

Micro-macro homogénéisation des paramètres mécaniques de matériaux poreux

Un poste de doctorat de trois ans en co-tutelle entre Le Mans Université et la KU Leuven est disponible au LAUM, UMR 6613 CNRS dans le domaine de la micro-macro homogénéisation numérique des matériaux poroélastiques,

Date de début prévue : 1er octobre 2024

Date limite de dépôt des candidatures : 1er juin 2024

Salaire : 2812 € brut (Environ 2250 € net) + Indemnité de mobilité : 600 € brut + Indemnité familiale selon statut : 660 € brut

Temps de travail : 35h par semaine

Quotité de travail : 100% sur le projet

Projet :

Ce projet de doctorat fait partie d'un projet plus large, multidisciplinaire et international intitulé VAMOR : "Vibro-Acoustic Model Order Reduction" (accord de subvention no. 101119903) financé dans le cadre des actions Marie-Sklodowska-Curie Doctoral Networks au sein du programme Horizon Europe de l'Union européenne.

VAMOR contribue à un avenir plus durable et plus silencieux pour l'Europe. La pollution sonore est devenue l'un des principaux facteurs de dégradation de la qualité de vie dans les sociétés européennes. L'ajout de traitements anti-bruit entraîne généralement une augmentation de la masse et/ou du volume utilisé, ce qui nuit à la durabilité des produits concernés, en entraînant par exemple l'alourdissement des véhicules. Pour éviter de telles solutions et rechercher la durabilité et le comportement acoustique optimal des produits, la conception vibro-acoustique doit être poussée plus tôt dans la phase de conception. En outre, la durabilité des produits peut également être améliorée en exploitant les informations contenues dans les ondes sonores émises pendant leur fonctionnement, afin de détecter d'éventuels dysfonctionnements. Dans ce contexte, une modélisation sonore efficace basée sur la physique est un élément clé pour obtenir non seulement des profils acoustiques optimisés et durables grâce à des procédures de conception efficaces, mais aussi des "jumeaux numériques" abordables qui surveillent les performances du produit en temps réel. À cette fin, l'objectif principal de VAMOR est de fournir une formation scientifique de haut niveau et des compétences transférables sur une nouvelle génération de techniques de modélisation vibro-acoustique efficaces, appelées stratégies de réduction de l'ordre du modèle (MOR), à un groupe de candidats au doctorat compétents et performants afin de promouvoir un environnement plus silencieux et plus durable.

VAMOR rassemble un consortium remarquable, qui associe des institutions universitaires de pointe - KU Leuven, Technische Universitaet Munchen (TUM), Technical University of Denmark (DTU), Kungliga Tekniska Hogskolan (KTH), Université du Mans (aussi appelée Le Mans Université), Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) - à des partenaires industriels constamment innovants et variés travaillant sur les logiciels, les matériaux, les tests, la conception et l'amélioration du son (Siemens Industry Software NV, Müller BBM, Trèves), Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) - avec une grande variété de partenaires industriels en constante innovation travaillant sur les logiciels, les matériaux, les essais, la conception et l'amélioration du son (Siemens Industry Software NV, Müller BBM, Trèves, Phononic Vibes, Saint-Gobain Ecophon, Tyréns, Purifi ApS). En déployant un tel consortium intersectoriel et multidisciplinaire, VAMOR garantit la création d'un environnement de recherche coordonné afin de développer et d'exploiter de nouveaux outils pour la simulation efficace du bruit et des vibrations et de promouvoir la durabilité et le confort acoustique des produits.

Vos tâches :

En tant que doctorant.e au sein de ce projet, vous travaillerez sur la modélisation numérique, la conception, la fabrication et la validation expérimentale de matériaux poroélastiques. Pour ce faire :

- Vous étudiez différentes stratégies de modélisation et de réduction de modèles
- Vous étudiez les stratégies d'optimisation potentielles
- Vous concevez et mesurez des prototypes pour valider les modèles.
- Vous identifiez la solution idéale pour des problèmes spécifiques.

Profil :

Si vous vous reconnaissez dans les éléments ci-dessous, vous avez le profil qui correspond au projet et au groupe de recherche :

- Je suis titulaire d'un master en acoustique, en physique, en génie mécanique ou en mathématiques et je n'ai pas de diplôme de doctorat.
- Je maîtrise l'anglais écrit et parlé.
- Je n'ai pas résidé ou exercé d'activités principales (ex : travail, études, etc.) en France (métropolitaine ainsi que les régions et territoires ultrapériphériques) pendant plus de 12 mois au cours des 3 dernières années immédiatement avant la date de recrutement prévue.
- Au cours de mes études ou de mes activités professionnelles antérieures, j'ai acquis une certaine expérience dans au moins un des domaines suivants : principes de l'acoustique, techniques de modélisation numérique ou méthodes expérimentales en acoustique. J'ai un intérêt profond pour ces sujets.
- En tant que chercheur.e, j'effectue des recherches de manière structurée et scientifique. Je lis des documents techniques, je comprends les nuances entre les différentes théories et je mets en œuvre et améliore moi-même les méthodologies.
- Dans des rapports fréquents, variant d'une fois par semaine à une fois par mois, je montre les résultats que j'ai obtenus et je donne une interprétation bien fondée de ces résultats. J'itère sur mon travail et mon approche en fonction des commentaires de mes superviseurs qui orientent la direction de ma recherche.
- Il est important pour moi de travailler en tant que membre actif d'une équipe et je suis impatient de partager mes résultats afin d'inspirer mes collègues et d'être inspiré par eux.
- Au cours de mon doctorat, je souhaite évoluer vers le suivi du projet auquel je participe et représenter le groupe de recherche lors de réunions et de conférences sur le projet. Je vois ces événements comme une occasion de diffuser les résultats de mes recherches.

Offre :

Nous offrons un poste de doctorat de 3 ans entièrement financé à Le Mans Université au Laboratoire d'Acoustique (LAUM) qui est une Unité Mixte de Recherche avec le Centre National de la Recherche Scientifique (UMR 6613 CNRS) basé au Mans, France. Il s'agit d'un diplôme conjoint avec la KULeuven en Belgique. Des mobilités à la KULeuven et chez un partenaire industriel sont à prévoir au cours du doctorat. Les matériaux poroélastiques sont utilisés pour atténuer les énergies acoustiques et élastiques. Cette dissipation d'énergie repose sur des pertes visco-thermiques et viscoélastiques, qui sont inhérentes aux propriétés des matériaux des phases fluide et solide et à leur microstructure. Relier la microstructure au comportement macroscopique des matériaux poroélastiques est donc d'une importance primordiale pour concevoir des matériaux poroélastiques. L'homogénéisation à deux échelles [1,2,3] a été largement utilisée pour dériver les propriétés effectives de ces matériaux bi-phasiques, principalement lorsque le squelette est rigide [4,5]. La présente thèse vise à développer et à promouvoir l'homogénéisation à deux échelles de l'ensemble des matériaux poroélastiques, c'est-à-dire à dériver les propriétés effectives des phases fluide et solide à partir de la microgéométrie. Cette microgéométrie sera ensuite optimisée, graduée ou conçue pour présenter un nouveau comportement dans les matériaux poroélastiques [6]. Dans ce contexte, le candidat utilisera des techniques de réduction de modèle à deux niveaux pour réduire les modèles numériques coûteux. La première partie du travail consistera à réaliser un modèle réduit

d'une cellule élémentaire par une technique de condensation. Cette réduction se fera sur les faisceaux élémentaires de la cellule élémentaire. Une étude de dispersion sera ensuite réalisée pour obtenir les solutions fondamentales (quasi-ondes planes) se propageant dans la structure. Une phase de validation expérimentale, utilisant les bancs d'essais existants, sera ensuite menée sur les structures obtenues par impression 3D. La seconde partie visera à mettre en place un modèle réduit pour un assemblage de nombreuses cellules élémentaires réduites. Les techniques de recyclage de Krylov seront notamment envisagées. Une étude de dispersion sur la structure assemblée montrera si le modèle réduit modifie ou non les propriétés ondulatoires du matériau.

[1] J.-L. Auriault, C. Boutin, and C. Geindreau, *Homogenization of Coupled Phenomena in Heterogenous Media* (ISTE; J. Wiley, 2009).

[2] E. Sanchez-Palencia, *Non-homogeneous media and vibration theory, Lecture notes in physics* (Springer, 1980), Vol. 127, OCLC: 6447016.

[3] A. Bensoussan, J.-L. Lions, and G. Papanicolaou, *Asymptotic Analysis of Periodic Structures* (North-Holland Publishing Company, 1978), Vol. 5

[4] C. Perrot, F Chevillotte, and R. Panneton, Bottom-up approach for microstructure optimization of sound absorbing materials, *J. Acoust. Soc. Am.* 124, 940–948, 2008.

[5] J. Boulvert, T. Cavalieri, J. Costa-Baptista, L. Schwan, V. Romero-García, G. Gabard, E. R. Fotsing, A. Ross, J. Mardjono, and J.-P. Groby, Optimally graded porous material for broadband perfect absorption of sound, *J. Appl. Phys.* 126, 175101, 2019.

[6] T. Frenzel, M. Kadic, and M. Wegener, Three-dimensional mechanical metamaterials with a twist, *Science* 358, 1072-1074, 2017.

Pour plus d'informations sur le poste, veuillez contacter Olivier Dazel (Olivier.Dazel@univ-lemans.fr), Mathieu Gaborit (Mathieu.Gaborit@univ-lemans.fr), Jean-Philippe Groby (Jean-Philippe.Groby@univ-lemans.fr) ou Elke Deckers (elke.deckers@kuleuven.be).

Nous attendons avec impatience votre candidature en ligne comprenant une lettre de motivation, un CV, les diplômes avec les relevés de notes et les coordonnées de deux personnes de référence. Le candidat au doctorat sera sélectionné en deux étapes : évaluation du dossier de candidature et au moins deux entretiens.