



Laboratoire **Roberval**
Unité de recherche en mécanique

SEMINAIRE ROBERVAL

Jeudi 04 juin 2015 à 14h30, Salle H224

Modélisation des propriétés multi-échelle et multi-physique de matériaux acoustiques

Camille Perrot

**Laboratoire Modélisation et Simulation Multi Echelle, MSME UMR 8208 CNRS
Université Paris-Est, 5 bd Descartes, 77454 Marne-la-Vallée, France**

Mots clés : Matériaux acoustiques, Matériaux hétérogènes, Méthodes numériques, microstructure,

Résumé

L'objectif de ce travail est de saisir, au travers de développements numériques et sur la base de mesures expérimentales fines, les mécanismes physiques et caractéristiques de la microstructure ayant un effet significatif à l'échelle supérieure du matériau - là où se situent les applications en termes d'ingénierie. Les résultats permettent alors, à partir de considérations multi-physiques, de dégager des nouvelles méthodes d'identification des cellules représentatives. Les approches proposées permettent par ailleurs, par la mise en continuité structure/propriétés/fabrication, d'optimiser des matériaux cellulaires sur la base d'objectifs mécaniques et acoustiques.

La première partie traite des propriétés de transport en grande longueur d'onde et en squelette indéformable. Le concept de chemin critique emprunté à la physique des matériaux hétérogènes est invoqué ici et permet de mettre en évidence, pour une granulométrie continue de pores, la contribution spécifique de certains pores à l'écoulement. On montre alors que des mesures combinées de porosité et de perméabilité permettent d'identifier une taille caractéristique de pores à partir de laquelle une première estimation des propriétés acoustiques peut être obtenue. Un algorithme itératif original est ensuite proposé afin d'améliorer les estimations macroscopiques. Basé sur un contrôle du taux de fermeture des membranes, ce schéma fournit la seconde taille caractéristique importante de la géométrie locale (taille d'interconnexions ou goulot d'étranglement) et pose les bases d'une stratégie d'optimisation de la microstructure.

Dans la deuxième partie, les propriétés élastiques linéaires du milieu homogène équivalent sont estimées à partir de la cellule précédemment reconstruite, au moyen d'une procédure numérique adaptée qui tire avantageusement parti des symétries du problème. Cette modélisation aboutit à la mise en évidence du rôle dominant combiné des membranes et des propriétés élastiques de la matrice de base dans le contrôle de ses modules effectifs. Ces résultats s'avèrent critiques pour les applications impliquant des pertes par transmission, et permettent de disposer d'un lien micro-macro pour l'ensemble des coefficients de Biot - sans avoir recours à des paramètres d'ajustements.

Dans la troisième et dernière partie, on montre que de la modélisation multi-échelle et multi-physique ainsi obtenue, fondée sur une cellule périodique idéalisée, permet de faire émerger les principaux leviers d'optimisation compatibles avec les paramètres d'usine et les contraintes industrielles, et ainsi de guider la fabrication de matériaux poro-élastiques plus performants. 1) A porosité donnée, une première modification de la perméabilité est obtenu par simple homothétie de la cellule de base. 2) Le contrôle de la tortuosité et de la longueur visqueuse s'obtient à l'aide du taux de fermeture de membranes. 3) A morphologie cellulaire donnée, le levier permettant d'abaisser le module élastique du matériau reste la formulation chimique, en ajustant le taux d'isocyanates. La morphologie cellulaire correspondant au jeu de paramètres de transports préconisé pour le matériau sur mesure recherché s'obtient itérativement sur la base de ces principes. Ceci est illustré et discuté à partir d'un exemple industriel.