

Résistance au feu et isolation acoustique des murs porteurs à ossature en acier

par V.K. Kodur, T.R.T. Nightingale, M.A. Sultan et L. Saint-Martin

Ce numéro traite de l'importance de divers facteurs qui conditionnent le classement de résistance au feu et d'isolation acoustique des murs porteurs à ossature en acier et parement en plaques de plâtre¹.

Ces dernières années, les murs à ossature en acier ont trouvé une large application dans la construction résidentielle, notamment dans les maisons en rangée et les immeubles résidentiels de faible hauteur. Dans ces types de construction, les murs mitoyens et les murs entre les logements et les corridors sont souvent porteurs et doivent avoir un degré de résistance au feu de 45 minutes (une heure dans certains cas) et un indice de transmission du son de 50 conformément au Code national du bâtiment du Canada (CNB).

Une étude antérieure, achevée par l'IRC en 1994², avait servi de base pour mettre à jour le tableau A-9.10.3.1. [1] de l'annexe A de l'édition 1995 du CNB, qui donne le degré de résistance au feu et l'indice de transmission du son d'assemblages réputés conformes pour les bâtiments construits selon la partie 9 avec des matériaux et des composants génériques. Toutefois, les murs porteurs à ossature en acier ne faisaient pas partie de cette étude et le tableau A-9.10.3.1. ne renferme à l'heure actuelle aucune donnée sur ce type de construction. Pour pallier cette lacune, l'IRC et neuf partenaires de l'industrie ont lancé un important projet de recherche concerté, qui vise à produire des classements de résistance au feu et d'isolation acoustique pour les murs porteurs à ossature en acier et autres constructions non visées par l'étude de 1994.

Montage expérimental

Pour mieux comprendre comment les différents paramètres influent sur le comportement au feu et la performance acoustique, les essais ont été effectués sur des murs complets et non sur les seuls matériaux. Pour cette étude, 14 murs ont été soumis à un essai normalisé

de comportement au feu [2], et 41 autres murs différents ont été soumis à des essais acoustiques en laboratoire [3]. Les plaques de plâtre étaient toutes de type X et, à l'exception des murs comportant une membrane résistante au cisaillement, tous les échantillons étaient munis de croisillons en acier pour la résistance latérale. La figure 1 montre les sections transversales et les détails de construction de base des murs soumis aux essais.

Pour les essais de comportement au feu, des murs de 3 048 mm de hauteur sur 3 658 mm de largeur ont été exposés à la chaleur d'un four vertical au propane. Comme il s'agissait d'essais sur des murs porteurs, une charge a été appliquée au moyen de vérins hydrauliques. Le degré de résistance au feu attribué à chaque mur a été déterminé par le temps écoulé jusqu'à la défaillance, conformément aux conditions fixées dans la norme CAN/ULC S101-M89. Dans le cas de la présente étude, les 14 murs mis à l'essai ont tous subi une défaillance structurale par suite d'un flambement partiel ou total sous la charge appliquée.

Les essais sur l'isolation acoustique ont été menés conformément aux méthodes prescrites dans les normes ASTM E90 et E413. Des murs de 2 451 mm de hauteur sur 3 670 mm de largeur ont été montés sur une ossature protégée des vibrations (de sorte que le mur était la principale voie de transmission acoustique), entre un local d'émission et un local de réception. L'indice de transmission du son, une valeur composite unique d'atténuation, a été calculé à partir de la perte de transmission du son aérien mesurée directement à travers le mur sur plusieurs fréquences.

Paramètres qui influencent la résistance au feu et l'isolation acoustique

Rangée de poteaux : simple ou double?

Les résultats des essais de comportement au feu donnent à penser que les murs à deux rangées de poteaux en acier ont une meilleure résistance au feu que les murs à une seule rangée. Ces résultats peuvent être partiellement attribués au fait que les murs à double rangée de poteaux ont un vide plus grand, qui permet une plus grande dissipation de la chaleur. Les murs à double rangée de poteaux avec deux épaisseurs de plaques de plâtre de chaque côté, remplis ou non de matériaux absorbants dans les vides, se sont classés avec une résistance de une heure et plus, tandis que les murs avec une seule épaisseur n'ont pu atteindre les 45 minutes exigées.

Dans un mur à double rangée de poteaux posés sur des lisses distinctes (construction 4), il n'existe pas de liaison structurale directe entre les deux côtés. L'isolation acoustique s'en trouve alors nettement améliorée (par rapport aux murs avec une seule rangée), parce que l'énergie de vibration ne peut être transmise directement de part et d'autre de la structure. Pour tirer pleinement avantage de ce type de construction, il est préférable d'augmenter le nombre d'épaisseurs de plaques de plâtre de chaque côté et de remplir les vides de matériaux absorbants (voir ci-après *Nombre d'épaisseurs de plaques de plâtre et Isolation dans les vides*).

Nombre d'épaisseurs de plaques de plâtre

Dans toutes les configurations présentées à la figure 1, les murs avec une seule épaisseur de plaques de plâtre ont été sensiblement moins efficaces pour ce qui est de la résistance au feu que les murs avec deux épaisseurs de chaque côté. Lors des essais de comportement au feu, les murs avec une seule épaisseur de plaques de plâtre, remplis ou non de matériaux absorbants dans les vides, n'ont pu atteindre le degré minimal des 45 minutes préconisé par le CNB.

Tous les murs de la figure 1 avec deux épaisseurs de plaques de plâtre de chaque côté peuvent être utilisés lorsqu'on exige un degré de résistance au feu de 45 minutes. L'amélioration de la résistance au feu des murs avec deux épaisseurs de plaques de plâtre de chaque côté est attribuable en partie au décalage des joints. Bien que les joints soient la partie la plus fragile du mur, la plaque de plâtre continue sous le joint en surface offre encore une bonne protection lorsque ce dernier a cédé. Il est donc important de préciser le décalage des joints si l'on veut tirer pleinement avantage d'une double épaisseur de plaques de plâtre.

Doubler le nombre de plaques de plâtre signifie doubler la masse. Or, comme l'atténuation du son aérien augmente en fonction de

la masse, il est ainsi possible d'améliorer la performance acoustique du mur. Toutefois, dans le cas des murs avec une seule rangée de poteaux, sans autre élément de contrôle acoustique (profilés souples ou matériaux absorbants), l'amélioration n'est que de quatre points environ par rapport aux murs avec une seule épaisseur de plaques de plâtre de chaque côté. Par ailleurs, il est important de noter que les murs porteurs avec une seule rangée de poteaux avec une ou deux épaisseurs de plaques de plâtre et sans isolant acoustique ne répondent pas aux critères d'isolation acoustique du CNB (indice de transmission du son de 50 ou plus).

Panneau de cisaillement en remplacement d'une plaque de plâtre

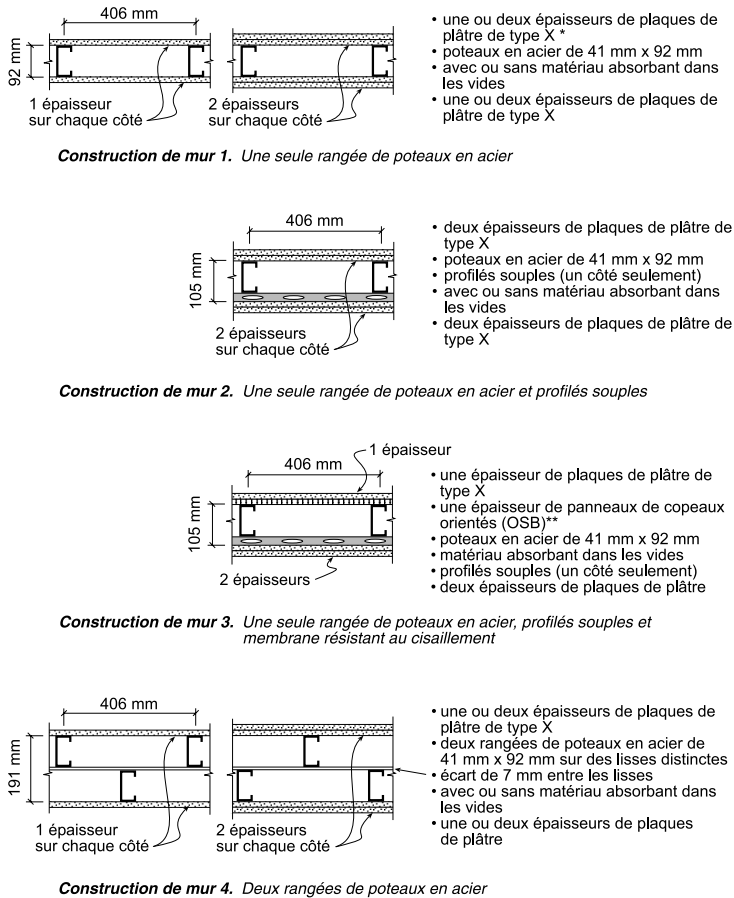
Dans l'une des expériences sur un mur avec une seule rangée de poteaux et deux épaisseurs de plaques de plâtre de chaque côté, les croisillons métalliques ont été abandonnés et sur le côté du mur exposé au feu, la première épaisseur de plaques de plâtre a été remplacée par des panneaux de copeaux orientés (OSB) pour assurer la résistance latérale (construction 3). Dès que des fissures sont apparues dans la plaque de plâtre, les panneaux de copeaux ont brûlé rapidement, mettant à nu l'ossature. Comparativement au mur avec deux épaisseurs de plaques de plâtre de chaque côté, cette construction offre une résistance de beaucoup réduite.

En général, le remplacement d'une plaque de plâtre par un matériau plus léger à base de bois s'est traduit par une légère dégradation de la performance acoustique. Cette dégradation peut s'expliquer par la masse plus faible d'un panneau OSB (d'une épaisseur nominale de 10 x 13 mm), par rapport à celle d'une plaque de plâtre de type X.

Matériau absorbant dans les vides

Le type de matériau absorbant (isolant en matelas ou en vrac) placé dans les vides du mur influe sur la résistance au feu des murs avec une seule rangée ou deux rangées de poteaux en acier. Les murs avec une seule rangée de poteaux et deux épaisseurs de plaques de plâtre de type X de chaque côté, dont les vides étaient remplis d'isolant en fibre de roche ou de fibre de cellulose, ont résisté au feu pendant plus d'une heure, tandis que les murs remplis de fibre de verre ont résisté un peu moins d'une heure. Cela s'explique par le fait que la fibre de roche et la fibre de cellulose restent en place un peu plus longtemps pour protéger l'ossature, tandis que la fibre de verre fond dès l'effondrement de la plaque de plâtre.

Toutefois, nonobstant le type d'absorbant, les murs remplis n'ont pas résisté au feu aussi longtemps que les murs vides. La raison principale est que l'absorbant garde la plaque



* Tous les essais ont été effectués avec des plaques de plâtre de type X qui doivent répondre aux exigences minimales de résistance au feu conformément à la norme CAN / CSA-A82.27-M91.
 ** Tous les assemblages, sauf la construction de mur 3, comportent des croisillons en acier.

Figure 1. Configurations de base des murs mis à l'essai

exposée au feu plus chaude et il en découle une fissuration et une désintégration plus rapide qu'avec un mur vide. L'effondrement de la plaque accélère ensuite la défaillance structurale des poteaux en acier, lesquels perdent leur capacité de résister aux charges appliquées dès qu'ils sont directement exposés au feu.

Si l'on obtient une meilleure résistance au feu des murs en l'absence de matériau absorbant, une telle pratique est incompatible avec la recherche d'une meilleure performance acoustique. En matière d'isolation acoustique, il est fortement recommandé de remplir les vides des murs avec un matériau absorbant pour contrôler la transmission directe du bruit et les fuites potentielles. Les essais ont montré que les différences entre les divers types d'absorbants en fibre ne sont pas importantes, et que tous les absorbants se comportaient efficacement pour dissiper l'énergie acoustique.

Effet des profilés souples

Les profilés souples n'ont qu'une seule raison d'être : permettre une discontinuité qui réduit l'énergie acoustique transmise par l'ossature du mur. Ils consistent généralement en de longues bandes d'acier mince en gradins, dont l'une des sections est fixée au poteau et l'autre à la plaque de plâtre. Lors des essais,

les profilés souples ont été fixés horizontalement du côté exposé au feu, à entraxe de 406 mm et perpendiculairement aux poteaux en acier.

Généralement, les murs avec profilés souples ont une résistance au feu inférieure aux murs sans profilés souples. Lors des essais, la construction 2, avec de l'isolant en fibre de roche et sans profilés souples, a obtenu une résistance au feu de une heure, tandis que la même construction avec profilés souples a atteint 45 minutes. Cette résistance moindre peut s'expliquer en partie par le fait que comme les rives des plaques de plâtre perpendiculaires aux profilés souples ne reposent sur aucun élément, il se forme ainsi un espace entre la plaque de plâtre et les poteaux. Cet espace – continu d'un vide à l'autre – permet aux gaz chauds de se propager plus rapidement dans les vides du mur lorsque la plaque de plâtre se désintègre.

En matière de performance acoustique, les profilés souples sont beaucoup plus efficaces lorsqu'ils sont utilisés dans un mur avec une seule rangée de poteaux rempli d'un matériau absorbant. Les essais ont montré que les profilés souples permettaient aux murs avec une seule rangée de poteaux en acier de gagner jusqu'à 10 points sur l'indice de transmission du son, selon le nombre d'épaisseurs de plaques de plâtre et l'espacement des profilés et des poteaux. Dans les murs, l'espacement de profilés à 610 mm donne une performance acoustique légèrement meilleure qu'un espacement à 406 mm (à cause du nombre réduit de points de fixation) – soit typiquement un gain de 2 à 3 points sur l'indice de transmission du son – sans nuire à la résistance au feu.

Résumé des conclusions

L'étude a montré que les deux facteurs qui influencent le plus la résistance au feu des murs porteurs à ossature en acier sont le nombre d'épaisseurs de plaques de plâtre, et l'utilisation de divers types de matériau absorbant³. Le doublage du nombre d'épaisseurs de plaques de plâtre augmente sensiblement la résistance au feu et l'isolation acoustique des murs, qu'ils soient remplis d'un matériau absorbant ou non, et le décalage des joints entre les deux épaisseurs de plaques de plâtre (couche de base et couche en surface) renforce davantage cette résistance au feu.

L'ajout de matériau absorbant (isolant en matelas ou en vrac) dans les vides du mur afin d'améliorer l'isolation acoustique réduit la résistance au feu, mais tous les murs avec deux épaisseurs de plaques de plâtre des deux côtés conviennent à des utilisations qui exigent une résistance au feu minimale de 45 minutes, peu importe le type d'isolant utilisé. Pour une performance acoustique maximale, le type d'absorbant importe peu, mais il est impératif

Tableau 1. Effets des paramètres étudiés

Paramètre	Effet sur la résistance au feu	Effet sur l'indice de transmission du son
Deux rangées de poteaux plutôt que une	↑	↑
Deux épaisseurs de plaques de plâtre plutôt que une	↑	↑
Remplacement d'une épaisseur de plaque de plâtre par des panneaux de cisaillement	↓	↓
Ajout de matériau absorbant dans les vides	↓	↑
Ajout de profilés souples	↓	↑
↑ Performance améliorée ↓ Performance moindre		

de remplir complètement les vides du mur. Il est plus efficace d'utiliser un matériau absorbant lorsqu'il y a discontinuité de la structure, comme dans le cas d'un mur avec deux rangées de poteaux sur lisses distinctes ou d'un mur avec une seule rangée de poteaux et profilés souples. Dans ces deux types de construction, le remplissage intégral du vide peut se traduire par une augmentation de 8 à 10 points de l'indice de transmission du son, par rapport au même mur sans isolant.

Pour les murs avec une seule rangée de poteaux, il est important d'isoler l'une des épaisseurs de plaques de plâtre avec des profilés souples, si l'on veut obtenir une bonne isolation acoustique. Malheureusement, les profilés souples peuvent réduire la résistance au feu, notamment lorsqu'ils sont utilisés dans des murs avec une seule épaisseur de plaques de plâtre. L'ajout d'une épaisseur de plaques de plâtre du côté où sont montés les profilés souples améliorera la résistance au feu et l'isolation acoustique du mur.

En fait, nombreuses sont les conditions d'une bonne résistance au feu qui s'opposent aux impératifs d'une bonne isolation acoustique. Il importe donc de faire le choix approprié parmi les divers compromis de performance (tableau 1) lorsqu'on recherche un type de mur qui réponde à la fois aux normes de résistance au feu et d'isolation acoustique.

Répercussions sur l'industrie

Les données issues de ce projet servent actuellement à produire de nouveaux tableaux pour le degré de résistance au feu et l'indice de transmission du son qui seront intégrés au CNB.

Pour une discussion plus détaillée des facteurs qui influent sur l'isolation acoustique et les mesures de l'indice de transmission du

son, voir la référence [3]. Pour plus de précisions sur les facteurs qui influent sur la résistance au feu, notamment le tableau des résultats, voir la référence [2].

Notes

1. Les informations contenues dans ce numéro s'appuient sur les résultats d'un vaste projet de recherches mené par l'Institut de recherche en construction (IRC) du Conseil national de recherches. Ce projet a été financé par un consortium formé de l'Association canadienne des constructeurs d'habitations, du Conseil canadien de la construction en acier, de l'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment, du Conseil canadien du bois, de la Cellulose Insulation Manufacturers Association of Canada, de Forintek Canada Corporation, des Fabricants de produits de gypse du Canada, d'Owens Corning Canada Inc. et de Roxul inc.
2. L'étude de 1994 a été financée par un consortium formé de la Société canadienne d'hypothèques et de logement, de l'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment, de la Cellulose Insulation Manufacturers Association of Canada, de Forintek Canada Corporation, des Fabricants de produits de gypse du Canada, de l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches Canada, d'Owens Corning Canada Inc. et de Roxul inc.
3. Il est à remarquer que la résistance au feu des murs mis à l'essai dépend de plusieurs autres facteurs, tels l'espacement des dispositifs de fixation, la qualité des plaques de plâtre (fabricant), le niveau de charge, etc. On trouvera des précisions sur ces facteurs dans les rapports internes de l'IRC.

Références

1. Code national du bâtiment, partie 9, Conseil national de recherches Canada, Ottawa, 1995.
2. Kodur, V.K.R., Sultan, M.A. et Denham, E.M.A., Temperature Measurements in Full-Scale Wood Stud Shear Walls, rapport interne n° 729, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches Canada, Ottawa, Ontario, 1996.
3. Nightingale, T.R.T., Halliwell, R.E., Quirt, J.D. et Birta, J.A., Sound Insulation of Load Bearing Shear-Resistant Wood and Steel Stud Walls, rapport interne n° IRC-IR-832, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches Canada, Ottawa, Ontario, 2002.
<http://irc-nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/ir832>

V.K. Kodur, Ph.D., T.R.T. Nightingale, Ph.D., et M.A. Sultan, Ph.D., sont agents de recherche à l'Institut de recherche en construction (IRC) du Conseil national de recherches. **L. Saint-Martin** est conseiller en transfert de technologie à l'IRC.

© 2003
Conseil national de recherches du Canada
Septembre 2003
ISSN 1206-1239

« Solutions constructives » est une collection d'articles techniques renfermant de l'information pratique issue de récents travaux de recherche en construction.

Canada

Pour obtenir de plus amples renseignements, communiquer avec l'Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa K1A 0R6.
Téléphone : (613) 993-2607 Télécopieur : (613) 952-7673 Internet : <http://www.irc.nrc-cnrc.gc.ca>