

# Depuis le Canada vers le reste du monde : RECHERCHE ET MISE EN OEUVRE DU CODE RELATIF AUX VIBRATIONS DES PLANCHERS DE 3<sup>E</sup> GÉNÉRATION

Contribution de FPInnovations : Lin Hu, Ph.D, Samuel Cuerrier-Auclair, M.Sc., P.Eng., Cheng Qian, Ph.D, Angela Dale, Ph.D.

L'implication de FPInnovations à divers comités techniques sur les codes et normes vise à assurer une veille quant aux modifications, à contribuer aux améliorations ou à en proposer ainsi que de créer de nouvelles normes afin d'inclure de nouveaux produits et assemblages en bois, et ce, en tenant compte des connaissances qu'elle développe à l'aide de ses activités de recherche. Cette implication permet aussi à FPInnovations d'identifier toutes modifications éventuelles aux codes et normes, de reconnaître les défis et les possibilités d'utilisation du bois et d'en tenir compte. Les codes et les normes existent pour protéger les consommateurs mais sont rédigés afin de tenir compte des pratiques et des connaissances actuelles sur la base d'un accord consensuel des membres des comités. FPInnovations s'implique au sein de comités des codes et des normes afin d'harmoniser les changements à venir en ce qui concerne les nouveaux produits du bois. La présente InfoNote fait état de la contribution de FPInnovations aux méthodes de conception relative au contrôle des vibrations des planchers par le biais de la recherche et de la mise en œuvre de codes et de normes.

## Évolution de l'industrie de la construction en bois

Les vibrations des planchers ne sont pas un problème de sécurité, mais elles affectent le confort des occupants et, par conséquent, l'acceptation par le marché de la construction en bois. FPInnovations mène des recherches visant la réduction des vibrations des planchers depuis les années 1970 afin de s'assurer que les systèmes de plancher en bois répondent aux attentes des consommateurs en matière de performance et de confort. Les produits de plancher en bois et leur méthode de construction ont beaucoup évolué au fil

des ans. Cela a conduit à la mise en œuvre de cinq méthodes de conception visant à réduire les vibrations des planchers en bois, développées chez FPInnovations, dans le Code national du bâtiment du Canada (CNBC), dans la norme CSA O86, règles de calcul des charpentes en bois et dans plusieurs normes de l'Organisation internationale de normalisation (ISO).

Depuis les années 1970, les matériaux et les technologies de construction en bois sont en constante évolution. La hauteur et la taille des bâtiments en bois ont connu des progrès significatifs, des petites maisons unifamiliales à ossature légère en bois, d'un ou deux étages, construites par des charpentiers-menuisiers (figure 1A) aux bâtiments de grande hauteur en bois massif (figure 1B). Cela a entraîné une révolution des systèmes de planchers en bois, avec le remplacement progressif, dans les années 1980, des planchers à solives de bois de charpente (figure 2A) par des planchers en bois d'ingénierie (figure 2B) et la création d'un nouveau marché pour l'industrie du bois avec des produits en bois massif, ce qui a donné lieu à une nouvelle génération de planchers en bois massif (figure 2C).



A

B

Figure 1. Évolution de la construction, de la maison classique en bois de charpente construite par des charpentiers-menuisiers (A) aux immeubles de grande hauteur réalisés en bois massif, comme le montre un immeuble en bois massif de 18 étages à The University of British Columbia, à Vancouver (B).



A

B



C

Figure 2. Trois générations de produits de plancher en bois : solives en bois de charpente (A), solives en bois d'ingénierie (B) et dalles en bois massif (C).

### FPInnovations a joué un rôle important dans l'évolution des produits de charpente en bois

FPInnovations a activement soutenu l'évolution des produits et de la construction en bois en développant de nouveaux matériaux de construction en bois, des technologies de construction innovatrices et de nouvelles méthodes de conception pour divers codes de construction. La mise en œuvre et le développement constants de méthodes de conception de lutte contre les vibrations des planchers pour les trois générations de systèmes de planchers en bois en sont un bon exemple.

Dans les années 1970 et 1980, la méthode de conception de première génération de lutte contre les vibrations des planchers à solives en bois a été développée par Donald Onysko. À cet effet, Forintek Canada Corp. (maintenant FPInnovations) avait mené une vaste étude de terrain sur la performance de plus de 300 planchers résidentiels construits avec des solives en bois de sciage par le biais d'enquêtes menées auprès des consommateurs, de tests de

performance et de modélisations. Donald Onysko a démontré que, pour les planchers à solives en bois de charpente dans les maisons résidentielles, une meilleure variable pour prédire la réponse humaine aux vibrations de planchers est la flèche statique sous une charge concentrée. Par conséquent, une nouvelle méthode basée sur la limite de flèche statique sous une charge concentrée de 1 kN au centre d'un système de planchers bidirectionnels a été proposée. Cette approche a finalement été adoptée dans la partie 9 du CNBC de 1990 comme base de calcul des portées admissibles pour les planchers construits avec des solives en bois de sciage. Pour ces systèmes de planchers, les limites de flèche sont :

$$\Delta \leq 2,0 \text{ mm} \quad \text{pour une portée de moins de 3 m}$$

$$\Delta \leq \frac{8}{L^{1,3}} \text{ mm} \quad \text{pour une portée de plus de 3 m}$$

où  $\Delta$  est la flèche maximale d'un plancher sous une charge statique concentrée de 1 kN, et  $L$  est la portée en mètres permettant de lutter contre les vibrations. Le commentaire du CNBC fournit des procédures de calcul des portées permettant la lutte contre les vibrations pour les planchers à ossature de bois qui peuvent contenir des éléments de contreventement latéraux tels que contreventement des solives, calage et pose de tringles, un plafond à cloison sèche relié de manière rigide et un recouvrement en béton (CNRC, 2020).

Dans les années 1990, la deuxième génération de solives de plancher, telles que les solives de bois en I et les supports en bois reliés par des plaques de métal, a été inventée; ces solives étaient plus légères, plus rigides et plus résistantes que celles en bois de charpente. Les solives en bois d'ingénierie ont aussi des rapports résistance/masse et rigidité/masse plus élevés que les solives en bois de charpente. Ces changements ont poussé l'industrie du bois à s'engager sur des marchés de la construction avec des planchers de plus longues portées comme les bâtiments non résidentiels et multifamiliaux. Dans les constructions multifamiliales et non résidentielles, on ajoute souvent un revêtement en béton pour répondre à l'exigence d'isolation acoustique prescrite par les codes de la construction. Ce nouveau type de plancher a remis en question la méthode de conception de première génération de lutte contre les vibrations des planchers. Cela a conduit à l'élaboration de la méthode de conception de deuxième génération de lutte

contre les vibrations des planchers en bois, applicable à une plus vaste gamme de planchers à solives en bois.

L'approche adoptée pour mettre au point la méthode de conception de deuxième génération pour lutter contre les vibrations était similaire à celle utilisée pour la mise au point de la méthode de conception de la première génération. Une étude de terrain approfondie sur les performances de plus de 100 planchers construits pour la plupart avec des solives en bois d'ingénierie a été réalisée par le biais d'enquêtes auprès des consommateurs, de tests de performance et de modélisations. Il a été constaté qu'en plus de la flèche statique de la charge ponctuelle de 1 kN, la fréquence normale fondamentale du plancher est également un indicateur clé de la réponse humaine aux vibrations induites par la marche normale, en particulier pour les planchers en bois des immeubles collectifs et non résidentiels qui ont généralement un revêtement lourd. Par conséquent, un nouveau critère de conception pour lutter contre les vibrations dues à la marche normale dans une vaste gamme de planchers à solives en bois a été dérivé en combinant ces deux paramètres :

$$\frac{f}{d_{1kN}^{0,46}} \geq 20$$

où  $f$  est la fréquence normale fondamentale d'un plancher, et  $d_{1kN}$  est la flèche maximale du plancher sous une charge ponctuelle de 1 kN. Des équations ont été fournies pour calculer la flèche statique de 1 kN, la fréquence et la rigidité composite du plancher en bois et du revêtement en béton. L'équation de la flèche est semblable à l'équation pour les planchers de bois qui est capable de tenir compte de l'élément de contreventement latéral. Les fréquences normales fondamentales sont évaluées sur la base d'un modèle de poutre en T qui tient compte de la solive et du plancher composite, y compris le sous-plancher et le revêtement. La substitution des équations de fréquence et de flèche dans le critère de conception a abouti à une méthode de conception simple pour limiter la portée maximale ( $L$ ) suffisante pour lutter contre les vibrations des planchers, déterminée par sa masse linéaire ( $m_L$ ) et sa rigidité efficace dans le sens de la portée des solives ( $EI_{eff}$  et  $F_{tss}$ ), comme exprimé plus bas. Cette équation a finalement été adoptée dans la norme CSA O86-19 (CSA, 2019) :

$$L \leq \frac{0,122 (EI_{eff})^{0,284}}{F_{tss}^{0,14} m_L^{0,15}}$$

Dans les années 2000, la troisième génération de produits de plancher en bois, c'est-à-dire le bois lamellé-croisé (CLT), a été mise en œuvre et commercialisée au Canada. Le CLT ressemble davantage à une dalle solide, ce qui a remis en question les méthodes de conception de lutte contre les vibrations des planchers à solives en bois qui ressemblent davantage à une plaque nervurée. Le CLT est une dalle en bois massif, semblable à une dalle de béton, qui peut, dans une certaine mesure, agir dans les deux directions comme une plaque. Au Canada, il n'existait pas de méthode de conception permettant de lutter contre les vibrations des planchers-dalles en bois massif. C'est pourquoi, depuis 2008, FPInnovations a mené des recherches sur le développement d'une méthode de conception de lutte contre les vibrations des planchers-dalles en bois massif. Comme pour l'équation de conception de lutte contre les vibrations mise au point pour les planchers à solives en bois d'ingénierie, le critère de conception a utilisé une flèche statique de 1 kN et les fréquences normales fondamentales comme variables de conception, comme exprimé ici :

$$\frac{f}{d_{1kN}^{0,7}} \geq 13$$

Les équations pour calculer la fréquence  $f$  et la flèche de 1 kN étaient basées sur le modèle d'une poutre en bois d'un mètre de largeur. En substituant la flèche et les équations des fréquences normales fondamentales dans le critère de conception des planchers en CLT, une méthode simple de conception pour contrôler les portées maximales ( $L$ ) pour lutter contre les vibrations des planchers en CLT a été développée :

$$L \leq 0,11 \frac{(EI_{eff})^{0,29}}{(m)^{0,12}}$$

Elle a été publiée dans la norme CSA O86-19 (CSA, 2019). Cependant, il y a certaines limitations concernant la méthode de conception proposée qui concerne l'effet de multiples portées, l'effet du revêtement en béton et l'applicabilité de l'équation à d'autres produits en bois massif comme le bois lamellé-cloué (NLT), le bois lamellé-goujonné (DLT) et les planchers en bois lamellé-collé (GLT). FPInnovations continue à développer des solutions pour étendre la méthode de conception des planchers CLT afin de couvrir une large gamme de produits en bois massif, en vue

d'une mise en œuvre dans la prochaine édition de la norme CSA O86.

### Incidence au Canada

Les méthodes de conception de troisième génération de FPInnovations pour lutter contre les vibrations des planchers dans le CNB et la norme CSA O86 garantissent l'acceptation du marché par les consommateurs. Depuis 1990, très peu de plaintes ont été formulées par les consommateurs. Cela renforce l'utilisation du bois comme matériau de construction de qualité et contribue à l'accroissement des parts de marché de la construction en bois au Canada.

### Incidents internationaux

Les approches développées par M. Onysko pour le développement de méthodes de conception et de méthodes d'essai sur le terrain des planchers en bois ont été normalisées à l'ISO au profit des chercheurs internationaux (ISO 2016 ; ISO 2017). Cela a permis d'attirer davantage de collaborations internationales. Une troisième méthode ISO

pour lutter contre les vibrations des planchers en bois a été élaborée selon l'approche de FPInnovations avec les contributions des bases de données sur les planchers en bois de chercheurs finlandais et allemands. Elle fait actuellement l'objet d'un vote au sein du comité ISO/TC 165. L'adoption finale au sein de l'ISO sera bénéfique pour les consommateurs et l'industrie de la construction en bois dans le monde entier.

### En conclusion

Comme l'ont démontré le développement et la mise en œuvre des codes des méthodes de conception de troisième génération pour lutter contre les vibrations des planchers, FPInnovations joue un rôle important au Canada et à l'échelle internationale dans les comités de codes et de normes visant à protéger les consommateurs et l'industrie du bois et contribue à la croissance continue du marché de la construction en bois à l'échelle mondiale.

#### Références

CSA O86. 2019. CSA O86-19 *Engineering design in wood*. Toronto, 2019.

ISO. 2016. *Timber structures-Test method-Floor vibration performance*. ISO 18324 : première édition 2016-04-01.

ISO. 2017. *Timber structures-Vibration performance criteria for timber floors*. ISO/TR: 21136: première édition 2017-04.

Conseil national de recherches Canada (CNRC). 2020. Code national du bâtiment du Canada (CNB). Ottawa (Ontario) : CNRC.

#### Pour plus d'informations

Lin Hu | (418) 781-6703  
lin.hu@fpinnovations.ca

Samuel Cuerrier-Auclair | (418) 781-6704  
samuel.cuerrier-auclair@fpinnovations.ca

Cheng Qian | (418) 781-6738  
cheng.qian@fpinnovations.ca

#### Suivez-nous :



[fpinnovations.ca](https://www.fpinnovations.ca)