HAL open science

Amélioration de la performance acoustique d'une demi-cloison par contrôle actif

Catherine Guigou-Carter, Azzedine Sitel, Alain Roure, Cédric Pinhède, Julien Maillard

To cite this version:

Catherine Guigou-Carter, Azzedine Sitel, Alain Roure, Cédric Pinhède, Julien Maillard. Amélioration de la performance acoustique d'une demi-cloison par contrôle actif. 10ème Congrès Français d'Acoustique, Apr 2010, Lyon, France. hal-00537207

HAL Id: hal-00537207

https://hal.science/hal-00537207v1

Submitted on 17 Nov 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

10ème Congrès Français d'Acoustique
Lyon, 12-16 Avril 2010

Amélioration de la performance acoustique d'une demi-cloison par contrôle actif

Catherine Guigou-Carter[1], Azzedine Sitel[1], Alain Roure[2], Cédric Pinhède[2], julien Maillard[1]

[1]CSTB, 24Rue Joseph Fourier, F-38400 Saint Martin d'Hères, {catherine.guigou,azzedine.sitel,julien.maillard}@cstb.fr
[2]LMA - CNRS, 31 Chemin Joseph Aiguier, F-13402 Marseille Cedex 02, {roure,pinhede}@lma.cnrs-mrs.frr

Dans cet article, l'amélioration de l'indice d'affaiblissement acoustique d'une demi-cloison (plaques de plâtre sur une ossature métallique) en basses fréquences par un système de contrôle actif est étudiée théoriquement et expérimentalement. La demi-cloison sépare la salle d'émission et la salle de réception. Le principe de la simulation est basé sur la méthode découplée de GRIM développée par le CSTB ; la demi-cloison est modélisée par la méthode d'éléments finis avec le logiciel Nastran. La simulation permet d'évaluer l'influence du type de sources de contrôle (monopole ou dipôle), du nombre de sources de contrôle, du temps de réverbération dans la salle d'émission. Le système expérimental combine des haut-parleurs comme source de contrôle et des microphones pour les signaux d'erreur. Chaque cellule de contrôle (haut-parleur/microphone) est positionnée régulièrement avec un maillage de 60x60 cm^2 devant la demi-cloison excitée par un champ diffus. Le contrôle actif est implémenté par un système monocanal sur chaque cellule. La vitesse vibratoire de la demi-cloison, l'intensité transmise sont notamment mesurées pour analyser les mécanismes du contrôle actif.

1 Introduction

Un des objectifs du projet de recherche baptisé PARABAS est d'améliorer dans les basses fréquences l'indice d'affaiblissement acoustique de paroi double légère par une technique de contrôle actif. Les doubles parois légères sont généralement composées d'une ossature métallique (montants espacés de 60 cm) sur laquelle des plaques de plâtre sont montées. La cavité de la double paroi est habituellement remplie d'un matériau absorbant léger (laine minérale). Pour améliorer la performance acoustique en termes de transmission acoustique dans les basses fréquences, l'épaisseur de la cavité de la double paroi doit être augmentée. Cependant, cette solution doit être si possible évitée dans le bâtiment pour ne pas perdre de surface au sol utile. Ainsi, le contrôle actif [1] a été considéré dans des précédents travaux [2-7] comme une méthode pour améliorer la performance acoustique (indice d'affaiblissement) de double paroi en basses fréquences.

Dans cet article, l'amélioration de l'indice d'affaiblissement acoustique d'une demi-cloison (plaques de plâtre sur une ossature métallique) en basses fréquences par un système de contrôle actif est étudiée théoriquement et expérimentalement. La demi-cloison sépare la salle d'émission et la salle de réception. Le principe de la simulation est basé sur la méthode découplée de GRIM développée par le CSTB ; la demi-cloison est modélisée par la méthode d'éléments finis avec le logiciel Nastran. La simulation permet d'évaluer l'influence du type de sources de contrôle (monopole ou dipôle), du nombre de sources de contrôle, du temps de réverbération dans la salle d'émission. Le système expérimental combine des haut-parleurs comme source de contrôle et des microphones pour les signaux d'erreur. Chaque cellule de contrôle (haut-parleur/microphone) est positionnée régulièrement avec un maillage de 60x60 cm^2 devant la demi-cloison excitée par un champ diffus. Le contrôle actif est implémenté par un système monocanal sur chaque cellule. La vitesse vibratoire de la demi-cloison, l'intensité transmise sont notamment mesurées pour analyser les mécanismes du contrôle actif.

2 Modèle de simulation

On considère une paroi séparant un local d'émission (volume 1) et un local de réception (volume 2) comme le montre la Figure 1. Le champ acoustique incident est crée par une source acoustique (monopole) placée dans le volume 1 (salle d'émission). La simulation de l'indice d'affaiblissement R d'un tel problème peut être réalisée avec la méthode GRIM développée au CSTB dont le principe est bien détaillé dans [8-11]. La méthode repose sur le calcul de la pression acoustique en tout point du volume 2 (salle de réception) en utilisant l'intégrale de Green [11]. Avec la méthode découplée GRIM, le couplage entre les deux volumes et le séparatif est négligée. La comparaison des méthodes couplée et découplée [8] a montré que les effets du couplage sont négligeables quand la surface vibrante est petite par rapport à la surface des parois des volumes de réception et d'émission.

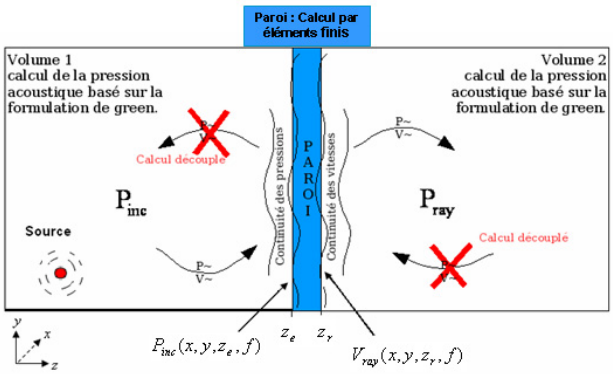

Figure 1 : Schéma descriptif du modèle vibro-acoustique.

La vitesse vibratoire de la paroi est calculée par la méthode d'élément finis en utilisant le logiciel Nastran après un maillage de la paroi par le logiciel Patran.

L'excitation (ou la charge) est ici le champ acoustique incident P_{inc} sur la surface excitée de la paroi à z_e. P_{inc} est calculé en fonction de la fonction de Green de la salle d'émission pour une source acoustique monopolaire. Dans notre cas, les fonctions de Green des volumes 1 et 2 sont calculées analytiquement avec la méthode modale en fonction des modes acoustiques des volumes 1 et 2 [8,11]. Le calcul de l'indice d'affaiblissement R implique 3 codes (GAIA, Modif_bdf, Vit_Nastran) développés au CSTB ainsi que des logiciels industriels de calcul par éléments finis (Patran et Nastran). Les différentes étapes de la simulation de l'indice R sont résumées dans l'organigramme montré à la Figure 2.

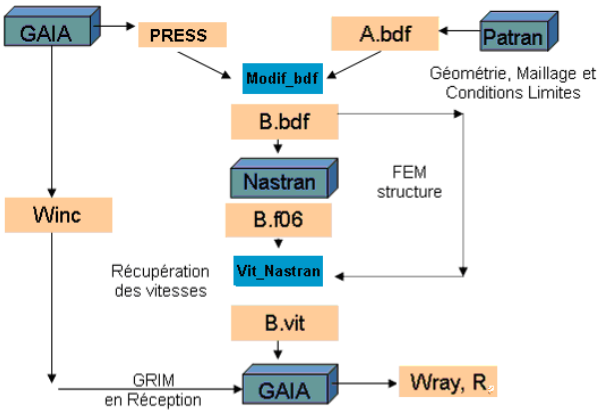

Figure 2 : Organigramme descriptif de la méthode de calcul de l'indice R.

Le niveau de pression moyen dans les salles de réception et d'émission est obtenu à partir de la pression acoustique évaluée en 30 points répartis aléatoirement dans chacune des deux salles.

L'indice d'affaiblissement acoustique R est aussi simulé dans le cas d'un contrôle actif réalisé avec des sources secondaires placées dans la salle d'émission et réparties sur une surface parallèle et proche du séparatif. Chaque source secondaire est associée à un microphone d'erreur placé à une petite distance d selon l'axe z. Le rôle des sources secondaires est d'annuler la pression acoustique créée par la source primaire aux points correspondants aux positions des microphones d'erreur. Une fois, l'amplitude de ces sources secondaires déterminée [1,3], l'indice d'affaiblissement acoustique R se calcule de la même manière que dans le cas passif (sans contrôle) ; la seule différence réside dans la pression acoustique incidente sur la surface excitée de la paroi, qui, dans ce cas résulte de l'action de la source primaire et des sources secondaires. En pratique un système de contrôle actif permet d'obtenir environ 20 dB d'atténuation sur le niveau de pression acoustique des microphones d'erreur, cette limitation de l'efficacité du contrôle actif peut être considérée dans le calcul des amplitudes des sources de contrôle.

3 Résultats du modèle de simulation

Des résultats obtenus avec le modèle de simulation sont présentés dans cette section. Les dimensions (largeur, hauteur, longueur) de la salle d'émission sont de 3x2.4×3 m^3 et celles de la salle de réception de 3x2.4×3.5 m^3. Le coefficient d'absorption des parois des salles de réception et d'émission est pris égal à 0.2, donnant pour ces deux salles un temps de réverbération d'environ 0.4 s. La paroi est composée de 2 plaques de plâtre de 12.5 mm d'épaisseur, de 3x2.4 m^2 (la hauteur de 2.4 m).

3.1 Contrôle actif avec des sources monopolaires

Dans un premier temps, les 9 sources de contrôle sont des monopoles répartis uniformément devant la paroi. Le plan des sources secondaires se trouve à 6 cm de la paroi. Les microphones d'erreur en vis-à-vis de chaque source de contrôle sont dans un plan à 2 cm de la paroi.

La Figure 3 montre le niveau de la pression acoustique sur la surface excitée de la paroi, moyennée sur 4941 points sur un maillage régulier. Tout d'abord on notera que l'efficacité du contrôle actif devient négligeable à partir de 170 Hz. Cette fréquence limite au dessus de laquelle le contrôle actif devient inefficace est obtenu lorsque la demi longueur d'onde acoustique est égale à la distance entre les sources secondaires (ou les microphones d'erreur) ; dans le cas présent cette distance est d'environ 1 m. Lorsque la performance du contrôle actif est limitée à 20 dB sur les 9 microphones d'erreur, le niveau de pression moyen correspondant à l'excitation est aussi diminué de 20 dB. Par contre lorsque le contrôle actif est total ou optimal (sans limitation de performance), le niveau de pression moyen correspondant à l'excitation est diminué d'environ 40 dB en dessous de 170 Hz, alors que le niveau sur les microphones d'erreur est atténué de plus de 250 dB.

Sur l'indice d'affaiblissement montré à la Figure 4, les effets du contrôle actif sont similaires. L'atténuation obtenue sur le niveau de pression moyen correspondant à l'excitation se retrouve directement dans l'amélioration de l'indice d'affaiblissement acoustique R.

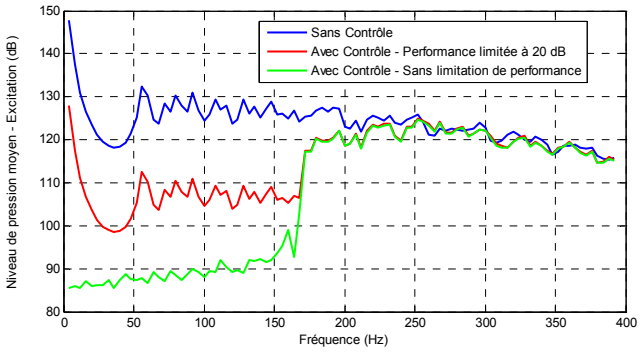

Figure 3 : Niveau de la pression acoustique moyen sur la surface excitée de la paroi.

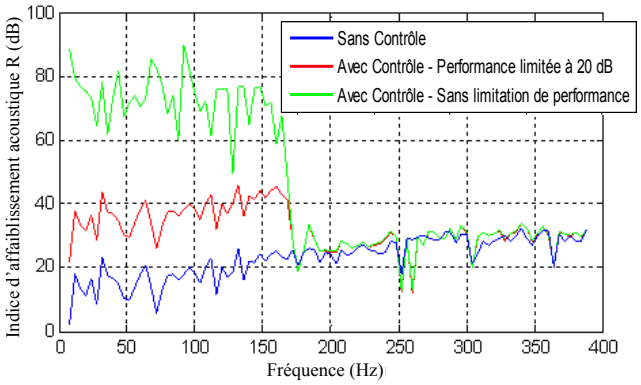

Figure 4 : Indice d'affaiblissement acoustique R sans et avec contrôle actif.

L'effet du nombre de sources de contrôle (et des microphones d'erreur correspondants) est maintenant considéré ; la performance du contrôle actif est limitée à 20 dB. La Figure 5 compare la diminution du niveau de pression moyen correspondant à l'excitation dans le cas de 9 et 20 sources monopolaires de contrôle. Comme attendu, la bande de fréquences pour laquelle le contrôle actif est

efficace est élargie lorsque le nombre de sources de contrôle (et des microphones d'erreur associés) est augmenté, c'est à dire lorsque la distance entre sources de contrôle est diminuée. La limite fréquence passe de 170 Hz pour 9 sources de contrôle (séparées d'une distance d'environ 1 m) à 284 Hz pour 20 sources de contrôle (séparées d'une distance d'environ 60 cm). Les modifications sur l'indice d'affaiblissement acoustique R suivent celles sur le niveau de pression moyen correspondant à l'excitation.

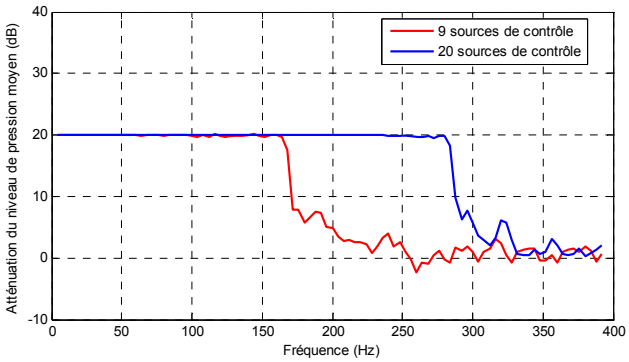

Figure 5 : Atténuation du niveau de pression acoustique moyen sur la surface excitée de la paroi en fonction du nombre de sources de contrôle.

3.2 Paramètres pouvant influencer la performance du contrôle

L'effet du coefficient d'absorption des parois des salles de réception et d'émission est tout d'abord considéré. Un coefficient d'absorption faible de 0.02 puis fort de 0.6 est pris en compte, ces deux valeurs correspondent pour les deux salles (réception et émission) à un temps de réverbération d'environ 4 s et de 0.15 s environ. La performance du contrôle actif utilisant 9 sources secondaires est limitée à 20 dB. La Figure 6 montre que l'absorption des parois a peu influence sur la diminution du niveau de pression moyen correspondant à l'excitation en dessous de la fréquence limite de performance reliée au nombre de sources de contrôle pris en compte (170 Hz dans ce cas). Au dessus de cette fréquence, des fluctuations sont observées plus ou moins importantes suivant que le temps de réverbération est plus ou moins long.

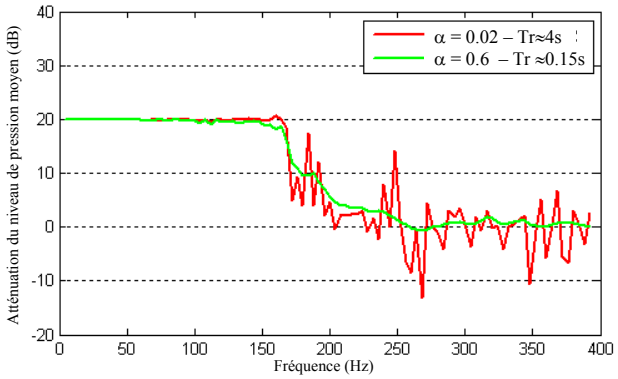

Figure 6 : Atténuation du niveau de pression acoustique moyen sur la surface excitée de la paroi en fonction de l'absorption dans les salles d'émission et de réception.

L'effet sur le contrôle actif de variations de la distance séparant le plan des microphones d'erreur et le plan des sources secondaires, ainsi que des variations du volume de la salle d'émission a été étudié. Ces variations n'ont pas modifiées l'atténuation du niveau de pression acoustique moyen sur la surface excitée de la paroi en dessous de la fréquence limite de performance reliée au nombre de sources de contrôle pris en compte. Ainsi ces variations n'ont pas non plus d'influence sur l'amélioration de l'indice d'affaiblissement acoustique R.

3.3 Contrôle actif avec des sources dipolaires

Le cas de sources de contrôle dipolaire est considéré dans cette section. Chaque source de contrôle dipolaire est composée de deux sources monopolaires en opposition de phase séparées d'une certaine distance selon l'axe z. La distribution dans le plan devant la paroi des sources de contrôle dipolaire est uniforme et identique aux sources de contrôle monopolaires considérées précédemment. Deux distances entre les deux monopoles constituant chaque source dipolaire sont prises en compte : les dipôles dénotés (A) correspondent à une distance entre monopole de 8 cm, et ceux dénotés (B) à une distance de 50 cm.

La Figure 7 montre la diminution du niveau de pression moyen correspondant à l'excitation pour les deux types de sources de contrôle dipolaire considérés ; la performance du contrôle actif utilisant 9 sources de contrôle est limitée à 20 dB. Contrairement au cas des sources secondaires monopolaires, la diminution du niveau de pression moyen sur la surface excitée de la paroi n'est pas égale à 20 dB jusqu'à la fréquence limite de performance (170 Hz pour 9 sources de contrôle). A partir de la fréquence de 50 Hz, des fluctuations de performance sont nettement observées ; la diminution du niveau de pression moyen est plutôt autour de 10 dB dans ce cas. Cet effet est similaire pour les deux types de dipôle pris en compte.

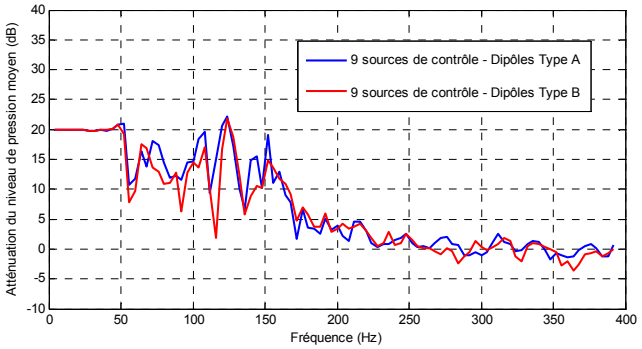

Figure 7 : Atténuation du niveau de pression acoustique moyen sur la surface excitée de la paroi avec deux types de source de contrôle dipolaire.

L'augmentation du nombre de sources secondaires de type dipolaire permet d'améliorer l'efficacité du contrôle actif. Comme le montre la Figure 8, à l'exception de certaines bandes de fréquences étroites, la diminution du niveau de pression moyen sur la surface excitée de la paroi pour un nombre de 20 sources de contrôle secondaire dipolaires est nettement meilleure que celle obtenue avec seulement 9 sources de contrôle. Ce comportement est différent de celui observé pour les sources de contrôle monopolaires. Cependant, la bande fréquence dans laquelle le contrôle actif est efficace est élargie comme dans le cas des sources de contrôle monopolaires.

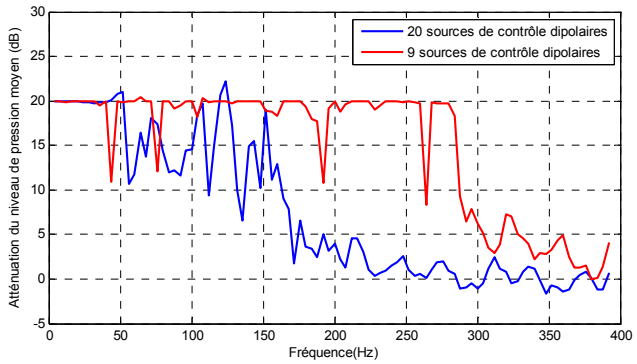

Figure 8 : Atténuation du niveau de pression acoustique moyen sur la surface excitée de la paroi suivant le nombre de sources de contrôle dipolaires.

4 Système expérimental

La demi-cloison légère considérée est composée de deux plaques de plâtre BA13 (épaisseur 12.5 mm), vissées sur une ossature métallique dont les montants sont espacés de 60 cm. Cette demi-cloison a une hauteur de 2.5 m et une largeur de 2.4 m, chaque plaque de plâtre étant de dimensions 2.5x1.2 m^2. Elle est montée dans un mur en bloc de béton séparant la salle d'émission de la salle de réception ; la surface totale de la séparation est de 3x4 m^2. La Figure 9(a) présente une vue de cette séparation depuis la sale de réception. Du côté de la salle d'émission, 16 sources secondaires de contrôle sont montées devant la demi-cloison avec une distribution spatiale de 60 cm dans la direction horizontale et de 62 cm dans la direction verticale. Chaque source secondaire est fabriquée avec un haut-parleur de 21 cm de diamètre monté dans une plaque de bois de taille 30x30 cm^2. De la sorte, ces sources secondaires sont associées à un rayonnement de forme proche de celui d'un dipôle, permettant de réduite le couplage entre cellules voisines (limitant l'interaction entre une source secondaire et les microphones d'erreur voisins). La Figure 9(b) montre les sources secondaires de contrôle devant la demi-cloison du côté émission. Chaque source de contrôle est associée à un microphone d'erreur placé directement sur la demi-cloison (voir Figure 9(c)). La distance entre le plan des sources de contrôle et la demi-cloison, c'est à dire la distance entre une source de contrôle et son microphone d'erreur associé, peut être modifiée en glissant les barres sur lesquelles les sources de contrôle ont attachées.

Dans un premier temps, la salle d'émission était traitée avec des éléments absorbants pour obtenir un temps de réverbération autour de 0.3 s. Le champ acoustique dans la salle d'émission est obtenu avec un haut-parleur placé prés du centre au sol. Cette position de la source d'excitation et les éléments absorbant réduisent la diffusivité du champ acoustique incident sur la demi-cloison. Un bruit blanc entre 50 et 300 Hz est utilisé comme signal d'excitation pour les mesures.

4.1 Algorithme de contrôle

Le contrôle actif est implémenté avec 16 systèmes monocanaux. Le contrôleur utilisé pour ces essais expérimentaux est le système COBRA multicanal et multiprocesseur, permettant un contrôle centralisé ou décentralisé et ayant de très bonnes performances temps réel. L'algorithme de contrôle pour chacun des 16 canaux indépendants correspond au classique contrôleur temps réel par anticipation *(«feedforward» control)* basé sur l'algorithme LMS à référence filtrée *(«Filtered-X LMS algorithm»)* [12]. La fréquence d'échantillonnage était de 3050 Hz, la fréquence de coupure anti repliement était de 500 Hz ; un filtre de 400 coefficients a été sélectionné pour modéliser chacun des chemins secondaires, alors que les filtres de contrôle avaient 300 coefficients. Le coefficient de convergence est le même pour chaque canal de contrôle, et était sélectionné par rapport à la valeur maximale permettant au contrôle de rester stable. Le signal de référence commun à tous les modules de contrôle était le signal électrique d'excitation du haut-parleur (50-300 Hz) ; cependant, le signal d'un microphone placé dans la salle d'émission a aussi été utilisé comme signal de référence. Comme la performance du contrôle actif dépend de la position de ce microphone utilisé pour obtenir le signal de référence, l'utilisation du signal électrique envoyé au haut-parleur permet d'obtenir la meilleure performance du contrôle actif avec une reproductibilité très bonne.

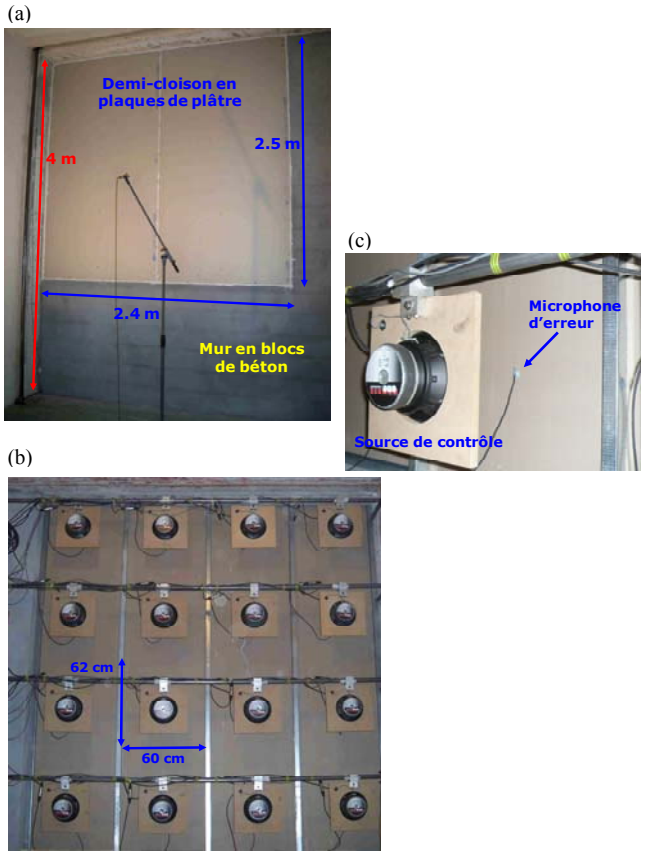

Figure 9 : Vues du mur séparatif (a) depuis la salle de réception (b) depuis la salle d'émission, et (c) vue des sources de contrôle avec leur microphone d'erreur associés.

4.2 Evaluation de la performance du contrôle

Pour évaluer l'efficacité du contrôle, l'intensité acoustique transmise par la demi-cloison dans la sale de réception a été mesurée en se basant sur la norme ISO 15186-2. La performance du système de contrôle actif s'exprime alors comme la différence entre l'intensité acoustique transmise sans et avec contrôle. Le niveau de pression à chacun des microphones d'erreur est aussi mesuré sans et avec contrôle. Des mesures vibratoires avec un vibromètre laser ont permis de vérifier les mécanismes de contrôle.

5 Résultats expérimentaux

Dans cette section, quelques résultats expérimentaux sont présentés.

5.1 Effet de la distance entre les sources de contrôle et la demi-cloison

Dans une première configuration, les sources de contrôle sont positionnées à une distance de 30 cm de la demi-cloison. La Figure 10 donne le niveau de pression moyen sur les 16 microphones d'erreur sans et avec contrôle. Le système de contrôle (multi-mono-canal) est stable et permet une forte diminution du signal des microphones d'erreur. Au dessus de 100 Hz, ce niveau de pression moyen diminue de plus de 15 dB, et de plus de 20 dB au de 130 Hz. En basses fréquences (en dessous de 100 Hz), la performance du contrôle actif est limitée par la performance des sources de contrôle et la réverbération dans la salle d'émission. La Figure 11 montre que l'intensité acoustique transmise est réduite de plus de 10 dB pour les tiers d'octave entre 100 et 250 Hz, avec un maximum de 13 dB au tiers d'octave 200 Hz. L'atténuation globale de l'intensité acoustique transmise entre les tiers d'octave 50 et 315 Hz est de 11 dB(A).

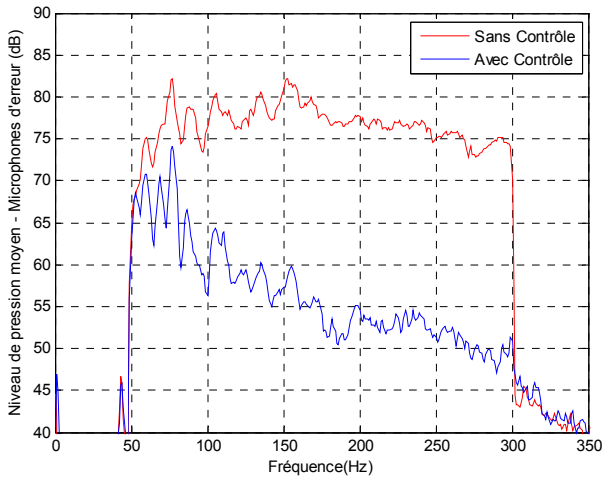

Figure 10 : Niveau de pression moyen aux microphones d'erreur pour les sources de contrôle à 30 cm de la paroi.

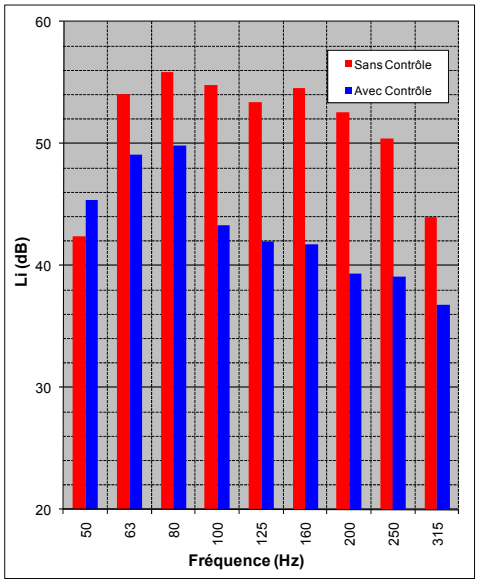

Figure 11 : Intensité acoustique transmise pour les sources de contrôle à 30 cm de la paroi.

La Figure 12 montre que le mécanisme de contrôle correspond bien à une diminution de la vitesse vibratoire de la paroi : l'atténuation obtenue pour l'intensité acoustique transmise suit celle obtenue sur la vitesse quadratique.

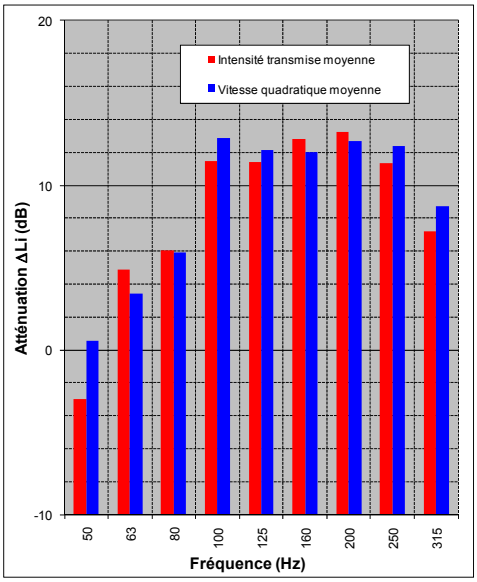

Figure 12 : Atténuation de l'intensité et de la vitesse moyenne pour les sources de contrôle à 30 cm de la paroi.

La distance entre le plan des sources de contrôle et la demi-cloison est modifiée de 20 cm à 40 cm par un pas de 10 cm. La Figure 13 montre l'atténuation de l'intensité acoustique transmise dans la salle de réception, associée au contrôle actif pour les différentes distances considérées.

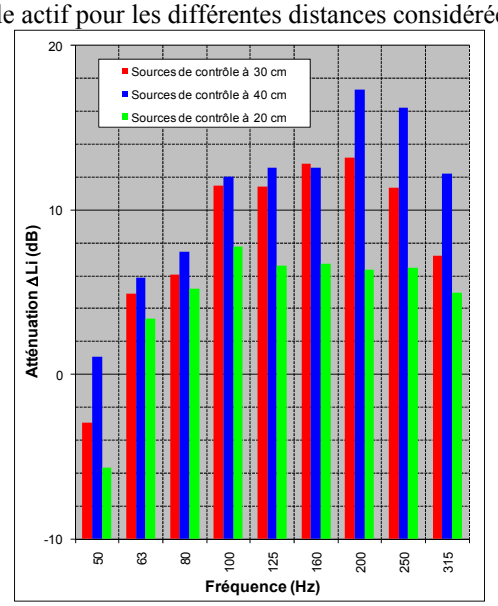

Figure 13 : Atténuation de l'intensité acoustique transmise - Effet de la distance entre sources de contrôle et la paroi.

On notera que l'atténuation du niveau de pression moyen sur les microphones d'erreur ne dépend pas beaucoup de cette distance entre source de contrôle et demi-cloison, sauf au dessus de 200 Hz. Cependant, la diminution de l'intensité acoustique transmise dépend de cette distance : plus les sources de contrôle sont éloignées plus l'intensité acoustique transmise est diminuée. La différence en termes de diminution de l'intensité acoustique transmise entre les distances de 30 et 40 cm est tout à fait notable entre les tiers d'octave de 200 à 315 Hz. Ces résultats confirment ceux obtenus précédemment [7], montrant que pour des sources de contrôle dipolaire, une meilleure performance globale du contrôle est obtenue en éloignant

les sources de contrôle de la paroi. Par contre pour des sources de contrôle monopolaire, l'effet est opposé : les sources de contrôle doivent être placées le plus proches possibles de la paroi.

L'atténuation de l'intensité acoustique transmise entre les tiers d'octave 50 et 315 Hz est de 11 dB(A) pour une distance entre sources de contrôle et paroi de 30 cm, de 13 dB(A) pour une distance de 40 cm et de 6 dB(A) pour 20 cm.

5.2 Autres effets

D'autres effets sur la performance du contrôle actif à réduire l'intensité acoustique transmise ont été étudiés ; notamment le type de signal de référence et le temps de réverbération dans la salle d'émission,

Un microphone a été considéré pour donner un signal de référence à l'algorithme de contrôle ; ce microphone a été placé dans la salle d'émission proche de la source d'excitation. L'efficacité du contrôle utilisant le signal de référence provenant du microphone est généralement plus faible que lorsque le signal d'excitation du haut-parleur est utilisé. De plus la position du microphone donnant le signal de référence est aussi très importante : en basses fréquences le champ acoustique dans la salle d'émission n'est pas uniforme. Si l'atténuation de l'intensité acoustique transmise entre les tiers d'octave 50 et 315 Hz est de 11 dB(A) lorsque le signal d'excitation est le signal de référence, elle est de 9 dB(A) lorsque le signal du microphone dans la salle d'émission est le signal de référence.

Le temps de réverbération est lié à la diffusivité du champ acoustique dans la salle d'émission. De plus, plus le temps de réverbération augmente plus la longueur des filtres utilisés par l'algorithme de contrôle actif doit être importante. L'absorption de la salle d'émission a été modifiée pour doubler le temps de réverbération (passant d'environ 0.4 s à 0.8 s). Les résultats pour le contrôle large bande ont été nettement détériorés. Pour une excitation harmonique (sinus pur), les performances du contrôle actif sont excellentes : atténuation de plus de 35 dB sur les microphones d'erreur et de 13.5 dB sur 'l'intensité acoustique transmise. Ces résultats laissent penser que la limitation observée pour une excitation large bande est associée au contrôleur COBRA utilisé (algorithme et longueur de filtres).

6 Conclusion

Dans cet article, l'amélioration de l'indice d'affaiblissement acoustique d'une demi-cloison (plaques de plâtre sur une ossature métallique) en basses fréquences par un système de contrôle actif est étudiée théoriquement et expérimentalement. Le modèle de simulation a permis d'évaluer l'influence du type de sources de contrôle (monopole ou dipôle), du nombre de sources de contrôle, du temps de réverbération dans la salle d'émission. Le système expérimental combine des haut-parleurs comme source de contrôle de type dipolaire et des microphones pour les signaux d'erreur. Chacune des 16 cellules de contrôle (haut-parleur/microphone) est positionnée régulièrement devant une demi-cloison excitée par un champ acoustique. Le contrôle actif est implémenté par un système monocanal sur chaque cellule. L'influence de la distance entre les sources de contrôle et la paroi, du type de signal de référence, de la réverbération dans la salle d'émission a été étudiée.

Les résultats du modèle de simulation, tout comme ceux obtenus sur le système expérimental montrent que le mécanisme de contrôle actif est basé sur une diminution de la pression d'excitation sur la paroi, induisant une réduction du niveau vibratoire de la paroi, de l'intensité acoustique transmise dans la salle de réception et donc de l'indice d'affaiblissement acoustique.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ANR pour le financement de ce projet, PARABAS (ANR-06-BLAN-0081).

Références

[1] P.A. Nelson and S.J. Elliott, *Active Control of Sound*, Academic Press Limited, London (1992).

[2] P. Sas, C. Bao, F. Augusztinovicz and W. Desmet, "Active control of sound transmission through a double panel partition", *Journal of Sound and Vibration*, 180(4), 609-625 (1995).

[3] J.P. Carneal and C.R. Fuller, "An analytical and experimental investigation of active structural control of noise transmission through double panel systems", *Journal of Sound and Vibration*, 272(3-4), 749-771 (2004).

[4] C. Bao and J. Pan, "Experimental study of different approaches for active control of sound transmission through double walls", *Journal of the Acoustical Society of America*, 102(3), 1664-1670 (1997).

[5] C. Bao and J. Pan, "Analytical study of different approaches for active control of sound transmission through double walls", *Journal of the Acoustical Society of America*, 103(4), 1916-1922 (1998).

[6] L. Gagliadini and P. Bouvet, "DAP : the active controlled double wall", *Internoise93*, (1993).

[7] M. Tarabini, A. Roure, and C. Pinhède, "Active control noise on the source side of a partition to increase its sound isolation", *Journal of Sound and Vibration*, 320(4-5), 726-743 (2009).

[8] P. Jean and J.-F. Rondeau, "A simple decoupled modal calculation of sound transmission between volumes", *Acta Acustica united with Acustica*, 88, 924-933 (2002).

[9] P. Jean, H. Siwiak and G. Joubert, "A decoupled vibro-acoustic development of fem: application to laboratory modelling", *Building Acoustics*, 13, 83-98 (2006).

[10] P. Jean, "Coupling integral and geometrical representations for vibro-acoustical problems", *Journal of Sound and Vibration*, 224, 475-487 (1999).

[11] P. Jean and J. Roland, "Application of the Green Ray Integral Method (GRIM) to sound transmission problems", *Building Acoustics*, 8, 139-156 (2001).

[12] S.J. Elliott, *Signal Processing for Active Control,* Academic Press, New York, (2000).