

## PROPOSITION DE STAGE – MASTER 2 DET

Dynamique des fluides, Énergétique et transferts

Université Toulouse 3 Paul Sabatier - Toulouse INP - INSA Toulouse - ISAE SUPAERO – IMT Mines Albi

### Titre : Modèle à deux fluides à rhéologie effective pour la simulation de l'écoulement de globules rouges dans des microcanaux

**Responsable(s)** : Micheline Abbas (LGC), Frédéric Risso (IMFT)

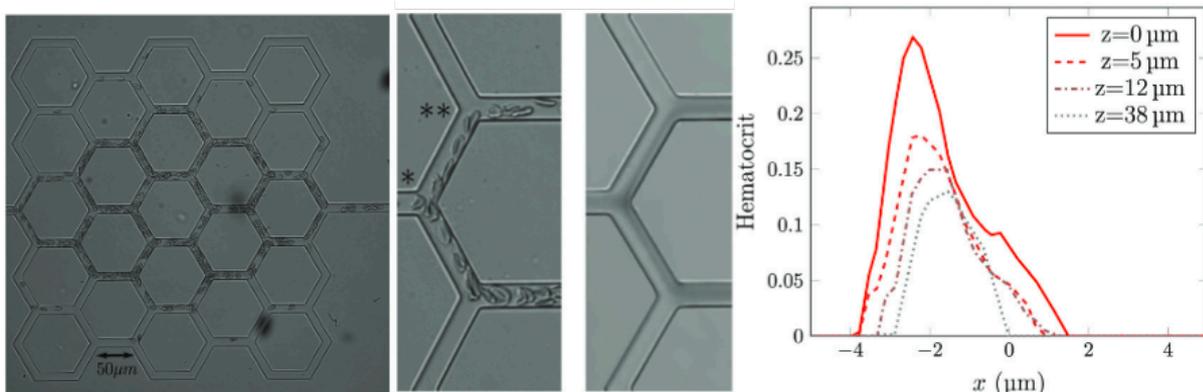
**Lieu du stage** : Laboratoire de Génie Chimique (LGC) et Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT).

**Durée / période** : 5 à 6 mois à partir du printemps 2024

Candidature [CV, lettre de motivation, références] à envoyer à : [micheline.abbas@toulouse-inp.fr](mailto:micheline.abbas@toulouse-inp.fr), [frederic.risso@imft.fr](mailto:frederic.risso@imft.fr)

### Sujet

**Contexte et objectif** : L'écoulement du sang au sein de la microcirculation se fait dans un réseau complexe de petits vaisseaux interconnectés. Le sang est essentiellement une suspension de particules déformables, les globules rouges, au sein d'un liquide suspendant, le plasma. Le volume de globules rouges par rapport au volume total de sang, appelé hématocrite, varie d'un vaisseau à l'autre. Il est aujourd'hui encore difficile de prédire la répartition des globules rouges au sein de chaque canal d'un réseau circulatoire. Des expériences d'écoulement de suspension de globules rouges au sein de canaux, de bifurcations et de réseaux sont menées à l'IMFT. Des modèles numériques de réseaux hydrauliques sont aussi développés pour prédire ces écoulements. Ces modèles nécessitent de connaître la viscosité effective de la suspension en fonction de l'hématocrite, mais aussi de savoir comment évolue la distribution radiale des globules dans les canaux après le passage de chaque bifurcation. Les expériences en cours, conduites dans la thèse de Klervia Useo, ont permis de caractériser précisément ces phénomènes. L'objectif du stage est de modéliser l'écoulement d'une suspension de globules rouges à dans un canal, après une bifurcation, à l'aide d'un modèle numérique initialement développé au LGC pour des suspensions de particules solides. Il s'agira d'introduire des lois rhéologiques adaptées aux globules et de valider leur choix par comparaison avec les expériences.



Figures des expériences [1] : De gauche à droite : (1) Suspension de globule dans un réseau. (2) Gros plan d'une bifurcation. (3) Hématocrite moyen. (4) Profil radial de l'hématocrite en fonction de la distance à la bifurcation.

**Méthode et programme de travail** : L'outil de simulation est développé au sein du code *Open Foam*. L'approche suivie pour décrire les suspensions consiste à résoudre les équations de conservation de la masse et de la quantité de mouvement pour la suspension (liquide et globules), qui est considérée comme un fluide homogène avec une rhéologie particulière qui prend en compte la présence des globules. Cette rhéologie dépend de la concentration locale de globules, qui est calculée en résolvant une équation prédisant la vitesse relative entre les globules et le liquide suspendant. Le modèle nécessite donc des modèles constitutifs spécifiques aux globules rouges. La première partie du travail consistera à prendre en main le code par la reproduction de résultats concernant une suspension de particules solides ponctuelles. Ensuite, il faudra modifier le modèle pour prendre en compte la taille finie des globules et leur interaction avec la paroi. Puis, il faudra introduire de nouvelles lois rhéologiques inspirées des connaissances générales de la rhéologie du sang et de nos résultats expérimentaux récents. Enfin, il s'agira de comparer les résultats des simulations avec les expériences afin de valider les modèles rhéologiques. Ces nouvelles connaissances seront par la suite utilisées pour améliorer les modèles hydrauliques qui sont utilisés pour décrire la circulation cérébrale.

[1] Merlo, A., Berg, M., Duru, P., Risso, F., Davit, Y., Lorthois, S., 2022. A few upstream bifurcations drive the spatial distribution of red blood cells in model microfluidic networks. *Soft Matter* 18, 1463–1478.

**Compétence(s) nécessaire(s)** : programmation

**Formation** : Mécanique des fluides, Génie des procédés

**Gratification** : ~600€ / mois