

Effet d'une rénovation thermique sur la performance acoustique des bâtiments

Catherine Guigou-Carter¹, Rémy Foret², Michel Villot¹, Jean-Baptiste Chéné²

¹CSTB, 24 Rue Joseph Fourier, F-38400, {catherine.guigou,michel.villot}@cstb.fr

²CSTB, LABE, 84 Avenue Jean Jaurès – Champs sur Marne, F-77447 Marne-La-Vallée Cedex 2, {remy.foret,jean-baptiste.chene}@cstb.fr

Dans cet article, l'effet de la rénovation thermique sur la performance acoustique des bâtiments est étudié. Pour une rénovation, la réglementation acoustique française demande que les performances acoustiques ne soient pas dégradées. À cause des économies d'énergie, on peut s'attendre dans les années à venir à une augmentation des projets de rénovation thermique des bâtiments. Ainsi, il paraît important d'étudier des solutions de rénovation thermo-acoustique permettant à la fois d'améliorer la performance thermique et acoustique. Différents types de bâtiments correspondant à différentes périodes constructives, différentes techniques constructives doivent être considérés. Pour un type de bâtiment, les techniques de rénovation thermique sont présentées et leur effet sur la performance acoustique est examiné par rapport aux différents chemins de transmission acoustique. La performance acoustique du bâtiment avec les solutions d'isolation thermique sélectionnée est estimée avec le logiciel ACOUBAT. L'isolement par rapport aux bruits aériens extérieurs pour la façade et la toiture, l'isolement aux bruits aériens entre logements, et entre le garage et un logement, sont calculés et présentés. Des mesures acoustiques in-situ sur un bâtiment avant et après une rénovation thermique sont en cours de réalisation pour valider l'approche adoptée.

1 Introduction

Les évolutions réglementaires dans le domaine des bâtiments existants vont être très rapides concernant les problématiques énergétiques. Ceci pourrait entraîner des modifications fortes des performances acoustiques des bâtiments en fonction des solutions techniques retenues et du type de bâtiment traité. Pour une rénovation, la réglementation acoustique française demande que les performances acoustiques de l'ouvrage ne soient pas dégradées. Ainsi, il paraît important d'une part d'évaluer l'impact sur la performance acoustique, de différentes solutions permettant l'amélioration des performances énergétiques et d'autre part d'étudier des solutions de rénovation thermo-acoustique permettant à la fois d'améliorer la performance thermique et acoustique. Le but est de mettre en évidence, par type de bâtiments, les techniques qui dégradent, celles qui sont neutres et celles qui améliorent les performances acoustiques. Différents types de bâtiments correspondant à différentes périodes constructives, différentes techniques constructives doivent être considérées. Ces aspects doivent aussi inclure celui économique pour chiffrer financièrement le coût de l'ensemble des solutions de rénovation et pour ainsi mettre en évidence un concept de décibel gratuit associé à la démarche énergétique.

Ainsi, cette étude a donc pour objectif d'évaluer l'impact des traitements ou systèmes thermiques, utilisés pour une amélioration énergétique d'un bâtiment existant, sur la performance acoustique du bâtiment. En effet, les chemins de transmissions acoustiques peuvent être modifiés par la transformation de l'enveloppe du bâtiment. Pour un type de bâtiment des années 80, les techniques de rénovation thermique sont présentées et leur effet sur la performance acoustique est examiné par rapport aux différents chemins de transmission acoustique. La performance acoustique du

bâtiment avec les solutions d'isolation thermique sélectionnée est estimée avec le logiciel ACOUBAT. L'isolement par rapport aux bruits aériens extérieurs pour la façade et la toiture, l'isolement aux bruits aériens entre logements, et entre le garage et un logement, sont calculés et présentés.

2 Description du projet

2.1 Description générale du bâtiment

Un bâtiment correspondant à un immeuble collectif de 28 logements (10 T1, 7 T2, 5 T3, 6 T4) des années 80 a été choisi dans un premier temps. Sa description générale est donnée à la Figure 1. Il correspond à un R+5 et une surface habitable de 1466 m² ; tous les logements sont équipés d'une cuisine et d'une salle de bains avec WC. La toiture est de type toit terrasse et un parking occupe le sous-sol.

Ce bâtiment de base est tout en béton. Les murs isolés vis-à-vis de l'extérieur ou d'un local non chauffé sont en béton de 20 cm avec côté extérieur un enduit et côté intérieur un doublage collé par plots composé de 50 mm de polystyrène PSE (Th40) et une plaque de plâtre BA13 de 12.5 mm d'épaisseur. Les murs non isolés sont en béton de 20 cm. La toiture terrasse est composée d'une dalle béton de 20 cm avec un enduit plâtre à l'intérieur et d'une couche de 50 mm de polystyrène PSE (Th40) avec un traitement d'étanchéité à l'extérieur. Le plancher bas (entre le garage et le rez-de-chaussée) correspond à une dalle béton de 20 cm avec un flocage de 4 cm de laine de roche en sous-face. Les autres planchers intermédiaires sont en béton de 20 cm. Les portes palières sont en bois plein et les fenêtres et portes-fenêtres sont montées avec un vitrage de 4 mm d'épaisseur. Ce niveau d'isolation thermique correspond à celui des années 1980.

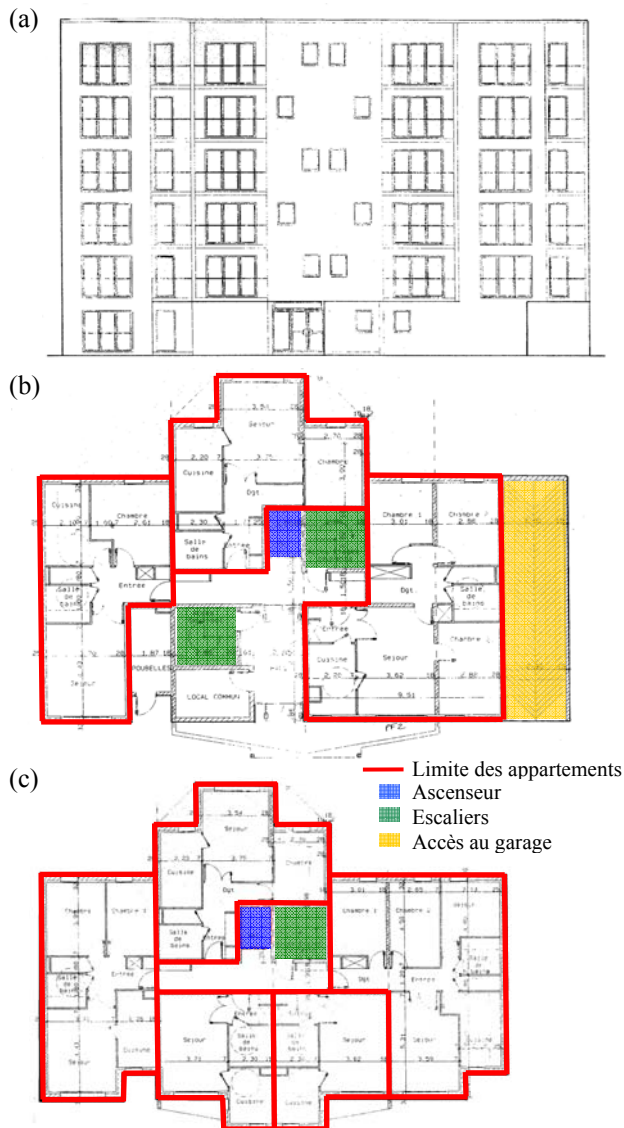


Figure 1 : Bâtiment sélectionné ; (a) vue de la façade, (b) plan du rez-de-chaussée et (c) plan d'un étage courant.

2.2 Solutions de rénovation proposées

Dans cette section, les différentes solutions de rénovation thermiques proposées sont décrites.

Pour les planchers bas (parking collectif et locaux non chauffés), une couche de 12 cm d'isolant (laine de roche) serait ajoutée en sous face. L'épaisseur totale de la couche d'isolant en sous-face du plancher serait alors de 16 cm.

Pour les murs extérieurs (murs de façade), deux types de solution de rénovation thermique peuvent être envisagées : une isolation thermique par l'intérieur (ITI) ou une isolation thermique par l'extérieur (ITE). Pour les solutions d'isolation thermique par l'intérieur (ITI) le doublage thermique d'origine, 50 mm de PSE (Th40) avec une plaque de plâtre BA13, serait remplacé par un doublage thermique plus performant composé de 80 mm de PSE (Th38) avec une plaque de plâtre BA10. Ces doublages sont collés par plots sur le mur support. On notera que cette solution représente une solution lourde à mettre en œuvre en pratique (puisqu'il faut enlever et remettre un doublage). Les solutions d'isolation thermique par l'extérieur (ITE) sont plus faciles à mettre en œuvre sur un bâtiment avec des logements habités. Les ITE peuvent être de type bardage, vêtue ou ETICS (External Thermal Insulation Composite System). La solution d'un isolant en polystyrène expansé

avec une finition par enduit mince (revêtement plastique épais) correspondant donc à un ETICS est prise en compte dans cette étude ; ce type de système est soit collé par plots ou boudins périphériques soit fixé mécaniquement (par des profilés ou des chevilles) soit collé en plein sur le mur support.

Pour la toiture terrasse, l'isolant thermique d'origine serait enlevé et remplacé par une couche de 12 cm de PSE ou PU renforcée d'un complexe d'étanchéité (nappe à base de bitumine ou pvc) en surface.

Les fenêtres et porte fenêtres en simple vitrage (sans entrée d'air) seraient remplacées par des doubles vitrages 4/16/4 incluant une entrée d'air en menuiserie. Les portes palières en bois plein seraient remplacées par des portes multicouches plus complexes incluant une âme en isolant thermique (laine de roche, mousse PU).

Le système de ventilation mécanique est à l'origine une ventilation simple flux auto-réglable (sans entrée d'air), et serait remplacé soit par une ventilation simple flux hygro-réglable (incluant des entrées d'air hygro-réglable et des bouches d'extraction hygro-réglable), soit par une ventilation double flux (avec un échangeur statique). Dans cette première phase de l'étude, le bruit d'équipement associé au système de ventilation, et les problèmes d'interphonie associée aux bouches d'extraction ne sont pas considérés.

2.3 Outils de prédiction de la performance acoustique

Le logiciel ACOUBAT développé par le CSTB et basé sur les normes européennes EN 12354-1, -2, -3 et -6 est utilisé pour évaluer la performance acoustique avant et après rénovation et la comparer aux niveaux réglementaires en France. La performance acoustique des différentes parois sans et avec les solutions de rénovation proposées ci-dessus peut être évaluée à partir des composants de la base de données ACOUBAT Sound ou de données mesurées en laboratoire, soit prédite à l'aide d'un logiciel de prédiction CASC (logiciel développé par CSTB-DAE pour le Calcul Acoustique des Structures en Couche). Ce logiciel CASC est utilisé pour calculer l'indice d'affaiblissement acoustique, le coefficient d'absorption acoustique, le niveau de bruit d'impact (machine à choc normalisée), le niveau de bruit de pluie pour des composants du bâtiment ; il est basé sur une approche de matrice de transfert [1] représentant chaque couche isotrope, plane et infinie d'épaisseur constante (ces couches sont de type fluide, solide ou poreuse [2]).

Les configurations considérées dans cette étude pour évaluer la performance du bâtiment avant et après rénovation thermique sont montrées à la Figure 2. Les deux premières configurations représentent une cuisine et une salle de séjour, et 2 chambres placées sur deux étages superposés. La troisième configuration représente un garage à l'étage inférieur et soit une chambre ou une cuisine à l'étage supérieur. La quatrième configuration représente une pièce en pignon au dernier étage avec un toit terrasse. Les dimensions des différents locaux sont données à la Figure 2. Pour les séjours, la porte fenêtre est de dimension $1.45 \times 2.2 \text{ m}^2$, pour les cuisines et les petites chambres la fenêtre est de dimension $1.2 \times 1.4 \text{ m}^2$, et finalement pour les grandes chambres de $1.45 \times 1.4 \text{ m}^2$. Pour l'évaluation de l'effet du changement des portes palières, la configuration prise en compte est montrée à la Figure 2(e). On notera que les logements du bâtiment ont un hall d'entrée (vestibule)

ainsi la circulation commune intérieure et les pièces du logement sont séparés par une porte palière et une porte de distribution. La réglementation acoustique en vigueur à l'époque de la construction (RA 1969) imposait un isolement de 41 dB(A) entre la circulation commune intérieure et une pièce principale. Cette exigence est similaire à la réglementation acoustique pour les bâtiments collectifs neufs qui impose un isolement $D_{nT,A}$ de 40 dB entre la circulation commune intérieure et une pièce principale (séjour, chambre) et de 37 dB pour une cuisine et salle d'eau. La porte palière a les dimensions de $0.96 \times 2.05 \text{ m}^2$, identiques à celles de la porte de distribution permettant l'accès entre le vestibule et les autres pièces de $1.45 \times 2.2 \text{ m}^2$.

2.4 Performance acoustique des composants

La performance acoustique des différentes parois sans et avec les solutions de rénovation proposées est donnée dans cette section.

L'effet du doublage intérieur (ITI) et du doublage extérieur (ITE) est présenté à la Figure 3. Le nouveau doublage intérieur proposé pour la rénovation thermique est globalement associé à une performance acoustique meilleure que celui existant d'origine dans le bâtiment. La performance acoustique du système ETICS considéré est largement négative autour des tiers d'octave 315 et 400 Hz à cause d'une fréquence de résonance. Il faut noter que la performance de cet ETICS est proche de celle présentée par d'autres [3].

L'effet du flocage de laine minérale place en dessous du plancher (dalle béton de 20 cm) est présenté à la Figure 4. Du fait de l'augmentation de l'épaisseur du flocage de 40 à 160 mm ($40+120 \text{ mm}$), le minimum de la performance acoustique se déplace du tiers d'octave 1000 Hz à celui plus bas de 250 Hz. Ce minimum de performance acoustique est associé à la résonance de l'onde de compression se propageant dans le squelette du matériau fibreux [4]. En effet, comme cette couche de laine minérale est directement en contact avec le plancher, cette onde de compression se propageant dans le squelette du matériau fibreux est bien excitée et domine la réponse vibro-acoustique.

L'effet du système de couverture (couche de polystyrène PSE) sur le toit terrasse (béton de 20 cm) est présenté à la Figure 5. Une couche de gravier de 2 cm ainsi qu'une protection anti-pluie sont supposées être placées au dessus de la couche de PSE. L'augmentation de l'épaisseur de PSE est associée à une diminution de la fréquence de résonance vers les basses fréquences. La performance acoustique du système de couverture le plus épais (c'est-à-dire après rénovation) est plus faible dans les basses fréquences (tiers d'octave entre 100 et 160 Hz). Ainsi, l'indice global de performance $\Delta(R_w+C_{tr})$ est plus faible de 1 dB pour la couverture après rénovation par rapport à celle originale (avant rénovation).

L'indice d'affaiblissement acoustique de la fenêtre originale avec un simple vitrage et de celle avec un double vitrage (prévue pour la rénovation) est montré à la Figure 6. La performance acoustique pour le simple vitrage est issue du REEF-Acoustique [5]. Excepté à la fréquence masse-ressort-masse, la fenêtre avec un double vitrage correspond à une meilleure performance acoustique que celle du simple vitrage. Lors d'une rénovation thermique, des entrées d'air doivent généralement être utilisées comme la ventilation par manque d'étanchéité n'existe plus. L'isolement acoustique

normalisé pour deux entrées d'air certifiées de performance différente est montré à la Figure 7.

Lors de la rénovation thermique, les portes palières seront aussi remplacées. La Figure 8 donne l'indice d'affaiblissement acoustique de la porte d'origine (standard avec âme pleine en bois) et de la nouvelle porte (avec âme et seuil permettant une performance thermique).

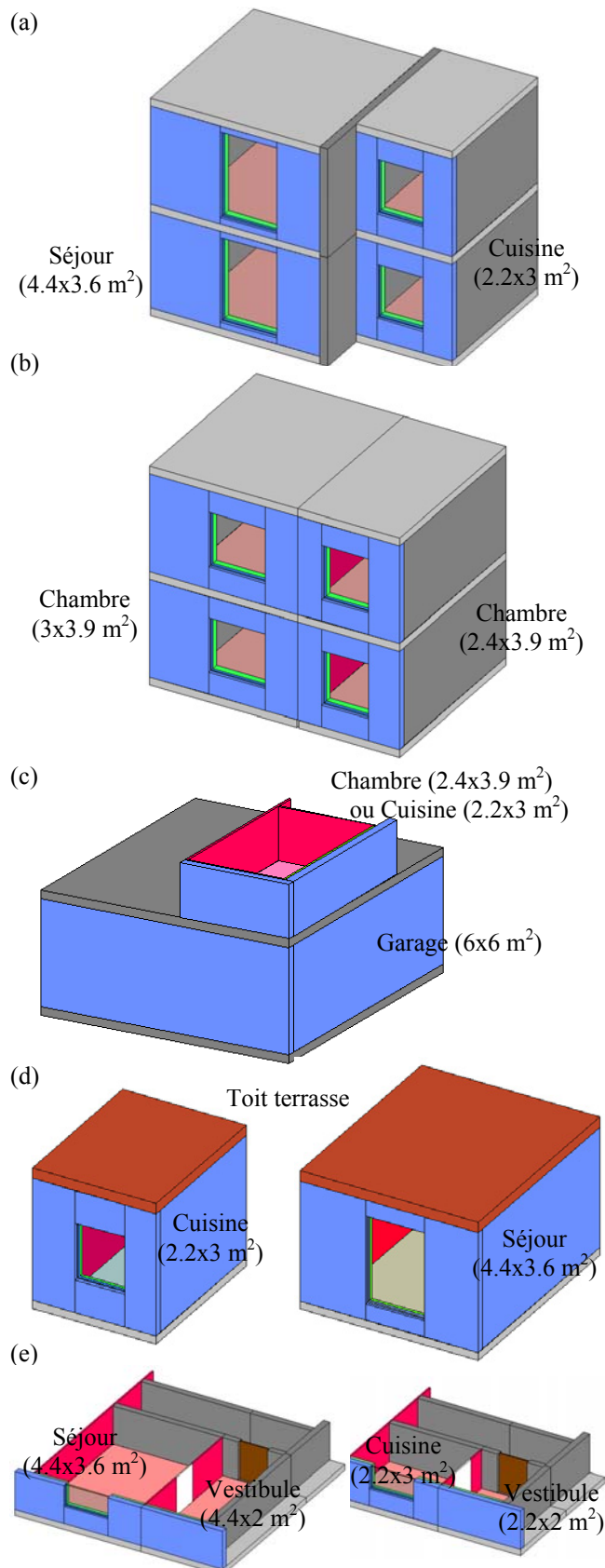


Figure 2 : Configurations du bâtiment pour l'évaluation de la performance acoustique.

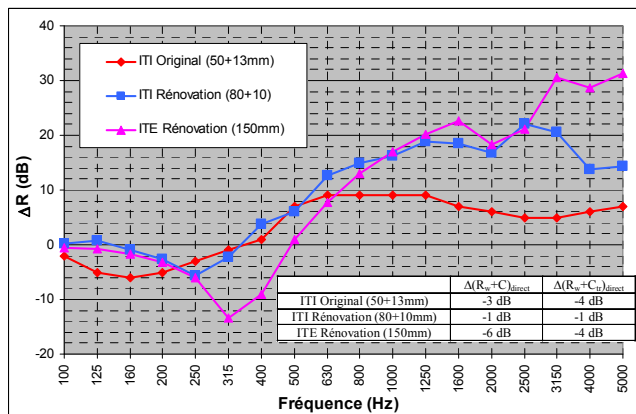


Figure 3 : Performance acoustique des systèmes ITI et ITE considérés sur un mur support en béton.

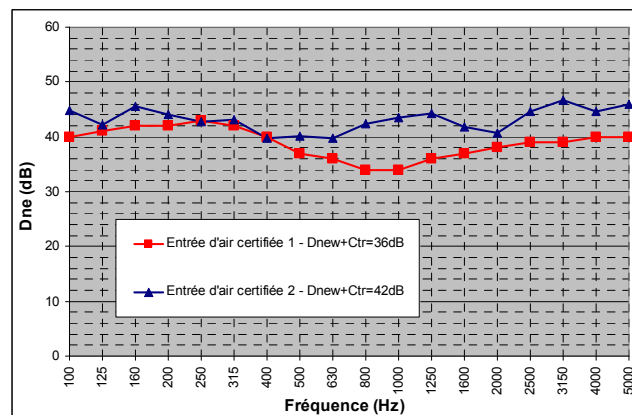


Figure 7 : Isolement normalisé pour les entrées d'air considérées.

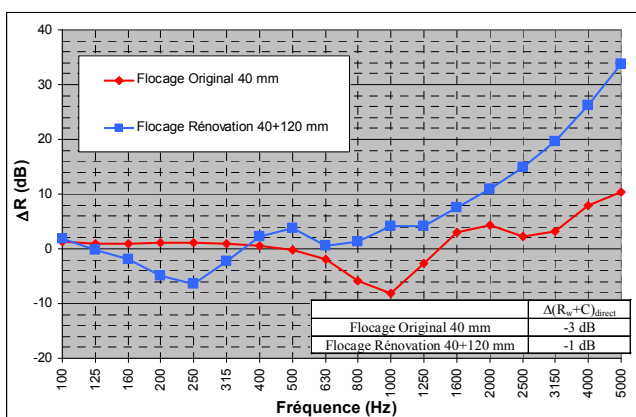


Figure 4 : Performance acoustique des systèmes en sous-face du plancher béton.

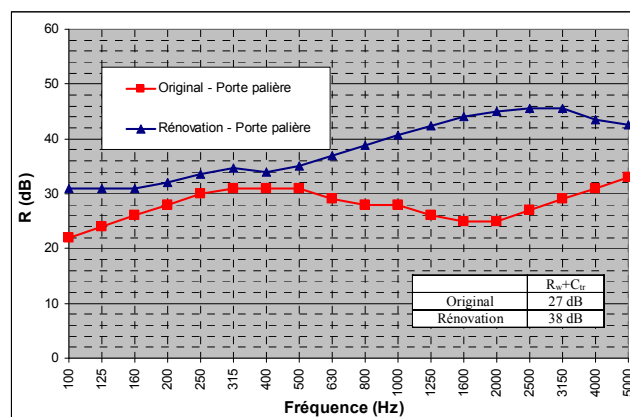


Figure 8 : Indice d'affaiblissement des portes palières considérées.

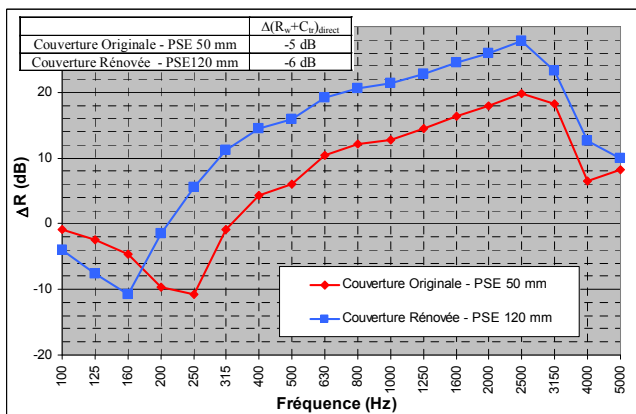


Figure 5 : Performance acoustique des systèmes de couverture du toit terrasse en béton.

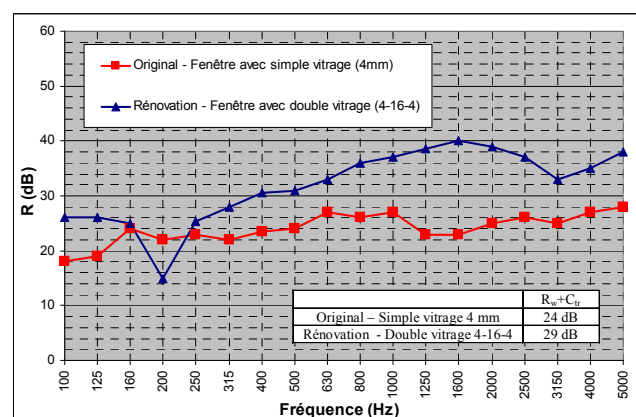


Figure 6 : Indice d'affaiblissement des fenêtres considérées.

3 Performance acoustique du bâtiment

Le plancher béton (de 20 cm d'épaisseur) est recouvert d'un sol plastique de base (soit une performance aux bruits d'impact $\Delta L_w=13$ dB et une performance aux bruits aériens $\Delta(R_w+C)=0$ dB).

3.1 Isolement de façade

Dans cette section, l'effet de la rénovation thermique de la façade (double vitrage, ITI et ITE) est présenté. Les résultats obtenus pour la cuisine de l'étage inférieur, pour le séjour de la première configuration de bâtiment et pour les chambres de la seconde configuration, montrent des tendances identiques. Comme attendu, le changement de fenêtre avec un vitrage simple à une avec un double vitrage a le plus d'influence sur l'isolement de façade ; une modification du doublage thermique intérieur ou l'ajout d'un doublage thermique extérieur ont peu ou pas d'effet sur l'isolement de façade obtenu. La Table 1 donne les indices globaux des différentes configurations. Après rénovation thermique, l'indice $D_{nT,A,tr}$ est dans tous les cas supérieur à la valeur exigée de 30 dB (pour un bâtiment neuf). Cependant, lors de la rénovation thermique une entrée d'air est généralement montée sur la fenêtre (ouvrant ou dormant). L'ajout d'une entrée d'air dont la performance $D_{n,e,w+Ctr}$ est de 36 dB réduit généralement l'isolement de façade de 2 à 3 dB, alors que celui d'une entrée d'air plus performante à 42 dB réduira d'environ 1 dB seulement l'isolement de façade.

On notera tout de même qu'en fonction de la situation du bâtiment par rapport aux routes, aux voies ferrées, aux aéroports, le niveau d'isolement de façade demandé pour un bâtiment neuf est plus élevé comme par exemple 35 et 38 dB. Dans ce cas (exigence plus forte), une fenêtre comportant un double vitrage et une entrée d'air plus performants en acoustique devrait être utilisée.

Locaux	Cuisine	Séjour	Grande chambre	Petite chambre
Règlementaire neuf	30	30	30	30
Situation originale	28	29	30	30
Double vitrage	34	34	35	35
Double vitrage + ITI	34	34	35	35
Double vitrage + ITE	33	34	35	35
Double vitrage + ITI + Entrée d'air certifiée 1	30	32	33	32
Double vitrage + ITI + Entrée d'air certifiée 2	32	34	34	34

Table 1 : Indice global $D_{nT,A,ir}$ en dB pour l'isolement vis-à-vis des bruits extérieurs.

L'effet de la rénovation thermique de la façade (double vitrage, ITI et ITE) et de la toiture terrasse est considéré en prenant en compte un logement au dernier étage du bâtiment. Comme attendu pour le bâtiment avant rénovation thermique (configuration d'origine), le chemin acoustique associé à la façade comportant une baie vitrée est le plus pénalisant sur l'isolement aux bruits extérieurs. Après la rénovation thermique, le chemin latéral associé à la toiture terrasse est légèrement diminué et influe légèrement en basses fréquences (tiers d'octave 100 et 160 Hz) sur l'isolement acoustique global. Le chemin prépondérant sur l'isolement acoustique après rénovation thermique reste tout de même celui associé à la façade comportant la baie vitrée (même en passant d'un simple vitrage simple à un double vitrage). L'utilisation d'un nouveau doublage de façade intérieur (nouveau ITI) ou d'un doublage de façade extérieur en combinaison avec le doublage intérieur existant ne fait pas de différence. La Table 2 donne les indices globaux des différentes configurations. Après rénovation, l'indice $D_{nT,A,ir}$ est tout de même amélioré sensiblement et est dans tous les cas supérieur à la valeur exigée de 30 dB (pour un bâtiment neuf). L'ajout d'une entrée d'air dont la performance $D_{n,e,w+Ctr}$ est de 36 dB réduit généralement l'isolement aux bruits extérieurs jusqu'à 3 dB (dans le cas de la cuisine), alors que celui d'une entrée d'air plus performante à 42 dB réduira d'environ 1 dB seulement (dans le cas de la cuisine) l'isolement aux bruits extérieurs. Comme noté précédemment, suivant la situation du bâtiment par rapport aux infrastructures de transports, il faudra donc être vigilant sur le choix du double vitrage et de l'entrée d'air par rapport à leur performance acoustique.

3.2 Isolement au bruit aérien entre locaux

Dans cette section, l'effet du doublage thermique sur l'isolement acoustique aux bruits aériens vertical et horizontal entre logement est considéré. On notera que le plancher béton (de 20 cm d'épaisseur) est recouvert d'un sol plastique de base qui n'a aucun effet sur l'isolement acoustique aux bruits aériens associé au chemin direct.

L'analyse des différents chemins de transmission pour l'isolement acoustique vertical aux bruits aériens entre deux séjours pour le bâtiment avant rénovation thermique montre qu'en moyennes et hautes fréquences, le chemin de transmission direct limite l'isolement acoustique en vertical; alors qu'en basses fréquences, les chemins latéraux associés aux deux murs de façade (façade en pignon) comportant le doublage thermique d'origine. La modification du doublage intérieur (remplacement du doublage original par le nouveau ITI) induit un gain de 1 dB sur l'isolement acoustique vertical entre séjours et entre chambres. On remarquera que pour l'isolement acoustique vertical entre pièces de différents logements, le doublage thermique extérieur ITE est considéré sans effet comme celui ne modifie pas les chemins de transmission acoustique latéraux. L'isolement acoustique vertical entre pièces de différents logements pour une rénovation avec le doublage thermique extérieur ITE correspond donc à celui de la situation d'origine (avant rénovation). La Table 3 présente les indices globaux associés aux différentes situations considérées.

Locaux	Cuisine	Séjour
Niveau règlementaire neuf	30	30
Situation originale	32	30
Double vitrage	37	35
Double vitrage + ITI + ITE Toiture	37	35
Double vitrage + ITE + ITE Toiture	37	35
Double vitrage + ITI + ITE Toiture + Entrée d'air certifiée 1	34	34
Double vitrage + ITI + ITE Toiture + Entrée d'air certifiée 2	36	35

Table 2 : Indice global $D_{nT,A,ir}$ en dB pour l'isolement vis-à-vis des bruits extérieurs pour un logement au dernier étage.

L'effet de la rénovation thermique sur le plancher bas (rez-de-chaussée) par rapport à l'isolement vertical aux bruits aériens entre le garage et une pièce d'un logement situé au dessus est maintenant considéré. On rappelle que le plancher béton (de 20 cm d'épaisseur) est recouvert dans le logement d'un sol plastique de base qui n'a aucun effet sur l'isolement acoustique aux bruits aériens associé au chemin direct. Le doublage thermique extérieur ITE n'est pas considéré dans ce cas parce qu'il ne modifie pas les chemins de transmission latéraux (comme mentionné précédemment). L'analyse des différents chemins de transmission acoustique obtenus pour l'isolement acoustique vertical aux bruits aériens entre le garage et la chambre pour le bâtiment dans sa configuration de base (avant rénovation thermique) montre que le chemin direct et les chemins latéraux associés au flocage projeté en laine de roche sont dominants dans l'isolement acoustique. La Table 4 présente les indices globaux associés aux différentes situations considérées. La modification du doublage intérieur (remplacement du doublage initial par le nouveau ITE) et l'ajout d'une nouvelle couche de 12 cm d'épaisseur de laine de roche de flocage introduit une diminution de 1 dB sur l'isolement acoustique vertical entre le garage et la chambre ou la cuisine. De plus, les niveaux d'isolement acoustique par rapport au garage sont inférieurs à ceux requis pour une nouvelle construction spécialement

pour une chambre. De nouveaux types de solution thermo-acoustique intégrant un système de découplage entre le plancher et l'isolant doivent être développés et mis au point pour palier à ce problème.

Finalement, l'effet de la rénovation thermique par le changement de la porte palière sur l'isolement acoustique aux bruits aériens entre la circulation commune intérieure et soit un séjour ou une cuisine (ces pièces étant séparées de la circulation par un vestibule). La Table 5 présente les indices globaux associés aux différentes situations considérées. Le changement de porte palière permet d'augmenter de façon importante l'isolement entre la circulation et le vestibule. L'isolement entre la circulation et le séjour (ou la cuisine) quant à lui n'est pas amélioré par le changement de porte palière, en effet l'isolement est limité par la performance du séparatif entre le séjour (ou la cuisine) et la circulation. Toutefois, les niveaux réglementaires exigés sont largement atteints.

Isolement Vertical				
Locaux	Règlementaire neuf	Original	Rénovation avec ITI	Rénovation avec ITE
Cuisine – Cuisine	50	52	54	51
Séjour – Séjour	53	54	55	54
Gde Chambre – Gde Chambre	53	54	55	54
Pte Chambre – Pte Chambre	53	54	55	54
Isolement Horizontal				
Locaux	Règlementaire neuf	Original	Rénovation avec ITI	Rénovation avec ITE
Cuisine – Cuisine	50	53	54	53
Séjour – Séjour	53	55	56	55
Cuisine – Séjour	53	55	56	55
Gde Chambre – Gde Chambre	53	54	55	54
Pte Chambre – Pte Chambre	53	54	55	54
Gde Chambre – Pte Chambre	53	53	54	53

Table 3 : Indice global $D_{nT,A}$ en dB pour l'isolement aux bruits aériens.

Locaux	Garage – Chambre	Garage – Cuisine
Règlementaire neuf	55	52
Origine	51	51
Rénovation avec ITI + couche supplémentaire d'un flochage en laine de roche	50	50

Table 4 : Indice global $D_{nT,A}$ en dB pour l'isolement acoustique entre garage et une pièce située au-dessus.

3.3 Mesures in-situ

Des mesures pour évaluer les isollements de façade et les isollements aériens intérieurs avant puis après mise en place des traitements thermiques et des ouvertures en façade sont en cours de réalisation sur un bâtiment de même type (en béton des années 80) dans la région grenobloise. A cause des intempéries en début d'année, le chantier de rénovation a pris du retard et les mesures après rénovation n'ont pas encore pu être effectuées.

Locaux Circulation - Cuisine	Origine	Rénovation avec ITI et porte palière
Circulation - Cuisine	55	55
Circulation – Vestibule	30	42
Vestibule – Cuisine	24	24
Locaux Circulation - Séjour	Origine	Rénovation avec ITI et porte palière
Circulation - Séjour	58	58
Circulation – Vestibule	32	45
Vestibule – Séjour	26	26

Table 5 : Indice global $D_{nT,A}$ en dB pour l'isolement acoustique entre circulation commune et logement.

4 Conclusion

Pour cette typologie de bâtiment, l'effet des éléments de rénovation thermique sélectionnés sont positifs sur la performance acoustique sauf pour le traitement du plancher bas. Le changement du doublage intérieur par le doublage plus performant thermiquement et acoustiquement donne des résultats similaires à l'ajout du doublage extérieur avec la conservation du doublage thermique intérieur existant. Le chemin de transmission acoustique principal par rapport aux bruits extérieurs reste la fenêtre ou porte-fenêtre et les entrées d'air. Pour la rénovation thermique du plancher bas entre un local non chauffé et un local chauffé (garage et logement par exemple), la solution de rénovation thermique proposée dégrade la performance acoustique d'origine. Des solutions techniques intégrant un système de découplage entre le plancher et l'isolant devraient permettre de limiter cette dégradation.

Des mesures acoustiques *in-situ* sur un bâtiment avant et après une rénovation thermique sont en cours de réalisation pour valider l'approche adoptée.

Remerciements

Les auteurs remercient le Département Recherche et Développement du CSTB et la DHUP pour le support financier de ces travaux.

Références

- [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**, pp. 333-343, (1993).
- [2] J.F. Allard, *Propagation of sound in porous media: Modelling sound absorbing materials*, Elsevier Applied Science, London 1993.
- [3] J.-B. Chéné and C. Guigou-Carter, "Prediction method for the acoustic performance of permanent form systems", in *Proceedings of Acoustics08*, Paris, 2008.
- [4] J. Nurzynski, "The effect of additional thermal lining on the acoustic performance of a wall", in *Proceedings of Acoustics08*, Paris, 2008.
- [5] REEF-Volume II Acoustique, Sciences du Bâtiment, CSTB (1982).