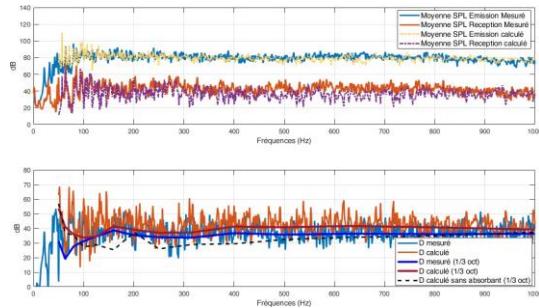
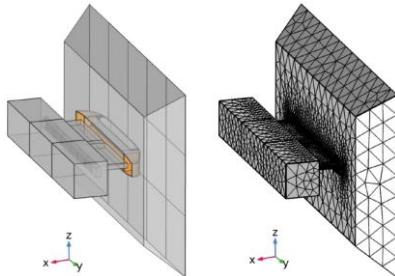


RÉSUMÉ

Année publication : 2025
Version 1

MENUISERIES EXTERIEURES



ÉTUDE ET MODELISATION NUMÉRIQUE DE LA TRANSMISSION ACOUSTIQUE DES ENTREES D'AIR DE FENETRE

Respirer un air sain chez soi ou au travail implique d'aérer efficacement les pièces. Les entrées d'air de fenêtres sont à ce titre largement utilisées. Néanmoins, ces dernières amoindrissent l'isolement acoustique des façades puisqu'elles constituent un chemin privilégié pour le passage du son de l'extérieur vers l'intérieur des bâtis ; l'isolement acoustique d'une fenêtre équipée d'entrée d'air reste bien inférieur à celui d'une fenêtre non équipée. À l'heure où les effets potentiellement néfastes de la pollution sonore pour la santé sont mis en évidence, l'amélioration des performances acoustiques des entrées d'air devient un enjeu majeur. Afin de quantifier ces performances, les fabricants procèdent à des essais en laboratoire permettant la détermination de l'isolement acoustique normalisé. Plusieurs améliorations empiriques telles que l'ajout de blocs de mélamine autour du flux d'air réduisent légèrement la transmission du bruit. Néanmoins, les essais en laboratoire présentent plusieurs sources d'incertitude, notamment en basse fréquence, dépendant des caractéristiques des salles d'essais. En conséquence, la simulation numérique devient une alternative pertinente pour analyser le comportement acoustique d'une entrée d'air : elle permet d'étudier à moindre coût l'influence de divers paramètres sans recourir à la fabrication systématique d'un nouvel échantillon. L'objectif de ce travail de recherche est de construire un modèle numérique capable de prédire l'isolement acoustique normalisé ($D_{n,e}$) d'une entrée d'air. La nécessité de considérer le moyen d'essai complet, c'est-à-dire l'entrée d'air couplée aux chambres d'émission et de réception des laboratoires d'essais, sera mise en évidence. À cette fin, la modélisation numérique proposée s'appuie sur l'approche PTF (Patch Transfer Function), qui est une méthode de décomposition de domaines. Un programme spécifiquement dédié au calcul de la transmission acoustique d'une entrée d'air est développé. Les différents sous-systèmes PTF, la source et les points d'écoute sont définis. Chaque sous-système de géométrie complexe est modélisé par la méthode des éléments finis en considérant les matériaux poreux éventuellement présents. En revanche, les PTF des sous-systèmes de géométrie simple sont obtenues analytiquement par synthèse modale et enrichies à l'aide de solutions quasi-statiques calculées numériquement. Les prédictions du modèle sont comparées à des résultats d'essais ; ces travaux de recherche démontrent in fine la pertinence de ce type d'approche pour améliorer la conception des entrées d'air.

Mots-clés : entrées d'air, isolement acoustique normalisé, méthode PTF (Patch Transfer Function), accélération de convergence, méthode des éléments finis, méthode des matrices de transfert, comparaison calculs-essais.

Pour en savoir plus : www.codifab.fr

Réalisation :

le cnam
Imssc

Financé par :

CODIFAB
Développement des Industries Françaises
de l'Ameublement et du Bois

STUDY AND NUMERICAL MODELLING OF ACOUSTIC TRANSMISSION THROUGH WINDOW AIR INLETS

Breathing clean air at home or in the workplace implies efficient room ventilation. Window air inlets are widely used for this purpose. However, these elements compromise the acoustic sealing of facades since they serve as a preferred pathway for sound transmission from the outside to the interior of buildings. The acoustic isolation of a window equipped with an air inlet remains significantly lower than that of an unequipped window. In an era where the potentially harmful effects of noise pollution on health are being highlighted, improving the acoustic performance of air inlets has become a major concern. To quantify these performances, manufacturers conduct laboratory tests to determine the sound reduction index. Several empirical improvements, such as adding melamine blocks around the airflow, slightly reduce noise transmission. Nevertheless, laboratory tests have various sources of uncertainty, especially at low frequencies, depending on the characteristics of the testing rooms. Consequently, numerical simulation becomes a relevant alternative for analyzing the acoustic behavior of an air inlet, as it allows to explore the influence of various parameters without the need for systematic production of a new sample. The objective of this research is to develop a numerical model capable of predicting the standardized acoustic insulation ($D_{n,e}$ or SRI) of an air inlet. The necessity of considering the complete test setup, i.e., the air inlet coupled with the emission and reception rooms of the testing laboratories, will be shown. To achieve this, the proposed numerical modeling relies on the Patch Transfer Function (PTF) approach, which

is a domain decomposition method. A program specifically dedicated to calculating the acoustic transmission of an air inlet is developed. The various PTF subsystems, including the source and listening points, are defined. Each subsystem with complex geometry is modeled using the finite element method, taking into account any porous materials that may be present. Conversely, PTFs for subsystems with simple geometry are obtained analytically through modal synthesis and enriched using quasi-static solutions calculated numerically. The model

predictions are compared to test results ; this research finally demonstrates the relevance of this approach for improving the design of air inlets.

Keywords : air-inlets, Sound Reduction Index, PTF method (Patch Transfer Function), convergence acceleration, finite element method, transfer matrix method, computational - experimental comparisons.

Réalisation :

le cnam
Imssc

Financé par :

CODIFAB
Développement des Industries Françaises
de l'Ameublement et du Bois

REALISATION

le cnam
lmssc

Le laboratoire de mécanique des structures et des systèmes couplés (Lmssc) est une unité de recherche du Conservatoire national des arts et métiers. Les travaux qui y sont menés concernent le développement de modèles robustes pour la prévision et la réduction des réponses dynamiques de systèmes couplés à l'aide de traitements adaptatifs. Les résultats de ces recherches s'adressent principalement au monde académique, aux centres de recherche et aux services R & D des industries de pointe. Ces activités ont également des retombées sur les enseignements réalisés au sein des différents cursus d'ingénieur du Cnam en mécanique. L'équipe collabore de façon privilégiée avec le milieu aéronautique et spatial, via des contrats de recherche et des bourses de thèses. Le LMSSC participe également à divers projets européens et internationaux. Pour en savoir plus : www.lmssc.cnam.fr

FINANCEMENT

CODIFAB
Développement des Industries Françaises
de l'Ameublement et du Bois

Le CODIFAB, Comité Professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois, a pour mission de conduire et financer, par le produit de la Taxe Affectée, des actions d'intérêt général en faveur des fabricants français de l'ameublement (meubles et aménagements) et du bois (menuiseries, charpentes, panneaux, bois lamellé, CLT, ossature bois, ...). Le CODIFAB fédère et rassemble 4200 PME/ETI et plus de 10000 artisans, représentés par leurs organisations professionnelles :



Les actions collectives ont pour objectif d'accompagner les entreprises de création, de production et de commercialisation par : une meilleure diffusion de l'innovation et des nouvelles technologies, l'adaptation aux besoins du marché et aux normes environnementales, la promotion, le développement international, la formation, et par toute étude ou initiative présentant un intérêt pour l'ensemble de la profession.

Pour en savoir plus : www.codifab.fr