



Stage de Master M2

Objectif :

Simuler par éléments finis, l'écoulement par capillarité d'un fluide visqueux dans une microstructure modèle représentative.

Durée : 6 mois

Contact :

Julien Bruchon (bruchon@emse.fr), Cécile Mattrand (cecile.mattrand@sigma-clermont.fr)

Contexte :

L'imprégnation par du café d'un morceau de sucre placé dans une cuillère, est un exemple tiré du quotidien d'un écoulement capillaire survenant en présence de trois phases, un liquide, un gaz (l'air) et un solide. Le liquide s'écoule, formant un certain angle avec le solide, jusqu'à atteindre un état d'équilibre. Ces effets capillaires jouent un rôle important dans certains procédés d'élaboration, notamment de matériaux composites. L'École des Mines de Saint-Étienne, et plus particulièrement l'équipe Mécanique et Procédés d'Élaboration directe (MPE) travaille en partenariat avec la société Hexcel sur la simulation de l'élaboration de composites structuraux pour l'aéronautique. Une partie de cette recherche porte sur la prise en compte des effets capillaires afin d'évaluer leur impact sur les temps de cycle (approche macroscopique) et la formation de porosité (approche microscopique). Dans ce dernier cas, il s'agit de simuler l'écoulement d'une résine entre des fibres (la microstructure). Jusqu'à présent, seules des microstructures très simples (composées de quelques cercles (2D) ou cylindres (3D)) ont été envisagées. D'autre part, des chercheurs de Sigma-Clermont développent une activité de recherche en modélisation numérique de microstructures au laboratoire Institut Pascal (thème Matériaux Innovants (Mat Inn) de l'axe Mécanique, Génie Mécanique, Génie Civil, Génie Industriel (M3G)). Il s'agit de prendre en compte les paramètres morphologiques des phases en présence (par exemple taille et géométrie des pores) ainsi que leurs variabilités. Les premières applications de ces travaux ont porté sur des matériaux composites à fibres naturelles (fibres de lin).

L'objectif de ce stage est de combiner les outils de génération de microstructures et de simulation d'écoulements capillaires, afin, in fine, d'en déduire des grandeurs macroscopiques (probabilité d'apparition de bulles d'air, temps de remplissage) en fonction des paramètres morphologiques.

Contenu et déroulement du stage :

Après une revue bibliographique sur la simulation de microstructures et la simulation des effets capillaires, l'étudiant prendra en main ces deux aspects. Il s'agira d'une part de définir les propriétés de la microstructure que l'on souhaite simuler, et d'autre part de simuler des écoulements capillaires en milieu simple, afin de se familiariser avec les spécificités de ce type de simulations. Ensuite, le code éléments finis utilisé pour la simulation des écoulements capillaires devra être évalué sur ces structures complexes, où les non-linéarités géométriques sont démultipliées. Ces non-linéarités se caractérisent par une dépendance forte entre la position et la forme du front fluide (courbure, angle de contact), décrit par une approche de type level-set, et le problème de mécanique des fluides à résoudre, ici les équations de Stokes discrétisées en vitesse – pression par éléments linéaires stabilisés. En particulier, si la stratégie découplée en temps utilisée jusqu'ici s'avère insuffisante, une stratégie itérative de couplage entre les résolutions level-set et Stokes sera mise en place. Il sera alors possible de déduire de ces simulations à l'échelle microscopique, des grandeurs d'intérêt macroscopique (temps de remplissage, apparition de bulle, perméabilité) en fonction des paramètres caractérisant la microstructure étudiée.

Profil du candidat :

Niveau master 2. Spécialités mécanique, modélisation et simulation (éléments finis), mathématiques appliquées.

Lieu du stage :

École des Mines de Saint-Étienne, Saint-Étienne.

Financement : 500€ / mois.

Comment candidater ?

Adresser une lettre de motivation ainsi qu'un CV aux contacts mentionnés ci-dessus.