

Post-doctorat 12 (+3) mois à Mines Saint-Étienne : *Modélisation numérique des interactions fluide - milieux poreux dans les procédés par infusion/filtration pour les composites à matrice céramique* - SAINT-ÉTIENNE, FRANCE

L'École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne (Mines Saint-Étienne), École de l'Institut Mines Télécom (IMT), sous tutelle du Ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance est chargée de missions de formation, de recherche et d'innovation, de transfert vers l'industrie et de culture scientifique, technique et industrielle.

Mines Saint-Étienne représente : 2 200 élèves-ingénieurs et chercheurs en formation, 400 personnels, un budget consolidé de 46 M€, 3 sites sur le campus de Saint-Étienne (Région Auvergne Rhône-Alpes) d'environ 26 000 m², le campus Georges Charpak Provence à Gardanne (Région Sud) d'environ 20 000 m², 6 Unités de de recherche, 5 centres de formation et de recherche, un centre de culture scientifique technique et industrielle (La Rotonde) de premier plan national (> 40 000 visiteurs). Mines Saint-Étienne a des projets de développement sur Lyon, notamment sur le Campus Numérique de la région Auvergne-Rhône-Alpes et de nombreuses collaborations à l'international. Le classement du Times Higher Education (THE), nous place en 2021 au niveau mondial dans la gamme 301–400 dans le domaine de l'Engineering (6^{ème} école d'ingénieurs en France et 1^{er} établissement dans ses deux régions d'appartenance) ainsi que dans les domaines Computer Science (501-600) et Physical Sciences (601-800).

L'équipe MPE (Mécanique et Procédés d'Élaboration directe) est l'une des quatre équipes de recherche de LGF, et également l'un des trois départements du centre SMS (Sciences des Matériaux et des Structures), entité d'enseignement et de recherche propre aux Écoles des Mines. En cohérence avec la dynamique mise en place *via* des thématiques de Leadership portées par l'IMT, notamment sur les « Transformations industrielles » (Matériaux à haute performance et éco-matériaux, Fabrication avancée) et les « Transformations numériques » (Intelligence artificielle), le département MPE structure des activités de recherche autour de procédés innovants et écoresponsables. Il s'agit principalement, d'une part, du procédé de frittage par chauffage micro-ondes, utilisé pour l'élaboration de matériaux céramiques et multi-matériaux, et d'autre part de procédés par infusion de résine permettant l'élaboration de matériaux composites structuraux à matrice organique. Le développement de modèles physiques et mécaniques, ainsi que celui de méthodes de simulation numérique performantes, est un élément central des activités de MPE, qui, couplé à des approches expérimentales avancées, permet la compréhension de la relation entre procédés d'élaboration directe et structures / microstructures qui en découlent.

Contexte

Les procédés de fabrication basés sur l'infusion d'un liquide dans des préformes fibreuses sont très répandus dans l'industrie des composites, et pourtant encore difficile à maîtriser. Pour les composites à matrice céramique tels que développés par Safran Ceramics pour l'industrie aéronautique, ce fluide est une suspension chargée de particules céramiques qui sont déposées dans le réseau fibreux, à 2 échelles d'observation (mèches de fibres et préformes), au cours d'un processus long et énergivore. Cet écoulement conduit à la formation de lits de particules denses, ou "gâteaux", qui sont ensuite frittés pour obtenir des composants CMC à haute valeur ajoutée.

La formation du "gâteau" est une étape très particulière et délicate qui peut être considérée comme la filtration d'une suspension dans une couche poreuse, dont la perméabilité change progressivement de quelques dizaines de décades au fur et à mesure que les particules sont déposées et compactées par le flux, typiquement de 1E-2 m² à 1E-18 m². De plus, ce gâteau change de topologie au cours du temps, devenant de plus en plus épais, et conduisant, pour des géométries complexes, à des zones où le fluide ne quasiment plus circuler, formant ainsi des zones sèches. Il ne fait aucun doute que seules des expériences numériques peuvent conduire à un réglage fin de ce type de processus coûteux pour garantir des microstructures optimales. Mais modéliser cette filtration ainsi que les changements topologiques associés, à 2 échelles d'observation, est un véritable défi.

Objectifs du post-doc

Notre équipe de recherche MPE dédiée à la mécanique et aux procédés d'élaboration directe a mis en place depuis quelques années des approches innovantes de couplage fluide-solide-poreux en régime transitoire, notamment à destination des procédés d'élaboration par infusion pour les structures composites. Ces méthodes devront être enrichies pour aborder ces nouveaux procédés où la filtration joue un rôle prépondérant.

Les premiers temps de ce post-doc seront consacrés à un état de l'art des modélisations des procédés impliquant une filtration et des changements topologiques. En parallèle, en se basant sur les capacités existantes dans le code de calculs par éléments finis Zset, ce post-doc consistera à poser le cadre numérique approprié pour modéliser les interactions Stokes (suspension) - Darcy (gâteau), avec la zone de Darcy délimitée géométriquement par une *Level-Set* liée au champ de concentration des particules. De plus, la perméabilité de Darcy changera en fonction de la concentration. En ce qui concerne les fortes modifications physiques et topologiques subies, cela nécessite de mettre en place d'abord des cas-tests de plus en plus complexes. Ensuite, les formations de gâteaux seront modélisées à l'échelle des mèches de fibres et des préformes, en s'appuyant sur des représentations équivalentes de milieux poreux. On pourra éventuellement extraire certaines évolutions de la perméabilité – changement d'échelle - par des méthodes de science des données (IA).

Profil recherché

Le candidat retenu sera intégré dans une équipe existante impliquant des doctorants, des enseignant-chercheurs et des ingénieurs. Les connaissances et compétences requises sont :

1. Doctorat en mécanique/physique numérique, fluide/transfert, ou dans un domaine connexe ; diplôme ou avis positif des rapporteurs exigé au moment de la prise de poste
2. Expérience de travail sur le couplage fluide-milieu poreux et/ou *Level-Set* et méthodes numériques associées.
3. Aisance avec la modélisation numérique
4. Familiarité avec les méthodes numériques pour les fluides et le transport, et si possible le C++.

Détails et contact

Le poste doit être pourvu au plus tard en décembre 2021 pour une période d'un an, avec une extension potentielle de 3 mois en fonction de l'avancement du travail. Les candidatures seront examinées immédiatement et acceptées jusqu'à ce que le poste soit pourvu. Le salaire dépendra de l'expérience, avec un minimum de 2400€ net/mois.

Ces missions s'exerceront sur le Campus de Saint-Etienne (42) de Mines Saint-Etienne

Les candidats intéressés doivent soumettre un CV, une lettre de motivation décrivant leur expérience et leurs intérêts en matière de recherche, ainsi que les noms et adresses électroniques de leurs références :

Les dossiers de candidature sont à déposer sur la plateforme RECRUITEE le 15/10/2021 au plus tard URL de dépôt de candidature :

<https://institutminestelecom.recruitee.com/o/postdoctorat-cdd-12-3-mois-a-mines-saintetienne-modelisation-numerique-des-interactions-fluide-milieux-poreux-dans-les-procedes-par-infusionfiltration-pour-les-composites-a-matrice-ceramique-saintetienne-france>

Pour en savoir plus

Prof. S. Drapier, Départ. Mécanique et Procédés d'Elaboration directe, Centre SMS & LGF UMR CNRS 5307
École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne <http://www.emse.fr>

Tel : (+33) (0)4-77-42-00-79 / (+33) (0)6-16-68-19-83

Mel : drapier@emse.fr

Pour tout renseignement administratif, s'adresser à :

Amandine HIRONDEAU, Tel + 33 (0)4 77 42 01 03, Mel: hirondeau@emse.fr