

La réhabilitation thermique des bâtiments et son impact sur la performance acoustique

Catherine GUIGOU CARTER, CSTB

Une étude de la Sofres en 2005 a montré que la raison principale pour la réalisation de travaux de maîtrise d'énergie est l'augmentation du confort (36 % des foyers), la réduction du montant de la facture énergétique (27 %), l'amélioration de l'isolation thermique (23 %) et le remplacement d'un appareil ou d'une installation vétuste ou en mauvais état (19 %). En France, 11,1 % des foyers (représentant environ 2,9 millions de logements) ont entrepris la réalisation de travaux de rénovation en vue de réaliser des économies d'énergie pour un investissement moyen de 2 700 €. La consommation énergétique moyenne des logements français (soit 19 225 kWh/an par logement) est associée pour 65 % au chauffage et pour 12 % à l'eau chaude domestique [1]. La consommation d'énergie pour le chauffage est directement reliée aux déperditions de chaleur à travers les composants du bâtiment ainsi que les déperditions thermiques par la ventilation et les infiltrations d'air, et inversement reliée aux apports de chaleur dans le bâtiment par le rayonnement solaire et la contribution interne des équipements du bâtiment et de l'occupation humaine. Pour réduire cette demande énergétique pour le chauffage, une isolation thermique de l'enveloppe externe du bâtiment est donc bien une nécessité.

Les déperditions de chaleur des éléments de construction, mises en évidence par la thermographie des bâtiments par exemple, sont proportionnelles à la conductivité thermique des matériaux et leur surface. L'isolation thermique des plus grandes surfaces avec la plus forte conductivité thermique est donc le plus efficace en terme énergétique et économique pour la plupart des cas. L'isolation thermique des murs de façades et du toit est de première importance. L'isolation thermique des planchers bas aura plus d'importance pour les bâtiments de faible hauteur que pour les

bâtiments des grandes hauteurs (de type tour par exemple). Pour les logements ayant un pourcentage important de parois vitrées, le remplacement des vitrages par des doubles vitrages à isolation renforcée ou basse émissivité sera une source d'économie et de confort. Lors de l'isolation thermique d'un bâtiment, l'étanchéité à l'air est généralement fortement améliorée ; il est alors très important de mettre en place un système de ventilation performant permettant un renouvellement de l'air dans le logement. La ventilation permet notamment d'évacuer les nombreux polluants qui peuvent s'accumuler dans un habitat et de contrôler par ailleurs, l'excès d'humidité responsable de l'apparition de moisissures et de la dégradation du bâti. Pour éviter les surchauffes pendant l'été, une protection solaire extérieure est fortement recommandée et peut s'accompagner d'un système de rafraîchissement nocturne de l'air ambiant.

Tous ces différents éléments de rénovation pour l'amélioration de l'isolation thermique du bâtiment peuvent jouer sur les performances acoustiques en impactant sur les transmissions du bruit entre l'espace extérieur et intérieur, et aussi entre locaux intérieurs, mais aussi sur le confort acoustique des occupants reposant en partie sur un équilibre entre bruits intérieurs et extérieurs. On rappellera que le bruit est une des nuisances majeures dans les logements, aujourd'hui 2 Français sur 5 (soit 40 %) se plaignent des nuisances sonores à leur domicile. Dans le cas d'une rénovation actuelle d'immeuble ancien, aucune exigence n'est fixée en ce qui concerne la qualité acoustique. Toutefois, une bonne pratique, lors d'une rénovation, est de ne pas dégrader les performances acoustiques de l'existant ; ce point est d'ailleurs souvent repris (totalement ou partiellement) dans les règlements de copropriété. Ainsi il est important de s'interroger

❖ Spécial "Acoustique, thermique et ventilation"

sur la compatibilité de l'amélioration de l'isolation thermique de l'enveloppe d'un bâtiment avec celle de la performance et du confort acoustique. Plusieurs études ont été menées par le CSTB sur cette thématique [2-6].

Notions d'acoustique

Dans un logement, les principales sources de bruit généralement rencontrées sont les suivantes :

- Les bruits aériens extérieurs: bruit routier, aéroportuaire, ferroviaire, industriel, etc...
- Les bruits aériens intérieurs: conversations, musique, télévision, etc...
- Les bruits de choc (ou d'impact): déplacement de chaises, chutes d'objets, bruit de pas, sauts d'enfant, etc.
- Les bruits d'équipement: ascenseur, chaudière, ventilation, évacuation des eaux (toilettes par exemple), etc...

Pour les différentes sources de bruit explicitées ci-dessus, il peut exister plusieurs voies ou chemins de transmission :

- Les transmissions directes,
- Les transmissions latérales,
- Les transmissions parasites.

La figure 1 donne un exemple des différents chemins de transmissions possibles pour une source de bruit intérieure. Ces notions de voies de transmissions sont essentielles en acoustique, et doivent être correctement évaluées et prises en compte pour établir un diagnostic acoustique correct de l'existant. En effet, le traitement partiel des chemins de transmissions peut entraîner un résultat décevant et aucune amélioration du confort acoustique.

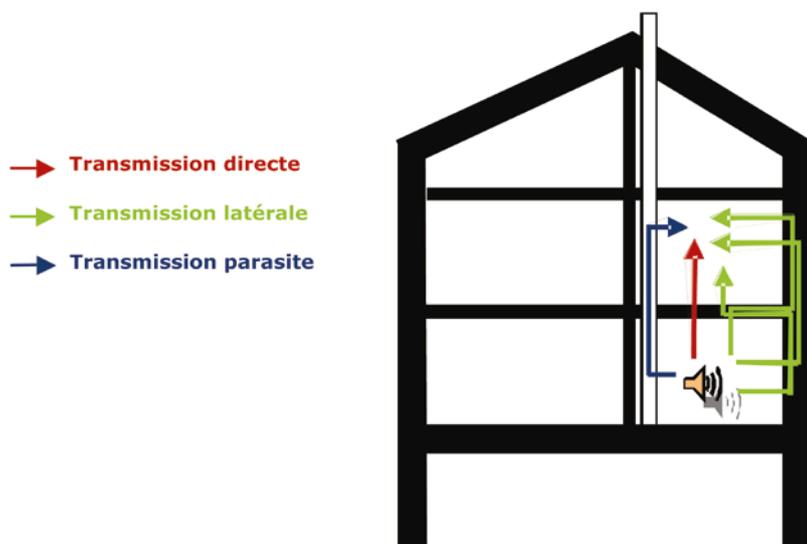


Figure 1: Exemple des différents chemins de transmission possible pour une source de bruit intérieure au bâtiment.

Pour ne pas dégrader les performances acoustiques de l'existant, une des premières difficultés est l'estimation des performances acoustiques initiales; celles-ci sont très délicates à estimer pour les logements construits avant les années soixante-dix/80, périodes antérieures avant la première réglementation acoustique en France (datant de 1969). En effet, les modèles de prévision des performances acoustiques de l'ouvrage (telles que les normes européennes EN 12354 [7]) sont valables pour les structures dites lourdes et donc plutôt récentes. De plus l'âge des bâtiments et leurs multiples évolutions dans le temps amplifient encore le problème: absence de plan, constitution des parois difficile à établir, présence de conduit sommairement obturé (cheminée, vide ordure, ventilation, etc...).

Une seconde difficulté réside sur la connaissance de l'impact des éléments de rénovation thermique utilisés aujourd'hui sur les supports anciens. En effet, la performance acoustique d'un doublage, par exemple, dépend de la nature du mur support. Or celle-ci, évaluée en laboratoire sur des structures récentes (béton, briques, parpaings) est difficilement transposable à des structures anciennes.

À la vue des postulats précédents, devant la complexité des systèmes et la variété des typologies de bâtiments, il peut donc être recommandé lors d'une opération de rénovation thermique de s'accompagner de l'expertise d'un acousticien pour la garantie du maintien du confort acoustique.

Toutefois, des grandes lignes directrices et bonnes pratiques peuvent être dégagées pour la conservation, voire l'amélioration des performances acoustiques. Celles-ci sont présentées dans la section suivante en fonction de la partie de l'enveloppe du bâtiment qui sera rénovée.

Revue des éléments de rénovation thermique de l'enveloppe et leur impact sur la performance acoustique

Dans cette section sont passés en revue les éléments de rénovation thermique généralement implémentés sur l'enveloppe du bâtiment; leur impact sur la performance acoustique est présenté.

Rénovation thermique d'une façade

La rénovation thermique de la façade inclut celle des parois opaques et celles des parois vitrées.

On notera qu'il est imposé de conserver les entrées d'air préexistantes sur les murs de

façade, sauf si un système de ventilation est prévu d'être installé à l'occasion des travaux de rénovation. Les nouvelles fenêtres et portes-fenêtres des pièces principales doivent alors comporter des entrées d'air, sauf s'il en existe déjà.

Changement des parois vitrées

Le remplacement des parois vitrées existantes par de nouvelles montées avec des doubles vitrages à isolation renforcée, va généralement améliorer l'isolement de façade (vis-à-vis des bruits extérieurs) et même permettre d'atteindre la réglementation acoustique actuelle de base pour les bâtiments neufs ($D_{nT,A, tr} \geq 30$ dB). Cette amélioration sera plus ou moins significative en fonction du type (fenêtre équipée de simple ou double vitrage) et de l'état des fenêtres d'origine (avec ou sans fuite) ainsi que du traitement des entrées d'air haute et basse (si existantes).

Le type de gaz utilisé dans la cavité entre les vitrages a peu d'effet sur la performance acoustique, tout comme les couches à faible émissivité déposées sur les vitrages et le type de menuiseries (bois, PVC ou aluminium avec ou sans rupteur de pont thermique). De plus un triple vitrage n'apporte pas de gain acoustique par rapport à un double vitrage avec des éléments verriers extérieurs identiques (un triple vitrage 4-12-4-12-4 aura une performance acoustique du même ordre de grandeur, voire inférieure, qu'un double vitrage 4-16-4). L'intérêt majeur des différents éléments est donc seulement un gain sur le plan thermique. Par contre le type de scellement des vitrages (intercalaires ou espaceurs maintenant mécaniquement les vitrages) a un impact sur la performance thermique et aussi suivant le type sur sa performance acoustique [8].

Si les nouvelles fenêtres et portes-fenêtres des pièces principales doivent comporter des entrées d'air, ces entrées d'air dégradent l'isolement de façade et doivent donc être choisis avec soin suivant leur performance acoustique. La même remarque s'applique en cas d'intégration d'un coffre de volet roulant.

Utilisation d'un doublage thermique intérieur

Un doublage thermique intérieur (qu'il soit collé ou fixé mécaniquement) a un impact principalement sur l'isolement entre logements en modifiant la transmission latérale par la façade. Son influence sur l'isolement de façade (entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment) intervient généralement seulement lorsque des isolements de façade très élevés ($D_{nT,A, tr} \geq 38$ dB) seraient recherchés de par un environnement extérieur très bruyant. En effet, l'isolement vis-à-vis des bruits extérieurs est principalement associé à la transmission au travers des éléments faibles de type fenêtres, coffres de volet roulant, entrées d'air, etc...

L'utilisation d'un doublage ayant seulement des propriétés thermiques (PSE, PU, XPS...) risque de dégrader l'isolement entre

logements, notamment l'isolement aux bruits aériens vertical entre petites pièces en pignon du fait de l'impact fort sur les transmissions latérales. Il est donc préférable d'utiliser un doublage dit « thermo-acoustique » combinant à la fois des performances thermiques et acoustiques, c'est-à-dire ayant une amélioration au bruit aérien DR positive comme les doublages à base de laine minérale et de polystyrène élastifié PSEE.

Utilisation d'un doublage thermique extérieur

Un doublage thermique extérieur n'a pas d'impact sur l'isolement acoustique entre logements car il ne modifie pas les transmissions latérales. Ce type de système peut dégrader les performances acoustiques de la paroi support et ce de manière relativement importante. Cependant, cette dégradation de l'isolement acoustique de la paroi extérieure doublée sur l'isolement de façade est généralement négligeable par rapport aux transmissions au travers des éléments faibles (fenêtres, coffres de volet roulant et entrées d'air). Néanmoins, dans des zones de bruits importants où un isolement de façade important serait souhaité ($D_{nT,A, tr} \geq 38$ dB), il y a lieu d'être vigilant car la contribution au travers de la paroi opaque peut devenir non négligeable. Ceci est d'autant plus vrai que la surface de façade opaque pour une pièce sera importante, comme par exemple pour les pièces en pignon.

Comme précisé ci-dessus, le doublage par l'extérieur n'a pas d'influence sur la transmission latérale de façade. En réhabilitation, il n'y aura pas de dégradation de la performance existante contrairement à certains doublages thermiques par l'intérieur. Il n'y aura pas non plus d'amélioration possible contrairement à certains doublages thermo-acoustiques par l'intérieur.

Ainsi, si aucun doublage thermique n'est présent dans le bâtiment d'origine, il est préférable de sélectionner dans le cadre de la rénovation thermique un doublage intérieur thermo-acoustique pour diminuer les transmissions latérales et donc améliorer les performances acoustiques de l'existant en même temps que les performances thermiques.

Remplacement d'une façade non porteuse

Une solution pour améliorer les performances thermiques d'une façade non-porteuse (cette technique est notamment très rependue dans les immeubles d'après guerre) peut-être réalisée par le changement de celle-ci par une façade plus performante thermiquement. La préfabrication permet généralement une optimisation de ce type de chantier; une solution sur la base d'une ossature légère, généralement filante, est ainsi majoritairement proposée. L'isolement de façade (vis-à-vis des bruits extérieurs) pourra être amélioré par rapport à la solution d'origine. Il faudra toutefois faire attention à l'utilisation de systèmes à base de mousse rigide dont les performances acoustiques sont généralement très basses dans ce type de système à ossature légère (même pour

❖ Spécial "Acoustique, thermique et ventilation"

un PSEE). De plus, il convient d'être particulièrement vigilant aux transmissions latérales entre logements en portant un soin particulier à la jonction façade/refend et façade/plancher, et ce d'autant plus que la façade sera légère et filante. Des mesures préalables en laboratoire selon la norme NF EN ISO 10 848-2 peuvent être nécessaires pour déterminer l'isolement latéral $D_{n,f}$ de la façade.

Rénovation thermique d'un plancher bas

Les planchers bas peuvent être des planchers sur terre-plein, sur vide sanitaire, ou des locaux non-chauffés. Seuls les planchers bas délimitant un local non chauffé et une pièce d'un logement situé au dessus (local chauffé) sont concernés par la problématique acoustique.

L'isolation thermique du plancher bas sur des locaux non-chauffés peut être réalisée par un traitement en sous-face du plancher ou en sur-face du plancher. La mise en place d'une chape flottante avec un isolant thermique (PSE, XPS, PU, laine minérale...) pour améliorer les performances thermiques du plancher bas (traitement en sur-face du plancher) est rarement envisagée dans le cadre de la rénovation. En effet, cette solution nécessite une intervention lourde dans les logements concernés et intéresse donc plutôt les nouvelles constructions [9]. Dans le cadre de la rénovation, le traitement en sous-face du plancher bas par un isolant thermique est généralement préférable.

Plusieurs solutions sont possibles: flocage (laine projetée) ou panneaux rapportés sous dalle. Ces solutions peuvent dégrader les performances acoustiques (transmission directe) au bruit aérien du plancher support et donc l'isolement acoustique aux bruits aériens entre le local non-chauffé et le local chauffé (pièce d'un logement) [10]. La dégradation de la performance acoustique du plancher support par ces solutions vient de la solidarisation entre le système d'isolation et le plancher support. Il convient donc de choisir une solution d'isolation thermique la moins dégradante possible du point de vue acoustique.

Cependant, il existe des solutions d'isolation thermique favorable à l'amélioration de la performance acoustique. En effet, certains systèmes de flocage permettent une désolidarisation partielle de l'isolant thermique projeté et du plancher support en fixant au préalable sur la sous-face du plancher un treillis métallique et en projetant directement dessus; ils évitent ainsi une dégradation de l'isolement acoustique du plancher support. Il existe aussi des panneaux rapportés sous dalle ayant un bon comportement acoustique; ce comportement dépend de leur constitution, mais aussi du nombre de points de fixation au plancher support: il convient de diminuer au maximum le nombre de ces fixations du point de vue acoustique.

Rénovation thermique de la toiture

L'isolation thermique des toitures est généralement la plus rentable économiquement, la toiture correspondant à environ 30 % des déperditions de chaleur.

Combles perdus

Les combles perdus correspondent à ces locaux non chauffés situés sous des toitures inclinées. L'isolation thermique des combles perdus est obtenue soit en plaçant un isolant thermique sur le plancher ou entre les solives du plafond. Les isolants thermiques sur le plancher sont généralement à base de laine minérale en rouleaux, en panneaux ou en vrac. Ces dispositions auront peu d'influence sur la performance acoustique de la toiture (isolement vis-à-vis de l'extérieur) par apport aux locaux habités sous combles. Cependant du point de vue acoustique, l'utilisation d'un isolant de type laine minérale pourra apporter une amélioration de la transmission latérale par les combles perdus entre deux logements.

Combles aménagés

Pour les combles aménagés, c'est-à-dire des pièces habitables situées juste sous la toiture, il convient d'être vigilant au système d'isolation thermique choisie pour ne pas dégrader l'isolement vis-à-vis de l'extérieur de la toiture.

L'isolation thermique sous rampants, incluant un isolant (généralement de type laine minérale) en simple ou double couche et un parement de finition (plâtre ou bois) permet généralement quand l'isolant est un poreux, d'obtenir une amélioration de l'isolement acoustique vis-à-vis des bruits extérieurs.

L'isolation thermique sur toiture peut être réalisée au moyen de panneaux préfabriqués de toiture de type sandwich, sarking, ou caissons chevrons. Certains de ces systèmes préfabriqués peuvent avoir des niveaux de performances acoustiques faibles. Pour ces systèmes-là, un isolement vis-à-vis des bruits extérieurs de l'ordre de 30 dB (niveau minimum réglementaire pour une nouvelle construction) est impossible à atteindre dans la très grande majorité des cas de combles aménagés, en l'absence de plafonds complémentaires bien dimensionnés en sous face. Dans les cas de réhabilitation par l'extérieur sans dépose du plafond existant, une amélioration acoustique pourra être éventuellement obtenue.

Toitures-terrasses

La rénovation thermique des toitures-terrasses met en place un isolant et un système d'étanchéité à l'extérieur. L'isolant thermique correspond généralement à des panneaux en polystyrène expansé ou extrudé, ou en polyuréthane. Ce type de système dégrade la performance du plancher support; cependant cette dégradation a habituellement un impact neutre sur l'isolement vis-à-vis des bruits extérieurs. En effet, le chemin de transmission principale est par les éléments les plus faibles (menuiserie, entrée d'air...) de la façade du bâtiment.

Systèmes de ventilation

S'en remettre à une ventilation naturelle (des grilles d'aération hautes et basses ou des conduits individuels ou collectifs, circulation de l'air par tirage naturel) mal contrôlée n'est généralement pas suffisamment satisfaisant.

La mise en place d'une VMC (ventilation mécanique contrôlée) simple flux hygroréglable permet d'avoir une circulation permanente de l'air dans les logements et un débit d'air entrant variable en fonction de l'humidité, donc de l'occupation et des activités. Le choix d'entrées d'air avec des performances acoustiques suffisantes positionnées sur les menuiseries peut limiter la dégradation acoustique de l'isolement de façade. L'évacuation de l'air est assurée par des bouches d'extraction situées dans les pièces de service (cuisines, WC, salles de bains).

Les installations double flux permettent d'assurer le renouvellement d'air dans les locaux en insufflant de l'air neuf préalablement réchauffé l'hiver en récupérant la chaleur sur l'air extrait dans les pièces humides. Le groupe VMC double flux est le plus souvent installé dans des combles ou locaux techniques. Selon le type, le réseau de gaine peut être horizontal avec un échangeur par niveau, ou vertical avec un seul échangeur. Les systèmes de ventilation double flux permettent des économies d'énergie par récupération de calories. La solution double flux est très intéressante dans un environnement sonore extérieur bruyant du fait de l'absence d'entrée d'air en façade; cette solution permet donc de mettre notamment des fenêtres moins performantes acoustiquement ce qui représente une économie financière.

Il faudra rester vigilant sur les bruits d'équipements. Notamment, l'introduction de bouche d'insufflation dans les chambres pour les systèmes double flux est à surveiller tout particulièrement. Par exemple, pour une situation où le bruit de fond dans la pièce est très faible, la bouche d'insufflation, tout en restant en dessous du seuil réglementaire, peut émerger très significativement du bruit de fond et peut donc perturber le sommeil de l'occupant. Il faut notamment prévoir un isolement acoustique et vibratoire suffisant entre le local technique (où le groupe extracteur/soufflage et PAC sont généralement placés) et les locaux d'habitation attenants (situés directement en dessous par exemple lors d'une installation en comble). La modification de l'isolement entre logements au travers du réseau de ventilation (extraction ou insufflation) peut aussi être problématique.

Il faut noter que l'interphonie due aux bouches de soufflage peut affecter les locaux principaux d'un même logement (selon le type de réseau): les ouvertures peuvent être importantes pour diminuer les vitesses d'air insufflé. Cet aspect peut être fort dérangent du point de vue acoustique, notamment vis-à-vis des chambres à coucher. L'interphonie due aux bouches d'extraction (pour le simple flux) peut aussi être problématique du point de vue acoustique.

Recommandations

Globalement, la rénovation ou réhabilitation thermique d'un bâtiment permet généralement d'augmenter les performances acoustiques initiales vis-à-vis des bruits extérieurs. L'amélioration thermique effectuée par le changement de menuiseries (intégrant ou non une entrée d'air et/ou coffre de volet roulant) permet d'améliorer l'isolement de façade (ou isolement vis-à-vis des bruits extérieurs). Certaines précautions doivent être toutefois prises pour ne pas dégrader l'isolement au bruit entre logements en privilégiant des doublages intérieurs dits « thermo-acoustiques ». Par ailleurs en zones de forte exposition au bruit, une attention particulière doit être apportée au choix du doublage intérieur ou extérieur.

Cette amélioration de l'isolement de façade peut mettre en relief d'autres problèmes et être assez pénalisante en termes de confort acoustique. En effet, si le bâtiment n'est pas dans un environnement très calme, l'amélioration de l'isolement de façade va diminuer le fond sonore dans les locaux et modifier ainsi la perception du bruit par les occupants.

Ainsi, les sources de bruits intérieurs provenant d'un autre logement vont être mieux perçues et devenir relativement gênantes comme les bruits extérieurs ne les masquent plus ou beaucoup moins. Cette problématique peut être exacerbée si l'amélioration de l'isolement de façade est accompagnée d'une dégradation de l'isolement aux bruits aériens entre logement par l'utilisation de doublage thermique intérieur non adapté à la problématique acoustique. De plus, l'identification du ou des autres occupants à l'origine de ces bruits (contrairement aux bruits extérieurs de trafic routier par exemple qui sont relativement anonymes) augmente cette impression d'inconfort et nuit fortement aux relations de voisinage. Pour maintenir un confort acoustique suffisant, il est donc recommandé de profiter de la réhabilitation thermique pour effectuer une réhabilitation acoustique afin d'augmenter les isollements entre logements, voire entre logements et circulations communes, et ainsi conserver un bon équilibre entre bruits extérieurs et intérieurs. Ceci est d'autant plus vrai si les isollements acoustiques intérieurs du bâtiment à rénover sont faibles au regard de la réglementation actuelle. On notera que la réalisation de mesures d'isolement acoustique avant d'entreprendre la rénovation thermique, accompagnée d'une enquête par questionnaire auprès des occupants peut être recommandée pour identifier les risques du point de vue acoustique. Pour limiter l'émergence des bruits intérieurs, il est généralement considéré que le gain obtenu sur la performance acoustique vis-à-vis des bruits extérieurs doit aussi être obtenu sur les isollements intérieurs (aux bruits aériens et d'impact). Il faut insister sur le fait qu'il ne faille pas chercher à renforcer de manière trop importante l'isolement acoustique de la façade; en effet, cela induirait un déséquilibre trop important entre bruits extérieurs et bruits intérieurs ne pouvant pas être facilement compensé. Lorsque l'isolement acoustique

❖ Spécial "Acoustique, thermique et ventilation"

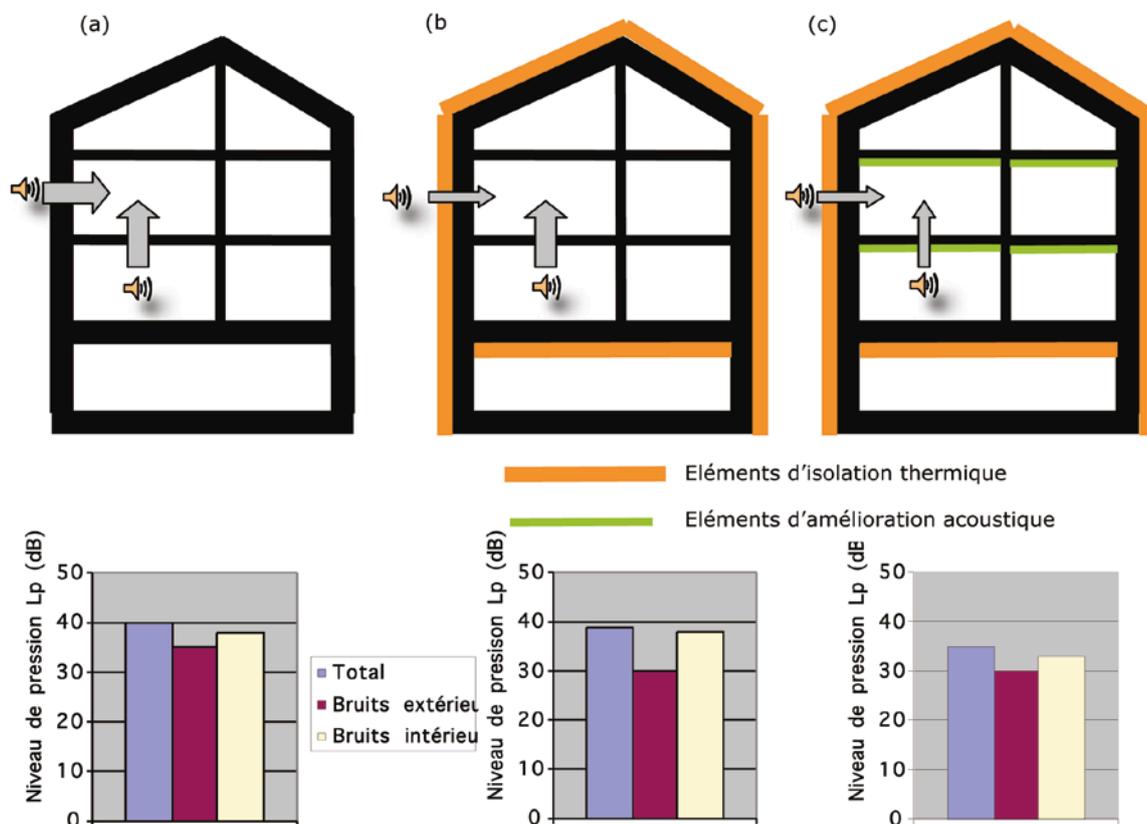


Figure 2 : Exemple des effets d'une rénovation thermique et d'une rénovation complémentaire acoustique sur le niveau de pression dans un logement ; (a) avant rénovation, (b) après rénovation thermique et (c) après rénovation thermo-acoustique.

de la façade est amélioré de l'ordre de 5-6 dB par la rénovation thermique, les isolements acoustiques intérieurs peuvent être augmentés par l'ajout de doublages acoustiques minces (DAM) sur les parois séparatives verticales et horizontales, ou même de chapes flottantes. La Figure 2 illustre ce propos. Cependant, ces traitements supplémentaires pour conserver ou améliorer le confort acoustique des occupants peuvent s'avérer économiquement difficiles à réaliser puisque s'ajoutant au coût de la rénovation thermique.

RÉFÉRENCES

- [1] Les chiffres clés du bâtiment, Énergie – Environnement, Édition 2006, ADEME.
- [2] Chene J.-B., Farkh S., Guigou-Carter C., Villot M., Wetta R., Foret R., Akoua J.-J., Réglementation thermique – Compatibilité avec la réglementation acoustique, Rapport CSTB pour DHUP, 2009
- [3] Guigou-Carter C., Foret R., Villot M., Chéné J.-B., Effect of thermal renovation on acoustic performance of buildings, Euronoise 2009, Edinburgh, United Kingdom, 2009.
- [4] Guigou-Carter C., Foret R., Villot M., Chéné J.-B., Effet d'une rénovation thermique sur la performance acoustique des bâtiments, 10ème Congrès Français d'Acoustique, Lyon, France, 2010
- [5] Foret R., Guigou-Carter C., Villot M., Effect of thermal insulation

systems on acoustic performances of ancient building construction elements, Inter-Noise 2010, Lisbon, Portugal, 2010

[6] Guigou-Carter C., Foret R., Wetta R., Ducruet P., Villot M., Comparison of measured and predicted sound insulation for thermal retrofitted building from 80's, Inter-Noise 2010, Lisbon, Portugal, 2010

[7] NF EN 12 354, Acoustique du bâtiment – Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments, 2000.

[8] Foret R., Guigou-Carter C., Jean P., Chéné J.-B., Effect of spacer designs on acoustic performance of windows, Euronoise 2009, Edinburgh, United Kingdom, 2009.

[9] Guigou-Carter C., Chéné J.-B., Development of thermo-acoustic floating floors for use between parking and dwellings, Acoustics'08, Paris, France, 2008

[10] Guigou-Carter C., Chéné J.-B., Performance acoustique des systèmes de type flochage et fond de coffrage, Acoustique et Technique, Numéro 59, pp. 5-12, 2009

Contact :

Catherine GUIGOU CARTER

CSTB

24, rue Joseph Fourier

38 400 SAINT-MARTIN-D'HERES

e.mail: catherine.guigou@cstb.fr