

**La construction à structure ou ossature en bois est, de loin, la technique la plus utilisée aujourd'hui dans le monde. Aux USA, au Canada ou en Suède, plus de 90 % des maisons individuelles et des petits immeubles collectifs (jusqu'à quatre étages) sont constitués d'une ossature en bois. En Belgique, le nombre des constructions neuves de ce type est en constante augmentation.**

Un des avantages de cette technique de construction réside dans la rapidité de mise en œuvre de la structure. Une rapidité qui s'explique notamment par l'industrialisation plus ou moins poussée des opérations de fabrication et de montage. Dans notre pays, une partie des éléments est montée en atelier. Selon les constructeurs, cette préfabrication est plus ou moins importante, allant du panneau ouvert simple qui comprend uniquement les montants et les traverses d'ossature, jusqu'au panneau fermé dans lequel on a incorporé l'isolation thermique, le pare-vapeur et le parement intérieur. Dans les deux cas, les menuiseries extérieures peuvent être montées en atelier ou sur le chantier. Les panneaux ainsi constitués sont ensuite assemblés sur site par l'entrepreneur.

Outre la rapidité de réalisation, une construction à ossature en bois offre de multiples avantages, tels que, par exemple, le poids réduit sur les fondations, l'isolation thermique, ... Malheureusement, l'isolation acoustique reste

✍ Manuel Van Damme, ing., chef de projet, division Physique du bâtiment & Climat intérieur, CSTC

En collaboration avec :

Marcelo Blasco, arch. & ir., chef de projet, division Physique du bâtiment & Climat intérieur, CSTC

Charlotte Crispin, ir., chercheur, division Physique du bâtiment & Climat intérieur, CSTC

Patrice Huart, technicien principal, laboratoire Acoustique, CSTC

Bart Ingelaere, ir.-arch., chef adjoint de la division Physique du bâtiment & Climat intérieur, CSTC

Christian Mertens, ir., chef de projet, laboratoire Monitoring, CSTC

Daniel Soubrier, ir., chef du service Qualité des laboratoires, CSTC

Debby Wuyts, ir., chercheur, division Physique du bâtiment & Climat intérieur, CSTC

# L'isolation acoustique dans les habitations à ossature en bois



**Fig. 1 La construction à ossature en bois : souvent desservie par une isolation acoustique médiocre.**



**Fig. 2 Un confort acoustique satisfaisant est possible moyennant le respect d'un certain nombre de principes.**

bien souvent plus faible que pour la construction en maçonnerie traditionnelle. Cet article livre les résultats d'une campagne de mesures visant précisément à déterminer les valeurs de cette isolation et présente les solutions concrètes à mettre en œuvre pour atteindre un confort acoustique satisfaisant, aussi bien vis-à-vis des bruits extérieurs que des bruits intérieurs à l'habitation.

Même si, en règle générale, les constructions à ossature en bois sont essentiellement destinées aux maisons unifamiliales et que, dans ce cas, l'acoustique intérieure importe moins, les principes d'isolation proposés pourront être appliqués, par exemple, à des parois de séparation avec des espaces de travail pour profession libérale, à des cloisons destinées à isoler une salle de jeux d'une chambre, aux planchers séparatifs entre une chambre d'enfant et un living, bref partout où l'isolation acoustique devient un paramètre non négligeable.

Afin de ne pas alourdir le texte, les notions élémentaires d'acoustique, les paramètres et les principes d'isolation acoustique applicables aux constructions en bois sont explicités dans un article distinct intitulé «Définitions et principes d'acoustique du bâtiment» ([www.cstc.be](http://www.cstc.be)). Ils sont néanmoins nécessaires à la bonne compréhension des principes d'optimisation de l'isolation acoustique décrits ici; c'est pourquoi nous encourageons le lecteur à s'y référer.

## 1 DESCRIPTIF DE LA CAMPAGNE DE MESURES

### 1.1 MESURES RÉALISÉES

Le but premier de l'étude étant de caractériser acoustiquement les maisons à ossature en bois, nous avons mené les mesures «classiques» de l'acoustique du bâtiment *in situ*. Ces mesures, basées sur les normes citées dans la bibliographie, portent sur les aspects suivants :

- transmission des bruits aériens par les façades
- isolement aux bruits aériens entre les locaux (parois et planchers)
- transmission des bruits de choc par les planchers.

Le principe de ces mesures est décrit en détail au § 1.2. Les résultats sont exprimés selon les catégories de la norme belge NBN S 01-400:1977 et selon les indices internationaux  $D_{ls,2m,nT,w}$ ,  $D_{nT,w}$  et  $L'_{nT,w}$  des normes de la série EN ISO 717:1996. Pour plus d'informations sur ces paramètres et ces normes, nous renvoyons le lecteur à l'article paru dans CSTC-Magazine, printemps 1999, intitulé «La normalisation européenne en acoustique du bâtiment», disponible sur le site du CSTC ([www.cstc.be](http://www.cstc.be)) et sur le site du projet Antennes Normes ([www.normes.be](http://www.normes.be)).

Dans les trois cas, le résultat des mesures est exprimé par une valeur unique qui représente, à elle seule, l'ensemble du spectre de mesure.

Les mesures ont été effectuées tout d'abord sur des constructions à ossature en bois composées de matériaux «classiques», tels que des plaques de plâtre revêtues de carton ou des panneaux OSB (*oriented strand boards*). Par la suite, des mesures ont été réalisées sur des maisons intégrant des matériaux moins répandus et plus récents : fibre cellulosique en flocons à base de papier recyclé, plaques de fibres de gypse, etc. Les résultats obtenus avec ces différentes compositions sont présentés dans les tableaux 1 à 9.

Afin de permettre une comparaison avec la construction de type «traditionnel», nous avons effectué des mesures similaires sur une maison dont la structure portante était constituée de blocs et de hourdis en béton. Une mesure comparative sur des maisons à structure en bois massif est également fournie.

Enfin, les résultats des mesures effectuées *in situ* sont comparés avec ceux des mesures de laboratoire, afin de mettre en évidence les différences que l'on rencontre entre les valeurs  $R_w - L_{nT,w}$  (caractéristiques des mesures de laboratoire) et les valeurs  $D_{nT,w} - L'_{nT,w}$  (caractéristiques des mesures sur site).

Les mesures ayant été réalisées sur des maisons témoins ou sur des maisons privées, les locaux étaient en général meublés.

**1.2 PRINCIPES DE MESURE ET PARAMÈTRES UTILISÉS**

□ Pour la transmission des bruits aériens entre locaux séparés par des cloisons et des planchers, le principe de mesure est le suivant. On place, dans le local d'émission, une puissante source sonore qui émet un bruit rose, c'est-à-dire un bruit ayant une même énergie pour tout le spectre fréquentiel. À l'aide d'un sonomètre et d'un analyseur, on peut calculer l'isolation brute  $D$ . Celle-ci est le résultat de la différence entre la mesure du niveau de pression acoustique dans le local d'émission  $L_1$  et la mesure du niveau de pression acoustique dans le local de réception  $L_2$ . Le niveau dans le local de réception étant influencé par l'ameublement (plus le local est meublé, plus le niveau de bruit diminue), on

doit en tenir compte par un terme de correction <sup>(1)</sup>. On obtient ainsi les valeurs de l'isolement acoustique normalisé  $D_n$  (utilisé par la norme belge actuelle) et de l'isolement acoustique standardisé  $D_{nT}$  (utilisé en Europe et dans la future norme belge).

Ces valeurs d'isolement étant définies pour chaque bande de tiers d'octave (100 Hz, 125 Hz ... 4000 Hz, 5000 Hz), on obtient un spectre de l'isolation. Toutefois, pour permettre une comparaison rapide entre les performances des différentes parois, on peut transformer ce spectre en une valeur unique. On se base, pour ce faire, sur la norme EN ISO 717-1:1996 : à partir du spectre de  $D_{nT}$ , on calcule la valeur unique  $D_{nT,w}$ . Cette valeur est accompagnée de deux termes correctifs,  $C$  et  $C_{tr}$ , respectivement pour les hautes et les basses fréquences.

*Exemple* : si on mesure  $D_{nT,w}(C;C_{tr}) = 36(-2; -4)$  dB l'isolement aux bruits dominants en basses fréquences est de  $36 - 4 = 32$  dB.

La norme NBN S 01-400:1977, qui sera tout prochainement remplacée par une nouvelle version, définit une autre méthode permettant de simplifier le spectre de l'isolation  $D_n$  en une catégorie acoustique. La catégorie  $I_a$  correspond à une isolation très élevée; on retrouve ainsi, par ordre décroissant, les catégories  $I_a, I_b, II_a, II_b, III_a, III_b, IV_a$  et  $IV_b$ . Ces indices sont encore souvent utilisés.

Pour l'isolement aux bruits aériens entre locaux, les résultats de l'étude ont été exprimés selon les indices nationaux (catégories de la

norme NBN S 01-400, basées sur l'indice  $D_n$ ) et selon l'indice international  $D_{nT,w}$  (valeur unique basée sur la norme EN ISO 717-1:1996).

□ En ce qui concerne la transmission des bruits aériens par les façades et les toitures, le principe de mesure est le même, sauf qu'au lieu d'être placée dans le local d'émission, la source est placée à l'extérieur, dans un axe formant un angle de 45° avec le plan de la paroi à mesurer. On mesure le niveau de bruit extérieur à deux mètres de la façade  $L_{1,2m}$ , le niveau de bruit intérieur  $L_2$  et le temps de réverbération du local de réception  $T_2$ . On obtient l'isolement acoustique standardisé de la façade par bandes de tiers d'octave  $D_{ls,2m,nT}$ . Dans la suite de l'article, les résultats sont exprimés selon les indices nationaux (catégories  $V_a, V_b, V_c$  et  $V_d$  de la norme NBN S 01-400, basées sur les valeurs de  $D_{ls,2m,n}$ ) et selon l'indice international  $D_{ls,2m,nT,w}$  (valeur unique basée sur la norme ISO 717-1:1996).

□ Pour la transmission des bruits de choc entre locaux, on utilise comme générateur de bruit une machine à chocs normalisée. Elle se compose de cinq marteaux de 500 g avec tête d'acier, tombant d'une hauteur de 40 mm au rythme de dix coups par seconde. On place la machine à cinq endroits différents du plancher à tester. Pour chacun de ces emplacements, on mesure le niveau de bruit engendré par la machine à chocs dans le local inférieur  $L_2$ , puis on corrige ce niveau avec la mesure du temps de réverbération  $T$  du local de réception.



**Fig. 3** Mesure de l'isolement acoustique aux bruits aériens.



**Fig. 4** Mesure de l'isolement acoustique des façades.

<sup>(1)</sup> En corrigeant l'isolation brute avec un terme tenant compte du volume  $V$  et de l'ameublement (caractérisé par le temps de réverbération du local de réception  $T$ ), on peut calculer l'isolement acoustique normalisé  $D_n$  et l'isolement acoustique standardisé  $D_{nT}$  selon les formules suivantes :

$$D_n = D - 10 \log_{10} \left( \frac{A}{A_0} \right) = L_1 - L_2 - 10 \log_{10} \left( \frac{A}{A_0} \right)$$

$$D_{nT} = D + 10 \log_{10} \left( \frac{T}{T_0} \right) = L_1 - L_2 + 10 \log_{10} \left( \frac{T}{T_0} \right)$$

$$A = 0,161 \left( \frac{V}{T} \right)$$

où  $A_0 = 10$  m<sup>2</sup> et  $T_0 = 0,5$  sec (valeurs de référence).

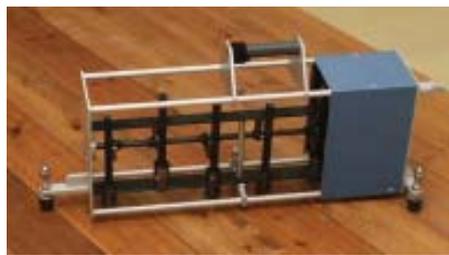


Fig. 5 Machine à chocs normalisée.

La transmission du bruit de choc est caractérisée par le spectre en bandes normalisées d'un tiers d'octave du niveau normalisé de la pression acoustique moyenne dans le local de réception et est défini par la relation :

$$L'_{nT} = L_2 - 10 \log \left( \frac{T}{T_0} \right) \text{ (dB)}.$$

Afin de permettre une comparaison plus simple entre divers éléments, les résultats sont exprimés selon les indices nationaux (catégories I<sub>a</sub>, I<sub>b</sub>, II<sub>a</sub>, II<sub>b</sub>, III<sub>a</sub>, III<sub>b</sub> de la norme NBN S 01-400, basées sur l'indice L<sub>n</sub>) et selon l'indice international L'\_{nT,w} (valeur unique basée sur la norme EN ISO 717-2 :1996). Cette dernière valeur, calculée à partir du spectre de L'\_{nT}, est accompagnée d'un terme correctif C<sub>1</sub> caractérisant les bruits de pas.

Rappelons que l'isolement aux bruits de choc est d'autant meilleur que le paramètre L'\_{nT,w} est petit, contrairement à l'isolation acoustique normalisée aux bruits aériens qui est d'autant meilleure que le paramètre D\_{nT,w} est grand.

### 1.3 RÉGLEMENTATION EN MATIÈRE D'ACOUSTIQUE

En ce qui concerne les habitations unifamiliales, objet de notre étude, la normalisation actuelle (NBN S 01-400 :1977) formule des recommandations pour l'isolation entre locaux d'un même logement. Dans la plupart des cas, ces exigences ne sont satisfaites ni dans les constructions en bois, ni même dans les constructions en maçonnerie traditionnelle. Dans la nouvelle normalisation, attendue en 2004, ces recommandations sont amenées à disparaître.

Afin de fournir un repère au lecteur, signalons qu'une étude psychoacoustique a montré qu'on atteint un confort acoustique considéré comme «normal» par 70 % des personnes lorsque les parois de séparation (cloisons ou planchers) avec les logements voisins possèdent les performances suivantes :

$$D_{nT,w} = 54 \text{ dB} \quad L'_{nT,w} = 58 \text{ dB}.$$

En fait, il n'est pas nécessaire d'atteindre de

telles performances au sein d'une habitation unifamiliale. Mais ces valeurs peuvent être utilisées comme guides dans le cas d'une habitation comportant une partie professionnelle.

## 2 ANALYSE DES PERFORMANCES ACOUSTIQUES DES SYSTÈMES DE CONSTRUCTION ET DE LEURS PAROIS

Dans un souci de simplification, les résultats sont présentés par éléments de construction plans : cloisons intérieures, planchers, façades et toitures.

### 2.1 CLOISONS INTÉRIEURES

Les caractéristiques des cloisons intérieures rencontrées lors des mesures *in situ* sont les suivantes :

- ossature simple ou double (nous n'avons pas rencontré d'ossature alternée; cf. figure 6); pour l'ossature simple, les épaisseurs varient de 70 mm à 140 mm
- les panneaux sont en particules de bois, en OSB, en plâtre enrobé de carton, en gypse armé de fibres, en fibres de papier ou en matériaux combinant ces différentes compositions. Puisque les maisons étudiées sont généralement habitées, un enduit mince ou un papier peint est appliqué dans la plupart des cas
- l'espace entre les panneaux est laissé vide ou est comblé à l'aide d'un absorbant (laine minérale ou isolant insufflé à base de fibre cellulosique).

Trois tableaux de mesures acoustiques sont présentés ci-après :

- le tableau 1 (p. 4 et 5) fournit les résultats des mesures entre locaux comportant des parois séparatives sans absorbant dans le vide entre les deux panneaux constitutifs
- le tableau 2 (p. 5, 6 et 7) livre les résultats des mesures entre locaux comportant des parois séparatives avec absorbant
- le tableau 3 (p. 7) donne, à titre de comparaison, les résultats des mesures entre locaux comportant des parois séparatives massives en bois et en béton.

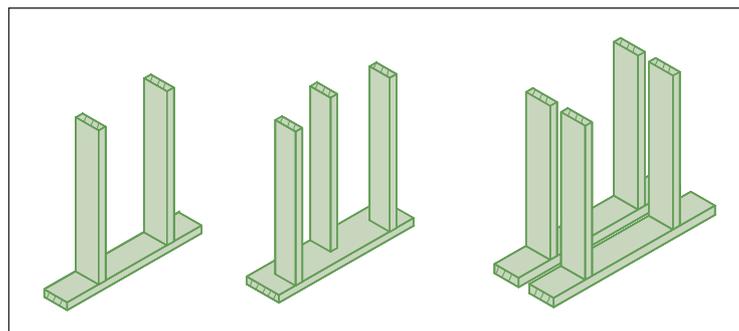


Fig. 6 Ossature simple, alternée et double.

Les deux premières colonnes de chaque tableau décrivent la composition de la paroi; la troisième indique la valeur des paramètres mesurés *in situ*. Afin de simplifier la présentation des résultats, les performances des éléments ne sont pas données sous forme de spectres complets, mais plutôt à l'aide des valeurs uniques accompagnées des termes de correction. A titre de comparaison, la valeur de l'indice d'affaiblissement R<sub>w</sub>, mesurée en laboratoire, est indiquée dans les tableaux lorsqu'elle est connue. En remarque, sous chaque résultat, nous avons analysé les performances obtenues, en mentionnant éventuellement les points faibles qui ont influencé la mesure.

### 2.1.1 ANALYSE DU COMPORTEMENT DES CLOISONS INTÉRIEURES AU BRUIT AÉRIEN

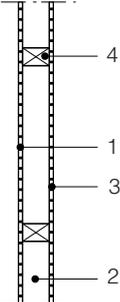
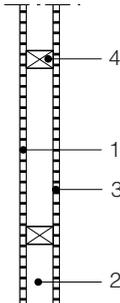
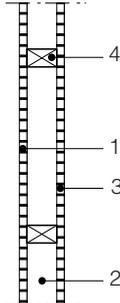
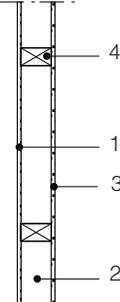
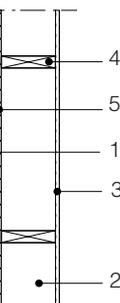
Au vu des résultats présentés dans les tableaux 1 à 3, on constate que, dans le cas d'une construction à ossature en bois, on ne peut se baser uniquement sur les mesures réalisées en laboratoire si l'on veut obtenir une isolation acoustique satisfaisante entre deux locaux : on observe parfois de très grandes différences entre la valeur mesurée en laboratoire et les performances *in situ*.

La composition de la paroi est en effet loin d'être le seul paramètre qui influence l'isolation. Les autres facteurs d'influence sont notamment :

- les transmissions latérales, c'est-à-dire l'énergie acoustique qui se propage d'une pièce à l'autre par les parois perpendiculaires à la paroi séparative (murs et planchers)
- la présence d'éléments plus faibles, comme les portes, les châssis, les grilles de ventilation
- les problèmes liés aux transmissions parasites, comme par exemple la transmission du bruit au travers des portes, ce qui est le cas le plus souvent rencontré dans nos mesures
- le soin apporté à la mise en œuvre, comme la finition des plaques de plâtre revêtues de carton, les joints périphériques, les prises électriques, ...

(suite du texte en page 8)

**Tableau 1 Cloisons intérieures sans absorbant dans le vide entre les panneaux.**

Vue en plan	Composition	Valeurs in situ	Valeurs en laboratoire
	1. Panneau de particules 11 mm 2. Vide 70 mm 3. Panneau de particules 11 mm 4. Ossature simple 47/70 mm	$D_{nT,w} : 31 (-1,-4) \text{ dB}$ Cat. IV <sub>b</sub>	$R_w : 30 \sim 35 \text{ dB}$
La mesure de l'isolement acoustique normalisé de cette cloison séparant deux chambres a été légèrement influencée par les transmissions parasites à travers les portes donnant sur le hall de nuit. Le résultat obtenu <i>in situ</i> est, malgré tout, proche des valeurs attendues.			
	1. Panneau de particules 16 mm 2. Vide 70 mm 3. Panneau de particules 16 mm 4. Ossature simple 47/70 mm	$D_{nT,w} : 37 (-1,-4) \text{ dB}$ Cat. IV <sub>b</sub>	$R_w : 30 \sim 35 \text{ dB}$
La mesure de l'isolement acoustique normalisé de cette cloison séparant une chambre et une buanderie a été réalisée dans de très bonnes conditions, la valeur obtenue n'ayant pas été influencée par les transmissions parasites. Le résultat semble être le maximum que l'on puisse atteindre <i>in situ</i> avec ce type de cloison lorsque l'effet des autres voies de transmission (par les portes ou les bouches de ventilation, par exemple) devient négligeable.			
	1. Panneau de particules 20 mm 2. Vide 80 mm 3. Panneau de particules 20 mm 4. Ossature simple 40/80 mm	$D_{nT,w} : 24 (-1,-1) \text{ dB}$ Cat. < IV <sub>b</sub>	$R_w : 30 \sim 35 \text{ dB}$
Vu sa composition, cette cloison séparant une cuisine d'un living devrait fournir une performance acoustique au moins équivalente à la paroi précédente. Cependant, son isolement global est totalement anéanti par la présence, en son sein, d'une porte très légère, qui présentait en outre des défauts d'étanchéité.			
	1. Plaque de plâtre revêtue de carton 9,5 mm 2. Vide 80 mm 3. Plaque de plâtre revêtue de carton 9,5 mm 4. Ossature simple 40/80 mm	$D_{nT,w} : 35 (-6,-12) \text{ dB}$ Cat. IV <sub>b</sub>	$R_w : 30 \sim 35 \text{ dB}$
La mesure de l'isolement acoustique normalisé de cette cloison séparant deux chambres a été légèrement influencée par les transmissions parasites à travers les portes donnant sur le hall de nuit. Le résultat obtenu <i>in situ</i> est, malgré tout, proche des valeurs attendues.			
	1. Panneau OSB 15 mm collé sur une plaque à base de fibres de papier recyclé de 12 mm (n° 5) 2. Vide 140 mm 3. Plaque de plâtre revêtue de carton 9,5 mm 4. Ossature simple 32/140 mm	$D_{nT,w} : 35 (-1,-2) \text{ dB}$ Cat. IV <sub>b</sub>	-
La composition de cette cloison séparant une salle TV d'un living est un peu particulière, mais a donné des résultats intéressants, surtout dans les basses fréquences. Malheureusement, la présence d'une porte dans la paroi diminue fortement l'isolement de l'ensemble et la mesure ne représente sans doute pas ce que pourrait donner réellement la composition. Si la différence de masse entre les deux panneaux de la paroi double et le grand écartement sont bénéfiques pour l'isolation, l'ajout d'un absorbant (laine minérale, p.ex.) devrait encore améliorer la performance.			

**Tableau 1 Cloisons intérieures sans absorbant dans le vide entre les panneaux (suite).**

Vue en plan	Composition	Valeurs in situ	Valeurs en laboratoire
	1. Double panneau OSB 2 x 12 mm collé sur une plaque à base de fibres de papier recyclé de 12 mm (n° 5) 2. Vide 140 mm 3. Plaque de plâtre revêtue de carton 9,5 mm 4. Ossature simple 32/140 mm	$D_{nT,w} : 35 (-2,-5) \text{ dB}$ Cat. IV <sub>a</sub>	—
La composition de cette cloison séparant deux chambres est aussi intéressante que la précédente, mais est malheureusement influencée par la présence d'une ouverture dans le haut de la paroi. Celle-ci n'a donc pas permis de mesurer la performance réelle de la cloison.			
	1. Panneau de particules 16 mm 2. Vide 70+20+70 mm 3. Panneau de particules 16 mm 4. Ossature double 2 x 47/70 mm	$D_{nT,w} : 41 (-2,-6) \text{ dB}$ Cat. III <sub>b</sub>	$R_w : 45 \sim 50 \text{ dB}$
Cette cloison séparant une buanderie et un bureau a été construite sur le principe de la double ossature. La mesure n'ayant pas été influencée par des transmissions parasites, la valeur de l'isolement, plus faible que celle attendue, est due aux transmissions le long des parois latérales plus légères (simple ossature) et à l'absence de laine minérale dans le vide entre les deux panneaux.			

**Tableau 2 Cloisons intérieures avec absorbant dans le vide entre les panneaux.**

Vue en plan	Composition	Valeurs in situ	Valeurs en laboratoire
	1. Panneau de particules 20 mm 2. Laine minérale 80 mm 3. Panneau de particules 20 mm 4. Ossature simple 40/80 mm	$D_{nT,w} : 40 (-2,-6) \text{ dB}$ Cat. III <sub>b</sub>	$R_w : 35 \sim 40 \text{ dB}$
Cette cloison séparant une cuisine d'un bureau a la particularité de s'arrêter verticalement sous un faux plafond. Même si le bruit entre les deux locaux passe légèrement par ce faux plafond, non isolé, le résultat est proche des valeurs attendues.			
	1. Plaque de plâtre revêtue de carton 12,5 mm 2. Laine minérale 70 mm 3. Plaque de plâtre revêtue de carton 12,5 mm 4. Ossature simple 38/89 mm	$D_{nT,w} : 37 (-3,-7) \text{ dB}$ Cat. III <sub>b</sub>	$R_w : 35 \sim 40 \text{ dB}$
La mesure de l'isolement acoustique normalisé de cette cloison séparant une salle de douche d'un vestiaire a été légèrement influencée par les transmissions parasites à travers les portes très légères. Le résultat obtenu <i>in situ</i> est, malgré tout, proche des valeurs attendues.			

**Tableau 2 Cloisons intérieures avec absorbant dans le vide entre les panneaux (suite).**

Vue en plan	Composition	Valeurs in situ	Valeurs en laboratoire
	1. Plaque de plâtre revêtue de carton 12,5 mm 2. Laine minérale 80 mm 3. Plaque de plâtre revêtue de carton 12,5 mm 4. Ossature simple 38/89 mm	$D_{nT,w} : 38 (-5,-10) \text{ dB}$ Cat. IV <sub>a</sub>	$R_w : 35 \sim 40 \text{ dB}$
La mesure de l'isolement acoustique normalisé de cette cloison séparant deux chambres a été influencée par les transmissions parasites à travers les portes très légères. Le résultat obtenu <i>in situ</i> est, malgré tout, proche des valeurs attendues et est comparable aux performances de la cloison précédente.			
	1. Plaque de plâtre revêtue de carton 15 mm 2. Laine minérale 89 mm 3. Plaque de plâtre revêtue de carton 15 mm 4. Ossature simple 38/89 mm	$D_{nT,w} : 33 (-1,-4) \text{ dB}$ Cat. IV <sub>a</sub>	$R_w : 35 \sim 40 \text{ dB}$
La mesure de l'isolement acoustique normalisé de cette cloison séparant un local technique d'un living aurait dû donner de meilleurs résultats. Les transmissions parasites étant négligeables, la faible isolation provient des transmissions latérales et de la dégradation de la performance d'un des panneaux par les nombreux trous percés pour le passage et la fixation des gaines techniques.			
	1. Plaque de plâtre revêtue de carton 15 mm 2. Laine minérale 89 mm 3. Plaque de plâtre revêtue de carton 15 mm 4. Ossature simple 38/89 mm	$D_{nT,w} : 33 (-4,-8) \text{ dB}$ Cat. IV <sub>b</sub>	$R_w : 35 \sim 40 \text{ dB}$
La mesure de l'isolement acoustique normalisé de cette cloison séparant deux chambres a été fortement influencée par les transmissions parasites à travers les portes très légères. Les ouvertures importantes pratiquées sous les portes ont contribué à la mauvaise isolation de la cloison.			
	1. Plaque de gypse armé de fibres 12,5 mm 2. Laine minérale 75 mm 3. Plaque de gypse armé de fibres 12,5 mm 4. Ossature simple 75 mm	$D_{nT,w} : 40 (-2,-2) \text{ dB}$ Cat. IV <sub>a</sub>	–
La mesure de l'isolement acoustique normalisé de cette cloison séparant une chambre et un garage a été réalisée dans de très bonnes conditions, la valeur obtenue n'ayant pas été influencée par les transmissions parasites.			
	1. Plaque de gypse armé de fibres 12,5 mm 2. Isolant insufflé à base de fibres de papier recyclé de 89 mm 3. Plaque de gypse armé de fibres 12,5 mm 4. Ossature simple 38/89 mm	$D_{nT,w} : 40 (-3,-7) \text{ dB}$ Cat. IV <sub>a</sub>	–
La mesure de l'isolement acoustique normalisé de cette cloison séparant deux chambres a donné un bon résultat, malgré les transmissions parasites à travers les portes donnant sur le hall de nuit.			

**Tableau 2 Cloisons intérieures avec absorbant dans le vide entre les panneaux (suite).**

Vue en plan	Composition	Valeurs in situ	Valeurs en laboratoire
	1. Plaque de plâtre revêtue de carton 12,5 mm 2. Panneau OSB 15 mm 3. Laine minérale 89 mm 4. Plaque de plâtre revêtue de carton 12,5 mm 5. Ossature simple 38/89 mm	$D_{nT,w} : 38 (-2,-6) \text{ dB}$ Cat. IV <sub>a</sub>	$R_w : 40 \sim 45 \text{ dB}$
La composition de cette cloison est intéressante; on y retrouve l'application concrète des principes de l'isolation aux bruits aériens (différence de masse surfacique des deux panneaux, présence d'un absorbant dans le vide). Malheureusement, elle est combinée à des portes très légères qui n'ont pas permis d'atteindre les performances réelles.			
	1. Plaque de plâtre revêtue de carton 12,5 mm 2. Panneau OSB 15 mm 3. Laine minérale 89 mm 4. Panneau OSB 15 mm 5. Plaque de plâtre revêtue de carton 12,5 mm 6. Ossature simple 38/89 mm	$D_{nT,w} : 41 (-2,-7) \text{ dB}$ Cat. III <sub>b</sub>	$R_w : 40 \sim 45 \text{ dB}$
La composition de cette cloison est également très intéressante; même si la dissymétrie entre les deux panneaux n'est pas respectée, la masse surfacique est plus élevée que celle d'une plaque de plâtre seule. C'est à nouveau le passage du bruit par les portes et par le hall de nuit qui empêche d'atteindre les performances réelles de la paroi.			

**Tableau 3 Cloisons intérieures massives (mesures comparatives).**

Vue en plan	Composition	Valeurs in situ	Valeurs en laboratoire
	1. Ossature massive en sapin 86 mm	$D_{nT,w} : 34 (-1,-3) \text{ dB}$ Cat. IV <sub>a</sub>	–
Cette cloison séparant deux chambres est constituée de madriers en sapin empilés les uns sur les autres. L'isolation est donc fonction de la seule masse de la paroi. Cependant, elle pourrait être améliorée par le colmatage des fuites au pourtour de la paroi.			
	1. Enduit 2. Maçonnerie en béton cellulaire 90 mm 3. Enduit	$D_{nT,w} : 39 (-1,-4) \text{ dB}$ Cat. III <sub>b</sub>	$R_w : 35 \sim 40 \text{ dB}$
Cette mesure a été réalisée entre deux chambres d'une villa; la majeure partie du bruit provenait de la transmission par les portes donnant sur le hall de nuit.			
	1. Maçonnerie en blocs de béton 190 mm 2. Enduit sur une face	$D_{nT,w} : 46 (-1,-4) \text{ dB}$ Cat. III <sub>a</sub>	$R_w : 50 \sim 55 \text{ dB}$
Le mur est lourd et massif, donc relativement efficace. Les conditions de mesure étaient favorables à l'absence de transmissions parasites. L'enduit sur un des côtés garantissait l'étanchéité du mur.			



**Fig. 7** La présence d'une porte de faible isolation dans une cloison diminue l'isolement de l'ensemble.

(suite de la page 3)

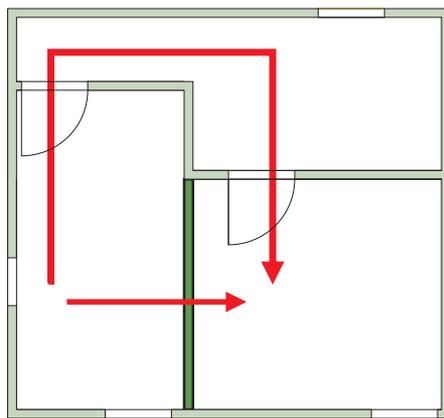
Ces différentes contributions au résultat global sont extrêmement difficiles à mettre en évidence. La mesure de la valeur  $D_{nT,w}$  englobe tous ces éléments et donne un résultat qui les prend tous en compte. Malheureusement, dans le domaine de l'acoustique, c'est l'élément le plus faible qui détermine l'isolation de l'ensemble. Ainsi, par exemple, si on imagine une paroi dont l'isolation seule est de 40 dB et dans laquelle on vient placer une porte dont l'isolation est de 20 dB et qui représente 20 % de la surface, l'isolation globale de la paroi sera seulement de 27 dB. Nous avons donc obtenu, lors de nos mesures, des résultats très faibles, alors que la composition de la paroi seule laissait entrevoir des résultats supérieurs.

Les portes intérieures et la ventilation qui y en résulte constituent une voie importante de transmission du bruit entre locaux. Même lorsque le hall de nuit constitue un sas entre deux locaux que l'on veut isoler acoustiquement l'un de l'autre, l'isolation des deux portes donnant sur le hall est tellement faible que la majorité du bruit passe par cette voie.

La première démarche à entreprendre si on veut augmenter les performances acoustiques des cloisons dans une maison à ossature en bois consiste donc à améliorer la qualité acoustique des portes et leur ajustement avec la structure. Pour plus d'informations à ce propos, nous renvoyons le lecteur à l'article «L'acoustique des portes», paru dans CSTC-Magazine (printemps 2000). Les principes qui y sont décrits peuvent s'appliquer à la construction à ossature en bois.

### 2.1.2 OPTIMISATION DE LA COMPOSITION DES CLOISONS DANS LES CONSTRUCTIONS À OSSATURE EN BOIS

Sur la base de l'analyse des mesures, nous proposons deux démarches acoustiques pour les cloisons d'une maison à ossature en bois.



**Fig. 8** En vert foncé, la paroi de séparation; en rouge, la transmission directe du son par la paroi et la transmission indirecte par les portes plus légères.

□ La première approche consiste à optimiser l'isolation acoustique des cloisons, sans toutefois vouloir atteindre des performances inaccessibles. C'est l'approche que l'on peut envisager dans toute maison à ossature en bois, sans surcoût significatif, et qui est appliquée par certains constructeurs.

Pour atteindre un objectif proche de 40 dB, on veillera aux points suivants :

- utiliser des panneaux de masse surfacique suffisamment élevée, de 10 à 15 kg/m<sup>2</sup> (par exemple, plaques de plâtre revêtues de carton)
- prévoir un vide minimum de 80 mm entre les panneaux, l'espacement entre montants n'ayant pas, quant à lui, une importance significative
- remplir l'espace vide avec de la laine minérale ou tout autre absorbant à cellules ouvertes
- éviter les ouvertures et les défauts d'étanchéité entre les panneaux mis en œuvre et les murs adjacents
- veiller à une étanchéité et une efficacité raisonnables des portes intérieures (tout en tenant compte des conséquences pour la ventilation)
- dans la mesure du possible, privilégier les ossatures alternées.

On peut ainsi espérer atteindre, pour les cloisons, des performances comparables à celles attendues avec les mesures effectuées en laboratoire.

□ La seconde approche est de tenter d'atteindre une isolation acoustique beaucoup plus importante pour les cloisons séparant certains locaux comme, par exemple, entre une buanderie et un living ou entre la partie professionnelle d'une habitation et la partie privée. Cette approche nécessite plus d'attention de la part du concepteur, mais également plus de soin lors de la mise en œuvre.

Pour atteindre cet objectif (> 40 dB), on veillera aux points suivants :

- utiliser des panneaux d'une masse surfacique la plus élevée possible et, de préférence, d'une masse surfacique différente de chaque côté de la cloison
- doubler éventuellement ces panneaux de chaque côté de la cloison
- privilégier les ossatures doubles ou au moins alternées, sans contact entre elles
- remplir l'espace vide au moyen de laine minérale ou de tout autre absorbant à cellules ouvertes
- éviter au maximum les contacts rigides entre les panneaux et la structure
- assurer l'étanchéité de la paroi
- prévoir, pour les parois perpendiculaires, un indice d'affaiblissement au moins équivalent à celui de la cloison de séparation ou éventuellement un doublage de ces parois
- veiller à la qualité acoustique des portes mises en œuvre et à l'étanchéité de leur montage. Plutôt qu'une seule porte, on privilégiera un sas composé de deux portes donnant sur un local «tampon».

Pour les cloisons entre logements (appartements et maisons mitoyennes), on se reportera au § 2.5.

## 2.2 PLANCHERS

Les caractéristiques des planchers rencontrés lors des mesures *in situ* sont les suivantes :

- la hauteur des gîtes et leur espacement sont généralement calculés en fonction des charges et des portées. Cette hauteur était au moins égale à 170 mm dans tous les cas
- les faces inférieures des gîtes sont soit fermées, soit laissées apparentes. Dans le cas où l'on ferme la face inférieure, les panneaux utilisés sont fixés sur un contre-lattage, lui-même fixé aux gîtes, ou sont directement appliqués sur gîtes. Les panneaux sont en particules de bois, en OSB, en plâtre revêtu de carton, en gypse armé de fibres ou en matériaux combinant ces différentes compositions
- l'espace entre les panneaux est laissé vide ou est comblé au moyen d'un absorbant (en général de la laine minérale)
- la face supérieure est fermée par un panneau (divers types rencontrés), qui supporte soit directement le revêtement, soit une chape (en général, en pose flottante) sur laquelle le revêtement de sol est posé en adhérence.

Quatre tableaux sont présentés ci-après :

- le tableau 4 (p. 10) fournit les résultats des mesures acoustiques sur des planchers sans isolant dans le vide
- le tableau 5 (p. 11) présente les résultats des mesures acoustiques sur des planchers avec isolant
- le tableau 6 (p. 12) livre les résultats des



**Fig. 9** La combinaison d'une chape flottante et d'un faux plafond confère aux planchers une isolation acoustique élevée.

mesures acoustiques sur des planchers sans fermeture de la face inférieure

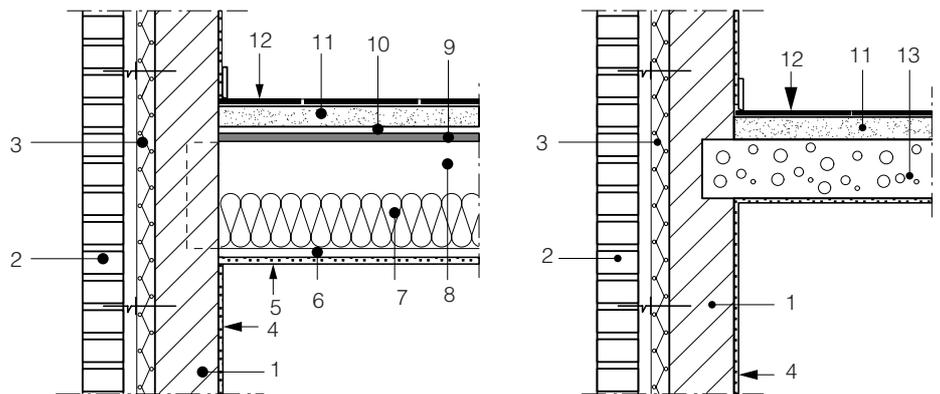
- le tableau 7 (p. 12) donne, à titre de comparaison, les résultats des mesures acoustiques sur des planchers massifs en béton.

La première colonne des tableaux décrit la composition du plancher, la deuxième indique la valeur des paramètres mesurés *in situ*. On y retrouve la performance du plancher aux bruits aériens et aux bruits de choc. Dans un souci de simplification, les performances des éléments ne sont pas présentées sous forme de spectres complets, mais plutôt à l'aide des valeurs uniques accompagnées des termes de correction. A titre de comparaison, la valeur de l'indice d'affaiblissement R et le niveau de bruit de choc  $L_{nT}$ , mesurés en laboratoire, sont indiqués dans les tableaux lorsqu'ils sont connus. Les valeurs de ces paramètres mesurés en laboratoire ne tiennent pas compte de l'influence du revêtement de sol. En remarque, sous chaque résultat, nous avons analysé les performances obtenues, en mentionnant éventuellement les points faibles qui ont influencé les mesures.

Pour rappel, plus la valeur de  $D_{nT,w}$  (isolément aux bruits aériens) est élevée, plus la situation est confortable. A l'inverse, une valeur élevée de  $L'_{nT,w}$  indique que l'on perçoit beaucoup de bruit dans le local de réception; donc, plus cette valeur est élevée, moins la situation est confortable.

### 2.2.1 ANALYSE DU COMPORTEMENT DES PLANCHERS AUX BRUITS AÉRIENS

Dans une maison en maçonnerie, l'isolation des planchers en bois est fortement influencée par la composition des parois latérales. A titre d'exemple, une dalle en béton offrant une isolation de 60 dB en laboratoire pourrait donner une isolation d'environ 56 dB *in situ*. Par contre, un plancher en bois offrant une isolation de 61 dB en laboratoire ne donnera



**Fig. 10** Structure d'un plancher en béton (à droite) et d'un plancher en bois (à gauche) dans un mur en blocs de béton.

- |                                       |                          |
|---------------------------------------|--------------------------|
| 1. Mur porteur en blocs de béton      | 8. Vide                  |
| 2. Parement                           | 9. Panneau OSB           |
| 3. Isolation                          | 10. Sous-couche isolante |
| 4. Enduit                             | 11. Chape                |
| 5. Plaque de plâtre revêtue de carton | 12. Carrelage            |
| 6. Contre-lattage                     | 13. Plancher en béton    |
| 7. Isolation (laine minérale)         |                          |

que 50 dB *in situ* (figure 10). Cette différence provient de la faible atténuation du bruit le long des parois verticales; on parle de "transmissions latérales". Des explications plus détaillées sur ce concept sont fournies dans l'article relatif à l'isolation acoustique entre locaux, paru dans CSTC-Magazine (printemps 2001).

Dans une maison à ossature en bois, les transmissions latérales jouent également un rôle important. L'isolation aux bruits aériens entre deux locaux sera donc fonction de l'indice d'affaiblissement du plancher, de l'indice d'affaiblissement des parois verticales et du type de jonction entre le plancher et les parois verticales.

Si on veut améliorer l'isolation aux bruits aériens entre deux locaux superposés, on devra donc remplir deux conditions :

- une composition de plancher possédant un indice d'affaiblissement suffisamment élevé
- un traitement des murs latéraux (doublage) ou de la structure (désolidarisation entre niveaux).

Le principe même de la construction à ossature en bois, surtout celle du type plateforme, offre une possibilité d'agir sans trop de difficultés sur la structure et ainsi de réduire fortement les transmissions latérales. En effet, la mise en place d'une semelle élastique entre chaque niveau permettrait de limiter considérablement la transmission du bruit par les voies latérales. L'isolement aux bruits aériens dépendrait alors principalement de la transmission directe, c'est-à-dire de l'indice d'affaiblissement du plancher seul.

Nous espérons pouvoir effectuer à l'avenir des

mesures sur une structure dans laquelle ce procédé aura été appliqué, et présenter les résultats de ces mesures dans un prochain article.

Il semble pratiquement impossible d'obtenir une isolation élevée aux bruits aériens entre niveaux, sans toucher à la structure ou sans agir sur les murs latéraux, par exemple en les doublant de manière efficace. Il est fort probable que l'application d'un de ces deux principes, combinée au choix d'un plancher doté d'un indice d'affaiblissement élevé conduise à une isolation acoustique confortable.

En ce qui concerne l'influence de la laine minérale, on peut voir que, dans le cas où le faux plafond et le plancher sont directement fixés sur les gîtes, l'incorporation de laine minérale dans le vide n'améliore l'isolation que de quelques décibels. Ceci est dû au fait que l'énergie acoustique se transmet surtout par les gîtes (d'une face à l'autre). C'est pourquoi l'insertion d'un isolant dans la lame d'air n'a guère d'influence sur l'isolation. Par contre, dans le cas où le faux plafond est supporté par un contre-lattage, on se rapproche du système masse-ressort-masse (M-R-M) et la laine minérale apporte alors plusieurs décibels d'amélioration. C'est également le cas lorsqu'une chape flottante se trouve au-dessus du plancher. On peut conclure qu'il est intéressant de placer de la laine minérale dans le vide dès le moment où le support du faux plafond est contre-latté ou que le support du revêtement est une chape flottante.

Réaliser un contre-lattage supportant le faux plafond permet de gagner plusieurs décibels.

(suite du texte en page 13)

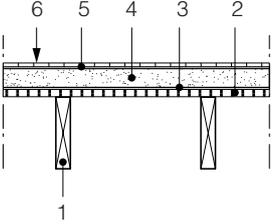
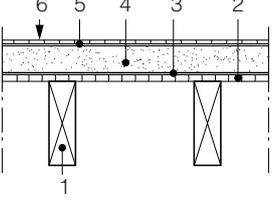
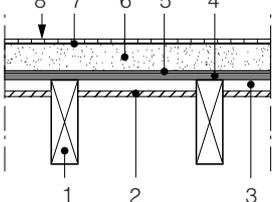
**Tableau 4 Planchers sans laine minérale dans le vide.**

Description de la paroi		Mesures in situ	Mesures en laboratoire (sans revêtement de sol)
	1. Panneau de particules 14 mm 2. Ossature 47/170 mm 3. Vide 170 mm 4. Panneau de particules 22 mm 5. Chape 6. Carrelage	$D_{nT,w}$ : 48 (-2,-6) dB Cat. III <sub>b</sub>  $L'_{nT,w}$ : 70 (-1) dB Cat. < III <sub>b</sub>	$R_w$ : 40 ~ 45 dB  $L_{n,w}$ : 80 ~ 75 dB
	1. Panneau de particules 14 mm 2. Ossature 47/170 mm 3. Vide 170 mm 4. Panneau de particules 22 mm 5. Moquette	$D_{nT,w}$ : 43 (-2,-6) dB Cat. IV <sub>a</sub>  $L'_{nT,w}$ : 50 (1) dB Cat. II <sub>a</sub>	$R_w$ : 40 ~ 45 dB  $L_{n,w}$ : 80 ~ 75 dB
	1. Panneau de particules 14 mm 2. Ossature 47/170 mm 3. Vide 4. Panneau de particules 22 mm 5. Sous-couche pour parquet 6. Parquet	$D_{nT,w}$ : 45 (-2,-6) dB Cat. III <sub>a</sub>  $L'_{nT,w}$ : 66 (1) dB Cat. III <sub>a</sub>	$R_w$ : 40 ~ 45 dB  $L_{n,w}$ : 80 ~ 75 dB
	1. Plaque de gypse armé de fibres 12,5 mm 2. Contre-lattage 25/40 3. Vide 4. Ossature 38/235 mm 5. Panneau OSB 18 mm 6. Panneau de fibres de bois 20 mm 7. Parquet massif 22 mm	$D_{nT,w}$ : 39 (-7,-13) dB Cat. IV <sub>a</sub>  $L'_{nT,w}$ : 66 (3) dB Cat. III <sub>a</sub>	$R_w$ : 45 ~ 50 dB  $L_{n,w}$ : 75 ~ 70 dB
	1. Plaque de gypse armé de fibres 12,5 mm 2. Contre-lattage 25/40 3. Ossature 38/235 mm 4. Vide 5. Panneau OSB 18 mm 6. Panneau de fibres de bois 20 mm 7. Plaque de gypse armé de fibres 12,5 mm 8. Carrelage	$D_{nT,w}$ : 52 (-3,-9) dB Cat. III <sub>a</sub>  $L'_{nT,w}$ : 62 (-1) dB Cat. III <sub>a</sub>	–  –
		La valeur $D_{nT,w}$ obtenue avec cette composition est supérieure aux résultats attendus. Cette performance est due à la masse apportée par le carrelage et la chape. L'isolement aux bruits de choc reste médiocre, en grande partie à cause de l'absence d'une sous-couche sous la chape.	
		Seul le revêtement a changé par rapport à la situation précédente. La masse surfacique inférieure diminue la valeur $D_{nT,w}$ , mais la moquette apporte une amélioration de 20 dB de la valeur $L'_{nT,w}$ par rapport au carrelage.	
		Troisième variation du revêtement, le parquet, plus léger que le carrelage, n'apporte pas une aussi bonne valeur $D_{nT,w}$ , mais du fait qu'il est plus souple, la valeur $L'_{nT,w}$ est un peu meilleure.	
		Des fuites importantes ont influencé cette mesure. Le contre-lattage et les différentes couches supérieures devraient améliorer l'isolation.	
		La fixation des plaques sur un contre-lattage et la masse importante de l'ensemble apportent une augmentation de l'isolation. L'incorporation de laine minérale ou d'un autre absorbant à cellules ouvertes dans le vide aurait sans doute amélioré encore le résultat.	

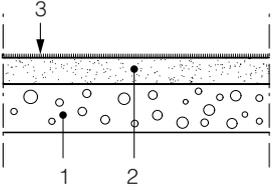
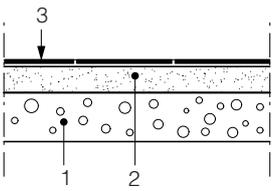
Tableau 5 Planchers avec laine minérale dans le vide.

Description de la paroi		Mesures in situ	Mesures en laboratoire (sans revêtement de sol)
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plaque de plâtre revêtue de carton 12,5 mm</li> <li>2. Ossature 38/234 mm</li> <li>3. Laine minérale 120 mm</li> <li>4. Vide</li> <li>5. Panneau OSB 18 mm</li> <li>6. Sous-couche pour parquet</li> <li>7. Parquet laminé</li> </ol>	$D_{nT,w} : 38 (-5,-11) \text{ dB}$ Cat. IV <sub>a</sub>  $L'_{nT,w} : 76 (2) \text{ dB}$ Cat. < III <sub>b</sub>	$R_w : 40 \sim 50 \text{ dB}$  $L_{n,w} : 80 \sim 70 \text{ dB}$
Un contre-lattage en sous-face pourrait améliorer cette configuration. L'ensemble est très rigide et n'atténue donc que très peu les bruits de choc.			
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plaque de plâtre revêtue de carton 12,5 mm</li> <li>2. Ossature 38/234 mm</li> <li>3. Laine minérale 120 mm</li> <li>4. Vide</li> <li>5. Panneau OSB 18 mm</li> <li>6. Carrelage</li> </ol>	$D_{nT,w} : 43 (-3,-7) \text{ dB}$ Cat. III <sub>b</sub>  $L'_{nT,w} : 79 (-4) \text{ dB}$ Cat. < III <sub>b</sub>	$R_w : 40 \sim 50 \text{ dB}$  $L_{n,w} : 80 \sim 70 \text{ dB}$
Mêmes constatations que ci-dessus : la masse du carrelage et de son support apporte une amélioration de la valeur $D_{nT,w}$ , mais la rigidité de l'ensemble diminue l'isolation aux bruits de choc.			
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plaque de plâtre revêtue de carton 15 mm</li> <li>2. Contre-lattage 20/60</li> <li>3. Laine minérale 120 mm</li> <li>4. Ossature à calculer cas par cas</li> <li>5. Vide</li> <li>6. Panneau OSB 18 mm</li> </ol>	$D_{nT,w} : 40 (-3,-8) \text{ dB}$ Cat. IV <sub>a</sub>  $L'_{nT,w} : 75 (0) \text{ dB}$ Cat. < III <sub>b</sub>	$R_w : 40 \sim 50 \text{ dB}$  $L_{n,w} : 80 \sim 70 \text{ dB}$
La surface supérieure du plancher ne possède aucun revêtement. Les résultats sont proches des mesures réalisées en laboratoire.			
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plaque de plâtre revêtue de carton 15 mm</li> <li>2. Contre-lattage 20/60</li> <li>3. Laine minérale 120 mm</li> <li>4. Ossature selon calcul (non disponible)</li> <li>5. Vide</li> <li>6. Panneau OSB 18 mm</li> <li>7. Sous-couche isolante pour chape 5 mm</li> <li>8. Chape à l'anhydrite 45 mm</li> <li>9. Carrelage</li> </ol>	$D_{nT,w} : 48 (-1,-6) \text{ dB}$ Cat. II <sub>b</sub>  $L'_{nT,w} : 73 (6) \text{ dB}$ Cat. III <sub>a</sub>	$R_w : 50 \sim 60 \text{ dB}$  $L_{n,w} : 70 \sim 60 \text{ dB}$
La chape flottante amène une augmentation de la masse surfacique et donc de la valeur $D_{nT,w}$ . Par contre, pour cette mesure, la valeur $L'_{nT,w}$ est très élevé. L'allure du spectre indique que la chape présente des points de contact rigides, ce qui diminue fortement son efficacité vis-à-vis des bruits de choc.			
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plaque de plâtre revêtue de carton 12,5 mm</li> <li>2. Contre-lattage</li> <li>3. Laine minérale 100 mm</li> <li>4. Ossature selon calcul (non disponible)</li> <li>5. Vide</li> <li>6. Panneau de particules 22 mm</li> <li>7. Sous-couche pour chape 5 mm</li> <li>8. Chape au ciment 60 mm</li> <li>9. Moquette</li> </ol>	$D_{nT,w} : 51 (-2,-7) \text{ dB}$ Cat. II <sub>b</sub>  $L'_{nT,w} : 62 (1) \text{ dB}$ Cat. II <sub>a</sub>	$R_w : 50 \sim 60 \text{ dB}$  $L_{n,w} : 70 \sim 60 \text{ dB}$
Les valeurs obtenues avec cette configuration s'approchent des critères de confort. Bien entendu, la moquette réduit fortement les bruits de choc.			

**Tableau 6 Planchers à ossature apparente (sans faux plafond).**

Description de la paroi	Mesures in situ	Mesures en laboratoire (sans revêtement de sol)
 <ol style="list-style-type: none"> <li>Ossature apparente 36/190 mm</li> <li>Panneau de particules 20 mm</li> <li>Sous-couche pour chape</li> <li>Chape 50 mm</li> <li>Sous-couche pour parquet</li> <li>Parquet</li> </ol>	$D_{nT,w}$ : 40 (-3,-5) dB Cat. IV <sub>b</sub>  $L'_{nT,w}$ : 65 (0) dB Cat. III <sub>a</sub>	—
Dans le cas où les gîtes sont apparentes, on ne peut améliorer l'isolation qu'en traitant le dessus du plancher. On est donc limité dans les possibilités d'isolation.		
 <ol style="list-style-type: none"> <li>Ossature apparente 70/220 mm</li> <li>Plancher en sapin 18 mm</li> <li>Sous-couche pour chape</li> <li>Chape 70 mm</li> <li>Sous-couche pour parquet</li> <li>Parquet laminé</li> </ol>	$D_{nT,w}$ : 39 (-1,-3) dB Cat. III <sub>b</sub>  $L'_{nT,w}$ : 65 (0) dB Cat. II <sub>b</sub>	—
Les valeurs sont proches dans les trois cas mesurés. Il semble difficile d'aller au-delà de ces performances.		
 <ol style="list-style-type: none"> <li>Ossature apparente 70/220 mm</li> <li>Planchettes en pin 14 mm</li> <li>Vide 30 mm</li> <li>Panneau OSB 18 mm</li> <li>Sous-couche pour chape</li> <li>Chape 70 mm</li> <li>Sous-couche pour parquet</li> <li>Parquet massif</li> </ol>	$D_{nT,w}$ : 40 (-1,-5) dB Cat. IV <sub>b</sub>  $L'_{nT,w}$ : 71 (-1) dB $L'_{nT,w}$ : 69 (0) dB	—
Il semble que la sous-couche de la chape soit un peu moins performante ou que des défauts d'exécution aient été commis, car l'isolement aux bruits de choc est légèrement moins bon que dans les deux cas précédents. La face inférieure du plancher n'a pas d'influence sur l'isolation, le bruit étant transmis par les gîtes. On peut considérer que l'isolation est obtenue à partir des couches situées au-dessus des gîtes.		

**Tableau 7 Planchers massifs en béton (mesures comparatives).**

Description de la paroi	Mesures in situ	Mesures en laboratoire (sans revêtement de sol)
 <ol style="list-style-type: none"> <li>Hourdis en béton 130 mm</li> <li>Chape 70 mm</li> <li>Moquette</li> </ol>	$D_{nT,w}$ : 67 (-1,-4) dB Cat. I <sub>a</sub>  $L'_{nT,w}$ : 28 (0) dB Cat. I <sub>a</sub>	—
Le système est efficace. Le plancher massif permet une bonne isolation aux bruits aériens; la moquette, très épaisse, réduit l'impact de la machine à chocs à la source et améliore ainsi l'isolement aux bruits de choc.		
 <ol style="list-style-type: none"> <li>Hourdis en béton 130 mm</li> <li>Chape 70 mm</li> <li>Carrelage</li> </ol>	$D_{nT,w}$ : 51 (-1,-5) dB Cat. II <sub>b</sub>  $L'_{nT,w}$ : 75 (-10) dB Cat. < III <sub>b</sub>	—
La chape n'étant pas flottante, malgré une grande épaisseur, l'isolement aux bruits de choc n'est pas bon. Il est indispensable de prévoir une structure flottante dans le cas du carrelage.		

(suite de la page 9)

D'après les résultats obtenus en laboratoire, on peut dire que, si ce contre-lattage est réalisé avec des profilés métalliques souples espacés, l'isolation sera encore meilleure. La masse surfacique du faux plafond joue alors un rôle important.

La présence d'une chape flottante permet d'augmenter la masse du plancher et, donc, son isolation aux bruits aériens. Elle accroît aussi le rapport des masses entre le plancher et les parois adjacentes, ce qui réduit fortement les transmissions latérales et est dès lors bénéfique pour l'isolement global.

Les panneaux OSB semblent être le support le plus intéressant. Des facteurs tels que la taille, la forme et l'espacement des gîtes ainsi que le système de fixation des éléments (clous, vis ou colle) n'influencent pas vraiment les résultats.

Lorsque les gîtes sont apparentes, l'isolation aux bruits aériens est limitée, puisqu'on ne peut atténuer le bruit qu'à l'aide de la partie supérieure du plancher. Dans ce cas, la présence d'une chape flottante est indispensable.

### 2.2.2 ANALYSE DU COMPORTEMENT DES PLANCHERS AUX BRUITS DE CHOC

Comme nous l'avons vu précédemment, l'isolement aux bruits de choc est surtout influencé par la composition du plancher. Si on fait abstraction du revêtement, la seule manière de combattre efficacement ce type de bruit est de réaliser un système «triple couche». On entend par là un système composé d'une première couche indépendante du support, qui constitue la deuxième couche (par exemple, une chape flottante au-dessus du plancher de base), et d'une troisième couche indépendante sous le support (par exemple, un faux plafond sur une structure indépendante).

On veillera à la réalisation correcte du système. On a pu constater dans les résultats ci-avant (tableaux 4 à 6) qu'une mauvaise exécution de la chape flottante a des conséquences directes sur l'isolement global. On peut également voir que, même dans le cas d'une structure massive, l'absence de chape flottante engendre une très mauvaise isolation aux bruits de choc. On veillera donc à une mise en oeuvre parfaite de la chape flottante en tenant compte des éléments suivants :

- sous-couche isolante sous la chape, remontée le long des murs
- pas de connexion rigide entre les plinthes et la chape
- pas de connexion entre la structure et la chape par l'intermédiaire des conduites.



**Fig. 11 Un parquet confère une moins bonne isolation aux bruits de choc qu'un tapis.**

En effet, pour être efficaces, les dalles flottantes ne peuvent avoir aucune liaison rigide avec la structure du bâtiment, à défaut de quoi toute l'énergie communiquée à la dalle sera transmise à la structure, puis rayonnée dans les pièces voisines et ce, d'autant plus que la structure, légère, est facilement mise en vibration. C'est pour cette raison qu'il est indispensable de remonter les bords de la sous-couche le long des murs et de veiller à ce que les plinthes ne créent pas de contact entre la dalle flottante et les murs.

En ce qui concerne les revêtements, on a pu se rendre compte qu'une moquette (ou un tapis) apportait une isolation appréciable aux bruits de choc, une isolation d'autant plus élevée que la moquette est épaisse. Celle-ci permet en effet de réduire l'énergie à la source, contrairement au parquet et surtout au carrelage, qui, du fait de leur rigidité, rayonnent le bruit sur toute la surface et, donc, dans leur support.

### 2.2.3 OPTIMISATION DE LA COMPOSITION DES PLANCHERS DANS LES CONSTRUCTIONS À OSSATURE EN BOIS

Pour atteindre un isolement aux bruits aériens et aux bruits de choc satisfaisant pour les planchers, on veillera à respecter les points suivants :

- utiliser pour le faux plafond des panneaux d'une masse surfacique la plus élevée possible, idéalement des plaques de plâtre revêtues de carton ou des plaques de gypse armé de fibres
- fixer ce faux plafond non pas directement sur les gîtes, mais sur un contre-lattage le plus espacé possible (minimiser les contacts rigides)
- remplir le vide de laine minérale ou de tout autre absorbant à cellules ouvertes, sur une épaisseur équivalant au moins à la moitié de la hauteur «gîtes + contre-lattes»
- utiliser des panneaux OSB comme support de base
- placer une sous-couche résiliente pour chape et remonter celle-ci le long des murs

- réaliser une chape d'une épaisseur minimale de 45 mm ou plus dans la mesure du possible, ou éventuellement tout autre système permettant de rendre le support du plancher indépendant de la structure
- éviter que le revêtement de sol ne court-circuite la dalle flottante (joints souples en périphérie)
- veiller à un indice d'affaiblissement suffisamment élevé des parois latérales (un doublage est éventuellement nécessaire).

Pour obtenir une isolation plus élevée, on utilisera des profilés métalliques désolidarisés des gîtes et on doublera l'épaisseur des plaques de plâtre en sous-face, en veillant à alterner les joints lors du placement. On pourra également envisager un doublage des cloisons à l'étage inférieur et/ou une désolidarisation des niveaux superposés, au moyen de semelles souples.

Dans le cas où on ne peut travailler avec une chape classique, il est possible de réaliser une chape sèche à partir de panneaux posés sur un isolant comme de la laine minérale à haute densité. Les performances de ce système sont moins intéressantes que les chapes flottantes classiques, mais elles améliorent les caractéristiques du plancher de base.

### 2.3 FAÇADES

Les parois rencontrées lors des mesures *in situ* présentent les caractéristiques suivantes :

- les façades comportaient systématiquement un parement en briques de terre cuite
- l'épaisseur de l'ossature varie entre 80 et 95 mm
- les panneaux sont en particules de bois, en ciment-bois, en OSB, en plâtre, en gypse armé de fibres, ou sont constitués d'une combinaison de ceux-ci
- l'espace entre les panneaux est comblé avec un isolant (laine minérale ou isolant cellulosique insufflé).

Dans la plupart des cas, les panneaux sont directement fixés à l'ossature. Dans un seul des cas rencontrés, les panneaux intérieurs sont fixés sur un contre-lattage, lui-même adossé à l'ossature.

Deux tableaux sont présentés ci-après :

- le tableau 8 (p. 14 et 15) fournit les résultats des mesures acoustiques sur les façades des maisons à ossature en bois
- le tableau 9 (p. 15) livre les résultats des mesures acoustiques sur les façades des maisons à structure en bois massif.

Leur présentation est identique à celle des tableaux relatifs aux cloisons intérieures.

(suite du texte en page 16)

**Tableau 8 Façades à ossature en bois.**

Remarques préalables : 1. une brique de parement est présente dans chaque configuration mesurée  
2. les membranes d'étanchéité et les pare-vapeur ne sont pas indiqués dans la composition.

Vue en plan	Composition	Valeurs in situ	Valeurs en laboratoire
	1. Panneau OSB 8 mm 2. Laine minérale 80 mm 3. Ossature simple 40/80 mm 4. Panneau de particules 20 mm	$D_{Is,2m,nT,w} : 43 (-1,-4) \text{ dB}$ Cat. $V_b$	-
Le mur soumis au bruit extérieur ne présentait pas d'ouvertures (portes ou fenêtres). Toutefois, les ouvertures dans les murs latéraux contribuaient largement au niveau de bruit mesuré à l'intérieur. Des fuites ont été constatées à la jonction châssis/structure.			
	1. Panneau en ciment-bois 6 mm 2. Laine minérale 90 mm 3. Ossature simple 47/95 mm 4. Panneau de particules 16 mm	$D_{Is,2m,nT,w} : 39 (-1,-4) \text{ dB}$ Cat. $V_b$	-
Le mur comportait trois fenêtres de 300 x 300 mm. Malgré leur superficie réduite, le bruit rayonné à l'intérieur résultait principalement du passage du son par la jonction châssis/structure.			
	1. Panneau OSB 12,5 mm 2. Isolant insufflé à base de fibres de papier recyclé 89 mm 3. Ossature simple 38/89 mm 4. Contre-lattage 25/40 mm 5. Panneau de gypse armé de fibres 12,5 mm	$D_{Is,2m,nT,w} : 40 (-3,-7) \text{ dB}$ Cat. $V_c$	-
La présence du contre-lattage sur l'ossature est bénéfique pour l'isolement acoustique de la façade. Malheureusement, l'isolation médiocre du châssis de la porte-fenêtre présente dans le mur a réduit fortement la performance acoustique globale.			
	1. Panneau de multiplex 9,5 mm 2. Laine minérale 89 mm 3. Ossature simple 38/89 mm 4. Plaque de plâtre 15 mm	$D_{Is,2m,nT,w} : 39 (0,-2) \text{ dB}$ Cat. $V_c$	-
Le mur comportait une fenêtre. Le bruit rayonné à l'intérieur résultait principalement du passage du son par la jonction châssis/structure.			
	1. Panneau OSB 11 mm 2. Laine minérale 89 mm 3. Ossature simple 38/89 mm 4. Plaque de plâtre 12,5 mm	$D_{Is,2m,nT,w} : 34 (-1,-4) \text{ dB}$ Cat. $V_d$	-
Le mur comportait une fenêtre. Le bruit rayonné à l'intérieur résultait principalement du passage du son par la jonction châssis/structure, particulièrement faible sur le plan acoustique dans ce cas précis.			

**Tableau 8 Façades à ossature en bois (suite).**

Vue en plan	Composition	Valeurs in situ	Valeurs en laboratoire
	1. Panneau OSB 11 mm 2. Laine minérale 89 mm 3. Ossature simple 38/89 mm 4. Plaque de plâtre 12,5 mm	$D_{Is,2m,nT,w} : 47 (-1,-2) \text{ dB}$ Cat. $V_a$	—
Le mur soumis au bruit extérieur ne présentait pas d'ouvertures (portes ou fenêtres). Lors des mesures, on entendait le bruit provenant de la source et passant par les ouvertures des murs latéraux, mais très peu de bruit transmis directement par le mur. Même si cette mesure est également influencée par les fuites se produisant dans les ouvertures des parois latérales, elle est plus représentative de ce qu'on peut attendre de l'isolation acoustique d'un mur extérieur à ossature en bois.			
	1. Panneau OSB 11 mm 2. Polyuréthane injecté 3. Ossature double 70/60 mm - 70/50 mm 4. Plaque de gypse armé de fibres 12,5 mm 5. Laine minérale 50 mm	$D_{Is,2m,nT,w} : 38 (-2,-6) \text{ dB}$ Cat. $V_b$	—
Cette composition particulière, sans doute efficace, perd son avantage du fait des fuites par la jonction châssis/structure.			

**Tableau 9 Façades à structure en bois massif.**

Remarques préalables : 1. une brique de parement est présente dans chaque configuration mesurée  
 2. les membranes d'étanchéité et les pare-vapeur ne sont pas indiqués dans la composition.

Vue en plan	Composition	Valeurs in situ	Valeurs en laboratoire
	1. Laine minérale 40 mm 2. Ossature en sapin massif 86 mm	$D_{Is,2m,nT,w} : 32 (-1,-2) \text{ dB}$ Cat. $V_d$	—
Comme dans le cas des ossatures, c'est par les ouvertures (portes et fenêtres) que se produisent les pertes d'isolation acoustique les plus importantes.			
	1. Laine minérale 40 mm 2. Ossature en sapin massif 86 mm	$D_{Is,2m,nT,w} : 38 (-2,-6) \text{ dB}$ Cat. $V_b$	—
Dans ce cas particulier, le châssis présent dans la façade était muni d'un double vitrage feuilleté acoustique, afin de protéger l'habitation du bruit des avions. C'est uniquement en raison du manque d'étanchéité à la jonction châssis/mur que l'isolation tombe à une valeur aussi basse. Ceci illustre l'importance de ne négliger aucun détail lors du traitement acoustique d'une habitation.			

(suite de la page 13)

### 2.3.1 ANALYSE DU COMPORTEMENT DES FAÇADES VIS-À-VIS DU BRUIT AÉRIEN

Les premières mesures de protection contre le bruit résident dans le choix de l'emplacement de l'habitation sur le terrain ainsi que dans l'organisation et l'orientation des locaux. On s'efforcera ainsi d'éloigner le plus possible le bâtiment des sources de bruit (une route, par exemple) et d'orienter les locaux les plus sensibles de telle façon qu'ils soient le moins exposés au bruit (par exemple, chambres principales du côté opposé à la source de bruit). On peut également envisager le placement de murs de protection ou autres écrans. On rappellera à ce sujet qu'un écran d'arbres ou une haie de sapins ne constitue pas une protection efficace contre le bruit.

En ce qui concerne les mesures, nous avons montré que la faiblesse de l'isolation acoustique des façades était principalement le fait des ouvertures (portes et fenêtres). En effet, l'isolation du mur de façade est en général plus élevée (dans le cas d'une ossature) que celle des parties vitrées; l'isolement global est donc déterminé par la performance des menuiseries. Plus encore qu'à la qualité du vitrage ou du châssis, on veillera à l'étanchéité à l'air entre le châssis ouvrant et le dormant ainsi qu'à la finition entre le châssis et l'ossature en bois. On évitera de colmater les vides avec des mousses à cellules fermées. On privilégiera l'utilisation d'isolants de type laine minérale pour combler les vides et de joints de mastic pour assurer l'étanchéité à l'air.

### 2.3.2 OPTIMISATION DE LA COMPOSITION DES FAÇADES DANS LES CONSTRUCTIONS À OSSATURE EN BOIS

L'amélioration de l'isolation de la façade d'une habitation à ossature en bois passe par les étapes suivantes (par ordre de préférence) :

- traitement de tous les défauts d'étanchéité à l'air (par l'utilisation de laine minérale, de plaques de plâtre revêtues de carton et de mastic)



**Fig. 12** L'emplacement et l'orientation de la maison constituent la première protection contre le bruit.

- respect des recommandations formulées dans les deux articles consacrés à l'isolation acoustique des fenêtres, parus dans CSTC-Magazine (printemps 1998 et automne 1998)
- traitement de la structure, par exemple : ajout d'une épaisseur supplémentaire sur les murs (doublage).

Au vu des mesures réalisées, il ne semble pas recommandable de chercher à augmenter en priorité l'isolation acoustique d'une façade, dans la mesure où les menuiseries extérieures demeurent les points faibles les plus importants.

### 2.4 TOITURES

La toiture inclinée, de par sa masse surfacique réduite, constitue bien souvent un point faible de l'isolation acoustique de l'ensemble du bâtiment. Néanmoins, il est possible de mettre en œuvre des solutions s'approchant du principe masse-ressort-masse (M-R-M). La construction à ossature en bois fait généralement appel aux mêmes techniques de mise en œuvre de la toiture que la construction traditionnelle. Le comportement acoustique des deux systèmes est donc comparable. Une étude ayant déjà été menée sur le sujet, nous renvoyons le lecteur à l'article intitulé «L'isolation des toitures en tuiles et en ardoises aux bruits aériens», paru dans CSTC-Magazine (été 1997).

### 2.5 PROBLÉMATIQUE DES MAISONS MITOYENNES ET DES APPARTEMENTS

La norme NBN S 01-400:1977 établit des recommandations, basées sur des catégories, pour l'isolation acoustique entre maisons mitoyennes et entre appartements. Elle préconise une isolation entre logements respectant au minimum la catégorie II<sub>b</sub>. Cette norme est toutefois amenée à subir tout prochainement de profonds changements, tant en ce qui concerne le paramètre qui servira de guide qu'en ce qui concerne la valeur de celui-ci. Il semble que les valeurs citées au § 2.3 serviront de référence.

Ainsi, il est vraisemblable que, dans le futur, toute structure séparant deux habitations devra répondre à un isolement minimum proche de 54 dB, mesurés sur site. Les résultats présentés ci-avant montrent que cette valeur n'est pas facile à atteindre dans le cas d'une ossature en bois. De plus, comme on a pu le remarquer, il ne s'agit pas simplement de traiter un mur pour obtenir une isolation satisfaisante, puisque les transmissions latérales jouent un rôle important dans les performances finales d'une construction.

C'est pourquoi, même si le cas des maisons mitoyennes peut encore être traité assez facilement sur le plan acoustique, la construction d'appartements à ossature en bois demandera une étude acoustique complète afin de rencontrer les exigences sur site.

C'est sur la base des performances individuelles des éléments mis en œuvre ( $R$  et  $L_n$ ) et sur la base des indices de l'atténuation aux jonctions ( $K_{ij}$ ) qu'il est possible d'effectuer des prédictions quant à l'isolement acoustique que présentera une future construction. Actuellement, les données manquent encore aux acousticiens pour caractériser exactement le comportement aux jonctions et, donc, l'atténuation des transmissions latérales. Par conséquent, lorsqu'on veut atteindre de hautes performances acoustiques dans une construction à ossature en bois, il sera difficile, dans l'état actuel des connaissances, de garantir le comportement d'un système avant sa construction.

Une importante recherche est en cours au sein du laboratoire "Acoustique" du CSTC, en vue d'expérimenter et de caractériser les indices précités. Leur connaissance permettra de prédire l'isolement *in situ* et, de là, de proposer des systèmes constructifs répondant aux futures exigences. Les résultats de cette recherche et les directives pour la construction des maisons multifamiliales à ossature en bois feront l'objet d'un prochain article.

## 3 CONCLUSIONS

L'isolation acoustique au sein d'un bâtiment est généralement basée sur le principe de la masse, selon lequel l'isolation aux bruits aériens sera d'autant plus élevée que ne l'est la masse de la paroi. La construction à ossature en bois, de par son faible poids, présente ainsi une base de travail plus difficile pour atteindre des performances acoustiques suffisantes. Etant donné qu'on ne peut compter sur la masse des parois, il y a lieu d'adopter d'autres principes acoustiques, comme celui de la «double paroi» ou de l'effet «masse-ressort-masse».

Ce principe, bien que plus difficile à réaliser correctement, ne fait pas appel à des matériaux particuliers. Son efficacité réside dans la combinaison et, surtout, dans la mise en œuvre de matériaux classiques, utilisés actuellement dans la construction à ossature en bois.

Comme nous l'avons vu tout au long de l'article, l'application pratique du principe de la double paroi consiste à réaliser des parois (cloisons et planchers) composées de deux éléments (panneaux ou dalles) séparés par une

lame d'air remplie d'un absorbant, de telle façon que la désolidarisation entre les deux éléments soit maximale. Nous avons montré que cela était possible pour les cloisons, les planchers et la toiture, sans engendrer de surcoût notable lors la construction.

S'ils sont correctement mis en œuvre, les principes décrits dans cet article permettront d'atteindre des performances acoustiques supérieures à celles rencontrées actuellement dans les différents systèmes de construction à ossature en bois en Belgique. En effet, les mesures réalisées et l'analyse des systèmes rencontrés montrent qu'on retrouve souvent des concepts tendant vers des systèmes acoustiquement efficaces, mais encore perfectibles. Nous espérons que les recommandations formulées ci-avant permettront d'atteindre des concepts "complets" du principe de la double paroi.

Lorsqu'on souhaite dépasser cette performance, comme il sera nécessaire de le faire dans le cas des appartements et des maisons mitoyennes afin de respecter les futures exigences, la simple mise en œuvre des principes décrits ici sera sans doute insuffisante. Si améliorer acoustiquement les concepts existants est réalisable sans surcoût notable, aller au-delà de cette étape demandera de remettre en question certaines pratiques. Il faudra alors envisager d'augmenter la masse des parois, de réaliser une plus grande désolidarisation et de traiter les voies latérales. Mais ces mesures sont plus particulières et le présent article aspire plutôt à fournir au constructeur les bases pour optimiser les concepts existants.

Atteindre un confort acoustique satisfaisant dans une maison à ossature en bois est donc réalisable, moyennant une conception judicieuse, basée sur les principes précités, et un soin particulier lors de la mise en œuvre. ■

## BIBLIOGRAPHIE



- Beranek L.  
Noise and vibration control. Washington DC, Institute of Noise Control Engineering, Revised Edition, 1988.
- Blasco M.  
L'acoustique des portes. Bruxelles, CSTC-Magazine, printemps 2000.
- Comité européen de normalisation  
EN 12354 Building acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings and of buildings elements. Bruxelles, CEN, 2000.
- Comité européen de normalisation  
EN ISO 717 Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Bruxelles, CEN, 1996.
- De Graaf P. & Banga J.  
Handboek houtskeletbouw. Rotterdam, Stichting Bouwresearch, 2000.
- Ingelaere B.  
Isolation acoustique des fenêtres. Application de la norme EN ISO 717-1:1996. 1<sup>ère</sup> partie : performances acoustiques du vitrage. Bruxelles, CSTC-Magazine, printemps 1998.
- Ingelaere B.  
Isolation acoustique des fenêtres (2<sup>e</sup> partie). Bruxelles, CSTC-Magazine, automne 1998.
- Ingelaere B.  
Isolation acoustique entre deux locaux. Notions préliminaires. Bruxelles, CSTC-Magazine, printemps 2001.
- Ingelaere B.  
Isolation des toitures en tuiles et en ardoises aux bruits aériens. Bruxelles, CSTC-Magazine, été 1997.
- Ingelaere B.  
L'isolation acoustique des planchers en bois. Bruxelles, CSTC-Magazine, printemps 2001.
- Institut belge de normalisation  
NBN EN ISO 140 Acoustique. Mesurage de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction (plusieurs parties). Bruxelles, IBN, 1995-1998-2000.
- Kouyoumji J.L.  
Caractérisation des parois courantes et des liaisons structurales pour la prévision de l'isolement acoustique d'une construction en bois. Bordeaux, Laboratoire Génie Civil et Habitat, décembre 2000.
- Meisser M.  
La pratique de l'acoustique dans le bâtiment. Paris, Editions Eyrolles, 3<sup>e</sup> édition, 1978.
- Pujolle J.  
La pratique de l'isolation acoustique des bâtiments. Paris, Editions du Moniteur, 1978.
- Société centrale d'hypothèques et de logement  
Construction de maison à ossature de bois - Canada. Ottawa, SCHL, Librairie du Québec, 3<sup>e</sup> édition, 1998.
- Soubrier D.  
La normalisation européenne en acoustique du bâtiment. 1<sup>ère</sup> partie : évaluation de l'isolement aux bruits aériens et aux bruits d'impact. Bruxelles, CSTC-Magazine, printemps 1999.
- Soubrier D.  
La normalisation européenne en acoustique du bâtiment. 2<sup>e</sup> partie. Bruxelles, CSTC-Magazine, été 1999.
- Vermeir G.  
Bouwakoestiek. Louvain, Edition Acco, 1992.
- Warnock A.C.C.  
Comment réduire la transmission du son aérien par les planchers. Ottawa, Conseil national des recherches Canada, Solution constructive n° 25, 1999.



## INFORMATIONS UTILES

Le présent article a été élaboré dans le cadre de la Guidance technologique "Acoustique du bâtiment" subsidiée par les Régions.