

Isolement acoustique et résistance au feu des ensembles comportant des coupe-feu

par T.R.T. Nightingale et M.A. Sultan

Cet article porte sur différentes techniques coupe-feu qui sont conformes à l'esprit du Code national du bâtiment du Canada (CNB) en matière de résistance au feu et qui ne réduisent pas l'isolement acoustique des murs. L'information est issue d'un projet piloté par l'Institut de recherche en construction (IRC) du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) dans le cadre d'un consortium parrainé par l'industrie¹.

Le Code national du bâtiment du Canada (CNB) 1995 exige qu'il y ait à chaque niveau plancher-plafond des constructions à ossature de bois un coupe-feu (matériau qui obture le vide à l'intérieur d'un mur) destiné à empêcher le passage des flammes et de la fumée dans les murs séparatifs contenant des matériaux combustibles. Toutefois, dans les habitations multifamiliales, certains types de matériaux ou méthodes de pose peuvent créer des liaisons physiques entre logements; même si ces liaisons peuvent être souhaitables du point de vue de la sécurité incendie et de la structure, elles peuvent avoir des effets néfastes sur l'isolement acoustique.

Un projet multidisciplinaire récemment mis en oeuvre par l'IRC portait sur les façons d'obtenir la résistance au feu recherchée sans compromettre l'isolement acoustique dans les murs séparant les logements. Les résultats du projet sont résumés dans cet article.^{2,3}

Évaluation de la résistance au feu des matériaux coupe-feu

L'IRC a réalisé le volet résistance au feu en parallèle avec le volet acoustique pour déterminer si les méthodes ou matériaux coupe-feu qui sont efficaces sur le plan acoustique respectent également l'esprit du CNB en matière de résistance au feu.

Le CNB indique clairement quand et où il doit y avoir des coupe-feu, et pendant com-

bien de temps ils doivent résister au passage des flammes. Cependant, au moment où ce projet a été lancé, il n'existait pas de méthode d'essai normalisée appropriée permettant d'évaluer les différentes techniques coupe-feu. Le CNB renvoie à la norme CAN/ULC-S101-M89, « Standard Methods of Fire Endurance Tests of Building Construction and Materials », mais celle-ci sert plutôt à tester des systèmes de mur ou de plancher que des matériaux formant jonction. Cela compliquait la tâche du comité de direction du consortium, qui devait déterminer comment appliquer la norme pour évaluer les matériaux coupe-feu aux jonctions mur-plancher. C'est pourquoi, avant d'étudier les méthodes visant à réduire la propagation du feu par ces jonctions, il fallait interpréter le paragraphe 3.1.11.7.(1) du CNB et définir une méthode d'essai conforme à cet esprit.

Méthode d'essai et critère de non-conformité

Le comité de direction a décidé, en consultation avec les spécialistes des codes de l'IRC, de tester les ensembles en exposant, dans le four horizontal à propane de l'Institut, le bas de la jonction plancher-plafond à un feu reflétant la relation température-temps contenue dans la norme CAN/ULC-S101-M89. (Voir, à la figure 1, une coupe transversale de mur et d'ensemble plancher-plafond.) On a observé la propagation verticale des flammes dans le vide de cloison.

Publié par

Institut de
recherche
en construction

IRC

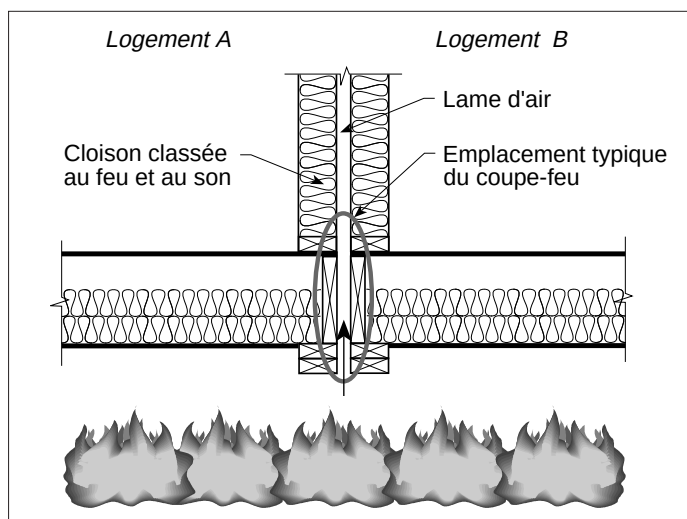


Figure 1. Coupe sur l'une des cloisons installées dans le four horizontal. Remarque : Les doubles sablières hautes de ce qui aurait été la cloison porteuse du dessous faisaient partie des éléments testés; c'est pourquoi on les aperçoit dans la figure.

Le CNB exige (article 3.1.11.7) que les matériaux qui séparent des vides de construction, comme les vides de cloison, restent en place et empêchent le passage des flammes pendant au moins 15 minutes dans les conditions d'exposition au feu indiquées dans la norme CAN/ULC-S101-M89. Le comité de direction du consortium a donc décidé qu'une technique coupe-feu était conforme

à l'esprit du CNB si, après 15 minutes, le feu n'avait pas pénétré dans le vide de cloison. Si, après ce délai, des flammes étaient visibles au-dessus du plancher ou si les gaz atteignaient une température de 550 °C, ce qui dénote la présence de flammes, la technique coupe-feu était considérée comme non conforme.

Résultats des essais de résistance au feu

Les ensembles testés peuvent être classés en deux catégories :

- systèmes **avec** coupe-feu explicite
- systèmes **sans** coupe-feu explicite

Systèmes avec coupe-feu explicite

Des quatre matériaux coupe-feu testés, deux étaient mentionnés dans le CNB et deux ne l'étaient pas (voir tableau 1). Dans le premier cas, il s'agissait des panneaux à copeaux orientés (OSB) de 13 mm ou plus et de la tôle d'acier de 0,38 mm ou plus. Ils étaient posés sous les sablières basses de la cloison.

Les matériaux non mentionnés dans le code sont les panneaux de fibres semi-rigides (fibre de verre ou fibre de roche). Ces panneaux de 25 mm d'épaisseur sont orientés verticalement et placés entre les chevêtres (dans le cas d'un mur porteur) ou entre les

Tableau 1. Coupe-feu examinés dans l'étude

Matériau coupe-feu classé par efficacité acoustique	Groupe*	Installation typique	Emplacement des flammes après 15 minutes, selon l'étude sur la résistance au feu
Pas de coupe-feu explicite** • lame d'air de 13 mm, poteaux de bois • lame d'air de 25 mm, poteaux de bois • lame d'air de 25 mm, poteaux d'acier • lame d'air de 38 mm, poteaux de bois	0	Remplir le vide de sorte que la largeur de la lame d'air soit de 25 mm ou moins	Sous le niveau du plancher 300 mm au-dessus du niveau du plancher Au-dessous du niveau du plancher 1200 mm au-dessus du niveau du plancher
Panneaux semi-rigides de fibre minérale • fibre de verre, 48 kg/m ³ • fibre de roche, 80 kg/m ³	1	25 mm d'épaisseur, placés verticalement entre les chevêtres	Au-dessous du niveau du plancher Au-dessous du niveau du plancher
Plaques de plâtre	2	25 mm d'épaisseur, placées verticalement entre les chevêtres	Non déterminé dans l'étude sur le feu
Tôle d'acier	2	0,38 mm d'épaisseur, sans profilé, posée sous les sablières	Au-dessous du niveau du plancher
Panneaux OSB	3	Support de revêtement de sol continu sous la cloison	Au-dessous du niveau du plancher

* Voir la description des groupes sous « Effet des coupe-feu sur l'isolement acoustique des logements », à la page 4.

** Le CNB n'exige pas de coupe-feu si la largeur du vide de construction (lame d'air) est de 25 mm ou moins. Dans ce projet, on a rempli d'isolant les vides entre poteaux des deux rangées de façon à obtenir différents écartements des parois, ce qui a permis de déterminer leur effet sur la propagation des flammes dans le vide de construction.

solives d'enchevêtrement (dans le cas d'un mur non porteur).

Le tableau 1 montre que tous les matériaux coupe-feu explicites, notamment les panneaux semi-rigides (ayant une densité effective de $46,4 \text{ kg/m}^3$ dans le cas de la fibre de verre et de $80,9 \text{ kg/m}^3$ dans le cas de la fibre de roche), ont empêché les flammes de dépasser le niveau du support de revêtement de sol pendant au moins 15 minutes, ce qui est conforme à l'esprit du CNB, selon l'interprétation qu'en fait le comité de direction du consortium.

Ces résultats ont permis d'établir que l'utilisation de panneaux OSB de 13 mm (et, indirectement, de contreplaqué, qui a le même degré de résistance au feu) et de tôle d'acier de 0,38 mm comme matériaux coupe-feu est conforme à l'esprit du CNB (article 3.1.11.7). On recommandera aux comités permanents des codes concernés d'ajouter à la liste des matériaux coupe-feu acceptables les panneaux de fibre minérale (fibre de verre et fibre de roche) ayant une densité de 46 kg/m^3 ou plus.

Systèmes sans coupe-feu explicite

Le CNB n'exige pas de coupe-feu explicites aux jonctions mur-plancher si la lame d'air de la cloison est de 25 mm ou moins (voir articles 3.1.11.2 et 9.10.15.2). Par conséquent, si on pose de l'isolant dans le vide de cloison

de façon à ménager une lame d'air de 25 mm ou moins, il n'est pas nécessaire de prévoir un coupe-feu explicite. (Du point de vue acoustique, c'est cette façon de faire qui s'est révélée la plus apte à assurer le respect de l'esprit du code en matière de coupe-feu.)

On a effectué des recherches systématiques concernant l'effet de l'épaisseur de la lame d'air sur la propagation des flammes dans quatre types de cloisons : trois à ossature de bois et un à ossature d'acier. Les lames d'air des cloisons à ossature de bois étaient de 13, 25 et 38 mm. La cloison à ossature d'acier, qui comportait une lame d'air de 25 mm, a servi à comparer les ossatures combustibles et les charpentes incombustibles. Dans toutes les cloisons, un treillis d'acier a été fixé sur les poteaux, côté lame d'air, pour que l'isolant reste en place et que la lame d'air reste dégagée sur toute la hauteur et toute la largeur de la cloison. De plus, chaque ensemble était muni en partie supérieure d'un rabat que l'on ouvrait pour simuler un vide de cloison ventilé. On trouvera à la figure 2 une coupe transversale de cloison comportant un tel rabat. Au cours des quinze premières minutes, on a fermé le rabat pour simuler un vide non ventilé, puis on l'a ouvert pendant une période de temps égale pour simuler un vide ventilé.

La température des gaz présents dans le vide de cloison, et indirectement l'emplacement des flammes, a été déterminée au moyen de thermocouples disposés à différents endroits. La figure 2 montre l'emplacement des flammes en fonction du temps pour trois des quatre ensembles (on suppose qu'il y a une flamme lorsque la température des gaz est de 550°C ou plus).

Lame d'air de 13 mm et poteaux de bois.

Circonsrites à l'espace entre chevêtres, les flammes n'ont pas atteint le niveau du support de revêtement de sol avant quinze minutes. L'ouverture du rabat, après ce délai, n'a pas eu d'effet appréciable sur la hauteur des flammes, celles-ci restant toujours sous le niveau en question.

Lame d'air de 25 mm et poteaux de bois.

Les flammes ont atteint le niveau du support de revêtement de sol en 12 minutes. Après 16 minutes, elles étaient rendues à 300 mm au-dessus et, à 17 minutes (soit deux minutes après l'ouverture du rabat), elles étaient rendues à 610 mm.

Cet ensemble autorisé par le CNB n'a pas permis de satisfaire au critère de performance défini par le comité de direction. Toutefois,

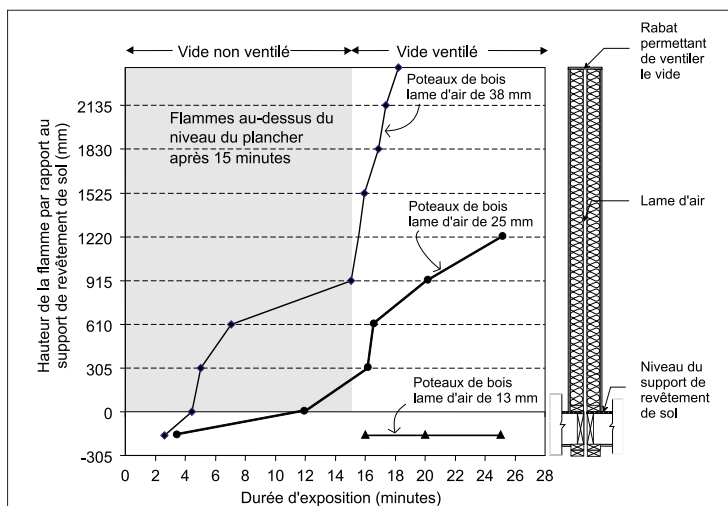


Figure 2. Emplacement des flammes dans la lame d'air en fonction du temps (on suppose que la température doit y être de 550°C ou plus pour qu'il y ait flamme). Les données commencent lorsque les flammes ont atteint les premiers thermocouples, qui étaient à 168 mm au-dessous du niveau du support de revêtement de sol. Les données concernant la cloison à ossature métallique ne figurent pas ici, car les flammes n'ont atteint les premiers thermocouples à aucun moment de l'essai.

les flammes sont restées au même niveau, ne menaçant pas d'embraser toute la cloison.

Lame d'air de 25 mm avec poteaux métalliques.

On a recouvert les chevêtres de tôle d'acier pour simuler un plancher à ossature d'acier. Les flammes n'ont pas atteint le niveau du support de revêtement de sol, même après 30 minutes.

Lame d'air de 38 mm et poteaux de bois.

Les flammes ont atteint le niveau du support de revêtement de sol en 4 minutes seulement; au bout de 17 minutes, soit deux minutes après l'ouverture du rabat, elles s'élevaient à 1 830 mm.

Cette étude a montré que la propagation verticale des flammes dans un vide de cloison à ossature de bois dépend étroitement de la largeur de la lame d'air et du degré de ventilation du vide par le haut. Dans le cas d'une ossature incombustible, les flammes n'atteignaient pas le niveau du support de revêtement de sol et la ventilation du vide n'influaient pas sur elles.

Les résultats de cette étude seront communiqués aux comités permanents du CNB pour qu'ils en étudient les répercussions.

Effet des coupe-feu sur l'isolement acoustique des logements

Dans tous les bâtiments, il existe une voie de transmission directe du son par les éléments destinés à séparer un local d'un autre. Mais il y a aussi des voies de transmission indirecte, comme le montre la figure 3. Le degré d'isolement acoustique de deux logements dépend non seulement de la transmission directe du son par la cloison séparative ou le plancher, mais aussi de sa transmission

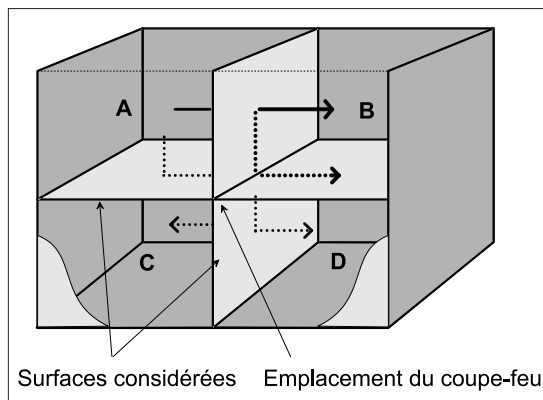
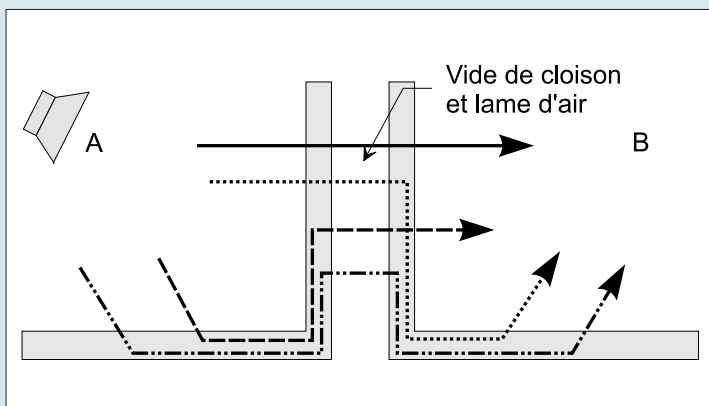


Figure 3. Croquis de l'installation de l'IRC pour essais de transmission indirecte; on peut voir le trajet de transmission directe du logement A au logement B et certaines des voies de transmission indirecte possibles.

indirecte par ces voies. Dans cet article, nous appelons « isolement acoustique apparent » l'isolement acoustique mesuré en cas de transmission directe et de transmission indirecte du son par un certain nombre de trajets. Le mot « apparent » désigne le sentiment de protection du bruit éprouvé par les occupants.

Les coupe-feu rigides aux jonctions mur-plancher créent une liaison structurale qui donne lieu à quatre voies supplémentaires de transmission indirecte, l'une contournant complètement l'élément de séparation, comme le montre la figure 4. Dans le volet acoustique de l'étude, on a étudié l'effet des matériaux ou techniques coupe-feu mis en oeuvre à la jonction mur-plancher sur l'isolement acoustique des pièces A et B, qui étaient séparées par le mur du haut.

Transmission indirecte



Ce terme désigne la transmission de l'énergie sonore d'une pièce à une autre par une voie autre que le trajet direct à travers la cloison séparative ou le plancher.

La représentation simple d'un ensemble cloison-plancher (ci-contre) montre que des voies de transmission indirecte sont créées lorsque la cloison est raccordée à un autre élément de construction (p. ex. un plancher). Dans ce cas, le plancher donne lieu à trois voies de transmission indirecte, indiquées par les lignes pointillées.

C'est au phénomène de la transmission indirecte qu'il faut attribuer en partie le fait que les cloisons et planchers testés dans les bâtiments mêmes ont habituellement un degré d'isolement phonique beaucoup moins élevé que lorsqu'ils sont soumis à des essais en laboratoire.

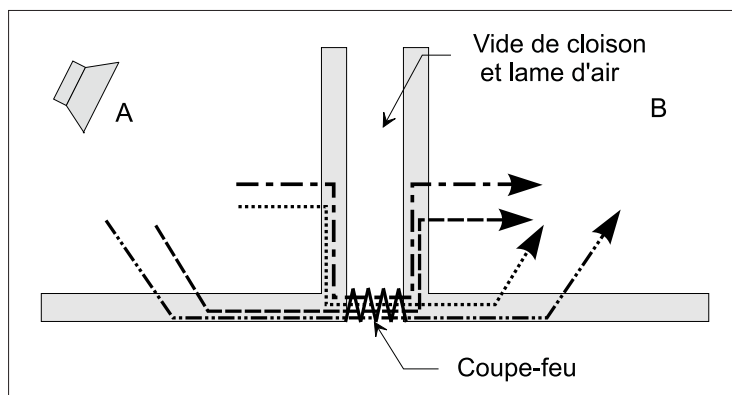


Figure 4. Coupe simplifiée sur les pièces A et B montrant les quatre voies de transmission indirecte créées lorsqu'on installe un coupe-feu structural à la jonction mur-plancher

L'échantillon utilisé pour l'essai systématique des coupe-feu était typique d'une construction à ossature bois avec cloison à double rangée de poteaux et lame d'air de 25 mm. Les ensembles plancher-plafond étaient aussi du même type, une lame d'air de même épaisseur étant ménagée entre les chevêtres.

On a déterminé l'effet des divers matériaux coupe-feu sur l'isolement acoustique en comparant l'isolement mesuré avec et sans coupe-feu. Cette façon de faire a permis d'attribuer aux voies de transmission indirecte mettant en cause le coupe-feu tout changement constaté dans l'isolement mesuré. Elle a aussi permis : 1) de classer chaque matériau coupe-feu selon son efficacité acoustique, et 2) de lui attribuer une plage d'isolement acoustique apparent, qui indique la réduction de l'isolement acoustique découlant du coupe-feu. (La question de l'attribution d'une plage d'isolement acoustique dépasse le cadre de cet article. Pour obtenir plus de précisions à ce sujet, voir la référence 2.)

Coupe-feu du groupe 0 – Pas de transmission indirecte

L'ajout d'isolant dans un vide de cloison comportant deux rangées de poteaux en vue de réduire la lame d'air à 25 mm ou moins ne crée pas de voies de transmission indirecte. En fait, cette façon de faire améliore l'isolement acoustique de la cloison (si l'on suppose que le vide contenait moins d'isolant avant la mise en oeuvre de la technique coupe-feu) parce que, en l'absence de liaison physique à la jonction mur-plancher, toute l'énergie acoustique doit traverser le

vide de cloison et le nouvel isolant (voir l'encadré « Transmission indirecte »). À strictement parler, cette façon de faire ne crée pas de coupe-feu mais elle répond aux exigences prescriptives du CNB (alinéas 3.1.11.2.2)d) et 9.10.15.2.2)a) en matière de séparations coupe-feu. Du point de vue acoustique, c'est là, et de loin, le meilleur moyen de respecter l'esprit du CNB en ce qui a trait aux coupe-feu.

Coupe-feu du groupe 1 – Transmission indirecte négligeable

Les coupe-feu appartenant à ce groupe assurent la jonction mur-plancher grâce à des matériaux relativement mous qui se compriment en réponse aux vibrations, transmettant une énergie négligeable à l'autre côté. On a constaté que les panneaux de fibres minérales de faible densité (48-80 kg/m³) semi-rigides étaient acoustiquement neutres, car ils ne créent pas de liaison structurale (rigide) importante. Bien que ces matériaux ne figurent pas dans la liste du CNB, ils ont été testés lors du volet résistance au feu de cette étude et ils se sont révélés acoustiquement supérieurs aux matériaux coupe-feu traditionnels (panneaux OSB, contreplaqué et tôle d'acier) indiqués dans le code.

Coupe-feu du groupe 2 et du groupe 3 – Transmission indirecte importante

Dans le cas des constructions comportant des coupe-feu du groupe 2 ou 3, la voie de transmission indirecte la plus importante ne mettait pas en cause la cloison. Le son se propageait du support de revêtement de sol du local d'émission à celui du local de réception en passant par le coupe-feu qui se trouvait sous la cloison. Une analyse détaillée des trajets de transmission indirecte a montré que dans le cas du coupe-feu du groupe 3, il se peut très bien que l'isolement acoustique apparent ne dépasse jamais ITS 48, quel que soit le type de cloison. Il en ressort qu'il faudrait éviter dans la mesure du possible les coupe-feu constitués de surfaces courant sous la cloison (ceux du groupe 3).

Une cloison à ITS de 67 a perdu 19 points parce que la voie de transmission indirecte par un coupe-feu consistant en un support de revêtement de sol continu (contreplaqué ou panneaux OSB) offre beaucoup moins de résistance que le trajet direct par la cloison.

L'étude a aussi montré que l'effet des coupe-feu du groupe 3 sur l'isolement acoustique apparent est fonction de la construction du plancher, en particulier de l'orientation des solives par rapport à la cloison. On a constaté que l'isolement acoustique est bien moins bon lorsque la cloison est non porteuse, c'est-à-dire lorsque les solives sont parallèles à celle-ci. On s'attend à ce qu'il en soit de même pour les coupe-feu du groupe 2.

En présence d'un coupe-feu du groupe 3, il n'y avait pas de différence notable d'isolement acoustique dans le cas du contreplaqué et dans celui des panneaux OSB de même épaisseur nominale.

Dans tous les cas étudiés, le coupe-feu n'influe pas sur l'isolement acoustique des logements superposés (A et C, et B et D, à la figure 3).

Une bonne solution : les rénovations

On a constaté que la modification des planchers permet de réduire considérablement la transmission indirecte du son d'un plancher à un autre causée par la mise en place de coupe-feu du groupe 3. Lorsque la surface du plancher n'était pas structurellement reliée à son support (par ex. dans le cas d'un plancher flottant) dans le local d'émission et dans le local de réception, l'isolement acoustique apparent de la cloison passait de ITS 52 à ITS 67 (valeur nominale en laboratoire). Une autre solution, moins efficace, a consisté à poser une épaisseur de panneaux OSB de 16 mm sur le support de revêtement de sol de chaque pièce (la cloison séparative étant déjà en place). L'amélioration obtenue était variable, dépendant en grande mesure du type de cloison.

Résumé et recommandations

Cette étude a montré :

- Qu'il faut choisir la technique coupe-feu en tenant compte du niveau d'isolement acoustique des logements qui est exigé ou souhaité.
- Qu'il faut adopter une approche systématique face à la construction d'ensembles mur-plafond classés au feu et au son.

- Qu'il faut éviter dans la mesure du possible les matériaux ou techniques coupe-feu qui créent des liaisons structurales rigides entre les deux rangées de poteaux formant l'ossature de la cloison, en particulier les surfaces continues comme les supports de revêtement de sol.
- Que l'ajout d'isolant dans le vide d'une cloison à double rangée de poteaux en vue de réduire l'épaisseur de la lame d'air à 25 mm ou moins est de loin la façon la plus efficace de respecter l'esprit du CNB sur le plan de l'acoustique.
- Que les panneaux de fibre semi-rigides (fibre de roche ou fibre de verre ayant une densité comprise entre 47 et 81 kg/m³) sont acoustiquement neutres et conformes à l'esprit du CNB (d'après l'interprétation du comité de direction du consortium).

L'étude a aussi montré que la propagation verticale des flammes dans le vide de cloison dépend étroitement :

- du type d'éléments d'ossature (bois ou acier);
- de l'épaisseur de la lame d'air;
- du degré de ventilation du vide de cloison.

T.R.T. Nightingale, Ph.D., est agent de recherche au sein du programme Environnement intérieur, à l'Institut de recherche en construction (IRC) du Conseil national de recherches.

M.A. Sultan, Ph.D., est agent de recherche supérieur au sein du programme Gestion des risques d'incendie, à l'IRC.

1. Ce projet a été financé par un consortium composé de : la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), Forintek Canada Corporation, Les Fabricants de produits de gypse du Canada, l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada, les programmes de garantie des maisons neuves de l'Ontario, de l'Alberta, de la Colombie-britannique et du Yukon, le ministère du Logement de l'Ontario, Owens Corning Fiberglass Canada Inc., et Roxul Inc. Des représentants de chacun de ces organismes ont formé un comité de direction.
2. Nightingale, T.R.T., et Halliwell, R.E.H. Flanking transmission at joints in multifamily dwellings. Phase I: Effects of Fire Stops at Floor/Wall Joints, IRC, Conseil national de recherches, rapport interne, décembre 1997.
3. Sultan, M.A., Seguin, Y.P., et Leroux, P. Fire Performance of Fire Stops in Multi-Family Dwellings (en préparation), IRC, Conseil national de recherches, 1998.

© 1998
Conseil national de recherches du Canada
Juillet 1998
ISSN 1206-1239