

Titre :

Modélisation et réalisation d'absorbants acoustiques par impression 3D. Étude en incidence normale et application au traitement d'un conduit.

Résumé

Au cours des dernières années, il est devenu possible de réaliser des absorbants acoustiques dont la géométrie était difficile à produire auparavant, grâce au perfectionnement des techniques d'impression 3D. La facilité d'utilisation et les prix abordables de ces techniques permettent d'imaginer la conception de dispositifs absorbants sur mesure pour répondre à une demande spécifique très rapidement. Cela nécessite d'une part de pouvoir imprimer précisément les géométries conçues et d'autre part de pouvoir prédire la performance acoustique des matériaux imprimés dans la configuration souhaitée.

Les objectifs de cette thèse sont d'étudier l'effet de la variabilité des dimensions d'échantillons produits par impression 3D sur la performance acoustique et d'examiner différentes méthodes pour prédire la performance acoustique allant d'approches microscopiques complètes mais coûteuses, à des approches macroscopiques rapides mais simplifiées.

La stéréolithographie a été choisie pour imprimer les échantillons à la suite d'une revue des moyens d'impression évalués dans la littérature. Les géométries étudiées consistent en un empilement de volumes (sphériques ou cubiques), reliés dans les trois directions de l'espace par des canaux à l'image de cristaux cubiques. Une variante à double réseau permet également d'ouvrir quelques pistes en vue d'une optimisation des performances acoustiques. Pour étudier l'effet de la variabilité, un grand nombre d'échantillons a été fabriqué avec différents jeux de paramètres d'impression et les dimensions caractéristiques des échantillons produits ont été mesurées. Un choix judicieux des paramètres permet de réduire la dispersion.

La pertinence d'une approche fluide équivalent est montrée : elle permet de reproduire fidèlement et à coût réduit les résultats d'une approche directe résolvant les équations de Navier-Stokes linéarisées dans les pores des échantillons. Dans cette approche, les paramètres JCAPL des fonctions du fluide équivalent sont identifiés à partir d'un volume élémentaire représentatif de l'échantillon.

Les échantillons sont d'abord étudiés en incidence normale. Le caractère très résonnant des matériaux rend le coefficient d'absorption très sensible à tout écart entre les dimensions cibles et les dimensions effectivement réalisées. Il en est ainsi pour les dimensions intérieures (diamètre des sphères ou des canaux) et pour le diamètre propre de l'échantillon. La nature rigide des échantillons produits par impression 3D rend très délicate leur adaptation stricte au diamètre du tube de Kundt. Les résultats de la mesure et les prédictions sont cependant globalement en bon accord et confirment dans ce cas classiquement traité dans la littérature, la validité du modèle de fluide équivalent.

Des échantillons ont été ensuite réalisés spécifiquement pour être testés en paroi de conduit, par mesure de la perte par transmission. Les résultats expérimentaux confirment là aussi la pertinence de l'utilisation de l'approche fluide équivalent pour prédire les performances de ce type de matériau dans des conditions moins classiques.

Mots clés : Impression 3D, variabilité, matériau acoustique absorbant, perte par transmission, modèle de fluide équivalent

Title :

Modeling and manufacturing of acoustic absorbers using 3D printing. Normal incidence study and application to duct treatment.

Abstract

Conventional rigid porous materials such as wools or foams do not provide effective absorption at low frequencies in complex industrial environments. For these applications, the structures developed are generally quarter-wave resonators or Helmholtz resonators. In recent years, 3D printing techniques have made it possible to produce resonator geometries that were previously difficult to produce. The ease of use and affordability of these techniques means that it is now possible to create tailor-made absorbing devices to meet specific requirements very quickly. This long-term objective requires, on the one hand, validation of the reliability of the dimensions obtained during the production of absorbent structures and, on the other hand, the ability to effectively model a variety of geometries in different contexts.

In this thesis, stereolithography was chosen to print the samples based on literature results. Studies have concluded that it is more accurate for acoustic devices than other techniques. The geometry chosen for this study consists in a stack of volumes (spherical or cubic), connected in the three directions of space by channels in the image of cubic crystals.

A large number of samples were manufactured varying the production parameters in order to measure the variability of the characteristic dimensions of the samples. Among the various modelling approaches presented, the numerical tests carried out led to the choice of equivalent fluid modelling based on the identification of JCAPL parameters. They are identified in a representative volume homogenised throughout the sample. This homogenisation of behaviour is suited to the geometries studied because of their periodic nature. The reaction of the geometries we are considering makes impedance modelling impossible. The samples are first studied at normal incidence, in order to link the variability of realisation to the measured acoustic behaviour. The measurement results and the predictions are in good agreement.

Some samples were made specifically for duct wall measurement, in order to validate the use of the equivalent fluid approach. These tests were also used to confirm the conclusions drawn for normal incidence. The variability of the geometry has a real impact on the acoustic behaviour, but the main problem with rigid 3D printed samples is their adaptation to the measurement benches.

Keywords : 3D printing, absorbing materials, duct wall, variabilities