

Soutenance de thèse présentée par

Hoang Tuan LUU

En vue de l'obtention du grade de :

Docteur en mécanique de l'Université Paris-Est
PhD en génie mécanique de l'Université de Sherbrooke

intitulée,

**Modélisation multi-échelle de la dissipation acoustique dans des textiles
techniques faits de fibres naturelles**

12 décembre 2016, à 13h30,

Université Paris-Est Marne-la-Vallée, bât Lavoisier, salle N20Bis

Après avis favorable des rapporteurs

- Pr. Philippe Leclaire, Université de Bourgogne
- Pr. Saïd Elkoun, Université de Sherbrooke

Devant le jury composé de

- Guy Bonnet, Professeur Émérite, Examineur, Université Paris-Est
- Saïd Elkoun, Professeur, Rapporteur, Université de Sherbrooke
- Philippe Leclaire, Professeur, Rapporteur, Université de Bourgogne
- Vincent Monchiet, MCF HDR, Co-encadrant, Université Paris-Est
- Raymond Panneton, Professeur, Directeur de thèse, Université de Sherbrooke
- Camille Perrot, MCF HDR, Directeur de thèse, Université Paris-Est

Résumé - Ce projet de recherche s'inscrit dans une démarche d'éco-conception de matériaux architecturés à fort potentiel acoustique. On s'intéresse en particulier dans ce travail de thèse à la description des phénomènes de dissipation et de propagation des ondes acoustiques dans un milieu fibreux par une approche multi-échelle et multi-physique. Dans cette étude, il s'agit de décrire les propriétés acoustiques du milieu fibreux à partir d'une description de la géométrie à l'échelle locale de milieux fibreux. Le milieu fibreux est constitué de fibres d'asclépiades, qui sont typiquement des fibres végétales adoptant la forme de longs cylindres. Pour traiter ce problème, la méthodologie employée consiste en quatre étapes principales : (i) caractérisation et modélisation de la géométrie du milieu fibreux; (ii) calcul des paramètres de transport et acoustiques du milieu fibreux reconstruit; (iii) validation expérimentale de propriétés de transport et acoustiques; (iv) évaluation des évolutions de propriétés de transport en fonction des paramètres de la géométrie à l'échelle locale de matériau. En particulier, un modèle isotrope spatialement stationnaire de lignes droites (processus de Poisson) et le tenseur d'orientation angulaire correspondant, constituent des outils de modélisation de la géométrie aléatoire du milieu fibreux permettant de représenter les principales caractéristiques susceptibles d'influencer ses propriétés de transport. Il s'agit ensuite de résoudre les principaux problèmes aux limites gouvernant le comportement acoustique à l'échelle supérieure en appliquant une technique classique d'homogénéisation numérique. On montre dans un premier temps que la méthode développée permet de prédire le comportement en absorption d'un milieu fibreux aléatoire en se basant uniquement sur la description des caractéristiques géométriques du matériau fibreux réel (porosité, rayon de fibres, distributions des orientations angulaires) sans coefficient d'ajustement, validations expérimentales à l'appui. Sur la base de ce travail de reconstruction tridimensionnel, on étudie ensuite systématiquement l'ensemble des phénomènes de transport d'intérêt sur une large gamme de porosité et d'orientations angulaires, de manière à produire des lois qui peuvent être appliquées par la suite par d'autres utilisateurs sur une large gamme de milieux fibreux réels. Finalement, on examine plus particulièrement l'hypothèse classique selon laquelle un milieu fibreux peut être décrit à partir de la moyenne arithmétique du diamètre de ses fibres, afin de cerner les limites de cette approche et ses conditions d'applicabilité lorsque le milieu fibreux présente une distribution étendue de diamètres de fibres ou bimodale.

Abstract - This thesis is concerned with an eco-design approach for architected porous materials (fibers made) with high acoustic potential. The project particularly focuses on asclepias (vegetal) fibers and on the description of dissipation and propagation phenomena of sound waves using homogenization techniques. One begins with the characterization of the fibrous medium by scanning electron microscope images from horizontal and vertical cross-sections of a slab of porous sample. Three-dimensional unit cells of the fibrous samples under study are reconstructed with an isotropic model of straight lines (Poisson processes) and by making use of the concept of angular orientation tensor from the previously identified microstructure characteristics (porosity, fiber radii, angular orientation distributions). The transports and acoustic properties are obtained from numerical computations of unit cell problems (Stokes flow, potential flow and heat conduction) with the Finite Element Method. Validations with experimental data based on permeability and impedance tube measurements are proposed and show a good agreement with the predictive models. The dependence of the effective properties with the geometrical characteristics of the porous microstructure is then analyzed on a large range of porosity (0.75 - 0.99) and explicit relations are provided between the effective acoustic coefficients and the microstructural parameters. The last part of this work is dedicated to the determination of acoustic properties of random fibrous media with bi- and poly- dispersed fiber distribution radii. The results are compared with a corresponding mono- dispersed fibrous material (with a single effective fiber radius) which show no significant difference with the initial distributions when the effective radius is small enough. The results of this thesis also point out that an equivalent mono-dispersed fibrous material fails to represent accurately the transport properties of a random fibrous structure when the latter one is described by a fiber distribution radii tending towards a log-normal distribution.