

Performance acoustique des systèmes de type flocage et fond de coffrage

Acoustic performance of insulating form boards and flocking systems

Catherine Guigou-Carter
CSTB
24, rue Joseph Fourier
38400 Saint Martin d'Hères
Email : catherine.guigou@cstb.fr

Jean-Baptiste Chéné
CSTB
84, avenue Jean Jaurès
77447 Marne La Vallée CEDEX 2
Email : jean-baptiste.chene@cstb.fr

Résumé

Les systèmes considérés dans cette étude combinent une couche de matériau poreux et une dalle de béton. En particulier, les fonds de coffrage consistent généralement en une couche de matériau poreux, ou un complexe comportant une ou plusieurs couches poreuses, sur laquelle est coulée une dalle de béton ; les flocages à base de fibres sont quant à eux projetés directement en sous-face d'une dalle en béton. Ces systèmes permettent de remplir la réglementation thermique (à condition d'utiliser l'épaisseur adéquate) mais leur performance acoustique est limitée. En fait, la performance acoustique de la dalle de béton est généralement réduite par la présence de la couche poreuse (fond de coffrage ou flocage). La modélisation de ces systèmes est présentée dans cet article. Le comportement de ces systèmes est étudié en utilisant une approche par onde et par matrice de transfert. Le matériau poreux est modélisé par la théorie de Biot-Allard. L'effet des ancrages métalliques utilisés, dans le cas des panneaux rapportés sous dalle, pour fixer mécaniquement la couche poreuse à la dalle béton est aussi évalué. La performance acoustique est appréciée à partir de résultats de mesure et du modèle de prédiction. Le modèle de prédiction est utilisé pour comprendre le comportement de ces systèmes afin de développer des solutions permettant une amélioration de la performance acoustique. Finalement, l'isolement aux bruits aériens entre un garage (ou un local d'activité) et une pièce d'un logement est évalué pour ces traitements thermiques en sous-face de plancher ; les résultats montrent que les exigences de la réglementation acoustique ne sont généralement pas atteintes si aucun système de découplage n'est mis en place.

Abstract

Systems considered in this paper combine a layer of porous or fibrous material and a concrete floor slab. These systems are of several types: the concrete slab can be poured directly onto the fibrous layer (insulating form boards), or the fibrous material can be attached or sprayed on the underside of the concrete floor slab. Such systems allow the fulfilment of French thermal regulations. However, their acoustic performance is quite limited. Indeed, the acoustic performance of the concrete layer is usually reduced by the presence of the porous or fibrous layer. The modelling of such multi-layered structures submitted to acoustic excitation is discussed in this work. The behaviour of such a system is investigated by using a wave approach based prediction tool. The porous layer is modelled following Biot's theory. The effect of the metallic anchors that connect the fibrous layer and the concrete floor slab is also investigated. The acoustic performance of such systems is studied both experimentally and analytically. The model is thus used to obtain insight into the behaviour of such systems in order to develop solutions that result in improved acoustic performance. Finally, sound insulation between a parking garage and a dwelling is evaluated for these thermal systems used under concrete slab; results show that the French regulation requirements are generally not reached if decoupling is not implemented.

Les systèmes considérés dans cette étude combinent une couche de matériau poreux et une dalle de béton. Ce type de système est utilisé pour l'isolation thermique des planchers situés entre un espace non chauffé comme un garage en sous sol et un espace chauffé localisé au-dessus comme un logement en rez-de-chaussée. Dans le cas des fonds de coffrage généralement utilisés pour un nouveau bâtiment, la dalle-support est directement coulée sur la couche de matériau poreux. Dans le cas des bâtiments existants, des systèmes similaires existent : la couche de matériau poreux sous forme de panneaux rigides peut être chevillée en sous-face de la dalle en béton, ou sous forme de flocage, elle est alors projetée en sous-face de la dalle béton. Des « nattes » métalliques peuvent aussi être utilisées entre la

couche poreuse et la dalle en béton pour des raisons d'adhérences et de tenue au feu. Ce type de système, avec une épaisseur appropriée permet de répondre à la réglementation thermique. Cependant, leur performance acoustique par rapport aux bruits aériens est relativement limitée. En fait, la performance acoustique de la dalle en béton est généralement diminuée par la présence de cette couche poreuse. Toutefois, il doit être mentionné que ce type de couche poreuse permet de diminuer le temps de réverbération dans l'espace non chauffé dans lequel il est installé (garage par exemple) comme leur coefficient d'absorption est habituellement important. La modélisation de ce type de structures multicouches soumise à une excitation acoustique est discutée dans ce travail. Le comportement de ces

structures multicouches est étudié en utilisant un outil de prédiction basé sur une approche par onde. L'effet des attaches métalliques connectant la couche poreuse à la dalle en béton est considéré expérimentalement et analytiquement. Le modèle de prédiction est ainsi utilisé pour éclaircir et comprendre le comportement de tel système dans le but de développer de nouvelles solutions permettant une amélioration de la performance acoustique.

Modèle de prédiction

Un modèle basé sur une méthode de matrice de transfert [1] pour des structures multicouches infinies est utilisé. Les différentes couches isotropes d'épaisseur constante peuvent être de type solide, fluide ou poreux (suivant la théorie de Biot-Allard [2]). Le logiciel de calcul CASC développé au CSTB sur cette base est utilisé pour prédire notamment l'indice d'affaiblissement acoustique, le coefficient d'absorption, le niveau de bruit d'impact (pour une machine à choc normalisée) et le niveau de bruit de pluie (pour une pluie normalisée). Pour la prédiction de l'indice d'affaiblissement acoustique, le système est excité par un champ acoustique diffus composé d'ondes planes associées à de multiples angles d'incidence. Une technique basée sur le fenêtrage spatial des ondes planes [3] permet de prendre en compte la taille finie de la structure plane pour le calcul de l'indice d'affaiblissement. Cette technique permet d'obtenir des résultats de la prédiction en bon accord avec ceux qui sont mesurés comparés à la méthode classique pour une structure infinie. De plus, cette méthode de filtrage spatial est relativement simple dans le cas de la transmission des bruits aériens comme le facteur de rayonnement associé ne dépend que de la dimension de la structure prise en compte et peut donc être pré-calculé.

Les matériaux poreux utilisés pour les traitements thermiques considérés ici sont généralement des laines de roche. Ces matériaux sont constitués d'un squelette solide comportant des pores remplis d'air. Suivant la théorie de Biot-Allard [2], trois types d'onde se propagent dans ces

matériaux poreux : une onde de compression dans la phase fluide et, une onde de compression et une de cisaillement dans la phase solide.

Le logiciel ACOUBAT permet le calcul des isolements aux bruits aériens et des bruits d'impact dans les bâtiments sur la base des normes NF EN 12354-1, -2, -3 et -6 [4]. Ce logiciel est utilisé pour vérifier si ces traitements thermiques considérés en sous-face de plancher remplissent la réglementation acoustique.

Performance acoustique

Dans cette section, la performance acoustique obtenue avec le modèle de prédiction et les mesures est présentée pour différents systèmes. L'effet du nombre d'attaches métalliques est étudié. Un schéma du type de systèmes considéré dans cette étude est montré à la Figure 1. La couche poreuse est généralement de la laine de roche d'une densité autour de 100 kg/m^3 . Les différents systèmes considérés correspondent aux dimensions de $4,2 \times 3,6 \text{ m}^2$; cette taille est prise en compte par le modèle de prédiction.



Fig. 1 : Schéma des systèmes considérés

Fonds de coffrage

Le premier système considéré est composé d'une dalle de béton de 160 mm d'épaisseur coulée sur une couche de laine de roche de 100 mm d'épaisseur. Cette couche de laine de

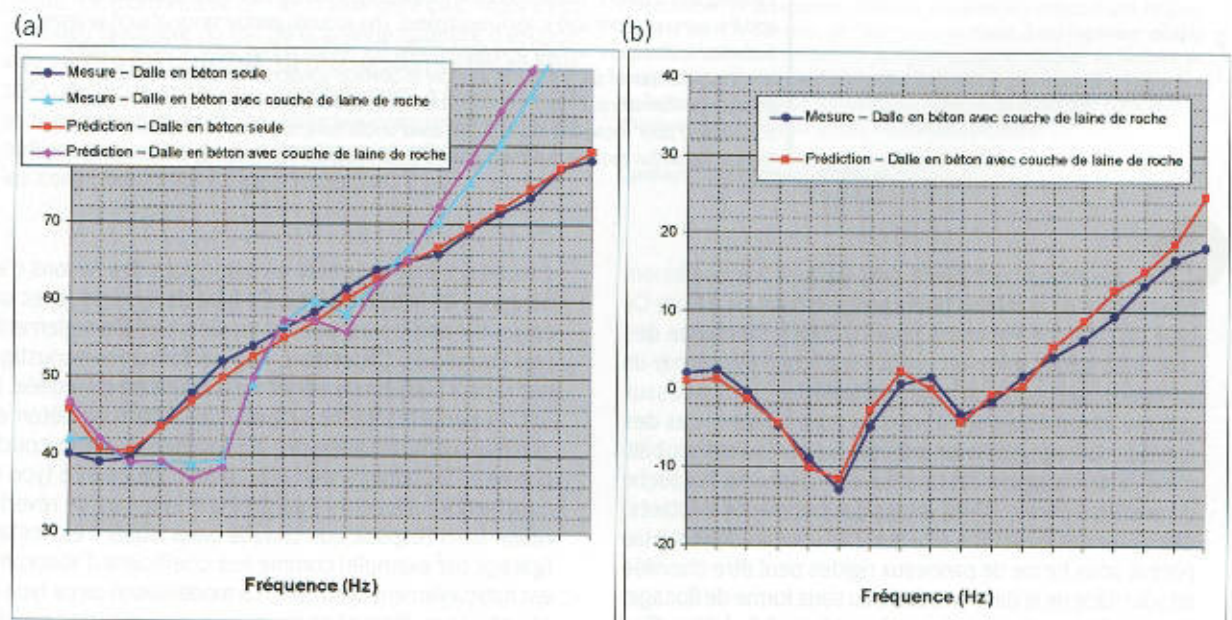


Fig. 2 : Fond de coffrage; (a) indice d'affaiblissement acoustique R et (b) performance acoustique ΔR .

roche a une densité d'environ 110 kg/m^3 . Dans ce cas, il y a un contact parfait entre les deux couches, c'est-à-dire entre la dalle de béton et la couche de laine de roche.

La Figure 2 présente l'indice d'affaiblissement prédit et mesuré pour ce système ainsi que la performance acoustique ΔR par rapport à la dalle en béton seule. Il est possible d'observer que, sur la bande de fréquence, prise en compte (sauf pour le tiers d'octave 100 Hz) l'indice d'affaiblissement prédit est assez proche de celui mesuré. Plus spécifiquement, les différentes zones fréquentielles pour lesquelles l'indice d'affaiblissement présente un minimum (c'est-à-dire autour des tiers d'octave 200-315 Hz et aussi 800 Hz) sont en bon accord entre la prédiction et la mesure.

Comme la couche de laine de roche est en contact parfait avec la dalle de béton, la propagation des ondes dans la couche poreuse est principalement sous la forme d'onde de compression se propageant dans le squelette (phase solide) du matériau poreux considéré comme un solide élastique; cette onde est dénotée onde de compression de structure. La diminution clairement observée sur la performance acoustique ΔR autour des tiers d'octave 250-315 Hz et 800 Hz est associée à une résonance de cette onde de compression de structure du matériau poreux. La première résonance apparaît lorsque l'épaisseur de la couche poreuse est égale à une demi-longueur d'onde de cette onde de compression et la deuxième résonance lorsque cette épaisseur correspond à une longueur d'onde de cette onde.

Les indices globaux de performance sont donnés au Tableau 1. Ainsi, la présence de la couche de laine de roche diminue la performance acoustique de la dalle béton de 160 mm d'épaisseur par rapport aux bruits aériens d'environ 5 dB (6 dB pour le modèle de prédiction). Cette baisse de performance est principalement associée à la diminution de l'indice d'affaiblissement acoustique entre les tiers d'octave 200 et 315 Hz.

Système			
Rw en dB	C en dB	Rw+C en dB	$\Delta(Rw+C)$ en dB
Mesure – Dalle en béton seule			
59	-2	57	-
Prédiction – Dalle en béton seule			
58	-1	57	-
Mesure – Dalle en béton avec couche de laine de roche			
54	-2	52	-5
Prédiction – Dalle en béton avec couche de laine de roche			
54	-3	51	-6

Tabl. 1 : Indice global de performance acoustique pour le fond de coffrage

En conséquence, pour limiter cette diminution de l'indice d'affaiblissement acoustique associée à la résonance de l'onde de compression de structure dans le matériau poreux, le contact entre le matériau poreux et la dalle en béton doit être évité. En limitant ce contact, l'excitation de l'onde de compression de structure (dans la phase solide du matériau poreux) sera réduite, ce qui implique que l'indice d'affaiblissement pourrait être amélioré dans la bande de fréquence où la propagation de cette onde de compression a une importance.

Effet du nombre d'attaches métalliques et de l'épaisseur

Le second système considéré est composé d'une dalle en béton de 220 mm d'épaisseur et une couche de laine de roche de 100 mm d'épaisseur. La couche de laine de roche correspond à une densité de 150 kg/m^3 . Dans ce cas, des panneaux de laine de roche (correspondant à une surface d'environ $1,1 \text{ m}^2$) sont montés en sous-face de la dalle en béton par des attaches métalliques (chevilles spittées) et le nombre de ces attaches par panneau est changé pour étudier leur impact sur la performance

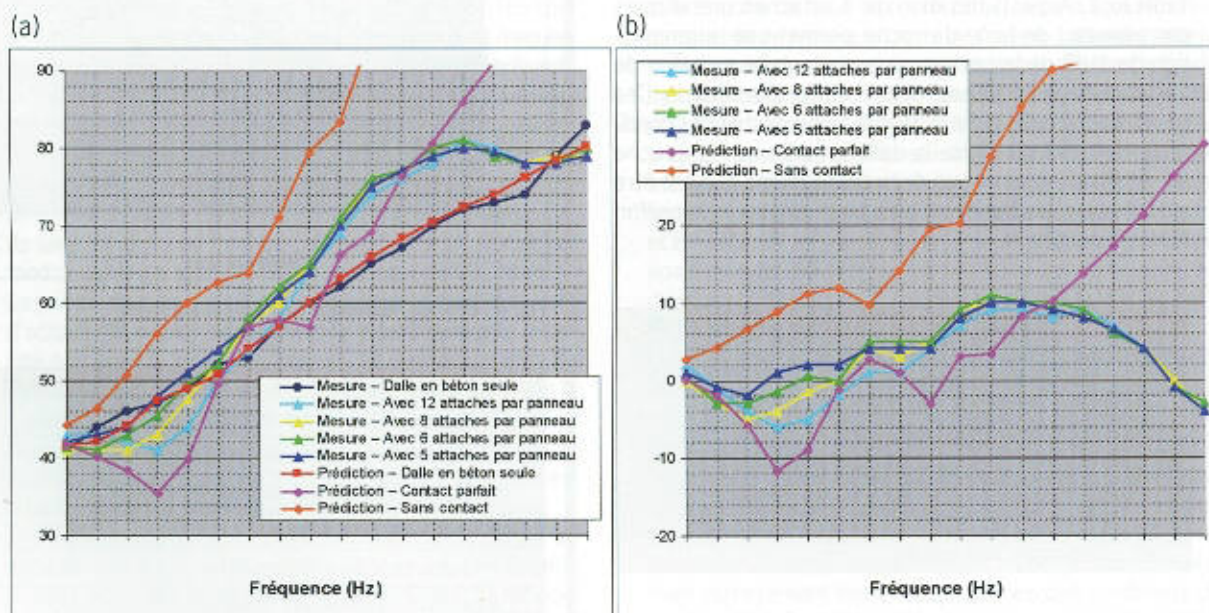


Fig. 3 : Effet du nombre d'attaches métalliques; (a) indice d'affaiblissement acoustique R et (b) performance acoustique ΔR

acoustique aux bruits aériens. Comme la dalle en béton n'est pas coulée sur la laine de roche, on peut penser que les conditions aux limites entre ces deux couches ne correspondent pas à un contact parfait. Cependant, le nombre d'attache métalliques devrait modifier les conditions de contact entre ces deux couches : une augmentation du nombre d'attaches métalliques devrait être associée à une augmentation du contact entre la dalle en béton et la couche de laine de roche. Le modèle de prédiction considère deux cas : soit la couche de laine de roche est en contact parfait avec la dalle en béton, soit il n'y a aucun contact entre ces deux composants. Ces deux conditions aux limites ne correspondent pas à celles du système expérimental, mais elles représentent certainement les limites extrêmes des conditions de montage possible entre les deux couches.

La Figure 3 présente l'effet du nombre d'attaches métalliques sur l'indice d'affaiblissement mesuré du système et sur la performance acoustique ΔR par rapport à la dalle en béton seule. Tout d'abord, il faut noter que la diminution du nombre d'attaches métalliques est associée à une amélioration de la performance acoustique mesurée. La performance acoustique mesurée dans la zone fréquentielle de la résonance associée à l'onde de compression de structure de la couche poreuse est modifiée par les attaches métalliques : plus le nombre d'attache diminue plus la performance augmente. La performance mesurée est bordée par celles qui sont prédites pour les deux types de conditions de montage pris en compte par le modèle. La performance acoustique prédite en ne considérant aucun contact entre la dalle en béton et la couche poreuse ne présente pas comme on peut s'y attendre de comportement résonant associé à l'onde de compression de structure se propageant dans le squelette du matériau poreux ; ce comportement est néanmoins très marqué sur la performance acoustique lorsqu'un contact parfait entre les deux composants est pris en compte (autour du tiers d'octave 200 Hz dans ce cas).

Les indices globaux de performance sont donnés au Tableau 2. Ainsi, l'utilisation de 5 attaches métalliques par panneau de laine de roche permet une augmentation de 1 dB de la performance de la dalle en béton de 220 mm d'épaisseur par rapport aux bruits aériens. Ces résultats démontrent l'importance du contact et des conditions de montage entre la dalle en béton et la couche de matériau poreux : ces deux composants doivent être autant que possible découplés pour améliorer la performance acoustique.

Système	$\Delta(Rw+C)$ en dB
Mesure – 12 attaches par panneau	-2
Mesure – 8 attaches par panneau	-1
Mesure – 6 attaches par panneau	0
Mesure – 5 attaches par panneau	2
Prédiction – Contact parfait	-6
Prédiction – Sans contact	8

Tabl. 2 : Effet du nombre d'attaches métalliques sur l'indice global de performance acoustique

L'effet de l'épaisseur de la couche de laine de roche est maintenant étudié. Un nombre de 5 attaches par panneau de laine de roche est utilisé pour l'évaluation du système expérimental. La performance acoustique mesurée ΔR par rapport à la dalle en béton seule est montrée à la Figure 4 pour trois épaisseurs de la couche de laine de roche : 100, 60 et 40 mm. La performance prédite en considérant les deux conditions aux limites entre les deux composants (contact parfait et sans contact) est aussi présentée à la Figure 4. Lorsque la couche de laine de roche a une épaisseur de 40 mm, la performance mesurée correspond à celle prédite en considérant un contact parfait entre la couche poreuse et la dalle en béton. L'effet de la résonance associée à la propagation de l'onde de compression de structure dans le matériau poreux est nettement visible autour des tiers d'octave 500 et 1600 Hz. Lorsque l'épaisseur de la couche poreuse est augmentée, le modèle prédit une diminution de la fréquence de résonance associée à la propagation de l'onde de compression de structure dans le squelette du matériau poreux. Sur les résultats des mesures et des prédictions, cette fréquence de résonance est déplacée du tiers d'octave 500 à 315 Hz lorsque l'épaisseur de la couche de laine de roche passe de 40 à 60 mm. Pour une couche de laine de roche de 100 mm d'épaisseur, le comportement associé à cette résonance n'est pas clairement identifiable sur les résultats des mesures. La performance acoustique par rapport aux bruits aériens obtenue par les mesures décroît lorsque l'épaisseur de la couche de laine de roche diminue, comme montre le tableau 3. Ce comportement va dans le sens d'une amélioration de l'isolation thermique en augmentant l'épaisseur de la couche d'isolant thermique, dans ce cas la laine de roche.

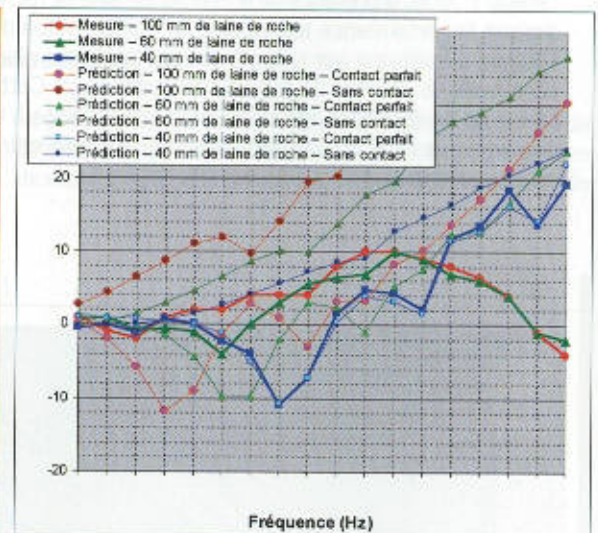
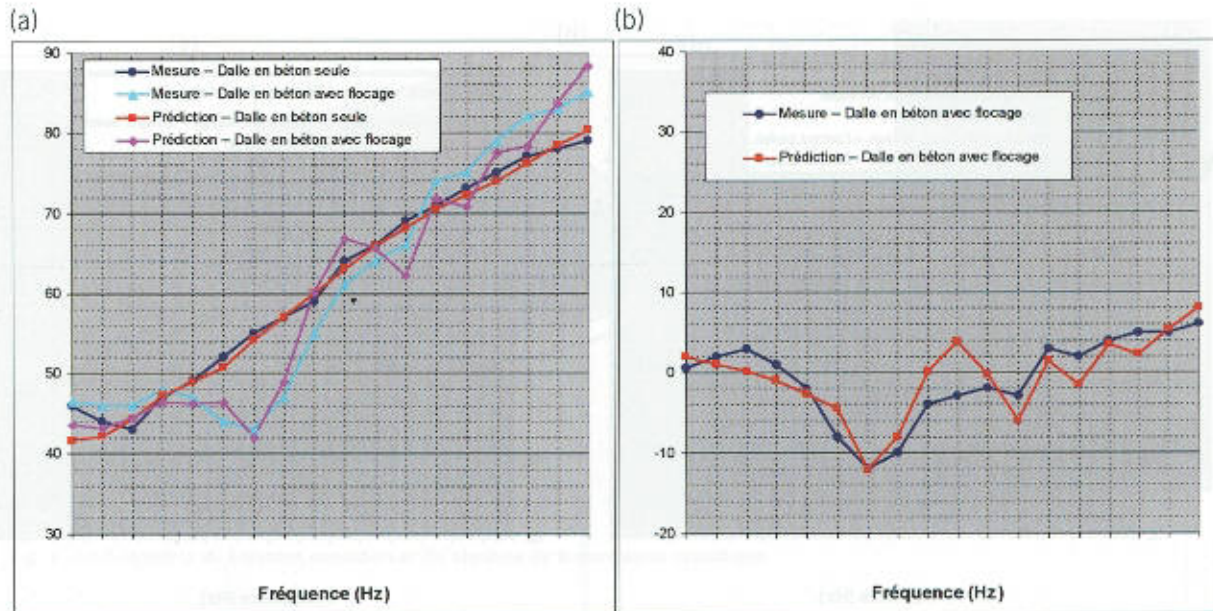


Fig. 4 : Effet de l'épaisseur d'un panneau en laine minérale sur la performance acoustique ΔR

Système	$\Delta(Rw+C)$ en dB
Mesure – 100 mm de laine de roche	2
Mesure – 60 mm de laine de roche	0
Mesure – 40 mm de laine de roche	-4
Prédiction – 100 mm de laine de roche	-6/8
Prédiction – 60 mm de laine de roche	-5/3
Prédiction – 40 mm de laine de roche	-4/2

Tabl. 3 : Effet de l'épaisseur d'un panneau en laine minérale sur l'indice global de performance acoustique

Fig. 5 : Flocage; (a) indice d'affaiblissement acoustique R et (b) performance acoustique ΔR

Flocage

Le second type de système considéré dans cette étude concerne les flocages à base de laine de roche qui sont projetés en sous-face d'une dalle-support en béton.

Le système étudié est composé d'une dalle en béton de 220 mm d'épaisseur et d'un flocage à base de laine de roche de 100 mm d'épaisseur et d'une densité d'environ 170 kg/m^3 . Dans ce cas, il peut être considéré qu'il existe un contact parfait entre le flocage et la dalle en béton. La Figure 5 présente l'indice d'affaiblissement acoustique mesuré et prédit pour ce système, ainsi que la performance acoustique ΔR par rapport à la dalle en béton seule. On notera que la bande de fréquence prise en compte (couvrant les tiers d'octave entre 100 et 5000 Hz), l'indice d'affaiblissement prédit est proche de celui mesuré. Comme précédemment observé, différentes zones fréquentielles pour lesquelles l'indice d'affaiblissement acoustique présente un minimum (c'est-à-dire autour des tiers d'octave 400 et 1250 Hz) sont présentes dans les mesures et les prédictions. Les fréquences pour lesquelles la performance acoustique ΔR présente un minimum sont plus hautes que celles qui sont observées précédemment pour le système de fond de coffrage (voir page 6). Ceci est probablement associé au fait que le flocage à base de laine minérale est plus raide (de par la présence de liant hydraulique dans le mélange projeté) que la couche de laine de roche du fond de coffrage (les deux, flocage et fond de coffrage ayant la même épaisseur de 100 mm).

La raison du comportement acoustique autour des tiers d'octave 400 Hz et 1250 Hz est la même que celle exposée à la page 6. Pour ces fréquences, une résonance de l'onde de compression de structure se propageant dans le squelette du matériau poreux existe. Comme le flocage ou la couche de matériau poreux est en contact parfait avec la dalle en béton, cette onde de compression de structure est effectivement excitée et domine la réponse vibratoire.

Les indices globaux de performance sont donnés au Tableau 4. Ainsi, la présence du flocage à base de laine de roche diminue la performance acoustique par rapport aux bruits aériens de la dalle support en béton de 220 mm d'environ 4 dB (5 dB par le modèle de prédiction).

Système			
Rw en dB	C en dB	Rw+C en dB	$\Delta(Rw+C)$ en dB
Mesure – Dalle en béton seule			
61	-2	59	-
Prédiction – Dalle en béton seule			
60	-1	59	-
Mesure – Dalle en béton avec flocage			
55	-1	54	-5
Prédiction – Dalle en béton avec flocage			
56	-2	54	-5

Tabl. 4 : Indice global de performance acoustique pour le flocage

Pour le système de flocage, un montage particulier pour éviter ou diminuer le contact parfait entre la dalle en béton et la couche de laine de roche projetée peut être introduit dans le but de réduire la chute de l'indice d'affaiblissement acoustique autour des fréquences de résonance de l'onde de compression de structure du matériau poreux. Ce découplage entre la dalle en béton et la couche de laine de roche projetée peut être obtenu en introduisant un élément intermédiaire. Dans le cas présent, une sorte de treillis métallique est considérée. Le treillis métallique est rivé (entre 7 et 8 rivets par m^2) en sous-face de la dalle en béton d'une épaisseur de 160 mm ; le flocage à base de laine de roche d'épaisseur de 60 mm (d'une densité autour de 200 kg/m^3) est ensuite projeté sur ce treillis métallique.

La Figure 6 (page suivante) montre l'indice d'affaiblissement acoustique mesuré et prédit pour ce système, ainsi que la performance acoustique ΔR par rapport à la dalle en béton seule. Le modèle de prédiction considère deux cas : soit le flocage est en contact parfait avec la dalle en béton, soit aucun contact n'existe entre ces deux composants. Comme précédemment noté, ces deux conditions aux limites ne correspondent pas à la réalité du montage expérimental mais représentent les limites extrêmes des conditions de montage réel. Tout d'abord il faut remarquer que l'introduction d'un treillis métallique permet une amélioration de la perfor-

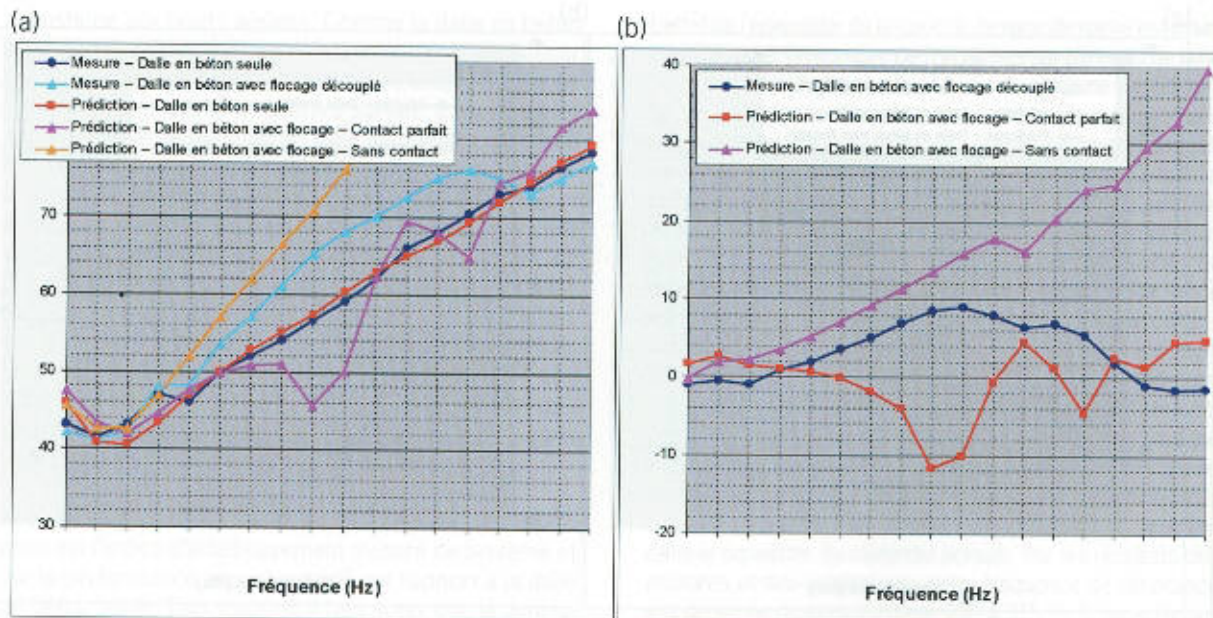


Fig. 6 : Flocage avec système de découplage; (a) indice d'affaiblissement acoustique R et (b) performance acoustique ΔR

mance acoustique mesurée. Les effets de résonance associés à l'onde de compression de structure se propageant dans le squelette du matériau poreux n'apparaissent pas sur les mesures : le treillis métallique est donc bien capable de découpler la dalle-béton et la couche de laine de roche projetée. De plus, la performance mesurée est bien encadrée par les deux cas de prédiction prenant en compte les conditions extrêmes du montage. Lorsque aucun contact n'existe entre la dalle en béton et la couche de laine de roche projetée, les effets de résonance associés à l'onde de compression de structure se propageant dans le squelette du matériau poreux disparaissent. Lorsqu'il y a contact parfait, ces effets sont très marqués et pénalisants pour la performance acoustique (autour du tiers d'octave 630 Hz dans ce cas).

Les indices globaux de performance sont donnés au Tableau 5, page suivante. Ainsi, la présence du treillis métallique entre la dalle en béton et le flocage à base de laine de roche permet une amélioration de la performance acoustique par rapport aux bruits aériens. Cette méthode de découplage permet une augmentation de la performance acoustique de la dalle support en béton de 160 mm d'environ 2 dB par rapport aux bruits aériens.

Système			
Rw en dB	C en dB	Rw+C en dB	$\Delta(Rw+C)$ en dB
Mesure - Dalle en béton seule			
58	-1	57	-
Prédiction - Dalle en béton seule			
58	-1	57	-
Mesure - Dalle en béton avec flocage découplé			
61	-2	59	2
Prédiction - Dalle en béton avec flocage - Contact parfait			
55	-2	53	-4
Prédiction - Dalle en béton avec flocage - Sans contact			
64	-3	61	4

Tabl. 5 : Indice global de performance acoustique pour le flocage avec système de découplage

Performance du bâtiment

La performance acoustique du bâtiment doit être prédite pour valider le choix des composants du bâtiment par rapport à la réglementation acoustique française. Comme cette étude concerne des locaux non chauffés comme les garages à l'étage inférieur, un grand local d'émission de 30 m² a été pris en compte avec deux façades en béton de 16 cm d'épaisseur. Le local de réception à l'étage au-dessus est relativement petit (3x3 m²) ce qui correspond à une configuration pénalisante (par rapport à une pièce plus grande). Les cloisons intérieures sont des cloisons alvéolaires de 50 mm d'épaisseur (deux plaques de plâtre collées de part et d'autre d'une âme en réseau alvéolaire en carton) dont la performance correspond à $Rw+C=26$ dB (cloison dans les produits traditionnels de la base de donnée ACOUBAT). Le modèle de prédiction a été utilisé pour évaluer la performance du fond de coffrage de 100 mm d'épaisseur décrit à la Section 3.1 sur une dalle en béton de 200 mm ; une épaisseur de 200 mm pour le fond de coffrage est aussi prise en compte. Le modèle de prédiction a aussi été utilisé pour évaluer la performance du flocage (sans découplage) décrit à la Section 3.3 pour les épaisseurs de 50, 100, 150 et 200 mm, sur une dalle en béton de 200 mm. Les données mesurées en laboratoire pour le plancher-support en béton de 200 mm et les performances prédites des fonds de coffrage et des flocages considérés sont utilisées pour les prédictions de l'isolement acoustique avec ACOUBAT (ces performances sont entrées dans la base de données ACOUBAT comme « données personnalisées »). Un plancher-support en béton de 230 mm est aussi pris en compte ; pour des raisons thermiques, il n'est généralement pas souhaitable d'avoir une épaisseur supérieure pour ce type de plancher. L'effet de deux types de doublage thermique en façade est considéré : le premier noté ESA3 correspond à une performance $\Delta(Rw+C)$ de -3 dB, et le second noté ESA5 à 8 dB. La géométrie du bâtiment et les différents chemins de trans-

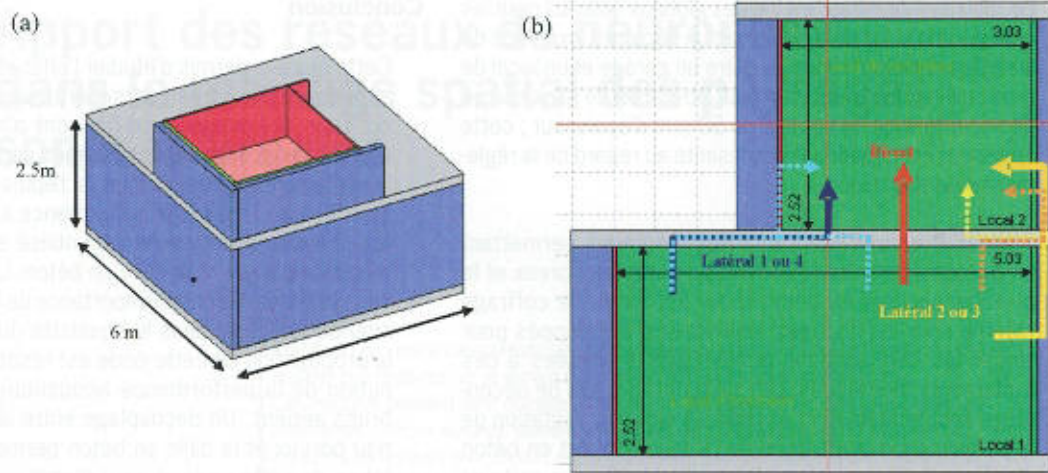


Fig. 7 : (a) Géométrie du bâtiment considéré et (b) chemins de transmission acoustique

mission (direct et latéraux) sont montrés à la Figure 7. On rappelle que l'exigence de la réglementation acoustique en terme de $D_{nT,A}$ entre un garage et une pièce principale est de 55 dB et un garage et une cuisine ou salle d'eau de 52 dB. Une marge de sécurité de 1 dB est généralement recommandée pour sélectionner une solution par rapport à l'exigence de la réglementation acoustique. La Figure 8 présente les résultats en tiers d'octave pour les différents chemins de transmission (direct et latéraux) lorsqu'un doublage thermique de façade est placé seulement dans le local de réception (soit seulement dans le logement d'habitation) lorsque le plancher-support de 200 mm est coulé sur un fond de coffrage de 100 mm d'épaisseur. Lorsque le doublage thermique ESA3 est utilisé en façade, tous les chemins de transmission sont importants dans les basses fréquences (en dessous du tiers d'octave 250 Hz). Lorsque le doublage thermo-acoustique ESA5 est utilisé en façade le chemin direct et les latéraux 1 et 4 (définis à la Figure 7) sont les chemins principaux de la transmission acoustique. Le même phénomène pourrait être observé si le fond de coffrage était remplacé par un

Doublage thermique en façade	Fond de coffrage 0/100/200 mm	
	200 mm	230 mm
ESA3 – Emission+réception	49/44/44	50/46/45
ESA3 – Réception	50/45/45	51/46/46
ESA5 – Emission+réception	52/46/46	53/47/47
ESA5 – Réception	51/46/46	53/47/47

Tabl. 6 : Isolement acoustique $D_{nT,A}$ en dB pour un plancher-support de 200 ou 230 mm, avec un fond de coffrage de 100 mm

Doublage thermique en façade	Flocage 0/50/100/150/200 mm	
	200 mm	230 mm
ESA3 – Emission+réception	49/48/47/48/47	50/50/49/49/48
ESA3 – Réception	50/50/48/49/48	51/51/50/50/49
ESA5 – Emission+réception	52/51/49/50/50	53/52/51/51/51
ESA5 – Réception	51/50/49/50/50	53/52/51/51/51

Tabl. 7 : Isolement acoustique $D_{nT,A}$ en dB pour un plancher-support de 200 ou 230 mm, avec un flocage de 100 mm

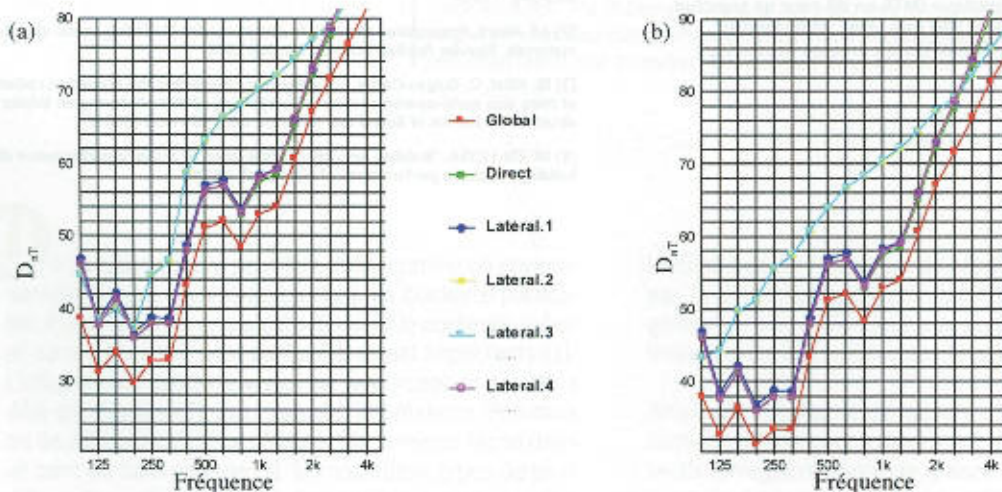


Fig. 8 : Isolement acoustique avec un fond de coffrage de 100 mm en sous-face d'un plancher-support de 200 mm; avec doublage thermique de façade (a) ESA3 et (b) ESA5 dans le local de réception seulement

Le Tableau 7 présente les indices globaux obtenus pour les configurations considérées avec un flocage. L'exigence de la réglementation française entre un garage et un local de type cuisine ou salle d'eau peut être atteinte sans marge de sécurité avec un flocage de 50 mm d'épaisseur ; cette épaisseur est cependant insuffisante au regard de la réglementation thermique.

Il apparaît donc évident que des montages permettant un découplage entre la couche de matériau poreux et le plancher-support en béton (pour les fonds de coffrage comme pour les flocages) doivent être développés pour limiter les dégradations acoustiques associées à ces traitements thermiques. Les systèmes actuels de découplage sont globalement associés à une augmentation de la performance acoustique de la dalle support en béton d'environ 2 dB, voire jusqu'à environ 4 dB pour certains systèmes de flocage. L'utilisation d'un traitement thermique apportant une amélioration de 2 dB (de type fond de coffrage avec découplage adéquat) peut permettre d'atteindre l'exigence de la réglementation française (avec 1 dB de marge) entre un garage et un local de type cuisine ou salle d'eau : avec une dalle-support de 200 mm et un doublage ESA5 sur la façade en réception, ou avec une dalle-support de 230 mm et un doublage ESA3 sur la façade en réception (voir Tableau 8). Cependant, elle n'est pas suffisante pour atteindre celle requise entre un garage et une pièce principale avec 1 dB de marge. Par contre, l'utilisation d'un traitement thermique apportant une amélioration de 4 dB (de type flocage avec découplage adéquat) peut permettre d'atteindre l'exigence de la réglementation française (avec 1 dB de marge) entre un garage et une pièce principale dans le cas d'une dalle-support de 200 mm et un doublage ESA5 sur la façade en réception (voir Tableau 8).

Doublage thermique en façade	Traitement thermique 2 / 4 dB	
	200 mm	230 mm
ESA3 - Emission+réception	50 / 51	51 / 52
ESA3 - Réception	52 / 54	53 / 55
ESA5 - Emission+réception	54 / 57	55 / 58
ESA5 - Réception	53 / 56	55 / 57

Tabl. 8 : Isolement acoustique D_{nTA} en dB pour un plancher support de 200 ou 230 mm, avec un traitement thermique de 100 mm monté avec un découplage

Conclusion

Cette étude a permis d'étudier l'effet et le comportement acoustique des traitements thermiques de type fonds de coffrage et flocage lorsqu'ils sont placés en sous-face d'une dalle en béton. Ces systèmes permettent de remplir la réglementation thermique (si l'épaisseur adéquate est sélectionnée) mais leur performance acoustique est limitée si aucun découplage n'est utilisé entre la couche de matériau poreux et la dalle en béton. La modélisation de ces systèmes a montré l'importance de l'onde de compression de structure dans le squelette du matériau poreux : la propagation de cette onde est responsable de la diminution de la performance acoustique par rapport aux bruits aériens. Un découplage entre la couche de matériau poreux et la dalle en béton permet de limiter l'excitation de cette onde et ainsi d'améliorer la performance acoustique. L'isolement aux bruits aériens entre un garage et une pièce d'un logement est évalué pour ces traitements thermiques en sous-face de plancher ; les résultats montrent que les exigences de la réglementation acoustique ne sont généralement pas atteintes (avec 1 dB de marge) pour les traitements thermiques ne comprenant pas un système de découplage. L'utilisation d'un traitement thermique apportant une amélioration de 4 dB (de type flocage avec découplage adéquat) peut permettre d'atteindre l'exigence de la réglementation française entre un garage et une pièce principale (soit 55 dB avec 1dB de marge) dans le cas d'une dalle-support de 200 mm et un doublage ESA 5 sur la façade en réception.

Il faut finalement rappeler que des efforts sont encore à mener pour améliorer le comportement acoustique de ce type de traitements thermiques placés en sous-face d'une dalle en béton pour atteindre l'exigence de la réglementation française entre un local d'activité et une pièce principale est de 58 dB. Certains industriels, conscients de cette problématique, sont cependant en train de travailler à mettre au point des solutions adaptées.

Références bibliographiques

- [1] M.L. Munjal, "Response of a multilayered infinite plate to an oblique plane wave by means of transfer matrices", *Journal of Sound and Vibration* 162, 333-343 (1993)
- [2] J.F. Allard, *Propagation of sound in porous media: Modelling sound absorbing materials*, Elsevier Applied Science, London 1993
- [3] M. Villot, C. Guigou-Carter, L. Gagliardini, "Predicting the acoustical radiation of finite size multi-layered structures by applying spatial windowing on infinite structures", *Journal of Sound and Vibration* 245, 433-455 (2001)
- [4] NF EN 12354, "Building Acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements", (2000)