

Transition d'échelle d'écoulements transitoires dans des structures fibreuses multi-échelles pour la modélisation stochastique de l'élaboration par infusion de structures composites

Directeurs de thèse : Pr. J. Bruchon & S. Drapier (SMS & LGF UMR CNRS 5307, Mines Saint-Etienne)

Les procédés basés sur l'infusion de résine sont des voies prometteuses pour la production de structures composites primaires. Cependant, la fabrication de telles structures pour l'aéronautique reste un défi qui nécessite un saut en termes de qualité, pour atteindre l'objectif de 1% de vide maximum visé dans des cadences de production toujours plus élevées (60 avions par mois en 2020/25 pour la prochaine génération de monocouloir). Leader mondial de la production de matériaux composites pour l'aéronautique, Hexcel finance une chaire industrielle de 2,2 M€ aux Mines Saint-Etienne, partenaire de longue date, pour développer des modèles de simulation de pointe pour le secteur de l'aéronautique. Depuis 2015, des développements indispensables pour la mise en place de modélisations numériques et expérimentales robustes des phénomènes hydro-poro-mécaniques sous-jacents en jeu ont été réalisés dans cette Chaire, et vont nous permettre désormais de mieux comprendre la physique des flux des écoulements dans les architectures multi-échelles fibreuses.

En effet, un effort continu au cours des dernières années a permis de mettre en place un cadre holistique unique pour modéliser ces procédés (voir <https://www.mines-stetienne.fr/en/author/drapier/research-topics/>) qui peuvent être vus comme une résine polymère imprégnant des préformes orthotropes hautement déformables subissant des transformations finies sous l'effet des forces de pression de fluide externe (atmosphère) et interne (résine). Grâce aux schémas numériques stabilisés développés, la représentation des écoulements transitoires couplés se combinant étroitement à travers les échelles (Stokes, Darcy, effets capillaires) est maintenant bien assise.

L'objectif de ce travail de thèse est double : 1/ mettre en place une approche **physiquement fondée** des **écoulements** en jeu en vue d'opérer une **transition** de l'échelle des **fibres** vers l'échelle du **pli** puis l'échelle macro, à travers une approche **multi-échelle** de l'écoulement fluide dans le **réseau orthotrope fibreux** dense considéré, et 2/ utiliser des techniques d'**apprentissage informatique** pour alimenter des modèles **stochastiques** dont la **variabilité** est représentative de la réalité industrielle.

Le travail de thèse devrait donc débiter par la mise en place de simulations en champ complet de l'écoulement dans des **microstructures**, incluant les effets de la **tension superficielle**, dans des régimes **saturés** et **transitoires**, pour modéliser les écoulements dans des mèches de fibres (**plis**) ainsi qu'entre les régions de transition des plis d'orientation différente. Les techniques d'**homogénéisation** seront d'abord établies dans un cadre rigoureux, basées sur des travaux récents dans le domaine des écoulements en **milieux poreux**, pour estimer les **perméabilités** et les pressions **capillaires** dans les mèches. Les **surfaces de réponse** des modèles seront également calculées, en particulier pour les zones de transition entre les mèches de fibres. Dans les deux cas, les caractéristiques résultantes seront utilisées pour alimenter des simulations à l'échelle supérieure où des **milieux homogènes équivalents** régis par une réponse de type **Darcy** sont considérés. Ensuite, une **approche complémentaire** pourra consister à considérer, dans les simulations en champ complet, des **distributions stochastiques** des propriétés issues de **désordres** à l'échelle des fibres et des mèches ou de toute autre source de variabilité liée au procédé. Enrichis de données **expérimentales** intrinsèquement **variables**, ces résultats alimenteront des **systèmes d'apprentissage** pour produire des **modèles équivalents stochastiques** qui pourront être interrogés à la volée dans des simulations macroscopiques.

Partenaire : Hexcel Corporation.

Profil recherché :

1 - mécanique ou physique appliquée (solide, fluide, milieux poreux), mathématiques appliquées,

2 - compétences numériques.

Des compétences en programmation C++/HP Informatique et stochastique seront un plus.

Les candidats doivent parler couramment l'anglais, si le français n'est pas maîtrisé.

Financement : contrat à durée déterminée de 3 ans à 1600 € de salaire net par mois (y compris les assurances sociales).

Recrutement : les candidatures continues seront examinées jusqu'à ce que les candidats appropriés soient nommés.

Les candidatures (CVs+transcription des enregistrements+références) doivent être envoyées directement au Prof. J. Bruchon bruchon@emse.fr