

Offre de thèse de doctorat :

Modélisation de la relation microstructure-rhéologie dans les suspensions de fibres flexibles

Contexte :

Le projet FIBFLEX, financé par l'ANR (<https://anr.fr/Projet-ANR-24-CE51-6844>), s'intéresse au lien entre microstructure et rhéologie pour des suspensions de fibres flexibles à l'aide d'études expérimentales, numériques et théoriques. Les écoulements de ces systèmes complexes sont rencontrés dans de nombreux domaines industriels, biologiques et naturels. Par conséquent, la compréhension et la caractérisation de leur écoulement sont très importantes pour la production de matériaux composites et l'utilisation des ressources naturelles (polymères renforcés de fibres, composites à matrice métallique/céramique, fibres naturelles dans la fabrication du papier...).

Dans chacun des domaines d'application susmentionnés, la modélisation et la simulation de l'écoulement des suspensions de fibres au cours du processus de production est une étape cruciale pour optimiser les propriétés physiques de la pièce finale (propriétés mécaniques, conductivité thermique et électrique...) et/ou pour réduire ses coûts de production et l'utilisation des ressources naturelles. Le facteur le plus important pour améliorer les propriétés physiques de ces matériaux est la microstructure des particules induite par l'écoulement. Il est donc nécessaire d'étudier la dynamique des fibres dans l'écoulement. Les particules dans les suspensions de fibres courtes restent rigides et droites. Cependant, un gain de propriétés considérable peut être obtenu en augmentant la longueur des fibres. Mais si une fibre est supposée longue, elle peut présenter une flexion pendant l'écoulement. Par conséquent, la compréhension des phénomènes régissant l'écoulement des suspensions de fibres flexibles est une condition préalable à l'élaboration d'outils de modélisation et d'optimisation précis. C'est en lien avec le volet théorique du projet FIBFLEX que ce travail de thèse est proposé.

Après avoir fait un état de l'art, le/la doctorant.e aura pour mission d'établir des lois de comportement rhéologique pour des suspensions de fibres souples par une approche basée sur la théorie cinétique. En se référant aux résultats des études expérimentales et numériques, il faudra identifier un potentiel de courbure pour décrire correctement la flexibilité des particules. Une loi de comportement inclura une expression du tenseur des contraintes couplée à une équation d'évolution de la microstructure. Le changement d'échelle implique la mise en place d'approximations de fermeture à développer à l'aide de la théorie des invariants/valeurs propres ou de réseaux neuronaux. Ces différents modèles serviront à déterminer des propriétés rhéologiques macroscopiques et seront ensuite implantés dans un logiciel de calcul d'écoulements dans des géométries complexes. En parallèle, la personne recrutée sera également impliquée dans le projet FIBFLEX (réunions scientifiques/d'avancement) et devra communiquer sur ses résultats (conférences/articles scientifiques).

Profil recherché :

- Titulaire d'un diplôme de Master ou d'Ingénieur en mécanique et/ou mathématiques appliquées
- Des compétences en méthode des volumes finis, en théorie cinétique, en programmation C++/Matlab et mécanique des milieux continus seraient appréciées
- Personne motivée, faisant preuve de rigueur, de curiosité scientifique, d'un bon esprit d'analyse et du sens de la communication
- Français et anglais courant

Conditions d'embauche :

- Contrat doctoral d'une durée de 36 mois financé par l'ANR dans le cadre du projet FIBFLEX
- Salaire brut d'environ 2200€/mois
- Démarrage octobre ou novembre 2025

Encadrement et localisation :

Les travaux seront dirigés par Julien Férec (Professeur des Universités - Université Bretagne Sud), Gilles Ausias (Professeur des Universités - Université Bretagne Sud) et Luisa Silva (Professeur des Universités - Ecole Centrale Nantes).

Le poste sera basé à l'Institut de Recherche Dupuy de Lôme (IRD L - UMR CNRS 6027 - <https://www.irdl.fr/>) sur le site lorientais avec quelques déplacements à prévoir à Nantes.

Le.la candidat.e devra obtenir au préalable l'autorisation de travailler en Zone à Régime Restrictif (ZRR).

Pour plus d'informations, veuillez contacter Julien Férec (julien.ferec@univ-ubs.fr).

Pour candidater, veuillez adresser par courriel à J. Férec votre dossier comprenant :

- un CV
- une lettre de motivation
- deux lettres de recommandations
- les relevés de notes des niveaux Licence L3, Master M1 et M2 ou bien des 3 années d'école d'ingénieur

PhD offer:

Modelling microstructure-rheology relationship in flexible fiber suspensions

Context:

The FIBFLEX project, funded by the ANR (<https://anr.fr/Projet-ANR-24-CE51-6844>) focuses on the link between microstructure and rheology for flexible fiber suspensions using experimental, numerical and theoretical studies. The flows of these complex systems are encountered in many industrial, biological and natural fields. Therefore, understanding and characterizing their flow is very important for the design of composite materials and the use of natural resources (fiber-reinforced polymers, metal/ceramic matrix composites, natural fibers in papermaking, etc.).

In each of the above-mentioned application areas, modeling and simulation of the flow of fiber suspensions during the production process is a crucial step to optimize the physical properties of the final part (mechanical properties, thermal and electrical conductivities, etc.) and/or to reduce its production costs and the use of natural resources. The most important factor to improve the physical properties of these materials is the flow-induced particle microstructure. Therefore, it is necessary to study the dynamics of fibers in the flow. Particles in short fiber suspensions remain rigid and straight. However, a considerable gain in properties can be obtained by increasing the fiber length. But if a fiber is assumed to be long, it may exhibit bending during flow. Therefore, understanding the phenomena governing the flow of flexible fiber suspensions is a prerequisite for the development of accurate modeling and optimization tools. This PhD work is proposed in connection with the theoretical component of the FIBFLEX project.

After conducting a state-of-the-art review, the doctoral student will be tasked with establishing rheological behavior laws for flexible fiber suspensions using an approach based on kinetic theory. Referring to the results of experimental and numerical studies, a curvature potential will need to be identified to correctly describe the flexibility of the particles. A constitutive law will include an expression for the stress tensor coupled with a microstructure evolution equation. The change of scale involves the establishment of closure approximations to be developed using invariant/eigenvalue theories or neural networks. These different models will be used to determine macroscopic rheological properties and will then be implemented in CFD software to simulate the flow in complex geometries. In parallel, the recruited person will also be involved in the FIBFLEX project (scientific/progress meetings) and will have to communicate on their results (conferences/scientific articles).

Candidate profile:

- Must have graduated with a Master's degree in mechanics and/or applied mathematics
- Skills in finite volume methods, kinetic theory, C++/Matlab programming, and continuum mechanics would be appreciated
- Self-motivated person with rigor, scientific curiosity, good analytical skills, and strong communication skills
- Fluent in French and English

Hiring conditions:

- 36-month doctoral contract funded by the ANR (French National Research Agency) as part of the FIBFLEX project

- Gross salary of approximately €2,200/month
- Starting October or November 2025

Supervision and location:

The work will be supervised by Julien Férec (Professor - Université Bretagne Sud), Gilles Ausias (Professor - Université Bretagne Sud), and Luisa Silva (Professor - École Centrale Nantes).

The position will be based at the Dupuy de Lôme Research Institute (IRD L - UMR CNRS 6027 - <https://www.irdl.fr/>) in Lorient, with some travel to Nantes.

The candidate must first obtain authorization to work in a Restricted Regime Zone (ZRR). For more information, please contact Julien Férec (julien.ferec@univ-ubs.fr).

To apply, please email J. Férec your application, including:

- a CV
- a cover letter
- two letters of recommendation
- grades transcripts of the last year of Bachelor's and 2 years of Master's studies