

Sujet de stage Master – Février-Août 2026

Simulation numérique de la dynamique des globules rouges dans des dispositifs microfluidiques pour le diagnostic sanguin

Contexte :

Le sang est composé d'un fluide porteur newtonien, le plasma, transportant différents types de cellules, dont les globules rouges (GR), qui représentent typiquement 35 à 45% du volume sanguin. Les GR sont des cellules facilement déformables de quelques microns, sans noyau, constituées d'une membrane renfermant un fluide interne, le cytoplasme. Bien que l'étude de la dynamique des GR isolés ou en suspension se soit considérablement développée ces vingt dernières années, de nombreuses questions fondamentales demeurent ouvertes. Un cas emblématique est celui de la dynamique dans des écoulements de constriction, ou plus généralement en écoulements extensionnels. Cette configuration suscite de plus en plus d'intérêt pour le diagnostic sanguin. La mécanique des globules rouges est en effet altérée dans un certain nombre de conditions (maladies génétiques spécifiques, diabète, etc.) et la mesure de la déformabilité des globules rouges fait partie des pistes à l'étude pour accélérer les diagnostics. Comment les caractéristiques de la membrane des globules rouges influent-elles sur le comportement des globules rouges en écoulement extensionnel ? Quelles quantités peut-on exploiter pour le diagnostic ? Comment peut-on modifier le système de test pour maximiser les informations utiles ?

Depuis quelques années, l'Institut Montpelliérain Alexander Grothendieck (IMAG) développe le code de calcul YALES2BIO (<http://imag.umontpellier.fr/~yales2bio/>) pour la simulation des écoulements sanguins. Ce stage propose d'utiliser la simulation numérique de la dynamique des globules rouges pour remonter à leurs propriétés mécaniques.

Pour ce faire, nous collaborerons avec le Centre de Biochimie Structurale, qui dispose de données de globules sains et pathologiques circulant dans un circuit microfluidique contenant une partie extensionnelle.

Travail prévu pour le stage :

Lors du stage, le candidat retenu ou la candidate retenue devra notamment :

- Se familiariser puis utiliser le code de calcul de recherche YALES2BIO, spécialisé dans la simulation numérique des écoulements sanguins,
- Comprendre la méthode de calcul utilisée pour simuler la dynamique des GR,
- Mettre en place et réaliser des simulations numériques de globules rouges dans un écoulement extensionnel simplifié, puis dans la configuration microfluidique expérimentale du CBS,
- Etudier l'influence des propriétés des GR sur la dynamique,
- Selon l'avancement du stage, il sera possible d'explorer une approche d'apprentissage automatique visant à relier la dynamique simulée des globules rouges à leurs propriétés mécaniques, puis à valider ces modèles sur des données expérimentales. Cette étape permettra d'ouvrir la voie à une identification automatique des altérations cellulaires à partir de mesures microfluidiques.

Ce stage nécessitera la collaboration avec des expérimentateurs experts en microfluidique pour les écoulements de GR.

Profil Souhaité :

Ce sujet s'adresse en priorité à des étudiants (Master ou école d'ingénieurs) ayant une formation en mécanique des fluides, calcul scientifique, mathématiques appliquées ou biomécanique. Des connaissances en langage de programmation Fortran, C et Python seront très appréciées. Des connaissances en biomécanique sont utiles mais pas indispensables.

Durée : 6 mois. Date de début : Février-Mars 2026

Lieu : Institut Montpelliérain Alexandre Grothendieck (IMAG).

Contact universitaire : Dr. S. Mendez - <http://imag.umontpellier.fr/~mendez>. Envoyer CV + lettre de motivation à simon.mendez@umontpellier.fr. N'hésitez pas à écrire pour obtenir des informations complémentaires ou échanger sur le contenu du stage. Le stage pourra déboucher sur une thèse (financements demandés).

Indemnités de stage : gratification mensuelle standard pour stage en laboratoire (environ 600€ par mois)

Master's Internship – February to August 2026

Simulation of red blood cell dynamics in microfluidic devices for blood diagnostics

Context:

Blood is composed of a Newtonian carrier fluid, the plasma, which transports various types of cells, including red blood cells (RBCs), typically accounting for 35–45% of the blood volume. RBCs are highly deformable, micron-sized, nucleus-free cells enclosed by a membrane containing an internal fluid, the cytoplasm. Although the study of RBC dynamics, both individually and in suspension, has advanced significantly over the past two decades, many fundamental questions remain open. A representative case concerns their behavior in constricted or, more generally, extensional flows — configurations that have attracted increasing attention for blood diagnostics. Indeed, the mechanical properties of red blood cells are altered in several pathological conditions (specific genetic diseases, diabetes, etc.), and measuring RBC deformability is one of the promising approaches being explored to accelerate diagnostic processes.

How do the mechanical characteristics of the RBC membrane influence cell behavior in extensional flow? Which measurable quantities can be exploited for diagnostic purposes? How can microfluidic test systems be optimized to maximize the information extracted?

In recent years, the **Institut Montpelliérain Alexander Grothendieck (IMAG, Montpellier)** has been developing the **YALES2BIO** platform (<http://imag.umontpellier.fr/~yales2bio/>) for the simulation of blood flow. This internship aims to use this tool to perform numerical simulations of RBC dynamics in order to infer their mechanical properties.

This work will be carried out in collaboration with the **Centre de Biochimie Structurale (CBS, Montpellier)**, which provides experimental data of healthy and pathological red blood cells flowing through a microfluidic circuit featuring an extensional region.

Internship objectives

During the internship, the selected candidate will:

- Become familiar with and use the **YALES2BIO** research code, specialized in the simulation of blood flows,
- Understand the computational methods used to model RBC dynamics,
- Set up and perform numerical simulations of RBCs in a simplified extensional flow, and then in the experimental microfluidic configuration of the CBS,
- Study the influence of RBC mechanical properties on their dynamics,
- Depending on the progress of the work, explore a **machine-learning approach** to link simulated RBC dynamics to their mechanical properties, and validate these models against experimental data. This step could open the way to the **automatic identification of cell alterations** from microfluidic measurements.

The project will involve close collaboration with experimentalists from CBS, specialized in microfluidic blood flow.

Desired profile

The internship is primarily intended for **Master's or engineering students** with a background in **fluid mechanics, scientific computing, applied mathematics**, or **biomechanics**. Knowledge of **Fortran, C, or Python** programming is highly appreciated. Familiarity with biomechanics is helpful but not required.

Practical information

- **Duration:** 6 months
- **Start date:** February–March 2026
- **Location:** Institut Montpelliérain Alexander Grothendieck (IMAG), Montpellier, France
- **Allowance:** Standard laboratory internship stipend (≈ €600 per month)
- **Supervisor:** Dr. Simon Mendez, CNRS researcher — <http://imag.umontpellier.fr/~mendez>

Applications (CV + motivation letter), as well as any requests for additional information about the internship and its environment should be sent to simon.mendez@umontpellier.fr.

The internship may lead to a PhD opportunity (funding applications in progress).