UMR Acoustique Environnementale

(Université Gustave Eiffel-Cerema)

PROPOSITION DE STAGE 2026

anr agence nationale de la recherche
BIOMETA anr-23-CE22-0012

Sujet de stage

Étude théorique des paramètres acoustiques des milieux fibreux

Niveau recommandé

☒Master (M2) ☐Master (M1) ☒Ingénieur / Engineer ☐Licence / *Bachelor* ☐Bac + 2

Description

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 depuis la mise en place au 1er janvier 2022 de la 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. Dans ce contexte, le projet BIOMETA (Biobased, Ignifugated and Optimized MatErials for Thermal and Acoustical applications), financé par l'Agence Nationale de la Recherche, vise à développer les connaissances sur ces matériaux afin d'étendre les possibilités d'utilisation des laines biosourcées au sein de l'enveloppe des bâtiments, notamment en partie apparente des cloisons.

Ces matériaux appartiennent à la famille des matériaux poreux et 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 et la porosité.

Néanmoins, des relations analytiques restent à établir expressions afin de relier les paramètres de la géométrie des pores (longueurs caractéristiques visqueuse et thermique, tortuosité dynamique) avec les paramètres de la microstructure des matériaux (rayons et longueurs des fibres, porosité).

Les objectifs de ce stage, en lien direct avec le milieu de la recherche, sont :

- Travail bibliographique initial relatif aux modèles analytiques existants de l'absorption acoustique des milieux fibreux. Une présentation non exhaustive peut se trouver dans [Giulio 2024].
- Appropriation du modèle d'homogénéisation auto-cohérente développé dans le cadre de la thèse de Clément Piégay [Piegay *et al.* 2021].
- Simplification des expressions reliant les paramètres de la géométrie des pores (longueurs caractéristiques visqueuse et thermique, tortuosité dynamique) avec les paramètres de la microstructure des matériaux (rayons et longueurs des fibres, porosité) à partir de relations d'équivalences asymptotiques à basse et haute fréquence.

- Analyse et validation des expressions obtenues 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 en langage Python.

Les résultats pourront être étendus à l'impact de la compression des matériaux fibreux en s'appuyant notamment sur les travaux de [Tran 2024].

L'étudiant pourra s'appuyer sur les premiers résultats obtenus lors de précédents stages [Verdier 2021] et [Muzet 2021], ainsi que sur les travaux menés dans la these de Lucien Mutel [Mutel *et al.* 2026].

Références bibliographiques :

[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.

[Tran 2024] Q.V. Tran, C. Perrot, R. Panneton, M.T. Hoang, L. Dejaeger, V. Marcel et M. Jouve. *Effect of polydispersity on the transport and sound absorbing properties of three-dimensional random fibrous structures*. International Journal of Solids and Structures vol. 296, 112840 , Avril 2024

[Giulio 2024] E.D. Giulio, C. Perrot, R. Dragonetti. *Transport parameters for sound propagation in air saturated motionless porous materials: A review*. International Journal of Heat and Fluid Flow, vol. 108, 109426, Juin 2024

[Mutel *et al.* 2026] L. Mutel, C. Piégay, P. Glé, E. Gourdon, C. Segovia, M. Ayadi, *Acoustic modelling of polydisperse vegetal wools: evaluation of analytic methods based on fibre radius distribution measurement.* Applied Acoustics, vol 253, 111384, ISSN 0003-682X, (2026) https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2026.111384

Compétences requises

Connaissances et compétences en mathématiques (développements asymptotiques de fonctions spéciales, détermination de limites), ainsi qu'en programmation scientifique, calcul formel et simulations numériques (Python, Matlab,...). Goût pour application aux phénomènes physiques (acoustique des matériaux biosourcés).

Lieu du stage

☒ **Cerema – Strasbourg** (11, rue Jean Mentelin, Strasbourg-Koenigshoffen, F-67035 Strasbourg)

Durée du stage

Date de début : 01/02/2027
Date de fin :31/08/2027
Durée : 6 mois

Contact

M. Clément PIEGAY
Tél. 07 60 07 08 43
Email : clement.piegay@cerema.fr
www.umrae.fr

Gratification

4,50€ / heure. Indemnité équivalente à 15% du plafond horaire de la Sécurité Sociale, pour un organisme public français. *Compensation equivalent to 15% of the hourly ceiling of the Social Security, for a French public organization.*
https://www.service-public.fr/simulateur/calcul/gratification-stagiaire