

Etude théorique des paramètres acoustiques des milieux fibreux obtenus par homogénéisation auto-cohérente

Contexte

Les matériaux biosourcés, tels que les laines végétales (isolants du bâtiment), connaissent un intérêt croissant avec l'instauration de la notion de performance environnementale des produits de construction dans la nouvelle Réglementation Environnementale 2020. En effet, ces matériaux, qui présentent des performances acoustiques similaires aux matériaux conventionnels (laine de roche, de verre, etc.) [Piegay *et al.* 2018], répondent aux enjeux de gestion raisonnée des ressources naturelles et de stockage de carbone atmosphérique. Ces matériaux appartiennent à la famille des matériaux poreux (fibreux). Afin de modéliser leurs performances en absorption acoustique tout en prenant en compte la spécificité de leur microstructure, un modèle d'homogénéisation micro-macro s'appuyant sur une géométrie cylindrique a récemment été développé [Piegay *et al.* 2021]. Il utilise un couplage entre l'homogénéisation des structures périodiques (HSP) et l'homogénéisation auto-cohérente (HAC). Cette méthode conduit à l'établissement de relations analytiques entre les propriétés macroscopiques (coefficient d'absorption acoustique) et des paramètres de leur microstructure tels que le rayon des fibres.

Néanmoins, ces relations contiennent des produits de fonctions modifiées de Bessel de 1^{ère} espèce, I_n et K_n (n étant l'ordre des fonctions), qui conduisent à des formes indéterminées lors du calcul des limites à basses et hautes fréquences. Or, le calcul de ces limites est nécessaire afin d'établir des relations entre les paramètres liés à la modélisation couplée HSP-HAC et les paramètres liés aux modèles de types semi-phénoménologique s'appuyant sur la géométrie des pores et très usités dans la littérature scientifique.

Objectifs

Ce stage, vise à établir, en s'appuyant sur des travaux récents, des relations d'équivalences de produit de fonctions modifiées de Bessel de 1^{ère} espèce, I_n et K_n afin d'étudier leurs comportements asymptotiques ($f \rightarrow 0$ et $f \rightarrow +\infty$). Ces relations seront ensuite utilisées pour simplifier les expressions de perméabilité dynamique (paramètres intrinsèques aux matériaux), liées aux dissipations acoustiques par effets visco-inertiels et thermiques, afin d'établir des expressions analytiques entre les paramètres géométriques caractéristiques des pores (approches acoustiques semi-phénoménologiques) et les paramètres de la microstructure des matériaux (approche couplée HSP-HAC à géométrie cylindrique). Enfin, ces résultats seront analysés et validés par comparaison avec des données issues de caractérisations expérimentales de laines végétales (données disponibles au sein de l'équipe d'encadrement). Toutes les modélisations seront réalisées à l'aide de codes informatiques développés en langage Python.

Encadrement et lieu du stage

Le stage se déroulera au sein de l'UMRAE¹ (Unité Mixte de Recherche en Acoustique Environnementale) de l'agence de Strasbourg (Cerema) et sera encadré par :

- Clément Piégay, Docteur en Acoustique - ITPE – clement.piegay@cerema.fr

[Piegay *et al.* 2018] C. Piégay, P. Glé, E. Gourdon, E. Gourlay et S. Marceau. *Acoustical model of vegetal wools including two types of fibers*. Applied Acoustics, vol. 129, p. 36–46, Janvier 2018.

[Piegay *et al.* 2021] C. Piégay, P. Glé, E. Gourdon, E. Gourlay et S. Marceau. *A self-consistent approach for the acoustical modeling of vegetal wools*. Journal of Sound and Vibration, vol. 495, 115911, Mars 2021.

[Verdier 2021] A. Verdier. *Étude des relations entre les modélisations par homogénéisation auto-cohérente à géométrie cylindrique et les modélisations de type fluide-équivalent*. Mémoire Master 1 ECD mention Génie Civil, ENS Paris-Saclay, août 2021.

[Muzet 2021] J. Muzet. *Theoretical analysis of the relationship between semi-phenomenological acoustic approaches and self-consistent homogenization approaches with cylindrical geometry*. Mémoire Master 1 mathématiques et applications, Université de Strasbourg, août 2021.

¹ <https://www.umrae.fr/>