

	Projets Etudiants E4/E5 Axe recherche 2025-2026
Version :	Date : 30/09/25
Entreprise ou laboratoire : Laboratoire Modélisation et Simulation Multi Echelle (MSME UMR 8208 CNRS), Université Gustave Eiffel	
Interlocuteur ESIEE Paris : Jean-François Bercher	
Suiveur(s) : Camille Perrot, camille.perrot@univ-eiffel.fr Evangéline Capiez-Lernout, evangeline.capiez-lernout@univ-eiffel.fr ,	

Axe :	Titre : Optimisation des propriétés acoustiques et thermiques de matériaux recyclés		
Domaine(s) du projet : ☒ Informatique ☐ Électronique ☐ e-Santé ☒ Data science et IA ☐ Systèmes Embarqués ☐ Génie Industriel ☒ Énergie ☐ Réseaux ☐ Cyber Sécurité ☐ Communication/Marketing ☐ Autre :			
<u>MOTS CLÉS :</u> Milieux fibreux 3D, Identification des contacts, Séparation des fibres, Descripteurs microstructuraux, Tomographie à rayons-X.			
<u>CONTEXTE DU PROJET :</u> Précisez ici le contexte du projet La crise environnementale et énergétique impose aux secteurs industriels et du transport une réduction significative de la masse des véhicules, ainsi que le recours accru à des matériaux recyclés et recyclables. Toutefois, cette double exigence soulève des défis majeurs en matière de contrôle acoustique. En effet, l'allègement structurel implique une réduction de la masse des matériaux utilisés pour contrôler le champ réverbéré ou transmis des ondes acoustiques, et ce dans un contexte où les contraintes d'encombrement deviennent de plus en plus strictes. Or, l'usage de matériaux recyclés et recyclables engendre une plus grande variabilité dans les matières, ce qui a pour effet d'accroître le caractère hétérogène et anisotrope des matériaux manufacturés. Pour pallier cette double contrainte de réduction de masse et d'augmentation de l'hétérogénéité locale, le développement d'une compréhension fine des mécanismes physiques gouvernant les propriétés physiques d'intérêt apparaît essentielle. Plus particulièrement, l'analyse fine des comportements élasto-acoustiques et thermiques est			

requis pour concevoir des solutions innovantes conciliant légèreté, performance acoustique et durabilité environnementale.

COMPÉTENCES DÉVELOPPÉES :

Mathématiques, informatique, physique
Développement d'outils numériques de simulation en 3D
Gestion de projet
Outils de CAO / DAO
C / C++ / Python / Matlab
Logiciels de modélisation et simulation
Anglais maîtrisé

RÉSULTATS ATTENDUS :

Pour répondre à la **problématique** scientifique, technique et industrielle, soulevée par la décarbonation du secteur des transports, on cherchera à identifier les principales caractéristiques microstructurales gouvernant les propriétés physiques d'intérêt (acoustique, mécanique, thermique) à l'échelle macroscopique. La question de départ peut alors être formulée de la manière suivante : Quels sont les volumes élémentaires représentatifs (VERs) pertinents pour décrire ces propriétés dans un milieu fibreux polydispersé, localement hétérogène et anisotrope ?

L'hypothèse formulée dans cette proposition de recherche est qu'il soit possible (1) d'identifier les longueurs caractéristiques locales ainsi que les mécanismes prépondérants gouvernant les propriétés a) de propagation des ondes élasto-acoustiques b) de transferts thermiques et c) de tenue mécanique dans des matériaux fibreux polydispersés, aléatoires et localement hétérogènes grâce à une **analyse multi-échelle** reposant sur un dialogue continu entre simulations numériques, caractérisations expérimentales fines et procédés de fabrication ; (2) d'exploiter ces connaissances pour l'optimisation des propriétés effectives des matériaux (3) de concevoir et *in fine* de fabriquer des prototypes de non-tissés répondant aux contraintes manufacturières et environnementales tout en présentant des performances prometteuses.

L'objectif principal de ce projet E4/E5 est de contribuer à la caractérisation des propriétés morphologiques du réseau fibreux en utilisant des méthodes avancées de traitement d'images, appliquées à des données obtenues par microtomographie axiale à rayons-X. On pourra en particulier s'intéresser aux caractéristiques morphologiques suivantes du réseau de fibres : (i) liaisons entre fibres (avec une attention particulière aux aires de contact) ; (ii) densité de connections (nombre de liaisons par unité de volume) ; (iii) distributions de longueurs et de diamètres des fibres (iv) distribution des orientations angulaires ; (v) rayons de courbures, forme des sections.

LIVRABLES :

Précisez ici les livrables que vous souhaitez obtenir.

1. Lecture de l'article de référence, prise en mains du sujet
2. Implémentation de l'algorithme, par étapes clés
 - 1) Etape 1, séparation des fibres
 - 1.1 Calcul des longueurs de cordes
 - 1.2 Orientation locale
 - 1.3 Angle de décalage
 - 1.4 Seuillage et labellisation
 - 2) Etape 2, Reconstruction des fibres
 - 2.1 Dilatations longitudinales et isotropes
 - 2.2 Points multiples
 - 3) Etape 3, Analyses géométriques
 - 3.1 Orientation moyenne d'une fibre
 - 3.2 Rayon moyen
 - 3.3 Identification des contacts
- Commenter les principales parties du code, et leurs fonctionnalités
- Visualisation et analyse des résultats sur des cas tests de petites dimensions
3. Choix des paramètres de l'algorithme à partir de milieux synthétiques
4. Identification des limitations de la méthode
5. Evaluation de la robustesse (fonction de la qualité de l'image, de ses paramètres morphologiques)
6. Génération de géométrie théoriques permettant de tester certaines fonctionnalités avancées
7. Synthétiser les observations sous forme de guide d'utilisation de l'algorithme (conditions optimales)
8. Application de l'algorithme à des cas réels variés, résultats et discussions
9. Optimisation des performances, calcul parallèle
10. Application aux matériaux en cours de développement
11. Comparaison à des résultats obtenus par d'autres techniques expérimentales
12. Rédaction des annexes techniques
13. Contribution à la rédaction d'une publication

MATÉRIELS NÉCESSAIRES :

Développement suggéré des algorithmes en utilisant Matlab, les bibliothèques de traitement d'image et de calcul parallèle (licences disponibles à l'université); ou équivalent.

Rédaction du rapport au format LaTeX sous Overleaf.

Utilisation des stations de calcul du laboratoire pour les cas nécessitant des ressources importantes.

BIBLIOGRAPHIE :

Depriester, D., Rolland du Roscoat, S., Orgéas, L., Geindreau, C., Levrard, B., & Brémond, F. (2022). Individual fibre separation in 3D fibrous materials imaged by X-ray tomography. *Journal of microscopy*, 286(3), 220-239.

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