* CLT), un système hybride (acier/bois/béton) ou une combinaison de ces systèmes.

Les exigences de la partie 3 de la division B du Code, relativement aux installations de protection contre l'incendie, visent à assurer un niveau de sécurité acceptable dans les bâtiments. Il est prévu que toutes les installations de protection contre l'incendie d'un bâtiment, exigées ou non, seront conformes aux exigences des normes pertinentes pour éviter que le niveau de sécurité établi par le Code ne soit compromis [1].

Le Code reconnaît que le niveau de risque augmente avec la hauteur et l'aire des bâtiments. En effet, selon les dimensions des bâtiments prescrites à la sous-section 3.2.2 de la division B du Code, on constate facilement que l'aire de bâtiment diminue proportionnellement à une augmentation du nombre d'étages, peu importe le type de construction. Les exigences de degré de résistance au feu et de protection par gicleurs automatiques augmentent également en fonction du nombre d'étages. À titre d'exemple, l'exigence de degré de résistance au feu de certains bâtiments résidentiels du groupe C d'au plus 3 étages est de 45 minutes alors qu'elle est d'une heure (60 minutes) pour tous les bâtiments résidentiels de 4 à 6 étages, peu importe le type de construction. Au-delà de 6 étages, tous les bâtiments doivent avoir un degré de résistance au feu d'au moins 2 heures.

De surcroît, le Code reconnaît que le niveau de sécurité est bonifié lorsqu'un système de protection active par gicleurs automatiques est utilisé et qu'une compartimentation contre l'incendie est fournie à partir d'éléments structuraux et séparatifs ayant une résistance au feu d'au moins une heure (60 minutes).

Le Code a historiquement limité l'aire et la hauteur des bâtiments en fonction du type de construction et de l'usage du bâtiment. Par exemple, l'aire permise d'un bâtiment du groupe C à construction combustible a été limitée à 20 % de celle permise pour une construction incombustible [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30]. Les limites de hauteur et d'aire de bâtiments permises n'ont pas été revues afin de refléter la recherche, et le développement des services incendie, de la main-d'œuvre et des matériaux.

En définissant les dimensions maximales des bâtiments en fonction de leur type de construction, le Code a qualitativement limité le risque d'incendie (énoncé fonctionnel F02) à un niveau jugé acceptable, évitant qu'en raison de sa conception ou de sa construction, un bâtiment soit exposé à un risque inacceptable de dommages sous l'effet d'un incendie (objectif OP1) ou qu'une personne se trouvant à l'intérieur ou à proximité du bâtiment soit exposée à un risque inacceptable de blessures sous l'effet d'un incendie (objectif OS1). Cette limite d'aire de bâtiments, selon leur type de construction, a traditionnellement permis d'établir un cadre normatif permettant d'atteindre les objectifs de la partie 3 de la division B du Code.

Ainsi, l'équation 1 présentée ci-après a récemment été développée [31] et permet de déterminer les dimensions de bâtiments résidentiels en fonction du type de construction, du nombre d'étages et du type de protection active et passive contre l'incendie à un niveau historiquement jugé acceptable par le Code, ce que le Comité sur l'usage des bâtiments (*Use and Occupancy Committee*) tenta d'implanter numériquement en 1955 [30]. Par ailleurs, cette relation entre l'aire et la hauteur de bâtiment respecte les six règles définies par ce comité en 1959, et qui ont été utilisées historiquement pour définir les limites stipulées dans le Code [32]. À cet effet, les deux règles les plus importantes sont que 1) tous les bâtiments doivent avoir une construction ayant une résistance au feu croissante en proportion de la hauteur des bâtiments et que 2) les bâtiments doivent être limités en superficie afin de créer des compartiments résistant au feu dans le but de limiter la propagation d'un feu au-delà de son point d'origine jusqu'à ce que les services incendie (pompiers) puissent intervenir et effectuer leurs tâches.

Équation 1

$$A_{max} = \frac{A_B}{N} \cdot S \cdot SF \cdot CF$$

où :

A_{max} = aire de bâtiment permise pour une construction combustible du groupe C (m²)

A_B = aire de référence (1 800 m² pour une construction combustible du groupe C [1, 33, 31])

N = nombre d'étages

S = facteur relié à la protection active par gicleurs automatiques (*sprinkler factor*)

= 1,00 si le bâtiment n'est pas protégé par gicleurs automatiques

= 2,00 si le bâtiment est protégé par gicleurs automatiques

SF = facteur relié au nombre de façades sur rue (*streets facing factor*)

= 1,00 si le bâtiment donne sur 1 rue

= 1,25 si le bâtiment donne sur 2 rues

= 1,50 si le bâtiment donne sur 3 rues ou est protégé par gicleurs automatiques

CF = facteur relié au degré de résistance au feu des éléments (*construction factor*)

= 1,00 si le degré de résistance au feu est d'au moins 45 minutes

= 1,33 si le degré de résistance au feu est d'au moins 1 heure

Il est à noter que les dimensions obtenues par cette équation concordent également avec les changements effectués en 2009 au Code de construction provincial de la Colombie-Britannique [31] et, en partie, de façon conservatrice, avec les changements qui sont présentement en discussion (mai 2013) au sein du Comité permanent de la protection contre l'incendie de la Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies (CCCBPI). Par ailleurs, la CCCBPI envisage de majorer de 25 % l'aire de référence (A_B) présentement utilisée pour atteindre 2 250 m² [9].

2.1. Lignes directrices émises par la RBQ en vertu du Code

À la lumière des définitions, des concepts, des niveaux de performance reliés à l'article 3.2.2.43 de la division B du Code, des exigences techniques et analyses de risques réalisées en Colombie-Britannique en 2009, des recommandations présentement en discussion au sein du Comité permanent de la protection contre l'incendie de la CCCBPI, des lignes directrices de la RBQ et de l'équation 1 précédente, le cadre limitatif suivant, en ce qui a trait à l'aire et à la hauteur des bâtiments, permet d'atteindre au moins le niveau minimal de sécurité et de performance exigé par la division B en lien avec la protection incendie, la performance structurale et la séparation des milieux.

Ainsi, nonobstant les prescriptions actuelles de l'article 3.2.2.43 de la division B du Code, la construction d'un bâtiment en bois de 5 ou 6 étages est présumée conforme à la réglementation à la condition que tous les critères suivants soient respectés :

- Être d'un seul usage principal du groupe C (habitation). Le bâtiment ne doit pas constituer une résidence privée pour aînés soumise à la Loi sur les services de santé et les services sociaux (chapitre S-4.2) administrée par le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) [34];
- Avoir une hauteur de bâtiment de 5 ou 6 étages, dont aucun des planchers n'est à plus de 18 m du niveau moyen du sol (incluant les planchers des mezzanines);
- Le plus haut point de la construction de la toiture doit être à une hauteur d'au plus 25 m lorsqu'elle est mesurée entre le niveau moyen du sol;
- Le niveau de la voie d'accès pour le service de sécurité incendie doit être à au plus 2 m sous le niveau du premier étage;
- Avoir une superficie en aire de bâtiment d'au plus :
 - 1 440 m² s'il est d'une hauteur de 5 étages;
 - 1 200 m² s'il est d'une hauteur de 6 étages;
- Avoir au moins 25 % de son périmètre situé à moins de 15 m d'une rue;
- Les planchers doivent former une séparation coupe-feu ayant un degré de résistance au feu d'au moins 1 heure; toutefois, il n'est pas obligatoire que les planchers situés à l'intérieur d'un logement occupant plus d'un étage forment une séparation coupe-feu;
- Les murs, poteaux et arcs porteurs doivent avoir un degré de résistance au feu d'au moins 1 heure;

- Le toit doit avoir un degré de résistance au feu d'au moins 1 heure ;
- Les mezzanines doivent avoir un degré de résistance au feu d'au moins 1 heure ;
- Tous les murs extérieurs et les toits considérés comme des murs, c'est-à-dire ceux dont la pente forme un angle de 60 degrés avec l'horizontale ou plus, devront être en revêtement incombustible ;
- Il n'est pas permis d'avoir une façade de construction combustible lorsque la section 3.2.3 requiert une façade de construction incombustible ;
- Le dessous des balcons doit être recouvert par un revêtement incombustible ;
- Le bâtiment doit être entièrement protégé par un système de gicleurs conforme à la norme NFPA 13 ;
- Pour un bâtiment construit avec une ossature légère, le système de gicleurs doit être installé et conçu selon les critères du chapitre 11 de la norme NFPA 13 « Installation of Sprinkler Systems » pour un niveau de risque plus élevé que celui établi dans cette norme pour l'usage résidentiel, soit un risque ordinaire groupe 1 (*ordinary hazard group 1*) au lieu d'un risque faible (*light hazard*), en ce qui concerne les critères applicables aux calculs hydrauliques pour la densité d'eau appliquée, la superficie d'application et l'allocation d'un débit d'eau pour le service de sécurité incendie ;
- Les vides de construction des planchers doivent être remplis d'isolant incombustible ;
- Lorsqu'une ossature légère est utilisée, la construction doit être de type à plate-forme afin d'améliorer la compartimentation entre les étages ;
- Les murs coupe-feu doivent partir du sol et traverser tous les étages, y compris les étages en sous-sol du ou des bâtiments. Il n'est pas permis que le mur coupe-feu parte du plancher situé immédiatement au-dessus du garage de stationnement ;
- Les murs, les planchers et les plafonds des garages de stationnement doivent être en maçonnerie ou en béton ;
- Les calculs de structure de la partie 4 doivent être faits en fonction de la norme CSA O86-09 ;
- Le bâtiment ne doit pas contenir de foyers nécessitant une cheminée ;
- L'alimentation électrique de secours pour l'éclairage de sécurité et pour le système d'alarme incendie doit être conçue de façon à assurer le fonctionnement des systèmes pendant au moins 1 heure ;
- Aucune toiture végétalisée n'est autorisée sur ces bâtiments ;
- La ventilation doit être conçue de façon à permettre que le taux d'humidité puisse être géré dans chaque logement ;
- Tous les autres éléments de construction du bâtiment non cités dans le texte doivent être conçus pour satisfaire aux exigences d'un bâtiment incombustible ;
- Seuls les éléments combustibles permis à la section 3.1.5 du Code doivent être installés.

La figure 2 illustre l'aire de bâtiment permise en fonction de la hauteur en nombre d'étages, où l'aire cumulée des étages est toujours d'au plus 7 200 m². La figure 3 montre l'aire de bâtiment permise pour une construction combustible en comparaison à celle permise pour une construction incombustible de 6 étages.

L'exigence de hauteur maximale d'au plus 18 m, spécifiée aux lignes directrices, illustrée à la figure 4, sert à limiter l'usage de mezzanines qui pourraient augmenter considérablement la hauteur du bâtiment (en mètres) tout en respectant le nombre d'étages, afin d'éviter que le bâtiment ne soit classé comme un bâtiment de grande hauteur au sens du Code (sous-section 3.2.6 de la division B du Code).

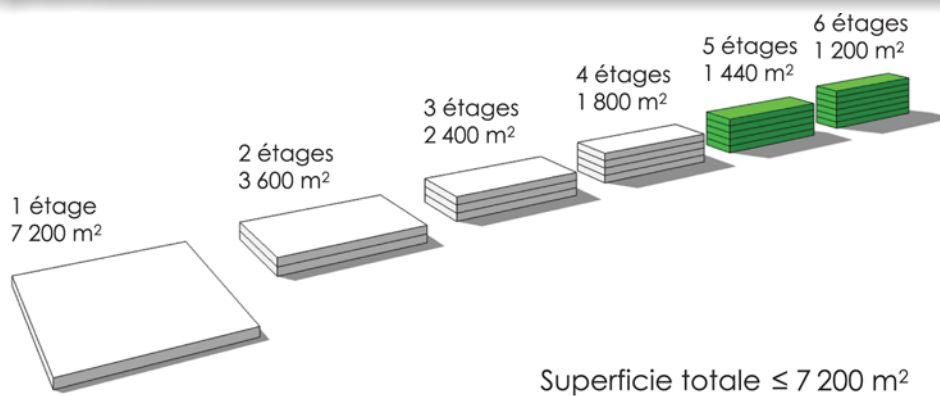


Figure 2
Répartition de l'aire de bâtiment selon le nombre d'étages (images [35, 36])

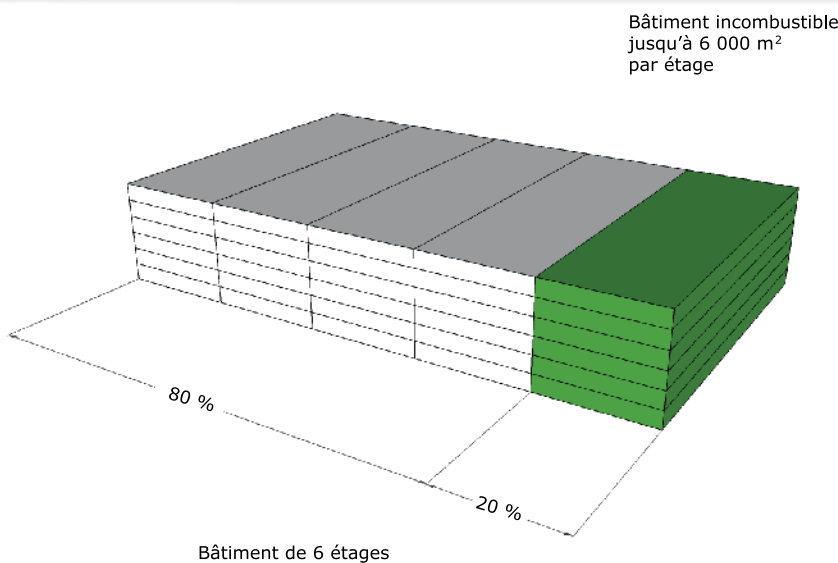
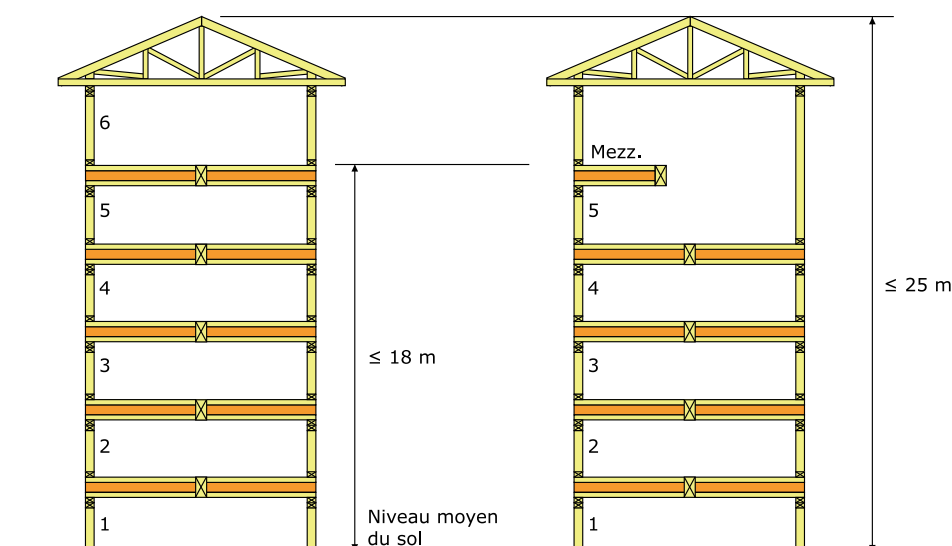


Figure 3
Aire comparative d'un bâtiment de 6 étages selon le type de construction

Figure 4
Hauteur maximale
selon le niveau moyen
du sol



2.2. Degré de résistance au feu

Le degré de résistance au feu (DRF) se définit comme étant le temps pendant lequel un matériau ou une construction continue de fournir sa fonction séparative (c.-à-d. empêcher le passage des flammes et la transmission de la chaleur), sa fonction structurale (c.-à-d. supporter les charges spécifiées) ou les deux, dans des conditions déterminées d'essai et de comportement. Les degrés de résistance stipulés dans le Code permettent de répondre aux exigences de contrôle de propagation du feu et de stabilité structurale en lien avec les attributions [F03 – OP1.2, OS1.2], [F04 – OP1.2, OP1.3, OS1.2, OS1.3] des objectifs de l'article 3.2.2.43 de la division B du Code.

Comme mentionné à l'article 3.1.7.1 de la division B du Code, le degré de résistance au feu d'un matériau, d'un assemblage ou d'un élément structural doit être déterminé en fonction des résultats d'essais effectués conformément à la norme ULC S101 [37] ou d'après l'annexe D du Code. Aux fins d'évaluation, les planchers, les toits et les plafonds doivent être évalués pour une exposition au feu à partir de la face inférieure, les murs coupe-feu et les séparations coupe-feu verticales intérieures doivent être évalués pour une exposition au feu à partir de chaque face et les murs extérieurs doivent être évalués pour une exposition au feu à partir de la face intérieure [1].

Bien qu'il soit pratique courante d'obtenir une inscription officielle auprès des agences d'accréditation d'essais de résistance au feu, le Code n'exige pas une telle inscription officielle. Ainsi, il est également possible de déterminer le degré de résistance au feu à partir d'assemblages évalués par le Conseil national de recherches Canada (CNRC) en conformité avec la norme ULC S101.

2.2.1. Ossature légère de bois (construction à plate-forme)

La résistance au feu des systèmes à ossature de bois doit être évaluée conformément aux résultats d'essais effectués selon la norme ULC S101 ou de l'annexe D-2.3 de la division B du Code.

Lorsque le degré de résistance au feu est déterminé à partir de l'annexe D-2.3, le mode de fixation des parois de la face exposée au feu doit être conforme à la sous-section D-2.3.9 et les ouvertures pratiquées dans les parois doivent être conformes aux exigences de l'annexe D-2.3.10.

Par ailleurs, conformément à l'annexe D-2.3.12, lorsque le degré de résistance au feu d'un plafond est déterminé à partir de la résistance au feu de la paroi du faux plafond seulement et non en fonction de l'ensemble, la contribution des parois au degré de résistance au feu peut être déterminée à partir du tableau D-2.3.12, à la condition qu'il n'y ait aucune ouverture dans la paroi du faux plafond.

La résistance au feu des ossatures légères de bois est largement procurée par l'emploi de parois protectrices telles que les panneaux de gypse type X ou type C. De plus, il a été démontré que les assemblages résistant au feu et utilisant une seule paroi protectrice, en presumant qu'elles soient évaluées conformément à la norme ULC S101, sont plus vulnérables à une mauvaise installation, à une mauvaise méthode d'attache des parois et à une mauvaise finition des joints [38, 39]. À l'opposé, les assemblages résistant au feu ayant au minimum deux parois protectrices ont été démontrés comme étant plus robustes et de meilleure fiabilité (probabilité de rupture plus faible), en plus d'être en mesure de réduire considérablement le transfert thermique à travers les parois.

Ainsi, afin d'assurer un niveau de fiabilité acceptable, un suivi minutieux de l'installation des systèmes à une seule paroi protectrice doit être effectué lors de la construction. Sinon, l'utilisation de systèmes à parois multiples (deux panneaux de gypse type X, par exemple) devrait être envisagée.

Puisque la grande majorité des fabricants de produits de bois d'ingénierie structuraux possèdent des assemblages exclusifs de planchers/plafonds et de murs ayant des degrés de résistance au feu allant de 45 minutes à 2 heures, il est requis de consulter les fabricants afin d'obtenir l'inscription officielle auprès des agences d'accréditation telles que le Laboratoire des assureurs du Canada (*Underwriters Laboratories of Canada, ULC*) ou *Intertek Testing Services (ITS)*. Le mode de fixation des parois doit être conforme aux détails d'assemblage fournis dans les inscriptions officielles émises par les agences d'accréditation.

2.2.2. Bois massif et bois lamellé-collé

Lorsqu'un degré de résistance de plus de 45 minutes est exigé, la résistance au feu des systèmes à poutres et colonnes en gros bois, en bois massif et en bois lamellé-collé doit être évaluée conformément aux résultats d'essais effectués selon la norme ULC S101 ou à partir des annexes D-2.4 et D-2.11 du Code.

Des tables de dimensionnement pour la résistance au feu des poutres et colonnes en bois lamellé-collé peuvent être obtenues dans le *Guide technique sur la conception de poutres et colonnes en gros bois* publié par le Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois [17]. Il est à noter que cette exigence de résistance au feu s'applique aux matériaux et aux attaches. Ainsi, une attention particulière doit être portée lors de la conception des assemblages (se référer à la sous-section 2.2.6 de ce guide).

2.2.3. Bois de charpente composite (SCL)

Les bois de charpente composite (*Structural Composite Lumber SCL*) peuvent, selon les recommandations stipulées dans leurs rapports d'évaluation de produits émis par le Centre canadien de matériaux de construction (CCMC), être utilisés dans les systèmes à poutres et colonnes. À cet effet, des essais de résistance au feu réalisés au *Forest Products Laboratory* (États-Unis) et dans des laboratoires privés ont démontré que ces produits ont des vitesses de carbonisation similaires à celle du bois d'œuvre traditionnel [40, 41]. Il est ainsi possible d'utiliser les méthodes existantes de calcul de la résistance au feu définies à l'annexe D-2.11 du Code.

Il est cependant recommandé de consulter les rapports d'évaluation émis par le CCMC afin d'obtenir de plus amples renseignements quant à l'utilisation des équations de l'annexe D-2.11 du Code avec ce type de produit. De plus, la résistance au feu des poutres et des colonnes en SCL, lorsqu'utilisée dans un système à poutres et colonnes, ne peut pas être déterminée à partir de la méthode de l'annexe D-2.11 si elles sont composées de plusieurs éléments cloués, vissés ou boulonnés. Un élément composé relié à partir de clous, vis ou boulons ne possède pas le même comportement au feu qu'un élément plein ayant les mêmes dimensions transversales initiales [42].

2.2.4. Bois lamellé-croisé (CLT)

La résistance au feu des éléments de mur et de plancher/toit en CLT doit être évaluée conformément à la méthodologie exprimée au chapitre 8 de la plus récente édition canadienne du *Manuel sur le bois lamellé-croisé* publié par FPInnovations [43]. Pour une utilisation au Canada, le bois et l'adhésif utilisés pour la fabrication du CLT doivent être conformes à la norme ANSI/APA PRG-320 [44].

La résistance intrinsèque au feu du bois lamellé-croisé (CLT) peut, dans de nombreux cas, être comparable à celle d'autres matériaux de construction comme le béton, la maçonnerie et l'acier. Des essais de résistance au feu en grandeur réelle sur des assemblages de plancher en CLT ont démontré qu'il est possible d'obtenir une résistance au feu de près de 3 heures avec du CLT non protégé dans des conditions de pleine charge [45]. Similairement à la méthode de l'annexe D-2.11 pour le bois lamellé-collé, la méthode de calcul de la résistance au feu du bois lamellé-croisé

est majoritairement influencée par le taux de sollicitation des éléments. Ainsi, plus un élément sera structuralement sollicité, plus sa résistance au feu diminuera. La vitesse de carbonisation unidimensionnelle (β_o) du CLT doit par contre être déterminée à partir de l'équation 2 [46] et dépend de l'épaisseur des lamelles (d) :

Équation 2

$$\beta_o \text{ (mm/min)} = \begin{cases} 0,65 & \text{lorsque } d \geq 35\text{mm} \\ 0,65^{(d/35)} & \text{lorsque } d < 35\text{mm} \end{cases}$$

Qui plus est, contrairement à une poutre ou une colonne structurale, les éléments de murs et planchers en CLT sont utilisés comme éléments structuraux et séparatifs. Les critères d'intégrité et d'isolation, tels qu'ils sont définis dans la norme ULC S101, sont donc à évaluer, en plus du critère de résistance structurale. Le chapitre 8 de l'édition américaine du *Manuel sur le bois lamellé-croisé* [47] fournit des recommandations afin d'évaluer ces deux critères de performance qui devraient être suivies jusqu'à ce que l'édition canadienne de 2011 soit mise à jour.

2.2.5. Panneau de gypse type X

L'utilisation de panneaux de gypse type X attachés directement aux éléments structuraux est une méthode efficace pour bonifier la résistance globale au feu d'un assemblage en retardant la carbonisation du bois.

Les résultats d'essais réalisés au *Forest Products Laboratory* (États-Unis) à partir d'éléments sollicités en traction [48], des essais réalisés par FPIInnovations à partir de CLT [45, 47] et des prescriptions du Code pour le bois massif indiquent que les temps suivants peuvent être ajoutés à la résistance au feu d'un bois structural non protégé, tel que le bois massif, le bois lamellé-collé, les bois de charpente composite (SCL) et le bois lamellé-croisé (CLT) :

- 1) 15 minutes lorsqu'un (1) panneau de gypse type X de 12,7 mm est utilisé ;
- 2) 30 minutes lorsqu'un (1) panneau de gypse type X de 15,9 mm est utilisé ;
- 3) 40 minutes lorsque deux (2) panneaux de gypse type X de 12,7 mm sont utilisés ;
- 4) 60 minutes lorsque deux (2) panneaux de gypse type X de 15,9 mm sont utilisés.

Les panneaux de gypse doivent être appliqués directement sur les éléments structuraux à l'aide de vis de 57 mm de type « S » espacées de 305 mm au périmètre et à l'intérieur des panneaux. Les vis doivent être situées à au moins 38 mm des rives des panneaux. Lorsqu'un seul panneau de gypse est utilisé, les joints doivent être recouverts à l'aide de ruban et de composé à joints. Lors de l'utilisation de deux panneaux de gypse, les joints des panneaux exposés doivent être recouverts de ruban et de composé à joints. Dans tous les cas, les têtes des vis des panneaux exposés doivent être recouvertes de composé à joints.

2.2.6. Résistance au feu des attaches dans les systèmes à poutres et colonnes et en CLT

Les attaches et les assemblages dans les systèmes à poutres et colonnes ainsi que dans les systèmes en CLT jouent un rôle essentiel en leur procurant la résistance, la rigidité, la stabilité, la ductilité et la résistance structurale au feu. De plus, les assemblages sont parfois réalisés à partir de boulons, goujons, plaques ou cornières métalliques afin de fournir un cheminement continu des charges gravitaires et latérales. Ainsi, une attention particulière doit être portée par les concepteurs afin d'assurer que ces attaches ne soient pas le maillon faible du système structural global en situation d'incendie [47].

L'évaluation de la performance incendie des assemblages métalliques exposés au feu peut être laborieuse et dépend de plusieurs facteurs, dont le type d'attache, la géométrie de l'assemblage, le mode de rupture anticipé ainsi que la différence de conductivité thermique des pièces métalliques, du bois et de la partie carbonisée du bois (figure 5a). Ainsi, le Code de construction 2005 ne fournit pas de méthodes ou de lignes directrices quant à la détermination de la résistance au feu des assemblages des systèmes à poutres et colonnes en gros bois. Les concepteurs peuvent donc faire appel à des méthodes de conception telles que l'*Eurocode 5 : partie 1-2* [49] ou le *National Design Specifications for Wood Construction (NDS)* [50]. Cependant, afin de pouvoir utiliser l'une ou l'autre de ces méthodes, il est primordial que le concepteur comprenne bien les philosophies de calcul de l'*Eurocode 5* et du *NDS* puisqu'elles ne sont pas similaires à celle adoptée par la norme canadienne CSA O86.

La méthode la plus simple pour augmenter la résistance au feu des attaches métalliques consiste à protéger les attaches contre une exposition au feu par l'emploi d'au moins 38 mm (1½ po) de bois ou tout autre matériau de recouvrement préalablement approuvé pour le degré de résistance recherché (figure 5b). Cette méthode est d'ailleurs reconnue comme solution normative dans l'*International Building Code*, aux États-Unis [51], lorsqu'un degré de résistance au feu de plus de 45 minutes est requis.

Un exemple de recouvrement serait l'utilisation de peinture intumescente, préalablement approuvée pour la construction de charpentes métalliques, afin de protéger les attaches métalliques exposées (telles que les têtes de boulons, écrous et rondelles) contre les effets néfastes de la chaleur générée lors d'un incendie.

Une autre méthode consiste en l'utilisation de plaques métalliques internes, venant ainsi protéger contre la dégradation thermomécanique potentielle du métal (figure 6). Cette méthode requiert par contre une plus grande précision lors de la fabrication et de l'usinage des pièces de bois, mais procure une résistance au feu accrue et une meilleure apparence architecturale.



Figure 5
Attaches protégées
pour une résistance
au feu accrue

- a) Attaches dissimulées lors d'un essai de résistance au feu (photo : L. Peng [52]) b) Attaches recouvertes de bois



Figure 6
Attaches dissimulées
pour une résistance
au feu accrue

- a) Plaque métallique interne b) Plaque métallique et boulons dissimulés

Par ailleurs, une nouvelle méthode de calcul a récemment été développée au Canada pour évaluer la résistance au feu des assemblages à plaques métalliques internes utilisant des boulons ou des goujons métalliques [52]. L'équation est décrite dans la référence [53]. Bien qu'elle soit limitée aux assemblages à boulons ou goujons métalliques, cette méthode a été développée en suivant la philosophie de calcul de la norme CSA O86.

De plus amples renseignements sur les méthodes d'attaches résistant au feu sont donnés dans le *Guide de conception des assemblages pour les charpentes en bois* publié par le Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois [53] et la note technique 7 de l'*American Institute of Timber Construction* [54].

De façon similaire à la construction à poutres et colonnes en gros bois, il existe un large éventail d'attaches et plusieurs configurations possibles pour relier les panneaux de CLT du toit au mur, du mur au plancher et d'étage en étage. Or, certains assemblages ne seront pas vulnérables aux impacts d'un feu. À titre d'exemple, un assemblage de poutre à colonne où la poutre est entièrement supportée au-dessus de la colonne ne sera pas influencé de façon importante par le feu, contrairement à un assemblage de poutre à colonne sollicité en cisaillement (tel qu'un étrier métallique boulonné sur le côté d'une poutre). Également, un assemblage de mur à plancher en CLT utilisé pour résister aux forces latérales de vent et de séisme ne sera pas influencé de façon significative par le feu (figure 7), alors qu'un assemblage résistant aux charges gravitaires (figure 8) peut nécessiter une attention particulière afin de le protéger par le dessous [47].

Figure 7
Exemples
d'assemblages
ne nécessitant pas
de résistance au feu
[47]

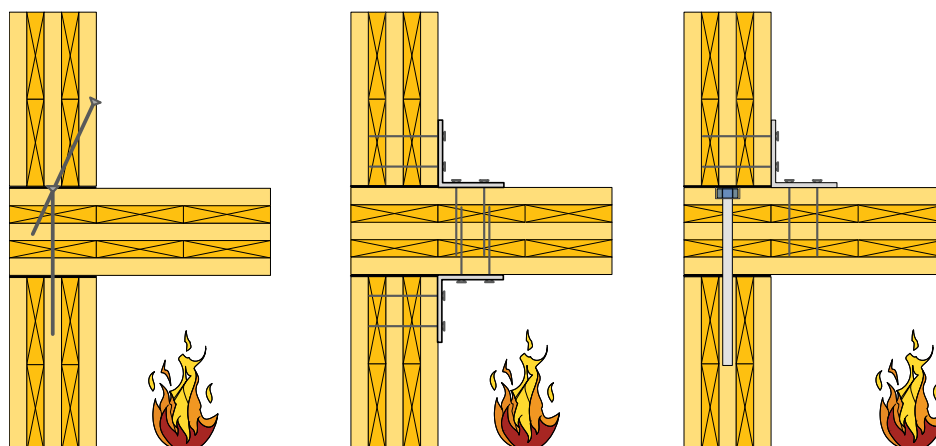
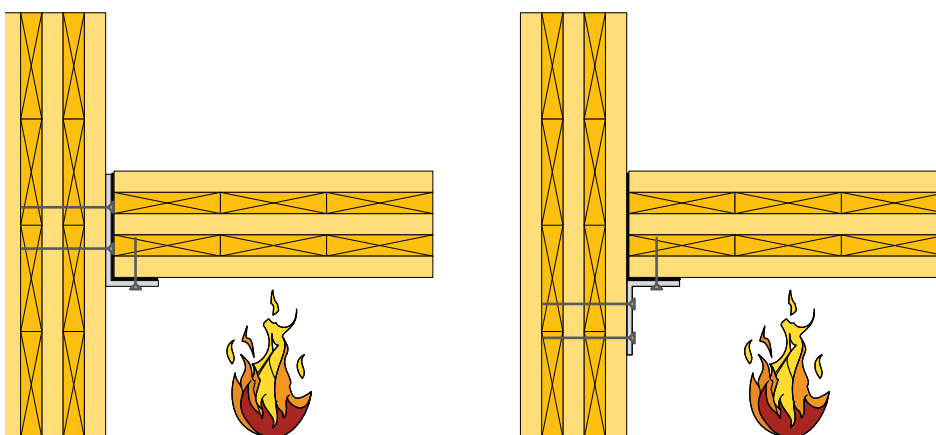


Figure 8
Exemples
d'assemblages
pouvant nécessiter
une résistance au feu
[47]



2.3. Indice de propagation de la flamme

Les matériaux de revêtement intérieur sont traditionnellement classifiés selon leur indice de propagation de la flamme (IPF) et de dégagement des fumées (IDF). La propagation de la flamme sur un matériau est un comportement fondamental qui influence la dynamique et la croissance d'un feu dans une pièce. La notion d'indice de propagation de la flamme permet la gestion d'un feu par le contrôle du processus de combustion en lien avec les attributions [F02 – OS1.2, OP1.2] des objectifs des sous-sections 3.1.12 et 3.1.13 de la division B du Code.

L'indice de propagation de la flamme auquel réfère l'alinéa 3.1.12 du Code est une mesure comparative et sans unité, indiquant la caractéristique de combustion superficielle d'un matériau, d'un assemblage de matériaux ou d'un élément structural. Cet indice doit être déterminé par la moyenne des résultats obtenus par au moins 3 essais soumis à une exposition au feu spécifique et dans des conditions de laboratoire, conformément à la norme ULC S102 [55]. Un indice de propagation de la flamme peut également être attribué à un matériau, à un assemblage de

matériaux ou à un élément structural selon l'annexe D-3 du Code. Une liste plus exhaustive est également disponible dans le manuel intitulé *La sécurité incendie dans les bâtiments* publié par le Conseil canadien du bois [56].

Un IPF, exprimé en nombre sans unité, se définit comme une mesure comparative de la caractéristique de combustion superficielle où un échantillon de 18 mm d'épaisseur en chêne rouge a un IPF de référence de 100. L'IDF est aussi exprimé sans unité et est une mesure comparative de la densité d'obscuration de la fumée.

Comme défini dans le Code, tous les matériaux qui constituent la surface intérieure d'un plancher, d'un mur, d'une cloison ou d'un plafond sont considérés comme des matériaux de revêtement intérieur de finition, y compris les revêtements en enduits, en bois, en carrelage, les peintures et les placages, etc. En général, le Code requiert que les matériaux de revêtement intérieur de murs et de plafonds aient un IPF d'au plus 150 et qu'ils soient conformes au tableau 3.1.13.2 du Code. De plus, l'IPF des matériaux de revêtement intérieur doit satisfaire aux exigences stipulées aux sous-sections 3.1.12 et 3.1.13 de la division B du Code.

Par ailleurs, le type de matériau combustible, la présence de produits ignifuges, la température initiale de la surface, la direction de propagation, les propriétés du matériau (épaisseur, conductivité thermique, chaleur spécifique, densité, géométrie, etc.) ainsi que la continuité du matériau ou de l'assemblage peuvent influencer la propension d'un matériau à s'enflammer plus ou moins rapidement [57]. Généralement, une augmentation de l'épaisseur du matériau provoque une réduction de l'IPF.

À cet effet, de récents essais de propagation de la flamme conformes à la norme ULC S102 ont été réalisés par FPInnovations afin d'évaluer l'IPF d'éléments massifs tels que le CLT et les bois de charpente composite (PSL, LSL et LVL). Plus précisément, un élément de CLT de 105 mm a obtenu un IPF de 35 alors que les bois de charpente composite PSL de 89 mm, LVL de 140 mm et LSL de 89 mm ont obtenu un IPF de 35, 35 et 75 respectivement [58, 59]. Ces résultats d'essais démontrent qu'effectivement, lorsque l'épaisseur minimale de pénétration de la chaleur est respectée et que l'élément peut agir comme une dalle semi-infinie, le temps d'allumage est retardé et l'IPF est réduit de façon importante comparativement aux IPF publiés des matériaux de finition, traditionnellement obtenus à partir d'échantillons d'au plus 25 mm d'épaisseur.

Étant une mesure comparative, qualitative et sans unité entre différents matériaux ou assemblages, cet indice de propagation de la flamme ne permet pas de quantifier le débit calorifique potentiel ni de quantifier le comportement réel en situation d'incendie. Cependant, l'utilisation de matériaux ayant un faible IPF permet de réduire le risque d'allumage et potentiellement de retarder l'embrasement général dans la pièce où le feu prend naissance.

2.4. Séparation coupe-feu

Une séparation coupe-feu est une construction, avec ou sans degré de résistance au feu, destinée à retarder la propagation du feu. Lorsque les séparations coupe-feu fournissent un degré de résistance au feu, elles permettent de diviser un bâtiment en plusieurs compartiments qui résistent au feu afin de limiter la propagation d'un feu au-delà de son point d'origine. L'emploi de séparations coupe-feu, avec ou sans degré de résistance au feu, permet de répondre aux exigences de contrôle de propagation du feu et de stabilité structurale en lien avec les attributions [F03 – OS1.2, OP1.2], [F04 – OS1.2, OS1.3, OP1.2, OP1.3] des objectifs de l'article 3.2.2.43 de la division B du Code.

Les murs, cloisons, planchers ou toits qui sont appelés à former une séparation coupe-feu doivent être construits de façon à former un élément continu et, lorsque requis, présenter le degré de résistance au feu spécifié conformément aux exigences des sous-sections 3.1.8 et 3.1.9 de la division B du Code.

L'intégrité des séparations coupe-feu doit être maintenue en protégeant les ouvertures par des dispositifs conformes aux exigences de la sous-section 3.1.8 de la division B du Code. De plus, les installations techniques qui pénètrent les séparations coupe-feu et les autres assemblages résistant au feu doivent être obturées conformément aux exigences de la sous-section 3.1.9 de la division B du Code à partir de dispositifs d'obturation évalués selon la norme ULC S115 [60]. Les installations techniques visées sont, sans se limiter à cette liste, des tuyaux, tubes, conduits, fils et câbles électriques, fils et câbles de télécommunication, câbles de fibre optique, canalisations incombustibles totalement fermées, boîtes de sortie électrique ou toute autre installation technique similaire.

L'installation de coupe-feu ou de pare-feu est l'une des techniques fondamentales admises dans le secteur de la protection incendie depuis qu'on a recours à la compartimentation comme moyen de protection contre l'incendie (objectif de gestion de l'incendie). Les vides de construction créés par les planchers doivent être remplis d'isolant incombustible, comme décrit dans les lignes directrices de la RBQ.

Dans certains cas où des coupe-feu ou des pare-feu sont installés, la construction pour laquelle un degré de résistance au feu est exigé doit également assurer un niveau d'isolation sonore acceptable. C'est notamment le cas dans les immeubles d'habitation où certains aspects de la transmission du son sont régis par la partie 5 de la division B du Code. À cet effet, un guide sur les règles de l'art a été publié par le Conseil national de recherches Canada afin de décrire, à partir d'une synthèse des données disponibles, des solutions techniques devant être appliquées pour obtenir, grâce à des systèmes coupe-feu et à des pare-feu, une protection contre l'incendie et une insonorisation acceptables dans les bâtiments [61]. Il est fortement recommandé de consulter ce guide afin de bien maîtriser et d'appliquer adéquatement les concepts de compartimentation, tout en respectant l'intégrité et la résistance au feu des assemblages ainsi que les indices de transmission du son requis.

2.5. Système de gicleurs automatiques

Tous les bâtiments d'usage principal du groupe C de moyenne hauteur (5 et 6 étages), peu importe le type de construction, doivent être entièrement protégés par des gicleurs automatiques à déclenchement rapide, conformément à l'article 3.2.5.13 de la division B du Code. De plus, puisque ces bâtiments sont de plus de 4 étages, le système de gicleurs doit être conçu, construit, installé et mis à l'essai conformément à la norme NFPA 13 [62].

Également, la conception du système de gicleurs automatiques et les calculs hydrauliques doivent être déterminés selon un niveau de risque ordinaire groupe 1 (*ordinary hazard group 1*) pour les bâtiments construits à partir d'un système à ossature légère en bois. Il est cependant permis d'utiliser le niveau de risque faible (*light hazard*) pour les bâtiments construits à partir d'un système hybride (bois/acier/béton) et de bois lamellé-croisé (CLT) ou de systèmes à poutres et colonnes en gros bois d'œuvre (y compris les bois d'ingénierie structuraux et le bois lamellé-collé). L'application de la norme NFPA 13 permet de répondre aux exigences de gestion de l'incendie par l'emploi de systèmes d'extinction (automatiques) en lien avec les attributions [F02, F04 – OS1.2, OS1.3, OP1.2, OP1.3] des objectifs de l'article 3.2.2.43 de la division B du Code.

Contrairement à la norme NFPA 13R, applicable pour les habitations d'au plus 4 étages, la norme NFPA 13 comporte bon nombre d'exigences supplémentaires qui permettent d'augmenter le niveau de protection active contre l'incendie. Notamment, tous les vides techniques combustibles (voir sous-section 2.6 du présent document) doivent être protégés par gicleurs automatiques. Cependant, la protection par gicleurs automatiques n'est pas requise dans les vides de construction horizontaux des bâtiments visés dans ce guide, à l'exception des combles (entretoits), puisqu'ils doivent être entièrement remplis d'isolant incombustible.

De plus, un système de gicleurs automatiques doit être installé sous une toiture extérieure, un auvent, une porte cochère, un balcon, une terrasse, un auvent ou toute autre projection similaire excédant 1,2 m (4 pieds) de largeur, conformément à la sous-section 8.15.7 de NFPA 13. Les auvents d'au plus 1,2 m (4 pieds) de largeur ne requièrent pas de protection par gicleurs automatiques, et ce, peu importe le type de construction, si et seulement s'il n'y a pas d'entreposage de matériaux combustibles sous cet auvent [63]. Des exigences supplémentaires pour les balcons extérieurs sont fournies à la sous-section 2.16 de ce guide.

Par ailleurs, l'ingénieur doit également concevoir les attaches du système de gicleurs automatiques afin de résister aux forces sismiques, conformément à l'article 4.1.8.17 de la division B du Code et à la sous-section 9.3 de la norme NFPA 13. Des détails d'installation supplémentaires doivent ainsi être développés pour soutenir adéquatement la tuyauterie dans le sens gravitaire (figure 9), mais également dans le sens latéral (figure 10). Un nombre limité de documents montrant diverses méthodes d'attache pour les systèmes en bois sont disponibles et il est fortement recommandé de les consulter afin d'obtenir des lignes directrices [64, 65, 66, 67]. La norme NFPA 13 illustre également plusieurs types d'attaches pour soutenir

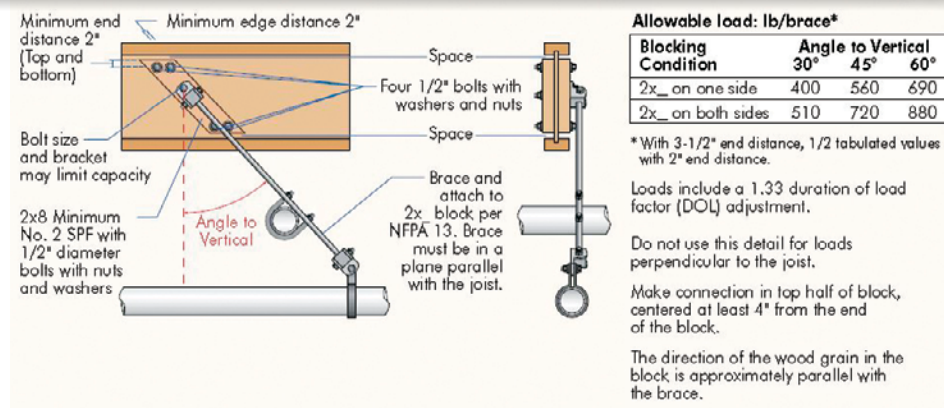
la tuyauterie ainsi qu'un exemple de note de calculs pour le contreventement latéral (figure 11). Notamment, la sous-section 9.1.5 de NFPA 13 fournit des lignes directrices sur les méthodes d'attache à des éléments en bois et la sous-section 9.3 traite spécifiquement des exigences de contreventement sismique de la tuyauterie.

De plus amples renseignements sur le calcul des effets attribuables aux séismes et sur les exigences de l'article 4.1.8.17 peuvent être obtenus dans le *Guide de l'utilisateur – CNB 2005, Commentaires sur le calcul des structures (Partie 4)* [68].

Figure 9
Exemple de support vertical à partir de la semelle supérieure des poutrelles de bois en « I »



Figure 10
Exemples de contreventement sismique d'un système de gicleurs automatiques [64]



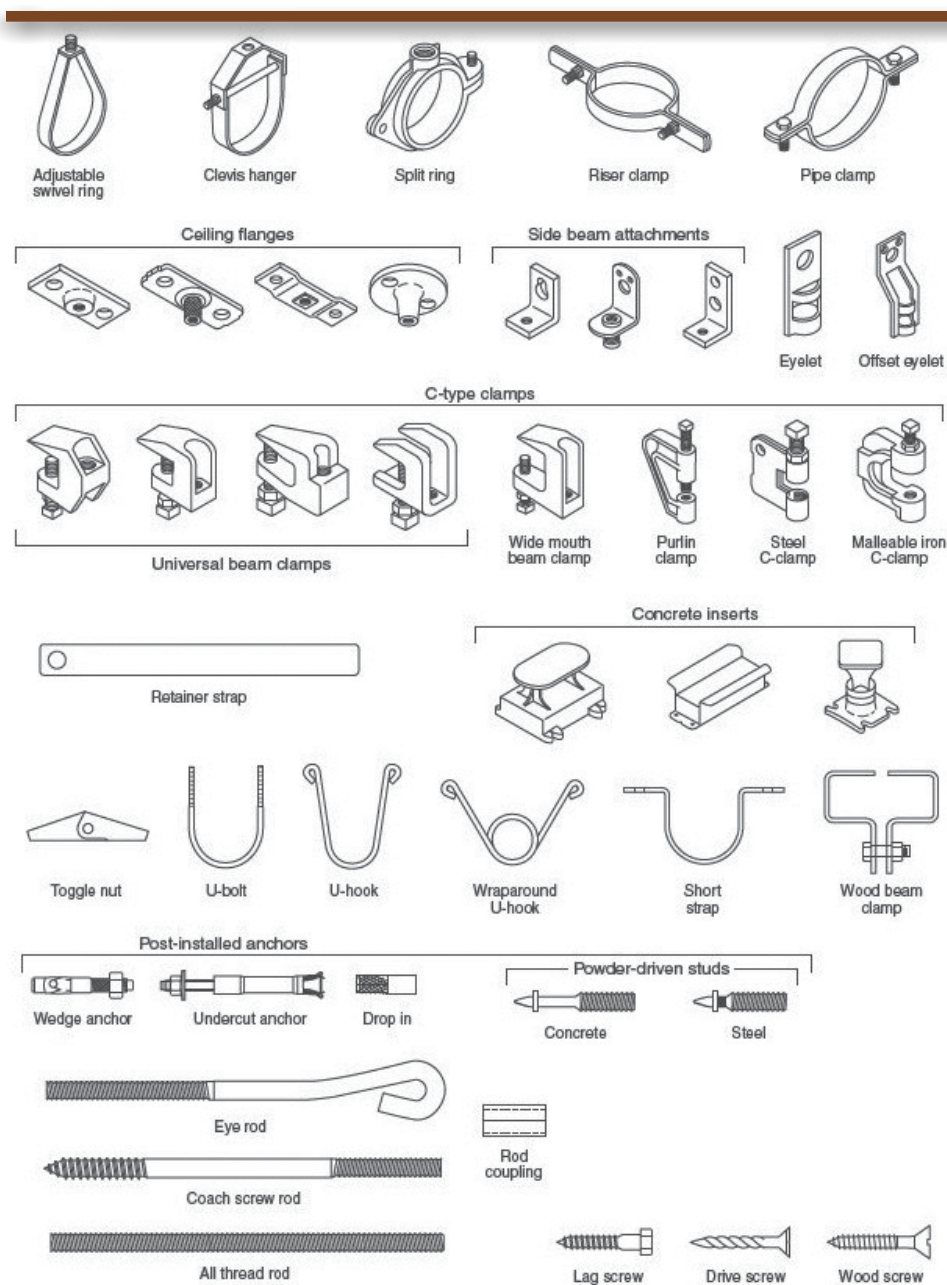


Figure 11
Exemples de systèmes
de contreventement
sismique selon
NFPA 13 [62]

Exemples d'étriers et d'attaches communs

2.6. Vides techniques, de construction et sanitaires

Les vides techniques verticaux et les installations techniques doivent être conformes aux normes exprimées à la sous-section 3.6.3 de la division B du Code, alors que les vides techniques horizontaux et les installations techniques doivent être conformes aux paramètres mentionnés à la sous-section 3.6.4 de la division B du Code. De plus, des coupe-feu doivent être installés dans les vides de construction, conformément à la sous-section 3.1.11 de la division B du Code. Une protection appropriée de ces vides permet de répondre aux exigences de contrôle de la propagation du feu et du contrôle du processus de combustion en lien avec les attributions [F03, F04 – OS1.2, OP1.2] des objectifs de l'article 3.2.2.43, 3.6.3.1 et 3.6.4.2 ainsi qu'à la sous-section 3.1.11 de la division B du Code. Lorsqu'une construction à ossature légère de bois est utilisée, elle doit être de type plateforme afin de limiter les vides de construction. Comme stipulé dans les lignes directrices de la RBQ, les planchers doivent également être entièrement remplis d'isolant incombustible.

Un vide technique, selon le Code, est un vide prévu dans un bâtiment pour dissimuler les installations techniques, comme les dévaloirs, les conduits, les tuyaux, les gaines ou le câblage, ou pour en faciliter la pose. Ainsi, un des aspects fondamentaux du vide technique est la présence d'installations techniques dans le vide prévu. Deux (2) types de vides techniques sont prévus dans le Code, soit :

- 1) vide technique vertical : gaine essentiellement verticale, prévue dans un bâtiment pour l'installation des équipements mécaniques, électriques, sanitaires et autres, comme les ascenseurs, les vide-ordures et les descentes de linge ; et
- 2) vide technique horizontal : comble, vide sous toit, gaine, vide de faux plafond ou vide sanitaire, de configuration essentiellement horizontale, dissimulé et généralement inaccessible, et que traversent des installations techniques de bâtiment, comme des tuyauteries, des conduits ou du câblage.

Il est à noter qu'un vide technique ne consiste pas exclusivement en une portion au-dessus d'une paroi de plafond ou un comble, mais peut également être situé dans d'autres parties d'un bâtiment, notamment sous les escaliers intérieurs, les planchers, les murs, les vides sanitaires, les gaines, les colonnes creuses intérieures ou extérieures, etc.

De plus, conformément à la sous-section 8.15.1 de NFPA 13, tous les vides techniques, complètement ou partiellement fermés par une construction combustible exposée au feu, d'un certain volume et d'une certaine géométrie, doivent être protégés par gicleurs automatiques. Cette exigence s'applique aux portions d'un bâtiment ayant une construction ou un revêtement de finition combustible, utilisées pour de l'entreposage de matériaux combustibles et pouvant contenir des matériaux combustibles associés à la mécanique du bâtiment, tels que le câblage informatique ou de la tuyauterie non métallique.

Les vides sanitaires et les vides de construction des murs intérieurs et des plafonds doivent être isolés des combles ou vides sous toit et des vides de construction des murs extérieurs par des coupe-feu conformément à la sous-section 3.1.11 de

la division B du Code. Un coupe-feu, comme défini dans la référence [33], est un matériau, composant ou système qui limite la propagation du feu à l'intérieur d'un vide de construction ou d'un vide de construction à un espace contigu. À cet effet, il est à noter que l'ossature légère de bois de type plate-forme, de par ses techniques de construction, fournit des coupe-feu dans les murs. En effet, en plus de jouer un rôle structural pour le transfert de charges verticales et latérales, les sablières doubles du haut des murs jouent le rôle de coupe-feu. La lisse basse joue le même rôle de coupe-feu. De plus, les entremises dans les murs servent de coupe-feu en plus d'augmenter la résistance latérale des murs de refend cloués. De plus amples renseignements sur les coupe-feu dans les ossatures de bois peuvent être obtenus dans les références [56, 69].

2.7. Mur coupe-feu

Un mur coupe-feu doit être conforme aux exigences stipulées à la sous-section 3.1.10 de la division B du Code. Le respect de cette dernière permet de répondre aux exigences de contrôle de la propagation du feu et de stabilité structurale en lien avec les attributions [F03 – OP1.2, OS1.2], [F04 – OP1.2, OS1.2] des objectifs de l'article 3.2.2.43 de la division B du Code. Ces spécifications permettent également de répondre à l'objectif de protection des bâtiments voisins contre l'incendie [F03, F04-OP3.1]. Ce dernier objectif doit être considéré lors de toute conception.

Un mur coupe-feu, comme défini dans le Code, est un type de séparation coupe-feu de construction incombustible qui divise un bâtiment ou sépare des bâtiments contigus afin de s'opposer à la propagation du feu et qui offre le degré de résistance au feu exigé par le Code tout en maintenant sa stabilité structurale lorsqu'elle est exposée au feu pendant le temps correspondant à sa durée de résistance au feu. Il permet également de réduire l'aire d'un bâtiment puisque le Code considère comme bâtiment distinct celui séparé d'un autre par un mur coupe-feu.

Ainsi, l'emploi de murs coupe-feu permet d'augmenter l'empreinte totale d'un bâtiment, à la condition que l'aire des bâtiments distincts, calculée entre les faces externes des murs extérieurs ou à partir de la face externe des murs extérieurs jusqu'à l'axe des murs coupe-feu, demeure dans les limites définies à la sous-section 2.1 de ce guide.

Un mur coupe-feu possède deux caractéristiques spécifiques :

- 1) Il doit fournir le degré de résistance au feu exigé ; et
- 2) Il doit être conçu de manière à résister aux dommages physiques causés par une utilisation normale et qui pourraient compromettre le degré de résistance au feu du mur (l'intégrité et la stabilité structurales ne doivent pas être compromises si un côté s'effondre).

Traditionnellement, ces objectifs étaient jugés atteints en exigeant l'utilisation de matériaux incombustibles dont le choix était, en réalité, restreint au béton et à la maçonnerie. Cependant, comme spécifié au paragraphe 3.1.10.2.4) du Code, il n'est pas nécessaire qu'un mur coupe-feu pour lequel un degré de résistance au feu d'au plus 2 heures est autorisé soit construit en maçonnerie ou en béton si l'ensemble assurant le degré de résistance au feu est protégé contre les dommages

qui pourraient compromettre l'intégrité de l'ensemble et si la résistance structurale du mur coupe-feu est calculée conformément à l'article 4.1.5.18 de la division B du Code.

Il est important de rappeler que ces deux exigences font partie intégrante des caractéristiques de conception d'un mur coupe-feu, et ce, peu importe le type de matériau utilisé (béton, maçonnerie ou autres matériaux). De plus amples renseignements sur le calcul structural d'un mur coupe-feu peuvent être obtenus dans le *Guide de l'utilisateur – CNB 2005, Commentaires sur le calcul des structures (Partie 4)* [68]. Selon les objectifs du paragraphe 3.1.10.2.4) de la division B du Code, l'intention est de limiter la probabilité que les matériaux utilisés dans la construction de l'assemblage assurant le degré de résistance au feu d'un mur coupe-feu soient facilement altérés ou endommagés en cours d'utilisation ou par des débris projetés lors d'un incendie, ce qui pourrait rendre le mur coupe-feu inapte à maîtriser la propagation du feu d'un bâtiment voisin au bâtiment visé et causer des dommages au bâtiment visé et voisin, en plus de causer des blessures à des personnes se trouvant dans le bâtiment qui n'était pas initialement touché par l'incendie.

Également, l'annexe A-3.1.10.2.4) du Code stipule que le paragraphe 3.1.10.2.4) vise notamment à conserver les deux caractéristiques spécifiques aux murs coupe-feu, tout en permettant une plus grande souplesse dans le choix des matériaux et de la conception utilisés. Le degré de résistance au feu et les qualités de protection contre les dommages d'un mur coupe-feu peuvent être atteints par :

- 1)** Un seul matériau résistant au feu et aux dommages (comme le béton ou la maçonnerie) ;
- 2)** Une membrane résistant au feu et aux dommages mise en œuvre sur une ossature ; ou
- 3)** Des éléments distincts, l'un assurant la résistance au feu, l'autre protégeant contre les dommages.

Par ailleurs, si le mur coupe-feu est constitué d'éléments distincts, le degré de résistance au feu de l'élément servant à assurer la résistance au feu doit être déterminé indépendamment de l'assemblage. De plus, si l'élément qui assure la protection contre les dommages est fixé physiquement à l'élément résistant au feu (comme un revêtement sacrificiel), il est recommandé d'effectuer des essais afin de déterminer si la défaillance de l'élément de protection contre les dommages au cours d'un incendie a des répercussions sur la performance de l'élément qui doit résister au feu [28].

Lorsqu'un mur coupe-feu en béton ou en maçonnerie est construit dans le bâtiment, un retrait différentiel est à prévoir entre les éléments structuraux en bois et le mur coupe-feu. L'ingénieur en structure doit coordonner le retrait différentiel avec l'ingénieur en sécurité incendie afin que ce dernier puisse évaluer l'incidence que ce retrait peut avoir sur la performance des systèmes de protection incendie. Les dispositifs d'obturation, les dispositifs coupe-feu, les systèmes de gicleurs automatiques, les systèmes d'éclairage et les installations d'alimentation électrique de secours ainsi que les parcours sans obstacles (p. ex. : la différence

de niveau des portes dans le mur coupe-feu qui doit demeurer minime) sont des exemples de systèmes sur lesquels le retrait différentiel entre les matériaux utilisés peut avoir un effet.

De même, un déplacement latéral différentiel entre les systèmes structuraux en bois et les constructions en béton ou en maçonnerie peut survenir à la suite d'efforts sismiques ou de pressions du vent. Subséquemment, il se peut qu'un espace soit à prévoir entre le mur coupe-feu en béton ou en maçonnerie et les systèmes structuraux en bois. L'ingénieur en structure doit coordonner le déplacement latéral différentiel avec l'ingénieur en sécurité incendie afin que ce dernier puisse évaluer l'incidence que ce déplacement peut avoir sur la performance des systèmes de protection incendie (tels que ceux définis précédemment).

Il est à noter qu'il est stipulé dans les lignes directrices de la RBQ que les murs coupe-feu doivent partir du sol et traverser tous les étages, y compris les étages en sous-sol du ou des bâtiments. Il n'est pas permis que le mur coupe-feu parte du plancher situé immédiatement au-dessus du garage de stationnement.

2.8. Mur de gaines (cages) d'ascenseur

La conception, la construction, l'installation et la transformation des ascenseurs doivent être conformes aux exigences stipulées aux sous-sections 3.5.2, 3.5.3 et 3.6.3 de la division B du Code. Ainsi, en l'absence de réglementations provinciales, territoriales ou municipales, la norme binationale ASME A17.1/CSA B44 [70] doit être suivie. Or, cette norme n'impose aucune restriction quant à l'utilisation d'un système structural en bois. Il est pratique courante de construire les gaines d'ascenseur à partir de béton ou de maçonnerie. Cependant, afin de limiter le retrait et le déplacement latéral différentiels, il est suggéré de considérer une option faisant appel au matériau bois.

Le tableau 3.5.3.1 de la division B du Code requiert que les gaines d'ascenseur fournissent un degré de résistance au feu d'au moins 1 heure. Pour sa part, le plancher devant former une séparation coupe-feu doit, lui aussi, fournir un degré de résistance au feu de 1 heure. Donc, selon l'annexe D-2.4 du Code, un mur porteur construit à partir d'éléments verticaux de bois massif (madriers) de dimension nominale de 38 x 140 mm (2 x 6 po) posés sur le chant est une option valide (figure 12). Un mur en CLT, dont le degré de résistance au feu est déterminé au paragraphe 2.2.4 du présent guide, est également une option valide (figure 13). Si un mur de bois massif est utilisé, les madriers verticaux doivent être fixés ensemble au moyen de clous ordinaires de 101 mm (4 po) espacés d'au plus 400 mm (16 po) entre axes et décalés dans le sens du fil du bois. Dans les deux cas, la résistance au feu de 1 heure assignée au mur de bois massif peut être majorée de 15 minutes lorsqu'un panneau de gypse de 12,7 mm (½ po) est utilisé du côté exposé au feu alors que celle calculée pour le CLT peut être majorée conformément aux spécifications stipulées dans le *Manuel sur le bois lamellé-croisé* publié par FPInnovations [43].

L'utilisation, conformément au Code, de panneaux de gypse ou de contreplaqué ignifugé peut être requise afin de répondre aux exigences d'indice de propagation de la flamme d'au plus 25 stipulées au tableau 3.1.13.2 de la division B du Code. Par ailleurs, lorsqu'un vide technique horizontal ou un vide de construction est situé au-dessus d'une séparation coupe-feu exigée, par exemple une paroi de gaine d'ascenseur, cette séparation coupe-feu doit comporter un prolongement équivalent dans le vide en question (se prolonger dans le comble ou entretoit, par exemple), conformément aux exigences de l'article 3.1.8.3 et au paragraphe 3.6.4.2.2) de la division B du Code.

Figure 12
Murs de cage
d'ascenseur construits
à partir de bois massif



Vue intérieure lors de la construction (photo : GHL Consultants Ltd.)

Figure 13
Murs de cage
d'ascenseur construits
à partir de bois
lamellé-croisé



a) Murs de cage d'ascenseur d'un bâtiment
construit en Angleterre
(photo : KLH)

b) Murs de cage d'ascenseur d'un bâtiment
construit au Québec
(photo : Nordic Bois d'ingénierie)

Rappelons que lorsqu'un mur d'ascenseur en béton ou en maçonnerie est utilisé, un retrait et un déplacement latéral différentiels sont à prévoir entre les éléments structuraux en bois et le mur d'ascenseur. L'ingénieur en structure doit coordonner ces mouvements différentiels avec l'ingénieur en sécurité incendie afin que ce dernier puisse évaluer l'incidence que ces mouvements peuvent avoir sur la performance des systèmes de protection incendie (tels que ceux définis au paragraphe 2.5 de ce guide). Il importe de rappeler qu'il est fondamental que l'intégrité des séparations coupe-feu soit conservée en tout temps.

2.9. Séparation spatiale et protection des façades

Le concept de séparation spatiale vise à assurer que les bâtiments soient suffisamment espacés les uns des autres afin que la probabilité de propagation d'un incendie par rayonnement, d'un bâtiment à un autre, soit réduite à un niveau acceptable. Les exigences de séparation spatiale et de protection des façades sont prescrites à la sous-section 3.2.3 de la division B du Code. Dans tous les cas, les concepteurs doivent s'assurer que les exigences de la sous-section 3.2.3 de la division B du Code permettent que les murs extérieurs soient d'une construction combustible. Dans le cas où le type de construction des façades de rayonnement doit être de construction incombustible, les concepteurs doivent ajuster le pourcentage de baies non protégées ou ajuster le positionnement du bâtiment afin qu'une construction combustible soit permise. Le revêtement extérieur doit cependant toujours être de matériaux incombustibles.

Par ailleurs, les exigences stipulées à cette sous-section 3.2.3 présument que les moyens de lutte contre l'incendie seront mis en œuvre dans les 10 minutes suivant l'allumage d'un feu et que ces moyens seront en mesure d'arroser les bâtiments voisins afin de conserver leur température en dessous de leur température d'allumage. Ces moyens de lutte contre l'incendie combattront également l'incendie dans le bâtiment, réduisant ainsi le rayonnement émis par le bâtiment incendié [69].

La capacité et l'efficacité du service d'incendie ainsi que leur impact sur le niveau de protection sont abordés à la sous-section 2.18 de ce guide. Les concepts de séparation spatiale et de protection des façades permettent de répondre aux exigences de contrôle du processus de combustion et de confinement du feu par la construction en lien avec les attributions [F03, F02 – OP3.1] des objectifs de la sous-section 3.2.3 de la division B du Code.

La séparation spatiale n'est pas toujours le meilleur moyen d'atteindre cet objectif. Ainsi, il est souvent plus économique et pratique, pour prévenir la propagation du feu entre les bâtiments, de combiner la séparation spatiale au nombre et à la taille des baies du mur extérieur [56].

2.10. Matériaux de couvertures

Afin de limiter la propagation par les brandons (flammèches) d'un incendie à un bâtiment voisin, des mesures de protection incendie supplémentaires sont apportées quant aux matériaux de couvertures. Il est présumé qu'un feu faisant rage sur une toiture située sous la limite de 25 m sera adéquatement contrôlé à partir des moyens de lutte contre l'incendie faisant appel à des moyens hydrauliques au sol. Ainsi, les matériaux de couverture doivent être de types A, B ou C.

La classification des matériaux de couverture, conformément à la norme ULC S107 [71], permet de répondre aux exigences de contrôle du processus de combustion en lien avec les attributions [F02 – OS1.2, OP1.2, OP3.1] des objectifs de la sous-section 3.1.15 de la division B du Code.

2.11. Façades sur rue et voies d'accès

Tous les bâtiments doivent être conçus pour donner sur au moins une rue pour que les pompiers puissent y accéder et y effectuer leurs tâches. Par ailleurs, tous les bâtiments de plus de 3 étages ou de plus de 600 m², sans égard au type de construction, doivent comporter des voies d'accès pour les véhicules des pompiers à la façade du bâtiment, où se trouve l'entrée principale, et à chaque façade du bâtiment comportant des ouvertures d'accès pour lutter contre l'incendie. Les exigences relativement aux façades sur rue et aux mesures de lutte contre l'incendie (voies d'accès) sont décrites à l'article 3.2.2.10 et à la sous-section 3.2.5 de la division B du Code.

Or, puisque les bâtiments concernés par ce guide sont d'une plus grande hauteur que celle traditionnellement permise dans le Code et que le même niveau de sécurité des occupants doit être maintenu, il est convenu qu'une augmentation du pourcentage du périmètre donnant accès aux pompiers leur permettra d'effectuer leurs tâches tout aussi adéquatement et efficacement. Ainsi, le Code requiert que le bâtiment donne sur au moins une rue. Les lignes directrices de la RBQ stipulent que pour pouvoir donner sur une rue, au moins 25 % de son périmètre doit être à moins de 15 m d'une rue. De plus, le bâtiment doit avoir une voie d'accès pour les services incendie localisée à au plus 2 m sous le niveau du premier étage.

Un accès adéquat aux services de lutte contre l'incendie permet de répondre aux exigences de l'extinction manuelle de l'incendie et de protection des occupants en lien avec les attributions [F12 – OS1.2, OS1.5, OP1.2] des objectifs de l'article 3.2.2.10 de la division B du Code.

2.12. Nombre de personnes

Le nombre de personnes d'une aire de plancher ou d'une partie d'aire de plancher d'un bâtiment d'habitation (logements) doit être déterminé à raison de deux (2) personnes par pièce où l'on dort, conformément à l'article 3.1.17.1 de la division B du Code.

Cette hypothèse du nombre de personnes par superficie de plancher permet de répondre à l'exigence de sécurité des occupants en lien avec les attributions [F10 – OS3.7] des objectifs de l'article 3.1.17.1 de la division B du Code.

2.13. Systèmes de détection et d'alarme incendie

Un système d'alarme incendie, à signal simple ou double, doit être installé dans tous les bâtiments d'habitation protégés par gicleurs automatiques, conformément aux exigences de la sous-section 3.2.4 de la division B du Code.

Le système d'alarme doit également être conçu de façon à ce que le service d'incendie soit averti qu'une alarme ou un signal d'alerte est déclenché et la liaison au service d'incendie doit se faire en conformité avec la norme ULC S561 [72].

Si un système d'alarme à double signal est installé, il doit y avoir du personnel de surveillance en nombre suffisant (au moins 3 personnes) en service capable d'appliquer les mesures à prendre en cas d'incendie. L'une des personnes doit être présente en tout temps au poste d'alarme et de commande.

Ces exigences de systèmes de détection et d'alarme incendie permettent de répondre à l'exigence de sécurité des occupants en lien avec les attributions [F11 – OS1.5] et [F13 – OS1.5, OS1.2, OP1.2] des objectifs de l'article 3.2.4.1 de la division B du Code.

L'article 3.2.7.8 de la division B du Code stipule des temps minimaux requis pour assurer la durée d'alimentation électrique de secours en cas d'incendie. De plus, il faut s'assurer que le type d'alimentation électrique de secours est suffisant pour permettre l'éclairage dans certains endroits où des pannes de courant de longue durée se produisent fréquemment, afin de garantir l'alimentation du courant électrique de secours pour la durée exigée. Il est convenu qu'une augmentation du temps d'alimentation électrique de secours permettra d'améliorer le niveau de sécurité en cas d'évacuation des occupants.

Ainsi, les lignes directrices de la RBQ requièrent qu'une source d'alimentation électrique de secours soit conçue et installée de manière à satisfaire automatiquement, en cas de panne de la source normale d'alimentation, aux besoins en électricité pendant au moins 1 heure.

De plus, les systèmes d'alarme incendie, y compris ceux qui comportent un réseau de communication phonique, doivent être reliés à une source d'alimentation électrique de secours capable de fournir une surveillance électrique pendant au moins 24 heures et, par la suite, l'alimentation de secours à pleine charge pendant au moins 1 heure.

L'augmentation du temps d'alimentation électrique de secours permet de répondre à l'exigence de sécurité des occupants en lien avec les attributions [F30 – OS3.1] et [F10 – OS3.7] des objectifs du paragraphe 3.2.7.4.1) ainsi que [F11 – OS1.5] et [F13 – OS1.5, OS1.2, OP1.2] du paragraphe 3.2.7.8.3) de la division B du Code.

2.14. Exigences relatives aux issues

Toute aire de plancher destinée à un usage quelconque doit être desservie par au moins 2 issues, conformément à la section 3.4 de la division B du Code. Puisque le bâtiment proposé est d'une superficie équivalant à 20 % de celle d'un bâtiment similaire de construction incombustible, cela signifie implicitement que moins d'occupants seront exposés si un incendie se déclare et, par conséquent, qu'ils auront de plus courtes distances à parcourir pour évacuer les lieux [73].

La conformité des issues permet de répondre à l'exigence de sécurité des occupants en lien avec les attributions [F10, F12, F05, F06 – OS3.7], [F12, F06 – OS1.2, OP1.2] des objectifs de l'article 3.4.2.1 de la division B du Code.

2.15. Tuyauterie combustible et filage électrique

Les tuyaux, les tubes et le filage électrique doivent être conformes aux exigences d'une construction incombustible, tel qu'il est prescrit à la sous-section 3.1.5 de la division B du Code.

2.16. Balcons extérieurs

Afin de limiter la propagation extérieure d'un feu d'un étage à un autre, les lignes directrices de la RBQ exigent que pour les bâtiments de 5 et 6 étages de construction combustible, le dessous des balcons extérieurs soit recouvert de matériaux incombustibles. Par ailleurs, l'utilisation de balcons autoportants devrait être privilégiée (figure 14). Des détails de conception peuvent être obtenus dans les divers guides techniques publiés par le Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois [14, 15, 74] et dans le *Manuel sur le bois lamellé-croisé* publié par FPInnovations [43].

Figure 14
Exemple de balcons
autoportants d'un
bâtiment de moyenne
hauteur



2.17. Garage de stationnement

Les murs et les planchers de garage de stationnement, qu'il soit sous-terrain ou non, doivent être d'une construction incombustible en béton ou en maçonnerie.

Par ailleurs, rappelons que si un mur coupe-feu est situé au-dessus d'un garage de stationnement en sous-sol, les lignes directrices de la RBQ stipulent que ce mur ne peut partir du plancher situé immédiatement au-dessus du garage de stationnement et doit ainsi se prolonger du plus bas niveau du garage de stationnement jusqu'au sommet du bâtiment.

2.18. Services incendie municipaux

Les exigences de la partie 3 de la division B, ainsi que celles décrites à la sous-section 2 de ce guide, supposent que des équipes d'intervention sont disponibles en cas d'incendie. Elles ont également été élaborées dans le Code en tenant compte d'une certaine capacité d'intervention des services municipaux en cas d'incendie, mais pas de façon uniforme ni en fonction de critères bien définis. Ces équipes d'intervention peuvent consister en un service public d'incendie composé de pompiers bénévoles ou de professionnels ou, dans certains cas, d'un corps de pompiers privé. Si un tel service d'incendie n'est pas disponible, des mesures de sécurité incendie supplémentaires peuvent être exigées ou le projet de construction peut être refusé.

L'emplacement géographique doit également être considéré. La fiabilité et la performance du service de protection incendie ne sont pas nécessairement les mêmes d'une municipalité à une autre (service de pompiers permanents comparativement aux pompiers volontaires, formation, équipement, distance, etc.). L'apport en eau pour combattre un incendie – par les gicleurs automatiques ou les pompiers – peut également influencer l'efficacité des services de protection incendie (service d'aqueduc, borne fontaine, pression, conduites, etc.) [75].

À cet effet, le ministère de la Sécurité publique du Québec a demandé aux autorités municipales d'analyser les risques présents sur leur territoire, afin de prévoir des mesures de prévention propres à réduire les probabilités qu'un incendie survienne (réduction de l'occurrence) et à planifier les modalités d'intervention propres à en limiter les effets néfastes lorsqu'il se déclare (réduction de l'impact). Trois dimensions ressortent de cet exercice, soit 1) l'analyse des risques, 2) la prévention et 3) l'intervention [76]. Ainsi, toutes les municipalités sont classées de « 1 » à « 10 » par le Service d'inspection des assureurs incendie (SIAI), où « 1 » représente la meilleure protection et « 10 » n'équivaut à aucune protection. Les ressources en eau, le type de service incendie, la sécurité et la prévention des incendies ainsi que les communications avec le service d'incendie influencent ce classement des municipalités.

C'est à la municipalité qu'incombe la responsabilité de définir les dimensions maximales des bâtiments sur son territoire en fonction de ses moyens d'intervention. Ainsi, dès la planification du projet, le service municipal de protection incendie et la municipalité doivent être consultés puisque ceux-ci peuvent demander des exigences supplémentaires ou réglementaires plus sévères sur leur territoire. Il est également fondamental d'obtenir une approbation du service municipal de protection incendie allouant la construction de ces bâtiments de moyenne hauteur sur leur territoire.

3. Partie 4 – Règles de calcul

Cette section du guide présente les exigences techniques liées à la performance structurale et aux règles de calcul des structures de bâtiments d'usage principal du groupe C (habitation) de moyenne hauteur (5 et 6 étages) construits à partir d'une construction combustible telle qu'une ossature légère en bois (de type plateforme), un système à poutres et colonnes en gros bois d'œuvre (y compris les bois d'ingénierie structuraux et le bois lamellé-collé), un système en bois lamellé-croisé (*cross-laminated timber* CLT), un système hybride (acier/bois/béton) ou une combinaison de ces systèmes. Il est à noter que les exigences du Code qui ne sont pas reliées spécifiquement au passage de 4 à 6 étages de la hauteur permise pour une construction combustible ne sont pas entièrement abordées dans cette section du guide et doivent être respectées dans tout projet.

L'objet de la partie 4 du Code est décrit à la sous-section 1.3.3 de la division A du Code. Les bâtiments visés dans ce guide possèdent une hauteur supérieure à 3 étages et une aire de bâtiment supérieure à 600 m². Ainsi, les règles de calcul établies dans la partie 4 de la division B du Code doivent être appliquées.

Par ailleurs, conformément à l'article 4.3.1.1 de la division B du Code, le calcul des charpentes en bois doit être conforme à la version 2001 de la norme CSA O86 [77]. Or, la version 2009 de la norme CSA O86 [78], déjà référée dans le Code national du bâtiment du Canada 2010 [33, 28], fournit de plus amples données sur la résistance latérale et le comportement des bâtiments à ossature de bois (murs de refend et diaphragmes cloués). Pour les bâtiments conçus selon ce guide, les ingénieurs doivent utiliser la plus récente version de la norme CSA O86.

De plus, contrairement à la partie 3 de la division B du Code où les exigences techniques et niveaux de performance sont en grande majorité de natures normative et qualitative, les exigences techniques et niveaux de performance de la partie 4 de la division B du Code sont essentiellement axés sur la performance et sur la fiabilité (c.-à-d. une approche préconisée par le calcul aux états limites). Ainsi, les concepteurs possèdent une plus grande latitude de conception quant à l'atteinte des objectifs du Code.

3.1. Charges de calcul

L'article 4.1.1.3 du Code stipule que les éléments structuraux d'un bâtiment doivent être conçus de manière à présenter une résistance et une intégrité structurale suffisantes pour supporter effectivement et en toute sécurité les charges, effets des charges et autres sollicitations pouvant être raisonnablement prévues durant la vie utile du bâtiment.

Entre autres, les bâtiments et leurs éléments structuraux doivent être conçus pour garantir la résistance ultime (résistance et stabilité) ainsi que leur tenue en service (déformation et vibration).

Les plans soumis par l'ingénieur en structure et par l'ingénieur du fournisseur de composants structuraux doivent indiquer clairement les charges appliquées aux éléments structuraux pour le type de bâtiment proposé et pour l'emplacement prévu.

3.1.1. Charges permanentes

Les charges permanentes doivent inclure l'ensemble des charges demandées à la sous-section 4.1.4 du Code. Les charges permanentes doivent également inclure le poids connu ou prévu des cloisons, sans toutefois être inférieures à 1 kPa.

3.1.2. Surcharges attribuables à l'usage

Les surcharges attribuables à l'usage doivent inclure l'ensemble des surcharges mentionnées à la sous-section 4.1.5 du Code, y compris les surcharges concentrées en tous points, comme indiquées à l'article 4.1.5.10 du Code.

3.1.3. Surcharges climatiques (neige, pluie et vent)

Les surcharges attribuables à la neige et à la pluie doivent être calculées en suivant les exigences fournies à la sous-section 4.1.6 du Code. Les surcharges attribuables au vent sont calculées en suivant la sous-section 4.1.7 du Code.

3.1.4. Système de résistance aux forces sismiques (SRFS)

Les éléments structuraux des bâtiments doivent être conçus pour résister à l'effet le plus critique déterminé selon les charges latérales attribuables au vent et les charges attribuables aux séismes. Toutefois, selon le Code, le système de résistance aux forces latérales doit également être conçu en tenant compte des charges et des effets attribuables aux séismes, conformément à la sous-section 4.1.8 du Code.

Ainsi, la transmission des charges attribuables aux séismes doit être clairement définie lors du calcul des structures. Le système de résistance aux forces sismiques (SRFS) doit également être clairement défini aux plans de l'ingénieur (c.-à-d. les types de SRFS et le cheminement des forces jusqu'aux fondations).

Ce système de résistance est la partie structurale qui, dans les calculs, offre la résistance exigée aux effets et aux forces attribuables aux séismes. La conception du SRFS tient compte de plusieurs facteurs comme l'emplacement, le type de sol et la configuration de la structure. Un paramètre essentiel au calcul des

forces sismiques tient compte de la ductilité du SRFS (R_d) et de sa surrésistance (R_o). Ces deux paramètres sont les coefficients de modification de force liés à la ductilité et à la surrésistance du SRFS. Les valeurs R_d et R_o , ainsi que les restrictions (c.-à-d. la hauteur du SRFS) qui s'appliquent, sont fournies au tableau 4.1.8.9 du Code. Les hauteurs maximales pour des SRFS en bois, conçus selon la norme CSA O86, peuvent être de 15 m, 20 m et 30 m, selon le type de système utilisé, la zone sismique et selon certaines autres restrictions. Également, pour des zones sismiques peu actives, notamment où $I_E \cdot F_a \cdot S_a(0,2)$ est inférieur à 0,35, aucune limite n'est normalement attribuée aux SRFS.

3.2. Objectifs et exigences de calcul selon la norme CSA O86-09

La norme CSA O86-09, *Règles de calcul des charpentes en bois*, doit être la norme de référence lors de la conception d'éléments et de systèmes de construction pour des bâtiments en bois de 5 ou 6 étages. Cette norme inclut de nouvelles dispositions importantes qui se retrouvent dans le Code national du bâtiment du Canada (CNBC) 2010 [33]. Pour cette principale raison, le CNBC 2010 est également utilisé comme source pour la section 3 – Règles de calcul du présent guide.

La norme CSA O86-09 vise à garantir de manière acceptable qu'une charpente en bois conçue selon les exigences prescrites dans cette norme pourra convenir de façon sécuritaire à l'usage prévu. La charpente convient à l'usage prévu si elle-même, ses composants et ses assemblages sont conçus de manière à satisfaire aux exigences de calculs stipulées à l'article 3.3, *Exigences de calculs*, ainsi qu'aux articles 4.1.2 et 4.1.3, *États limites ultimes* et *États limites d'utilisation* respectivement.

3.2.1. Bois de sciage

La section 5 de la norme CSA O86-09 traite du bois de sciage. Les données et les méthodes de calcul prescrites dans ce chapitre ne s'appliquent qu'au bois de charpente satisfaisant à la norme CAN/CSA O141-05 [79].

3.2.2. Bois lamellé-collé et de charpente composite

La section 6 de la norme CSA O86-09 traite du bois lamellé-collé. Les résistances, méthodes et données de calcul prescrites dans cette section de la norme ne s'appliquent qu'au bois lamellé-collé fabriqué conformément à la norme CSA O122 [80].

Toutefois, les éléments de bois lamellé-collé évalués par le Centre canadien des matériaux de construction (CCMC) sont considérés comme interchangeables avec le bois lamellé-collé CSA O122. Également, les produits de charpente composite (*Structural Composite Lumber SCL*) évalués par le CCMC, comme le LVL, le PSL et le LSL, sont également acceptés et doivent être conçus selon les exigences de la sous-section 13.3 de la norme CSA O86-09.

En fait, pour être conformes aux exigences du Code, les produits structuraux doivent répondre à une norme de produit publiée dans le Code. Dans ce cas, on parlera de produits normalisés puisqu'il existe déjà une norme pour ces produits. Dans le cas de produits novateurs, ou exclusifs, pour lesquels il n'existe pas de normes directement applicables, les autorités compétentes doivent demander une évaluation afin de s'assurer qu'ils soient conformes aux exigences du Code. Afin de faciliter le travail des autorités compétentes, le CCMC effectue habituellement cette évaluation de conformité et publie un rapport d'évaluation des produits.

De plus, la fabrication et le contrôle de la qualité des produits structuraux doivent être vérifiés périodiquement par un organisme indépendant de certification. Cette évaluation, combinée à la certification, consiste notamment à s'assurer que les matériaux qui entrent dans la fabrication des produits novateurs, l'adhésif utilisé et le programme de contrôle de la qualité sont conformes aux exigences des normes applicables.

3.2.3. Bois lamellé-croisé (CLT)

Le bois lamellé-croisé (CLT) n'est pas encore inclus dans la norme CSA O86. Cependant, le processus d'incorporation du CLT dans la future édition 2014 de la norme est déjà entamé.

Néanmoins, l'article 3.3.2 de la norme CSA O86-09, *Concepts de calculs ou de construction nouveaux ou spéciaux*, permet l'utilisation de ce type de produit ou de système structural. En effet, on peut faire appel à des concepts de construction nouveaux si ces concepts sont fondés sur des principes d'ingénierie et d'analyse ou sur des données fiables, ou une combinaison des deux, et s'ils assurent la sécurité et l'aptitude à l'emploi des charpentes ainsi conçues.

Dans le cas du CLT, la science est accessible et à jour. Entre autres, l'édition canadienne du *Manuel sur le bois lamellé-croisé* [43] présente l'ensemble des principes d'ingénierie et d'analyse requis pour la conception. Ce manuel, préparé par FPInnovations et ses collaborateurs de recherche provenant des centres techniques et des universités internationales les plus engagés dans l'introduction du CLT en Europe depuis 20 ans, comprend le calcul des structures (y compris la performance sismique et les assemblages), le comportement au feu, le contrôle des vibrations de planchers, l'acoustique, l'enveloppe du bâtiment et les caractéristiques environnementales du CLT.

Finalement, depuis décembre 2011, la production du CLT est soumise à la norme nord-américaine de produit ANSI/APA PRG 320-2012, *Standard for Performance-Rated Cross-Laminated Timber* [44]. En vertu de cette norme, les produits fabriqués doivent être évalués par une tierce partie afin de valider la conformité des valeurs de résistance prévues et du contrôle de la qualité de la fabrication. Les propriétés physiques et mécaniques du CLT sont fournies par les manufacturiers et sont en lien avec la norme ANSI/APA PRG 320-2012 et avec les procédures établies dans l'édition canadienne du *Manuel sur le bois lamellé-croisé* [43].

3.2.4. Structures résistantes aux charges latérales

La section 9 de CSA O86-09 traite des structures résistantes aux charges latérales. Les dispositions de l'article 9.3, *Calcul des murs de refend et des diaphragmes*, touchent exclusivement les murs de refend et les diaphragmes constitués de panneaux de refend cloués, avec un revêtement en panneaux minces structuraux en bois (contreplaqué et OSB), en panneaux de gypse et en planches de bois assemblées en diagonale.

D'autres méthodes d'analyse fondées sur la résistance latérale pondérée des clous, pointes ou boulons afin d'assurer la ductilité, et sur la résistance pondérée des matériaux visés par cette norme peuvent aussi être utilisées s'il est démontré qu'elles sont fondées sur des principes de mécanique reconnus.

3.2.5. Flexion des diaphragmes en bois

La flexion statique latérale à mi-portée d'un diaphragme en appui simple avec entremises, revêtu de panneaux minces en bois et construit selon les articles 9.5.3 à 9.5.5 de CSA O86-09, peut être calculée à l'aide de l'équation fournie à la sous-section 9.7.2 de cette même norme.

Toutefois, le calcul de la flexion statique latérale d'un diaphragme construit autrement que selon les spécifications des sous-sections 9.5.3 à 9.5.5 (p. ex. : CLT ou platelage de bois lamellé-collé) doit être appuyé par d'autres méthodes si elles sont fondées sur des principes d'analyse admis en ingénierie ou sur des données d'essais fiables, ou les deux. Il est à noter que plusieurs configurations de diaphragmes construits à l'aide de platelage épais (p. ex. : CLT et bois lamellé-collé) ont été évaluées par FPInnovations; les rapports seront disponibles sous peu. Pour le CLT, de plus amples renseignements sont également disponibles dans l'édition canadienne du *Manuel sur le bois lamellé-croisé* [43].

3.2.6. Flèche des segments de mur de refend

Le calcul de la flèche statique des segments de mur de refend avec entremises revêtu de panneaux minces en bois et construit selon les articles 9.5.3 à 9.5.5 de CSA O86-09 peut être effectué à l'aide de l'équation fournie à la sous-section 9.7.1.1 de cette même norme. Pour les segments de mur de refend sans entremises, la flèche peut être calculée à l'aide de l'équation fournie à la sous-section 9.7.1.2.

Toutefois, le calcul de la flexion statique latérale d'un système de refend en bois construit autrement que selon les spécifications des sous-sections 9.5.3 à 9.5.5 (p. ex. : CLT, SCL) doit être appuyé par d'autres méthodes si elles sont fondées sur des principes d'analyse admis en ingénierie ou sur des données d'essais fiables, ou les deux. Il est à noter que plusieurs configurations de murs de refend construits à l'aide de CLT ont été évaluées récemment par FPInnovations. Les recommandations sont présentées dans l'édition canadienne du *Manuel sur le bois lamellé-croisé* [43].

3.2.7. Considérations spéciales relativement au calcul parasismique des murs de refend et des diaphragmes selon le Code

3.2.7.1. Évaluation des forces sismiques

Les niveaux de force sont établis conformément à l'une ou l'autre des trois méthodes suivantes :

- 1) Calcul des forces selon l'article 4.1.8.11.2) du Code en utilisant T_a établi selon 4.1.8.11.3)c);
- 2) Calcul des forces selon l'article 4.1.8.11.2) du Code en utilisant T_a établi selon les méthodes d'ingénierie mécanique, avec T_a n'excédant pas la valeur admise à l'article 4.1.8.11.3)d)iii) du Code avec les forces multipliées par 1,2; et
- 3) Calcul des forces par analyse dynamique linéaire conformément à l'article 4.1.8.12 du Code. Cette méthode doit inclure le multiplicateur 1,2 et V_d en utilisant 100 % V .

Les forces relatives au calcul parasismique des murs de refend et des diaphragmes doivent être déterminées sur la base des méthodes et des valeurs correspondantes de R_d et de R_o prescrites dans le Code au tableau 4.1.8.9 ou dans l'édition canadienne du *Manuel sur le bois lamellé-croisé* [43], pour les systèmes de refend en CLT. Également, l'article 4.1.8.9.5) du Code stipule que s'il est possible de démontrer par des essais, des recherches et des analyses que le comportement sismique d'un système structural est au moins équivalent à l'un des types de SRFS mentionnés au tableau 4.1.8.9 du Code, alors il est permis d'utiliser pour ce système les valeurs de R_d et R_o correspondant au type de SRFS équivalent. Cet article a été utilisé dans le cas des murs en CLT.

3.2.7.2. Conception

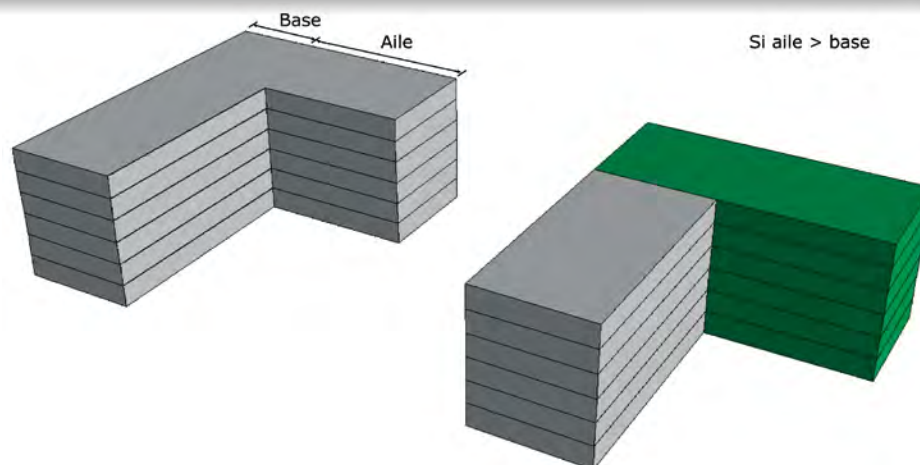
La conception des murs de refend et des diaphragmes doit s'effectuer en suivant les règles suivantes (source principale : [8]) :

- a) Les articles 9.8.2 à 9.8.6 de CSA O86-09 visent les bâtiments érigés dans les zones sismiques où la valeur du produit de $I_E \cdot F_a \cdot S_a(0,2)$ déterminé conformément au Code est égale ou supérieure à 0,35. L'article 9.8.7 de CSA O86-09 s'applique aux bâtiments où la valeur de ce produit est inférieure à 0,35;
- b) Pour les besoins du paragraphe 4.1.8.9.1) du Code concernant les limites de hauteur, la hauteur des systèmes de résistance aux forces sismiques (SRFS) s'entendra de la distance verticale depuis le rez-de-chaussée jusqu'au centre de masse du toit. Dans le cas des rez-de-chaussée inclinés, il y a lieu d'utiliser l'élévation moyenne. Note : cette définition est fondée sur l'hypothèse selon laquelle toute structure sous le rez-de-chaussée est une grande caisse de béton dont les quatre côtés sont des murs rigides;
- c) Aucune irrégularité sismique de type 4 et type 5, selon la définition de ces irrégularités donnée à l'article 4.1.8.6 du Code, n'est admise dans la partie du bâtiment à ossature de bois où le facteur $I_E \cdot F_a \cdot S_a(0,2)$ déterminé conformément au Code est égal ou supérieur à 0,35. Là où les irrégularités

de types 4 et 5 sont admises, il faut appliquer les principes selon la méthode du calcul par capacité pour assurer le transfert des forces de cisaillement jusqu'à la base. Les bâtiments affichant de telles irrégularités sont plus susceptibles de compter des étages « faibles » ;

- d) Afin de limiter les efforts de torsion, les bâtiments dont les plans en « L », « T », « E » et autres plans similaires, où la longueur des ailes est supérieure à la largeur de la base, devraient être séparés en sections rectangulaires sans coins rentrants de diaphragmes (figure 15) ;

Figure 15
Exemples de configuration recommandée pour un bâtiment en « L »



- e) Le calcul des déformations latérales d'un bâtiment est obligatoire. Ce calcul doit comprendre les effets progressifs de la flexion des murs de refend ainsi que les effets cumulatifs en rotation de niveaux plus bas en plus du calcul de la déformation des étages ;
- f) L'article 4.1.8.11 du Code permet l'utilisation d'une méthode rationnelle pour le calcul de la période latérale du mode fondamental et son utilisation, sous réserve de certaines limites, pour calculer le cisaillement à la base. Les études du groupe de travail qui a collaboré à la rédaction du document de l'APEGBC [8] ont révélé que l'utilisation de la période calculée entraîne habituellement une période 2 fois plus élevée que la période calculée empiriquement selon l'alinéa 4.1.8.11.3)c) du Code pour les bâtiments de 5 et 6 étages. Le cas échéant, le double de la valeur de la période calculée peut être utilisé pour calculer le cisaillement à la base, conformément au sous-alinéa 4.1.8.11.3)d)iii) du Code. La période issue de l'application de la méthode rationnelle peut être utilisée pour déterminer les forces pour le calcul de la déformation conformément au sous-alinéa 4.1.8.11.3)d)iv) du Code ;

Cette démarche est recommandée étant donné que l'utilisation d'une période calculée empiriquement engendre des forces conservatrices de cisaillement à la base. La formule pour le calcul de la période selon le Code est issue de l'examen de structures de refend de béton. Il est probable qu'une structure de refend en bois normale ne puisse satisfaire aux limites de déformation et que ses membrures seront soumises à de grandes forces de compression et d'ancrage si les forces de cisaillement du bâtiment sont déterminées selon la période calculée de façon empirique ;

- g) Étant donné que la déformation des clous dans un mur de refend conventionnel est non linéaire (en fonction de la charge), la détermination de la flexion du bâtiment et de la période sera un processus itératif. Il y a donc lieu d'estimer les forces, de procéder à la conception, de calculer les valeurs de flexion, de déterminer la période, de calculer les forces en fonction de la période, de revoir la conception et de répéter le processus jusqu'à la convergence ;
- h) La répartition initiale des forces latérales sur les murs de refend devrait être fondée sur la présence présumée d'un diaphragme flexible. Il faut ensuite répartir les forces latérales en fonction d'un diaphragme rigide, y compris les effets de la torsion. Si la force agissant sur un mur est augmentée de plus de 15 % en raison de la modification apportée aux hypothèses concernant les diaphragmes flexibles et rigides, la conception de tous les murs devrait alors tenir compte des forces d'enveloppe en lien avec les deux hypothèses de diaphragmes – rigides et flexibles ;
- i) La conception des diaphragmes doit respecter les dispositions de l'article 4.1.8.15 du Code, y compris les modifications de l'article 9.8 de la norme CSA O86-09. Il faut donc prévoir les membrures, les collecteurs et les éléments de transfert afin de prévoir le transfert complet des charges. Porter une attention particulière au transfert des forces autour des ouvertures et des discontinuités ;
- j) Utiliser des dispositifs de compensation du retrait disponibles sur le marché pour l'ancrage des murs de refend à ossature (figure 16). Présenter les données techniques sur les plans de structure ;



Figure 16
Exemples d'ancrages
de retenue verticaux
et latéraux d'un mur
de refend

- k) Dans le cas des structures à ossature de bois supportées par une structure en béton, la conception des connexions pour le cisaillement et du moment, entre les murs de refend à ossature de bois et la dalle de béton, doit être établie selon la méthode du calcul par capacité. Cela signifie que les moments et les forces de cisaillement appliqués sur la structure de soutien doivent être fondés sur des capacités calculées avec les valeurs suivantes : $\phi_w = 1,0$ et $\phi_s = 1,25$. Selon la méthode du calcul par capacité, les déformations inélastiques doivent être concentrées dans des éléments ductiles du système de résistance aux charges latérales.

3.2.7.3. Détails

Les détails des diaphragmes et des murs de refend doivent respecter les dispositions des articles 9.5 et 9.6 de la norme CSA O86-09 avec une attention particulière portée aux connexions et aux transferts de charge conformément à l'article 9.8 intitulé *Considérations relatives au calcul parasismique des murs de refend et des diaphragmes*.

Pour les diaphragmes et les murs de refend autres que ceux décrits dans CSA O86-09, comme le CLT, le SCL ou le bois lamellé-collé, se référer au fabricant ou à l'édition canadienne du *Manuel sur le bois lamellé-croisé* [43]. Pour les diaphragmes faits à partir de platelage de madrier en bois lamellé-collé, se référer au manufacturier ou à FPIinnovations.

3.3. Systèmes hybrides

3.3.1. Assise en béton supportant une ossature de bois (construction de type podium)

La construction de type podium offre normalement deux possibilités pour des bâtiments totalisant un maximum de 6 étages :

- 1) un premier étage en béton avec 5 étages en bois au-dessus (figure 17) ;
- 2) deux premiers étages en béton avec 4 étages en bois au-dessus.

Outre les exigences abordées précédemment, certaines restrictions et recommandations pour ce type de construction sont à considérer, dont :

- a) La hauteur du plancher de l'étage supérieur ne doit pas dépasser 18 m par rapport au niveau moyen du sol ;
- b) Le SRFS en béton doit avoir un produit $R_d R_o$ égal ou inférieur au produit $R_d R_o$ du SRFS en bois situé au-dessus ;
- c) La conception de systèmes mixtes en béton et en bois peut être effectuée au moyen de la méthode d'analyse statique en deux étapes pourvu que les critères suivants soient respectés :
 - i. Les structures supérieures (bois) et inférieures (béton) sont de conception courante ;
 - ii. La rigidité moyenne de l'étage inférieur (béton) est au moins 10 fois supérieure à celle des étages supérieurs (en bois) ;
 - iii. La période de la structure dans son ensemble n'est pas plus de 1,1 fois supérieure à celle de la partie en ossature de bois du bâtiment, en supposant que celle-ci soit une structure distincte ancrée sur la partie en béton.

- d) La méthode d'analyse statique est conçue en deux étapes :
- i. La partie supérieure flexible est conçue en tant que structure distincte supportée latéralement par la partie inférieure rigide en utilisant les valeurs appropriées pour R_d et R_o ;
 - ii. La partie inférieure rigide en béton est conçue en tant que structure distincte en utilisant les valeurs appropriées pour R_d et R_o . Les réactions de la partie supérieure seront celles qui sont issues de l'analyse de la partie supérieure amplifiées par le rapport de $R_d R_o$ de la partie supérieure sur le $R_d R_o$ de la partie inférieure.

Par ailleurs, une analyse dynamique complète peut être utilisée pour le calcul de la période et des forces. Pour une charpente à ossature légère, il s'agira d'un processus itératif en raison de la flèche attribuable à la déformation des clous influant sur la rigidité des murs de refend en bois.



Figure 17
Construction de type podium à Portland, en Oregon
(photo : Walsh Construction)

3.3.2. Autres systèmes de résistance aux forces sismiques

Parmi les systèmes de résistance aux forces sismiques qui n'utilisent pas le bois, signalons les systèmes de contreventement en acier et les murs de refend en béton ou en maçonnerie. Leur utilisation, cependant, exige de prendre en compte le retrait différentiel du bois et ils doivent être conçus en utilisant leurs normes respectives.

3.4. Conception du bâtiment en tenant compte de la déformation des composants

3.4.1. Raccourcissement des bâtiments

La conception globale des bâtiments en bois de 5 et 6 étages doit tenir compte du raccourcissement total et du raccourcissement différentiel de la charpente en bois. Le raccourcissement peut découler du retrait du bois en raison des changements de la teneur en humidité, du tassement potentiel dans l'ossature de bois (p. ex. : imperfection), de la déformation causée par le fluage des poutres (p. ex. : charges permanentes élevées), de la compression perpendiculaire au fil du bois, de l'affaissement des connecteurs à la suite de l'application des charges, etc.

En l'absence d'une analyse plus affinée, le concepteur devrait prévoir un raccourcissement potentiel total d'une ossature à plate-forme conventionnelle de 20 mm ($\frac{3}{4}$ po) par étage (source : [8]). Pour une ossature poteau-poutre en gros bois d'œuvre ou bois lamellé-collé, calculer un retrait en fonction du système choisi (p. ex. : poteaux continus ou poteaux reposant sur poutres à chaque étage). Pour une charpente en CLT, calculer le retrait en fonction du système choisi (c.-à-d. plate-forme ou claire-voie). Se référer au fabricant pour plus de données.

Par ailleurs, la conception doit tenir compte du raccourcissement différentiel des bâtiments. Cela est particulièrement important dans les cas où le raccourcissement différentiel pourrait avoir des effets néfastes, notamment entre des membrures adjacentes, engendrer des inclinaisons de planchers inappropriées (porter une attention particulière aux porte-à-faux) ou encore sur les systèmes de gicleurs. Les connexions doivent également être validées pour tenir compte de ces rotations potentielles.

Finalement, pour calculer les flèches des murs de refend comprenant des compensateurs de retrait, il n'est pas nécessaire d'inclure la déformation par retrait dans les calculs de déformation en rotation.

3.4.2. Classes de retrait des matériaux pour bâtiments à ossature de bois (source principale : [8])

Afin de limiter le retrait global des bâtiments à ossature de bois du type plate-forme, 3 types de matériaux sont présentés avec leur teneur en humidité respective :

Type 1 : Teneur en humidité (TH) – Aucune limite : pas acceptée en construction selon le Code

- a) Aucune limite de la TH ;
- b) Bois de sciage ou système d'ossature en bois transformé selon un processus qui ne prévoit pas le contrôle de la TH des produits du bois livrés au chantier.

Type 2 : TH ≤ 19 %

- a)** Bois d'œuvre séché au séchoir ou équivalent à un taux maximal de 19 % et identifié comme tel. TH maximale de 19 % au moment de la livraison sur le chantier ou lors de la fabrication de systèmes préfabriqués ;
- b)** Bois de sciage ou systèmes d'ossature manufacturés, y compris les panneaux de contreplaqué/OSB, le bois de charpente composite (LVL, LSL, PSL, OSL), les poutrelles en bois et les produits similaires dont la TH est contrôlée en usine et à la livraison.

Type 3 : TH ≤ 12 %

- a)** Bois d'œuvre séché au séchoir ou équivalent à un taux maximal de 12 % et identifié comme tel. TH maximale de 12 % au moment de la livraison sur le chantier ou lors de la fabrication de systèmes préfabriqués ;
- b)** Bois de sciage ou systèmes d'ossature manufacturés, y compris les panneaux de contreplaqué/OSB, le bois de charpente composite (LVL, LSL, PSL, OSL), les poutrelles en bois et les produits similaires dont la TH est contrôlée pour les produits du bois livrés et dont la performance au retrait est égale ou supérieure à a) ci-dessus (c.-à-d. retrait potentiel égal ou inférieur).

3.4.3. Contrôle de la qualité et garantie de la TH pour les matériaux

Dans les cas où on a recours à des éléments de **type 2** ou **type 3** pour limiter le retrait des bâtiments à ossature de bois, il faut fournir des certificats de production du fabricant ou une preuve (estampille) de vérification de la TH sur le chantier au moment de la livraison des matériaux. Il est recommandé que le devis prévoie l'inspection des matériaux par les professionnels.

Il est également recommandé de traiter les extrémités des membrures ou d'utiliser un autre moyen de protection contre l'absorption d'humidité durant leur entreposage, manutention et installation, et ce, jusqu'à leur protection permanente dans la construction. Il est finalement recommandé que les poutres et colonnes soient enveloppées pour les protéger contre les éléments durant leur entreposage, leur manutention et leur installation, et ce, jusqu'à leur protection permanente dans la construction.

3.4.4. Sélection des matériaux pour la construction à ossature légère de bois (source principale : [8])

Les matériaux mentionnés ci-après sont exigés pour la construction à ossature de bois conventionnelle du type plate-forme :

- a)** Matériaux de **type 2** pour les poteaux d'ossature et les lisses et sablières sur toute la hauteur ;
- b)** Pour les bâtiments excédant 4 étages, il faut utiliser des matériaux de **type 2** (ou **type 3**) pour les 2 étages supérieurs et le toit. Pour les étages inférieurs (maximum de 4), sauf pour les poteaux d'ossature et les lisses et sablières, utiliser des matériaux de **type 3** ou meilleurs.

3.4.5. Options de conception pour limiter le retrait différentiel dans une ossature légère de bois

Afin de limiter le retrait différentiel, les éléments d'un plancher ou de systèmes adjacents devraient afficher les mêmes caractéristiques de retrait en l'absence de dispositions qui tiennent compte du raccourcissement différentiel entre des éléments adjacents.

Également, les poutres doivent être du même type de matériau que les éléments de plancher secondaires dont le taux de retrait est connu ; sinon, indiquer les détails permettant de tenir compte du retrait différentiel de matériaux différents.

3.4.6. Tassement et retrait différentiel

Il faut prendre toutes les mesures jugées nécessaires pour tenir compte des tassements potentiels. Il faut prévoir un certain jeu pour tenir compte des tassements globaux et différentiels. À titre d'exemple, prendre en compte le raccourcissement axial pour :

- a) les blocages de plancher ;
- b) les connecteurs en acier ;
- c) les colonnes ou poutres en acier ou en béton ;
- d) les blocs de béton, la maçonnerie ou les murs en béton ;
- e) les matériaux de finition qui empêchent le retrait (p. ex. : les parements en brique) ;
- f) la plomberie et la mécanique (p. ex. : le système de gicleurs automatiques) ;
- g) les portes et les fenêtres (p. ex. : au niveau des fondations en béton) ;
- h) les systèmes porteurs en bois adjacents à des éléments structuraux ou non structuraux en acier, en béton ou en maçonnerie ;
- i) une ossature légère en bois et une ossature poteau-poutre en bois, CLT ou autres matériaux et systèmes.

3.4.7. Conditions ambiantes

Lors du calcul du retrait potentiel d'une construction en bois, il faut prendre en compte les variations de la TH attribuables aux diverses conditions d'exposition pendant et après la construction. Par exemple :

- a) Le retrait d'un élément de charpente intérieure exposé à la chaleur des deux côtés sera plus prononcé qu'un élément de charpente de mur extérieur exposé à la chaleur (ou à l'environnement extérieur) sur un côté seulement ;
- b) Le retrait de charpentes de murs extérieurs exposés des deux côtés à l'environnement sera plus important que le retrait de charpentes de murs dont un côté est exposé à l'intérieur ;
- c) Une attention particulière doit être portée aux charpentes de balcons complètement exposées aux conditions extérieures. Il n'est pas recommandé d'utiliser les poutrelles ou le CLT en porte-à-faux pour fabriquer les balcons extérieurs.

3.4.8. Fluage

Il faut tenir compte dans la conception de la déformation attribuable au fluage des éléments de la structure du bâtiment qui sont constamment exposés à des conditions d'humidité ou encore assujettis à de fortes charges où les charges à long terme excèdent le double du poids propre des planchers.

3.5. Dessins de structure et documents connexes

Outre les exigences énumérées au Code en matière de dessins techniques (voir section 2.2.4 de la division C du Code), les renseignements énumérés ci-après sont exigés dans les documents de conception structurale d'un bâtiment en bois de 5 et 6 étages.

3.5.1. Systèmes de résistance aux charges gravitaires

Les points suivants doivent apparaître sur les dessins de structure :

- a) Paramètres généraux : les dessins doivent comprendre l'illustration complète de la répartition des charges de gravité, c'est-à-dire les surcharges liées à l'usage (réparties uniformément et concentrées) et les charges permanentes. On peut exiger des plans repères montrant les charges en présence pour décrire adéquatement la répartition des charges sur les planchers. En ce qui a trait aux toits, il faut inclure les diagrammes de charges de neige illustrant, notamment, l'accumulation, le glissement, les noues, etc. Il faut éviter de laisser le calcul des charges de neige à des tiers, par exemple les fabricants de fermes de toit ;
- b) Les spécifications et les normes concernant les revêtements structuraux, le bois d'œuvre, le bois lamellé-collé, le bois lamellé-croisé (CLT), les produits du bois d'ingénierie (normalisés ou exclusifs), les produits de traitement des matériaux, les matériaux de renfort, les fixations en acier, les boulons d'ancrage et autres éléments de quincaillerie ou autres matériaux entrant dans la construction du bâtiment ;
- c) La disposition et l'espacement des solives, des poutres et des fermes. Pour les toits, montrer la disposition globale des fermes maîtresses et secondaires. Important : la disposition des solives, poutres et fermes de toit ne peut être modifiée en aucun cas sans une permission écrite de l'ingénieur responsable de la conception ;
- d) Les dimensions des fermes, les détails des éléments porteurs et des connexions, les détails des fourrures (blocages) aux murs, colonnes, etc. Les détails des éléments de refend sous-jacents doivent aussi apparaître ;
- e) Les dimensions des poutres ainsi que les connexions et les éléments de support connexes ;
- f) Les dimensions du revêtement structural de plancher et de toit, la disposition des panneaux et les modèles de clouage/vissage (types, longueurs, pénétration minimale, espacement, etc.) ;
- g) Les flux de cisaillement autour des ouvertures et à la jonction des murs de refend ;
- h) Les éléments des murs et les poteaux, y compris les détails de leur support ;

- i) Les détails des connexions plancher-plancher relatives aux charges de gravité ; et
- j) Les détails des connexions des éléments porteurs aux fondations en béton.

3.5.2. Systèmes de résistance aux forces latérales (vent et séisme)

Les points suivants doivent apparaître sur les dessins de structure :

- a) Paramètres généraux : les dessins doivent comprendre l'illustration complète de la répartition des charges latérales, c'est-à-dire les données pour le vent (y compris les diagrammes), les données sismiques, les caractéristiques de l'emplacement, la catégorie de risque, le type de SRFS, le coefficient de modification de force liée à la ductilité du SRFS, R_d et le coefficient de modification de force de surrésistance, R_o ;
- b) Caractéristiques intrinsèques du bâtiment : période de conception du bâtiment dans chaque direction pour les charges sismiques et les calculs de déformation ;
- c) La force de calcul sismique latérale agissant à la base de la structure et aux étages dans les deux directions ;
- d) Les prévisions de la flèche horizontale du bâtiment attribuable aux charges de vent et aux charges sismiques ;
- e) Les détails des systèmes de résistance aux forces latérales (p. ex. : murs de refend, contreventement, etc.) sur les dessins, sans égard au calcul des charges de gravité. On peut cependant indiquer la disposition des murs de refend ;
- f) Les élévations des murs de refend et les détails du transfert de cisaillement, les modèles de clouage/vissage (types, longueurs, pénétration minimale, espacement, etc.), y compris les ouvertures. Les configurations des murs de refend (orientation/direction des panneaux de revêtement) doivent correspondre aux hypothèses de calcul de l'ingénieur ;
- g) Les spécifications et les normes concernant les revêtements structuraux, le bois d'œuvre, les produits du bois d'ingénierie (normalisés ou exclusifs), les fixations en acier, les ancrages de retenue et dispositifs d'ancrage, les boulons d'ancrage à la fondation, etc. ;
- h) Les détails des connexions, connecteurs métalliques, détails des jambes de force, etc. ;
- i) La disposition générale et les détails des dispositifs d'ancrage (y compris les dispositifs de compensation du retrait) et leur emplacement sur le plan ;
- j) L'emplacement des dispositifs d'ancrage sur les plans de structure des fondations de béton, y compris tout renfort supplémentaire ;
- k) Les détails des diaphragmes, les éléments de transfert et les détails des membrures ;
- l) Les détails des connexions entre les murs de refend et les collecteurs de forces ;
- m) Les modèles de clouage/vissage (types, longueurs, pénétration minimale, espacement, etc.) et le blocage (fourrures) des diaphragmes de plancher et de toit ;

- n)** Le cheminement des efforts dans les diaphragmes, les ouvertures et à la jonction des murs de refend;
- o)** Les détails du cisaillement latéral à travers les planchers;
- p)** Les détails de construction des murs de refend, et ce, jusqu'au toit, y compris les renforts, les jambes de force ou les dispositifs de refend; et
- q)** Les détails des diaphragmes et des murs de refend doivent respecter les dispositions des articles 9.5 et 9.6 de la norme CSA O86-09 avec une attention particulière aux connexions et aux transferts de charge, conformément à l'article 9.8 intitulé *Considérations relatives au calcul parasismique des murs de refend et des diaphragmes*.

3.5.3. Détails supplémentaires à inclure sur les dessins

Les points suivants doivent également être discutés lors de la conception et doivent apparaître sur les dessins de structure.

- a)** Il est recommandé de préciser les tolérances de construction sur les dessins. L'annexe C du bulletin publié par l'APEGBC [8] propose un certain nombre de tolérances à titre indicatif;
- b)** Indiquer clairement sur les dessins le retrait global prévu à la suite de retrait à chaque étage;
- c)** Préciser les valeurs de retrait de tous les matériaux structuraux prévus au projet de bâtiment et de tous les autres matériaux en bois susceptibles d'influer sur la déformation verticale du bâtiment, découlant du retrait des éléments en bois. Il faut inclure dans les dessins une estimation de la déformation verticale potentielle afin d'assurer la construction d'éléments non porteurs selon des méthodes appropriées, par exemple, des joints d'expansion dans les colonnes de plomberie (les matériaux doivent permettre un certain mouvement);
- d)** Indiquer sur les plans le système de détermination du retrait normalisé pour le bois entrant dans la construction du projet (hypothèses de calcul : coefficient de retrait, teneur en humidité initiale et finale);
- e)** Inclure, dans les dessins d'ingénierie, un guide de rendement précisant la qualité du travail escomptée de l'entrepreneur dans le cadre de la construction du projet conformément à sa conception;
- f)** Montrer toute entaille réalisée ou réalisable sur les éléments structuraux de plancher, toiture et mur. Les dispositions admises dans le Code, partie 9, et dans la norme CSA O86 sont libérales et pourraient être inappropriées pour ce type de structure;
- g)** Faire état, dans les dessins techniques, de notes concernant la coordination du processus d'examen de chantier. Ces notes doivent préciser, à l'intention de l'entrepreneur, les examens de chantier exigés à tous les stades de construction, l'avis que l'ingénieur de structures doit recevoir avant d'effectuer un examen de chantier relativement à un stade de construction en particulier (au moins 24 heures) et l'état des travaux au moment de l'examen de chantier en question.

4. Partie 5 – Séparation des milieux différents

Cette section du guide présente certaines exigences techniques liées à la séparation des milieux différents de bâtiments d'usage principal du groupe C (habitation) de moyenne hauteur (5 et 6 étages) bâtis à partir d'une construction combustible, telle qu'une ossature légère en bois (de type plate-forme), un système à poutres et colonnes en gros bois d'œuvre (y compris les bois d'ingénierie structuraux et le bois lamellé-collé), un système en bois lamellé-croisé (*cross-laminated timber* CLT), un système hybride (acier/bois/béton) ou une combinaison de ces systèmes. Certaines exigences reliées à la durabilité et à l'enveloppe des bâtiments sont également abordées.

4.1. Introduction

Sur le plan de la longévité, une bonne composition de l'enveloppe et de ses composants fournira les outils nécessaires à une durabilité à long terme du bâtiment. À cet effet, un bâtiment doit être conçu de façon à contrôler la condensation potentielle et à gérer adéquatement les transferts de chaleur, d'air, d'humidité et de son à travers les milieux intérieurs et extérieurs, et ce, peu importe le type de construction envisagé.

La partie 5 du Code liste les exigences et les objectifs relativement à l'atteinte d'une bonne composition de l'enveloppe et de ses composants lorsqu'exposés au milieu extérieur, au sol, ou encore séparant deux milieux intérieurs différents. Ces exigences touchent tous les bâtiments, à l'exception de ceux qui sont visés par la partie 9 du Code ou par le Code national de construction des bâtiments agricoles.

4.2. Charges et méthodes de calcul

La conception des milieux différents doit tenir compte des charges climatiques dictées par les régions géographiques où seront érigés les bâtiments (division B du Code). Effectivement, les conditions auxquelles sont soumis les systèmes constructifs dictent la façon de faire et les bonnes pratiques reliées à la conception de l'enveloppe et de ses composants. Les calculs relatifs aux transferts de chaleur, d'air, d'humidité et de son doivent être conformes aux règles de l'art. Le Code réfère notamment au manuel de l'ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) [81] qui couvre les principes fondamentaux reliés aux différents transferts de masse.

Dans le cas de bâtiments de 5 et 6 étages, il y a lieu de prévoir l'effet de l'augmentation des charges liées au vent et à la pluie sur la structure, les fixations de parements et divers autres problèmes dont on tient compte au stade de la conception de bâtiments de grande hauteur. Plusieurs éléments de l'enveloppe de bâtiment peuvent être assujettis à des charges accrues attribuables au vent et à la pluie. Les concepteurs doivent en tenir compte.

L'augmentation des charges attribuables au vent peut également entraîner le soulèvement de la bordure des toits de bâtiments de 5 et 6 étages. En conséquence, certaines applications pour toitures couramment utilisées dans la construction de

bâtiments moins élevés ne sont peut-être pas appropriées pour les bâtiments de moyenne hauteur. Il faut donc s'assurer d'utiliser les bons matériaux et de suivre les recommandations des fournisseurs.

4.3. Transferts de chaleur

Les transferts de chaleur nous renvoient aux exigences de résistance thermique des composants ou assemblages de construction. Dans ce cas particulier, il est important de connaître les exigences applicables en matière d'efficacité énergétique.

Il est certainement intéressant de mentionner que la plupart des codes et des programmes relatifs à l'énergie subissent présentement des révisions importantes, ce qui aura un effet sur les systèmes constructifs et leur conception. Il sera d'autant plus important de surveiller les validations des concepts et des compositions d'enveloppe puisque l'augmentation de la résistance thermique pourrait engendrer des problématiques reliées à une gestion déficiente des infiltrations d'eau et un potentiel de condensation plus important. Dans un climat froid, le transfert de chaleur se fait de l'intérieur vers l'extérieur sur une période plus longue. Dans ces conditions, il est important de prévoir de bons systèmes de protection intérieurs et extérieurs (pare-vapeur et pare-air/pare-pluie).

Aussi, l'ajout de charges verticales attribuables à l'augmentation de la hauteur d'un bâtiment jusqu'à 5 ou 6 étages exige une capacité supplémentaire de la charpente. Il y aura donc un besoin pour une ossature supplémentaire afin d'assurer le transfert de charges dans les éléments de charpente d'un bâtiment plus grand. Dans cette optique, il pourrait être nécessaire de prévoir des pièces de charpente massives, le rapprochement d'éléments de charpente, l'utilisation accrue de produits du bois d'ingénierie ou une combinaison de ces approches. Sur le plan de l'enveloppe du bâtiment, toute modification de la charpente qui grossit celle-ci peut limiter l'espace disponible pour l'installation d'isolant dans la structure des murs. Les concepteurs doivent être conscients de ce changement potentiel du ratio isolant/charpente et trouver des moyens pour en tenir compte dans le calcul des cibles énergétiques générales ou de l'application des dispositions du Code s'appliquant au bâtiment en question.

4.4. Étanchéité à l'air

Le contrôle de l'étanchéité à l'air est un élément important du bon fonctionnement d'un système constructif, car en plus d'offrir des conditions ambiantes acceptables aux occupants, il permet de contrer les problèmes éventuels de condensation causés par les mouvements d'air dans les parois et cavités.

Le système d'étanchéité à l'air constitue la principale résistance aux fuites d'air. Les matériaux constituant ce système doivent présenter un taux de perméabilité à l'air d'au plus $0,02 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ (mesuré sous un différentiel de pression de 75 Pa) ou être conformes à la norme CAN/ULC-S741 – partie 5, section 5.4.1.1 du Code [82].

4.5. Diffusion de vapeur

En ce qui a trait à la diffusion de vapeur, les principes demeurent les mêmes. Lorsqu'il y a présence d'un gradient de pression de vapeur ou de température, le système doit être constitué de matériaux ou de composants en mesure de contrôler la diffusion de vapeur. Dans la partie 5 du Code, il est exigé que le pare-vapeur ait une perméance suffisamment faible pour réduire au minimum le transfert d'humidité par diffusion.

4.6. Précipitations

Les points visés par cette section de la partie 5 du Code assurent qu'une bonne protection contre les infiltrations d'eau de pluie soit respectée. Selon le type de bâtiment, le système pare-pluie peut varier. Dans le cas des bâtiments à ossature de bois, on considère le parement extérieur comme étant la première couche de défense contre les intempéries, tandis que le système pare-pluie (installé derrière le parement) agit comme deuxième ligne de défense. Cette façon de faire respecte les objectifs du Code qui visent d'une part, à réduire au minimum l'infiltration des précipitations et, d'autre part, à empêcher leur migration vers l'intérieur du bâtiment.

Pour les matériaux appliqués sur des surfaces horizontales ou inclinées comme les toits, le Code fournit certaines spécifications quant aux normes à respecter. Par exemple, on peut consulter :

- CAN/CGSB-37.51-M [83];
- ONGC 37-GP-55M [84];
- CAN3-A123.51-M [85];
- CAN3-A123.52-M [86].

Évidemment, tous les matériaux, composants et ensembles, ainsi que leurs joints et jonctions, doivent être étanchéisés ou permettre l'évacuation de l'eau.

En règle générale, l'augmentation de la hauteur de bâtiments de 4 à 6 étages augmente leur exposition aux conditions météorologiques (c.-à-d. les charges attribuables au vent et à la pluie). L'équipe de conception doit tenir compte de cette augmentation du coefficient de charge et d'autres facteurs pour calculer les charges éventuelles attribuables au vent et à l'effet de la pluie sur l'enveloppe.

Également, l'eau qui frappe les murs et les fenêtres sous l'effet de la pluie poussée par le vent s'accumule au fur et à mesure de son écoulement le long des murs vers le sol. Certains dispositifs, comme les solins de larmier, permettent à l'eau de s'écouler sans contact avec le bâtiment. Cela réduit l'impact du mouillage des éléments et des matériaux sous les solins. Il est toutefois probable que pour les bâtiments de 5 et 6 étages, l'accumulation d'eau sur la surface des niveaux inférieurs et des fenêtres soit supérieure à l'accumulation d'eau sur les surfaces de bâtiments de 4 étages et moins. En conséquence, il faut tenir compte de l'accumulation d'eau lors de la conception d'éléments et de dispositifs d'évacuation d'eau à la surface de l'enveloppe d'un bâtiment.

Le Code mentionne aussi que l'emplacement et l'aménagement du terrain sur lequel sera érigé un bâtiment doit prévoir des systèmes de récupération de l'eau (pente, bassins collecteurs, etc.) de façon à empêcher les accumulations d'eau de surface près du bâtiment.

4.7. Retrait du bois et incidence sur l'enveloppe (source principale : [8])

Le retrait du bois entrant dans la construction d'immeubles de moyenne hauteur est un phénomène de première importance. Le retrait est attribuable aux changements des dimensions des pièces de bois en réponse à la variation de leur teneur en humidité (TH). Dans les bâtiments en bois de 5 et 6 étages, il faut apporter une attention particulière au retrait du bois en raison de l'effet cumulatif de la variation des dimensions d'éléments en bois.

Avec le temps, la TH atteint un équilibre avec l'humidité relative (HR) de l'air entourant le bois. La TH du bois habituellement livré aux chantiers s'inscrit dans une plage de 12 à 20 %, soit un taux bien inférieur au point de saturation de la fibre (environ 30 %), mais supérieur au degré d'humidité d'équilibre que l'on retrouve à l'intérieur des bâtiments (environ 5 à 15 %).

Par conséquent, il faut prévoir une période de retrait initial des éléments en bois des bâtiments à ossature de bois, puis une variation de leurs dimensions durant l'année, compte tenu de la variation de l'humidité relative à l'intérieur de l'enveloppe du bâtiment. L'humidité relative moyenne de l'air intérieur est habituellement plus élevée durant l'été que durant l'hiver en raison du chauffage utilisé en période froide. La TH du bois peut alors varier de 15 à 5 % (et peut varier davantage dans les murs extérieurs). Ainsi, le bois présent dans les éléments d'un bâtiment se dilate durant l'été et se rétracte durant l'hiver. Il est donc primordial de prévoir le mouvement potentiel causé par le retrait dans l'ensemble des composants structuraux et non structuraux susceptibles d'être touchés.

À titre d'exemple :

- a)** La jonction entre l'ossature de bois et les murs en maçonnerie doit être flexible de manière à permettre le retrait du bois et la variation annuelle des dimensions des éléments tout en maintenant l'étanchéité à l'air et à l'eau ainsi que l'intégrité des mesures de protection contre l'incendie ;
- b)** En présence d'éléments à retrait (presque) nul qui pénètrent dans le toit (p. ex. : maçonnerie et béton), la jonction au toit doit être détaillée de manière à prendre en compte le mouvement différentiel. Signalons, entre autres, les cages d'ascenseur hors toit, le sommet des murs coupe-feu, les cheminées et les colonnes de plomberie ;
- c)** L'utilisation de parements de maçonnerie indépendamment soutenus au niveau de la fondation en béton doit tenir compte du retrait cumulatif. Il faut apporter une attention particulière aux éléments qui s'étendent de l'ossature de bois jusqu'au parement de maçonnerie. Parmi ces éléments, signalons, entre autres, les fenêtres, les terminaisons d'évent et les solins ;

- d) S'il y a des projections (p. ex. : balcons) fixées à la charpente, mais qui sont aussi soutenues séparément au sol, le retrait différentiel peut influencer l'inclinaison des projections. Les variations de température saisonnières font en sorte que le retrait se manifeste habituellement à l'intérieur en hiver et à l'extérieur en été. Il faut donc tenir compte de ce phénomène aux stades de la conception et de la représentation des détails.

Il est à noter que le retrait différentiel cumulatif peut être limité en suivant les recommandations exprimées à la section 3.4 de ce guide. Également, l'utilisation d'éléments de charpente en bois d'ingénierie au lieu de bois d'œuvre classique comporte des avantages. Comme ces produits sont fabriqués de bois normalement plus sec, le retrait de leurs éléments est moindre que celui du bois d'œuvre ordinaire. Par ailleurs, ces produits affichent une stabilité dimensionnelle supérieure en présence de changements de l'humidité relative.

4.8. Transmission du son

Comme stipulé à la section 5.9 de la division B du Code, chaque logement doit être isolé de toute autre partie du bâtiment où il peut se produire du bruit par une construction ayant un indice de transmission du son d'au moins 50. Par ailleurs, la construction séparant un logement d'une gaine d'ascenseur ou d'un vide-ordures doit présenter un indice de transmission du son d'au moins 55.

Il est à noter que la charpente à ossature traditionnelle a été historiquement utilisée dans des bâtiments d'au plus 4 étages. Aussi, les caractéristiques liées à la performance acoustique des éléments de murs et de planchers fournies dans la partie 9 du Code proviennent de systèmes structuraux et non structuraux normalement utilisés dans des bâtiments d'au plus 3 étages. Ainsi, une attention particulière doit être portée à la performance au son des assemblages de murs et de planchers conçus pour des bâtiments de 5 et 6 étages. En effet, l'espacement plus petit des colombages et parois des solives de planchers, pour tenir compte des efforts plus importants, vient influencer la performance acoustique.

Par ailleurs, le Conseil national de recherches Canada a évalué et publié des recommandations sur plusieurs systèmes en bois qui permettent normalement d'atteindre d'excellents rendements acoustiques, au-delà de l'indice minimal de 50 exigé à la partie 5 de la division B du Code.

Toutefois, un aspect important à traiter dans les constructions à ossature de bois est la transmission indirecte du son (figure 18). Bien que la transmission directe du son à travers les parois (murs et planchers) semble obtenir de bons résultats en service, le phénomène de transmission indirecte peut influencer grandement le rendement « apparent » de l'indice de transmission du son (*apparent sound transmission class*, ASTC). Les concepteurs doivent ainsi porter une attention particulière à la transmission indirecte aux jonctions des murs et des planchers. De plus amples renseignements sur les performances acoustiques sont disponibles dans [87, 88] et [43].

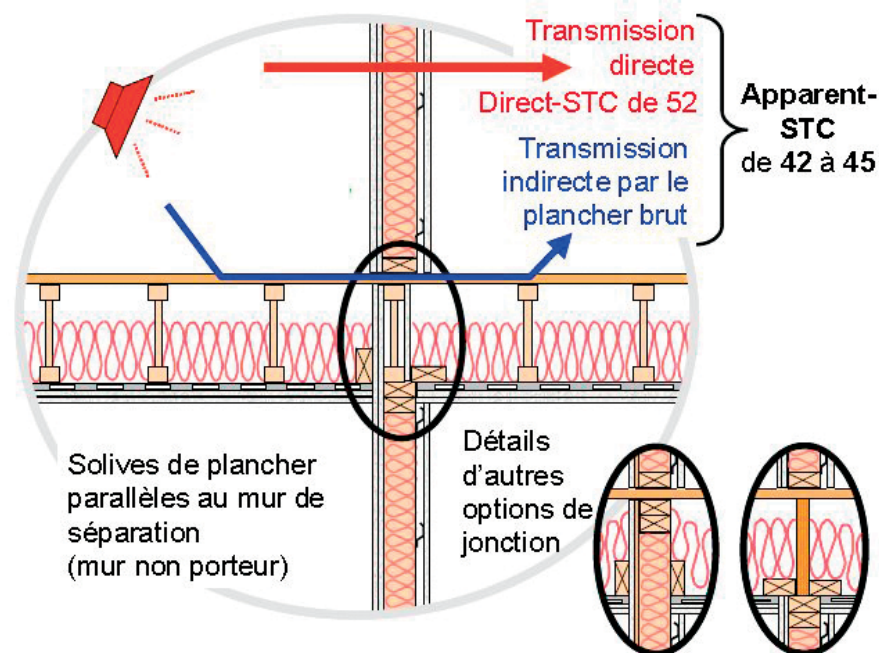


Figure 18
Exemple
de transmission
directe et indirecte
des sons aériens,
tiré de [87]

4.9. Plomberie et mécanique

L'augmentation des éléments de charpente des étages inférieurs de bâtiments à ossature de bois de 5 ou 6 étages réduira aussi l'espace disponible pour les pénétrations techniques comme les conduits et la tuyauterie. En pareil cas, il faudra porter une attention particulière à la planification et à la coordination de l'interaction des systèmes (structure, mécanique et enveloppe du bâtiment) lors de l'étape de la conception.

5. Instructions au promoteur et au maître d'œuvre

La première étape de conception d'un bâtiment en bois d'usage principal du groupe C (habitation) de moyenne hauteur (5 et 6 étages) consiste à aviser la Régie du bâtiment du Québec (RBQ). L'avis doit clairement spécifier que le bâtiment sera conforme aux lignes directrices émises par la RBQ en mai 2013 et conforme aux exigences techniques de ce guide. Sinon, une demande formelle de mesure équivalente (solution de rechange) doit être faite auprès de la RBQ.

Un formulaire de transmission des renseignements est disponible sur le site Internet de la RBQ au www.rbq.gouv.qc.ca/bois. Ce formulaire comprend, entre autres choses, l'adresse des lieux de la construction, la date de début des travaux, le nom de l'entrepreneur et des professionnels, une fiche d'information sur l'entrepreneur et les professionnels ainsi qu'une brève description du bâtiment.

6. Coordination des travaux

La coordination de tous les aspects de la conception et de la construction susceptibles d'avoir un impact sur l'intégrité du bâtiment est d'une importance capitale. La tenue d'une réunion de démarrage entre les professionnels et l'entrepreneur est essentielle afin de clarifier certains points concernant la réalisation des dessins techniques. Par exemple, c'est à ce moment que sont abordés les interactions entre les différents corps de métiers, les percements et les entailles admissibles dans les éléments structuraux ainsi que les questions pertinentes concernant le retrait. Les intervenants des métiers de mécanique, électricité et plomberie doivent assister à cette réunion. Il faut entre autres mentionner clairement à l'équipe que le découpage des éléments structuraux pour faciliter le passage des utilités et des services est formellement interdit sans l'approbation de l'ingénieur en structure responsable du projet.

Également, la question du retrait de la charpente du bâtiment doit faire l'objet d'une coordination avec tous les membres de l'équipe de conception étant donné que le retrait influence non seulement la structure et l'enveloppe du bâtiment, mais aussi, par exemple, les services verticaux, les systèmes de gicleurs et l'enveloppe du bâtiment.

7. Surveillance des travaux de construction

Une attestation signée et scellée par un architecte qualifié membre de l'OAQ ou par un ingénieur membre de l'OIQ doit être fournie au propriétaire et à tous les copropriétaires, à la fin des travaux, afin de confirmer que ces derniers ont été réalisés conformément aux lignes directrices de la RBQ, datées de mai 2013 et du Code de construction du Québec – chapitre I, Bâtiment, et Code national du bâtiment – Canada 2005 (modifié). Les modalités de surveillance seront établies par les professionnels.

8. Sécurité et protection incendie durant la construction

Les exigences de sécurité et de protection incendie des bâtiments dictées dans le Code et dans le présent guide font référence à une protection passive et une protection active supplémentaires. La protection passive comprend essentiellement les concepts de résistance au feu (compartimentation et capacité structurale) alors que la protection active consiste à procurer une protection incendie à partir d'un système de détection automatique d'incendie ou de suppression de l'incendie (tel que des gicleurs).

Or, durant la construction de bâtiments, ces mesures de protection active et passive ne sont pas nécessairement en place, ni opérationnelles. Ainsi, en cas d'incendie, sa propagation peut s'effectuer très rapidement si l'on compare à la propagation possible quand le bâtiment est adéquatement compartimenté par l'utilisation de séparations et de murs coupe-feu.

Afin de limiter le risque d'incendie durant la construction, il est primordial d'implanter un programme de gestion et de contrôle des risques sur le chantier par un directeur des travaux bien informé des exigences relatives aux assurances [89, 90, 91]. Un tel programme devrait notamment aborder les aspects suivants, sans nécessairement s'y limiter :

- les réchauds portatifs;
- la sécurité du chantier (gardien de sécurité, service de patrouille, caméras de surveillance, etc.);
- le travail à chaud (soudure, découpage, pose de toiture à chaud, goudronnage, etc.);
- l'accès routier (les routes doivent demeurer libres d'obstacles);
- les prises d'eau d'incendie et les conduites d'eau principales (être en bon état, faciles d'accès, etc.);
- les extincteurs portatifs (en quantité suffisante et faciles d'accès);
- l'armement du système de gicleurs automatiques (par étape ou par étage, et non à la toute fin);
- l'installation temporaire de détecteurs de chaleur et de fumée;
- la gestion des déchets et des débris (cueillette journalière, aucun brûlage au chantier, etc.);
- l'entreposage sécuritaire des matériaux combustibles et des carburants;
- l'installation et l'inspection des travaux électriques; et
- la fermeture adéquate du chantier à la fin de la journée (désigner un responsable compétent).

De plus amples renseignements sur les mesures de sécurité et de protection incendie durant la construction peuvent être obtenus dans [89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96].

Finalement, la préfabrication des assemblages de murs et de planchers devrait être privilégiée dès le début du projet. En effet, la préfabrication des éléments raccourcit grandement les délais de construction. Également, lorsque les panneaux de gypse sont installés en usine, la probabilité d'incendie au chantier est réduite par le fait même.

9. Conclusion

Le présent guide est destiné aux concepteurs et constructeurs et fait partie des conditions déterminées par la RBQ en vertu de l'article 127 de la Loi sur le bâtiment pour approuver l'utilisation du bois en tant que matériau différent de ce qui est prévu au Code de construction du Québec – chapitre I, Bâtiment (CNB 2005 modifié). Un bâtiment conçu et construit en respectant les conditions déterminées par la RBQ combinées aux spécifications techniques décrites dans le présent guide de conception est présumé être de qualité équivalente aux normes prévues au Code et permet d'assurer la sécurité du public.

Ce document soutient les lignes directrices émises en mai 2013 par la RBQ afin de permettre une hauteur et une aire de bâtiments maximales. Le document présente les exigences techniques liées à la protection contre l'incendie, aux règles de calcul des structures et à la séparation des milieux différents applicables à des bâtiments d'usage principal du groupe C (habitation) de moyenne hauteur (5 et 6 étages) construits à partir d'une construction combustible. Rappelons que les constructions dont il est question dans ce guide sont du type :

- ossature légère en bois (de type plate-forme) ;
- poutres et colonnes en gros bois d'œuvre, bois d'ingénierie structuraux et bois lamellé-collé ;
- bois lamellé-croisé (*cross-laminated timber* CLT) ;
- hybride (bois/acier/béton) ; ou
- une combinaison des systèmes précédents.

Finalement, ce guide a été élaboré à partir des exigences techniques et analyses de risques réalisées en Colombie-Britannique en 2009, du document préparé par l'Association of Professional Engineers and Geoscientists of British Columbia (APEGBC), des recommandations présentement en discussion, en mars 2013, au sein du Comité permanent de la protection contre l'incendie de la CCCBPI, et des lignes directrices de la RBQ émises en mai 2013. De surcroît, ce guide est actualisé en fonction de l'évolution des connaissances techniques et scientifiques, des normes et des enjeux au Québec.

10. Références

- [1] CNRC, Code de construction du Québec – chapitre 1 – Bâtiment et Code national du bâtiment – Canada 2005 (modifié) – Volume 1, Ottawa, Ontario : Conseil national de recherches Canada, 2008.
- [2] BCOHCS, « Residential Mid-Rise Wood-Frame Code Changes », *Office of Housing and Construction Standards*, 2009. [En ligne]. http://www.housing.gov.bc.ca/building/wood_frame/index.htm. [Accès en 2011].
- [3] MHSDBC, Local Government Act – Ministerial Order No M008, Ministry of Housing and Social Development – Province of British Columbia, 2009.
- [4] MHSDBC, Local Government Act – Ministerial Order No M121, Ministry of Housing and Social Development – Province of British Columbia, 2009.
- [5] GHLC Consultants Ltd. & Read Jones Christoffersen Ltd., *Stage 1 Report: Building Code Provisions for Residential Buildings and Identification of Technical and Process Risks*, Vancouver, British Columbia, 2008.
- [6] GHLC Consultants Ltd. & Read Jones Christoffersen Ltd., *Stage 2 Report: Recommended Building Code Changes to Permit 5 and 6 Storey Wood-Frame Buildings of Residential Occupancy*, Vancouver, British Columbia, 2008.
- [7] GHLC Consultants Ltd., *Technical and Process Risks in 5 and 6 Storey Wood-Frame Buildings of Residential Occupancy*, Vancouver, British Columbia, 2009.
- [8] APEGBC, *Structural, Fire Protection and Building Envelope — Professional Engineering Services for 5 and 6 Storey Wood Frame Residential Building Projects (Mid-Rise Buildings)*, Burnaby, British Columbia : Association of Professional Engineers and Geoscientists of British Columbia, 2011.
- [9] NRCC, *Agenda for the 2010-05 Meeting of the Standing Committee on Fire Protection (Nov 21-22, 2012, Quebec City)*, Ottawa (Ont.) : National Research Council Canada, 2012.
- [10] L.R.Q., Loi sur les architectes (L.R.Q., c. A-21), Québec, Québec : Ministère de la Justice du Québec, 2012.
- [11] L.R.Q., Loi sur les ingénieurs (L.R.Q., c. I-9), Québec, Québec : Ministère de la Justice du Québec, 2012.
- [12] L.R.Q., Loi sur le bâtiment (L.R.Q., c. S-3, r.2) – Règlement sur la sécurité dans les édifices publics, Québec : Ministère de la Justice du Québec, 2012.
- [13] TPIC, *Truss Design Procedures and Specifications for Light Metal Plate Connected Wood Trusses*, Truss Plate Institute of Canada, 2007.
- [14] Cecobois, *Guide technique sur les poutrelles de bois en I pour la construction commerciale*, Québec, Québec : Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois (cecobois), 2009.
- [15] Cecobois, *Guide technique sur les poutrelles ajourées pour la construction commerciale*, Québec, Québec : Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois (cecobois), 2009.

- [16] Cecobois, *Guide technique sur les fermes de toits légères pour la construction commerciale*, Québec, Québec : Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois (cecobois), 2011.
- [17] Cecobois, *Guide technique sur la conception de poutres et colonnes en gros bois*, Québec, Québec : Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois (cecobois), 2012.
- [18] OIQ, *Processus de conception des systèmes de gicleurs automatiques*, Montréal, Québec : Ordre des ingénieurs du Québec, 2010.
- [19] OIQ, *Profil de compétences*, Ordre des ingénieurs du Québec, 2011. [En ligne]. <http://www.oiq.qc.ca/fr/jeSuis/membre/developpementProfessionnel/planification/Pages/profils.aspx>[Accès en 2012].
- [20] L.R.Q., Loi sur le bâtiment (L.R.Q., c. B-1.1, r.9) – Règlement sur la qualification professionnelle des entrepreneurs et des constructeurs-propriétaires, Québec, Québec : Ministère de la Justice du Québec, 2012.
- [21] NRCC, National Building Code of Canada, Ottawa, Ontario : National Research Council of Canada, 1953.
- [22] NRCC, National Building Code of Canada, Ottawa, Ontario : National Research Council of Canada, 1965.
- [23] CNRC, Code national du bâtiment du Canada, Ottawa, Ontario : Conseil national de recherches Canada, 1980.
- [24] NRCC, National Building Code of Canada, Ottawa, Ontario : National Research Council of Canada, 1985.
- [25] CNRC, Code national du bâtiment du Canada, Ottawa, Ontario : Conseil national de recherches Canada, 1990.
- [26] CNRC, Code national du bâtiment du Canada, Ottawa, Ontario, Ontario : Conseil national de recherches Canada, 1995.
- [27] CNRC, Code national du bâtiment – Canada 2005 – Volume 1, Ottawa, Ontario : Conseil national de recherches Canada, 2005.
- [28] CNRC, Code national du bâtiment – Canada 2010 – Volume 2, Ottawa, Ontario : Conseil national de recherches Canada, 2010.
- [29] M. Kruszelnicki, *Rationalization of Life Safety – Code Requirements for Mid-Rise Buildings (Masters Project - Final Report)*, Ottawa, Ontario : Carleton University, 2011.
- [30] NRCC, *Minutes of the First Meeting of the Advisory Fire Group*, Ottawa, Ontario : National Research Council of Canada, 1955.
- [31] K. D. Calder et P. L. Senez, *A Historical Perspective on Building Heights and Areas in the British Columbia Building Code*, Victoria, British Columbia : Senez Reed Calder Fire Engineering inc., 2008.
- [32] NRCC, *Minutes of the Fifth Meeting of the Advisory Fire Group*, Ottawa, Ontario : National Research Council of Canada, 1959.
- [33] CNRC, Code national du bâtiment – Canada 2010 – Volume 1, Ottawa, Ontario : Conseil national de recherches Canada, 2010.
- [34] L.R.Q., Loi sur les services de santé et les services sociaux (L.R.Q., chapitre S-4.2), Québec, Québec : Ministère de la Justice du Québec, 2012.

- [35] C. Dagenais, « Les multiétagés en bois prennent leur envol dans l'ouest du pays », *Construire en bois*, vol. 2 (4), 2010, p. 5.
- [36] C. Dagenais, *Étude de préféabilité d'un bâtiment résidentiel de 6 étages à ossature de bois (rapport de projet SHQ-PS-2011-01006)*, Québec, Québec : Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois (cecobois), 2012.
- [37] ULC, *Standard Method of Fire Endurance Tests of Building Construction Materials (ULC S101)*, Toronto, Ontario : Underwriters Laboratories of Canada, 2007.
- [38] M. A. Sultan, Y. P. Séguin et Y. Leroux, *Results of Fire Resistance Tests on Full-Scale Floor Assemblies (IRC-IR-764)*, National Research Council Canada, Ottawa, 2005b.
- [39] M. A. Sultan, J. C. Latour, P. Leroux, R. C. Monette, Y. P. Séguin et J. P. Henrie, *Results of Fire Resistance Tests on Full-Scale Floor Assemblies — Phase II (PR - 184)*, National Research Council Canada, Ottawa, 2005a.
- [40] R. H. White, *Fire resistance of structural composite lumber products (Research Paper FPL-RP-633)*, Forest Products Laboratory, Madison, WI, 2006.
- [41] iLevel, *Fire Facts Guide for iLevel Engineered Lumber Products*, Boise, ID : iLevel by Weyerhaeuser, 2008.
- [42] J. O'Neil, D. Carradine, P. J. Moss, M. Fragiaco, R. Dhakal et A. H. Buchanan, « Design of Timber-Concrete Composite Floors for Fire Resistance », *Journal of Structural Fire Engineering*, vol. 2(3), 2001, pp. 231-242.
- [43] S. Gagnon et C. Pirvu, *CLT Handbook*, Québec, Québec : FPIInnovations, 2011.
- [44] ANSI, *Standard for Performance-Rated Cross-Laminated Timber (ANSI/APA PRG 320-2012)*, New York, New-York : American National Standards Institute, 2012.
- [45] L. Osborne, C. Dagenais et N. Bénichou, *Preliminary CLT Fire Resistance Testing Report (Project No. 301006155) – Final Report 2012/13*, Ottawa, Ontario : FPIInnovations, 2012.
- [46] C. Dagenais, L. Osborne et N. Benichou, « Full-Scale Fire Performance of Cross-Laminated Timber Walls and Floors », *Interflam, 13th International Conference on Fire Science and Engineering*, Nottingham, United Kingdom, 2013.
- [47] C. Dagenais, R. H. White et K. Sumathipala, *CLT Handbook (US Edition): Chapter 8 - Fire Performance of Cross-Laminated Timber Elements*, Québec, Québec : FPIInnovations, 2012.
- [48] R. H. White, « Fire Resistance of Wood Members with Directly Applied Protection », *Fire & Materials Conference, January 26-28, 2009*, San Francisco, California, 2009.
- [49] CEN, *Eurocode 5 : Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-2 : Généralités — Calcul des structures au feu*, Bruxelles, Belgique : Comité européen de normalisation, 2009.

- [50] AF & PA, *National Design Specifications for Wood Construction*, Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2005.
- [51] ICC, *International Building Code*, Washington, DC, DC : International Code Council, 2009.
- [52] L. Peng, G. Hadjisophocleous, J. Mehaffey et M. Mohammad, « On the Fire Performance of Wood-Wood-Wood and Wood-Steel-Wood Connections Using Bolts and Dowels as Fasteners », *Interflam, 12th International Conference on Fire Science and Engineering*, Nottingham, United Kingdom, 2010.
- [53] Cecobois, *Guide de conception des assemblages pour les charpentes en bois*, Québec, Québec : Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois (cecobois), 2012.
- [54] AITC, *Calculation of Fire Resistance of Glued Laminated Timbers (AITC Technical Note 7)*, Centennial (CO) : American Institute of Timber Construction, 1996.
- [55] ULC, *Standard Method of Test for Surface Burning Characteristics of Building Materials and Assemblies (ULC S102)*, Toronto, Ontario : Underwriters Laboratories of Canada, 2010.
- [56] CCB, *La sécurité incendie dans les bâtiments*, Ottawa, Ontario : Conseil canadien du bois, 1997.
- [57] R. H. White et M. A. Dietenberger, « Chapter 18: Fire Safety of Wood Construction », *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*, Madison, WI, Forest Products Laboratory, 2010, pp. 18-1 - 18-22.
- [58] C. Dagenais, *Surface Burning Characteristics of Massive Timber Assemblies (Project No. 301006155)*, FPInnovations, Québec, Québec, 2013.
- [59] QAI, *Flame Spread Test for Brisco Manufacturing LVL (Test Report No. RJ2112-1)*, Rancho Cucamonga, California : QAI Laboratories, 2012.
- [60] ULC, *Méthode normalisée d'essais de résistance au feu des dispositifs coupe-feu (ULC S115)*, Toronto, Ontario : Underwriters Laboratories of Canada, 2011.
- [61] J. K. Richardson, J. D. Quirt et R. Hlady, *Guide des règles de l'art sur les coupe-feu et les pare-feu et leur effet sur la transmission du son (CNRC-49677)*, Ottawa, Ontario : Conseil national de recherches Canada, 2007.
- [62] NFPA, NFPA 13, *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*, Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2013, p. 384.
- [63] NFPA, NFPA 13: *Automatic Sprinkler Systems Handbook (10th Edition)*, Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2007.
- [64] APA, *Sprinkler Installation for APA Performance Rated I-Joists (Technical Note H730)*, Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2007.
- [65] iLevel, *Sprinkler System Installation Guidelines (#COM-1000 Commercial Installation Guide)*, Boise, ID : iLevel by Weyerhaeuser, 2007.
- [66] BCEWP, *Fire Design and Installation Guide (EWP FDIG 01/21/2011)*, Boise, ID : Boise Cascade Engineered Wood Products, 2011.

- [67] LPBP, *LP SolidStart Light-Frame Commercial and Multifamily Technical Guide (LPEW 0229)*, Binghamton, New York : Louisiana-Pacific Building Products, 2009.
- [68] CNRC, *Guide de l'utilisateur - CNB 2005 : Commentaires sur le calcul des structures (Partie 4 de la Division B)*, Ottawa, Ontario : Conseil national de recherches Canada, 2006.
- [69] CNRC, *Guide de l'utilisateur - CNB 1995, Protection contre l'incendie, sécurité des occupants et accessibilité (Partie 3)*, Ottawa (Ontario) : Conseil national de recherches Canada, 1997.
- [70] CSA, ASME A17.1-2010/CSA B44-10: *Safety code for elevators and escalators (Bi-national standard, with ASME A17.1-2010)*, Mississauga, Ontario : CSA Standards, 2010.
- [71] ULC, *Methods of Fire Tests of Roof Coverings (ULC S107)*, Toronto, Ontario : Underwriters Laboratories of Canada, 2010.
- [72] ULC, *Installation et Services – Systèmes et centrales de réception d'alarme incendie (ULC S561-03)*, Toronto, Ontario : Underwriters Laboratories of Canada, 2003.
- [73] C. Dagenais, J. R. Mehaffey et S. Craft, « Conception de bâtiments à charpente en bois de moyenne hauteur », *Le Magazine Construction*, vol. automne 1 (2), 2011, pp. 6-17.
- [74] Cecoboïs, *Guide de bonnes pratiques pour la construction commerciale en gros bois d'œuvre ou d'ingénierie*, Québec, Québec : Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois (cecoboïs), 2011.
- [75] C. Dagenais, *Études des primes d'assurance pour la construction en bois (rapport de projet 90508 (04-C))*, Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois, Québec, 2010.
- [76] Ministère de la Sécurité publique, *Orientations du ministre de la Sécurité publique en matière de sécurité incendie*, Québec, Québec : Ministère de la sécurité publique, 2001.
- [77] CSA, *CSA O86-01: Règles de calcul des charpentes en bois*, Mississauga, Ontario : CSA Standards, 2001.
- [78] CSA, *CSA O86-09 : Règles de calcul des charpentes en bois*, Mississauga, Ontario : CSA Standards, 2009.
- [79] CSA, *CSA O141-05: Softwood Lumber*, Mississauga, Ontario : Canadian Standards Association, 2010.
- [80] CSA, *CSA O122-06: Structural Glued-Laminated Timber*, Mississauga, Ontario : Canadian Standards Association, 2006.
- [81] AHSRAE, *ASHRAE Handbook, Fundamentals (SI Edition)*, Atlanta, GA : American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2009.
- [82] ULC, *Norme sur les matériaux d'étanchéité à l'air - Spécification (CAN/ULC S741)*, Toronto, Ontario : Underwriters Laboratories of Canada, 2008.

- [83] ONGC, *Application à chaud du bitume caoutchouté pour le revêtement de toitures et pour l'imperméabilisation à l'eau (CAN/CGSB-37.51-M90)*, Gatineau, Québec : Office des normes générales du Canada, 1990.
- [84] ONGC, *Application de la membrane en feuilles souples de poly(chlorure de vinyle) pour le revêtement des toitures (ONGC 37-GP-55M)*, Gatineau, Québec : Office des normes générales du Canada, 1979.
- [85] CSA, *Pose de bardeaux d'asphalte sur des pentes de toit de 1:3 et plus (CAN3-A123.51-M85)*, Mississauga, Ontario : CSA Standards, 1985.
- [86] CSA, *Pose de bardeaux d'asphalte sur des pentes de toit de 1:6 jusqu'à moins de 1:3 (CAN3-A123.52-M85)*, Mississauga, Ontario : CSA Standards, 1985.
- [87] J. D. Quirt, T. R. Nightingale et F. King, *Guide sur l'isolation acoustique des bâtiments à ossature de bois (RR-219)*, Ottawa, Ontario : Conseil national de recherches Canada, 2006.
- [88] J. D. Quirt et T. R. Nightingale, « Isolation aux sons aériens dans les immeubles d'habitations », *Solution constructive n° 66*, 2008.
- [89] CCB, *Assurance construction – Notions élémentaires (Faits en bref #1)*, Ottawa, Ontario : Conseil canadien du bois.
- [90] CCB, *Assurance construction – Contrôle des risques de la construction (Faits en bref #2)*, Ottawa, Ontario : Conseil canadien du bois.
- [91] CCB, *Assurance construction – Directives pour le contrôle des risques sur les chantiers (Faits en bref #3)*, Ottawa, Ontario : Conseil canadien du bois.
- [92] OFC, *OFC Bulletin - Fire Safety Planning for Construction and Demolition Sites*, 14 avril 2009. [En ligne]. <http://www.pssg.gov.bc.ca/firecom/info/pdf/firesafeplan.pdf>. (Page consultée le 16 août 2010).
- [93] CWC, *Fire Safety and Security: A Technical Note on Fire Safety and Security on Construction Sites in Ontario*, Ottawa, Ontario : Canadian Wood Council.
- [94] CWC, *Fire Safety and Security: A Technical Note on Fire Safety and Security on Construction Sites in British-Columbia*, Ottawa, Ontario : Canadian Wood Council.
- [95] CFT, *Summary of Requirements for Construction Fire Safety in British-Columbia: Analysis and Research of Construction Fire Risks and Identification of Areas of Potential Improvement Through Legislative Change in British Columbia*, Burnaby, British Columbia : CFT Engineering Inc., 2012.
- [96] NRCC, *National Fire Code of Canada*, Ottawa, Ontario : National Research Council Canada, 2010.

Liste des figures

Figure 1	
Bâtiments de moyenne hauteur à ossature de bois en Colombie-Britannique.....	12
Figure 2	
Répartition de l'aire de bâtiment selon le nombre d'étages	23
Figure 3	
Aire comparative d'un bâtiment de 6 étages selon le type de construction	23
Figure 4	
Hauteur maximale selon le niveau moyen du sol.....	24
Figure 5	
Attaches protégées pour une résistance au feu accrue	29
Figure 6	
Attaches dissimulées pour une résistance au feu accrue	29
Figure 7	
Exemples d'assemblages ne nécessitant pas de résistance au feu	30
Figure 8	
Exemples d'assemblages pouvant nécessiter une résistance au feu	30
Figure 9	
Exemple de support vertical à partir de la semelle supérieure des poutrelles de bois en « I ».....	34
Figure 10	
Exemples de contreventement sismique d'un système de gicleurs automatiques	34
Figure 11	
Exemples de systèmes de contreventement sismique selon NFPA 13.....	35
Figure 12	
Murs de cage d'ascenseur construits à partir de bois massif	40
Figure 13	
Murs de cage d'ascenseur construits à partir de bois lamellé-croisé	40
Figure 14	
Exemple de balcons autoportants d'un bâtiment de moyenne hauteur.....	44
Figure 15	
Exemples de configuration recommandée pour un bâtiment en « L »	52
Figure 16	
Exemples d'ancrages de retenue verticaux et latéraux d'un mur de refend.....	53
Figure 17	
Construction de type podium à Portland, en Oregon.....	55
Figure 18	
Exemple de transmission directe et indirecte des sons aériens.....	67

Note : Les photos et les figures de ce guide sont la propriété de FPIInnovations, sauf indications contraires.



2390(2013-10)

Régie
du bâtiment

Québec

