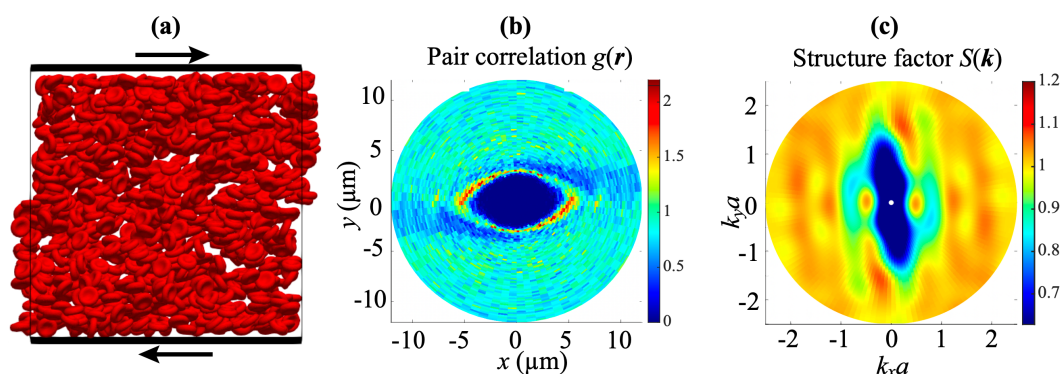


Microstructure des suspensions de cellules sanguines sondée par ultrasons

Le sang est une suspension dense de globules rouges déformables dans un liquide newtonien, le plasma. La perte de déformabilité des globules rouges chez les patients atteints de drépanocytose induit une augmentation de la viscosité du sang et entraîne des altérations de la circulation sanguine. Le lien entre **les propriétés des globules, la microstructure et la rhéologie sanguine** est encore mal compris, bien que cela soit crucial pour mieux **appréhender cette maladie qu'est la drépanocytose**. Puisque le sang est une suspension opaque de globules rouges, il est impossible d'utiliser des méthodes d'imagerie optique pour accéder à la microstructure sanguine (i.e. à l'organisation spatiale des globules au sein de l'écoulement).

L'objectif de la thèse est de **sonder la microstructure des suspensions de globules rouges par ultrasons** afin de mieux **comprendre le rôle des propriétés cellulaires sur la microstructure** (du point de vue fondamental), et de **détecter des altérations de la déformabilité des globules** (du point de vue applicatif). Dans un premier temps, des mesures ultrasonores et optiques seront conjointement menées sur des suspensions modèles transparentes de particules molles, l'imagerie optique servant de mesure de référence. La confrontation ultrasons/optique permettra de valider l'outil ultrasonore pour caractériser la microstructure des suspensions. Dans un second temps, nous étudierons les signatures ultrasonores des suspensions cisillées de globules rouges normaux et artificiellement rigidifiés. La détermination de la microstructure par ultrasons sera ensuite couplée à des simulations numériques 3D de suspensions de globules, afin de comprendre les mécanismes physiques sous-jacents à l'anisotropie de la microstructure et sa modification avec la déformabilité des globules.

Les travaux seront réalisés au LMA dans l'équipe Ondes et Imagerie et à l'IUSTI dans l'axe Fluides et Solides Complexes sous la direction de Emilie Franceschini (LMA) et Laurence Bergougnoux (IUSTI). Le projet est en collaboration Frédéric Blanc et Elisabeth Lemaire à INPHYNI-Nice (rhéologie des suspensions) et Simon Mendez à IMAG-Montpellier (simulations numériques de la microstructure).



Microstructure anisotrope de suspensions cisillées de globules rouges obtenue par simulation numérique. (a) Image de simulation montrant des globules rouges dans un écoulement de cisaillement. **(b)** Fonction de corrélation de paires $g(r)$ donnant la probabilité de trouver un globule voisin dans le plan xy par rapport à un globule de référence donné. **(c)** Facteur de structure $S(k)$ lié à la transformée de Fourier de $g(r)$ permettant d'accéder à la microstructure par ultrasons.

Profil du candidat recherché : Master (ou équivalent) en acoustique, physique, biophysique ou mécanique des fluides, une bonne maîtrise de la programmation Matlab ou Python et un intérêt pour l'expérimental et la recherche interdisciplinaire.

Financement demandé : Allocation doctorale

Contacts : Emilie Franceschini (LMA)
Laurence Bergougnoux (IUSTI)

e-mail : emilie.franceschini@univ-amu.fr
e-mail : laurence.bergougnoux@univ-amu.fr

Références

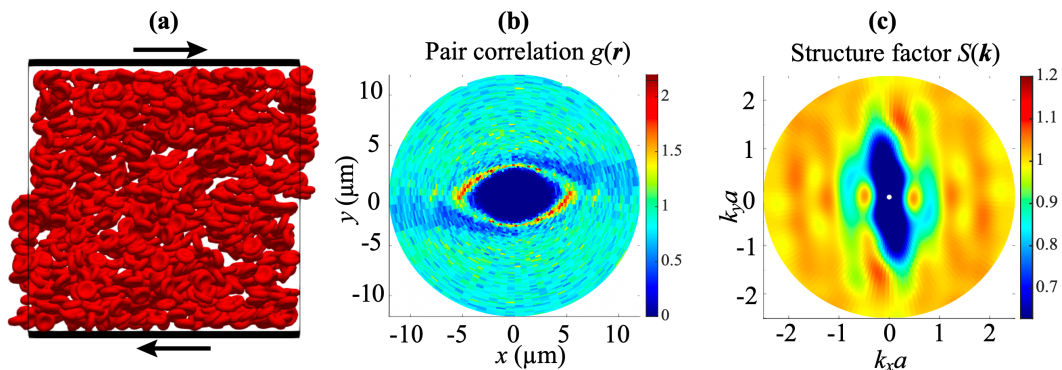
- [1] Lombard O., Rouyer J., Debieu E., Blanc F., Franceschini E., Ultrasonic backscattering and microstructure in sheared concentrated suspensions, *J. Acoust.Soc. Amer.* 147(3), 1359-1367 (2020)
- [2] Blanc F., Lemaire E., Meunier A., Peters F., *Microstructure in sheared non-brownian concentrated suspensions*, *Journal of rheology* 57(1), 273-292 (2013)

Microstructure of **Blood Cell Suspensions** probed by Ultrasounds

Blood is a dense suspension of deformable red blood cells in a Newtonian fluid, the plasma. The loss of deformability of red blood cells in patients with sickle cell disease induces an increase in blood viscosity and leads to alterations in blood flow. The link between **blood cell properties, microstructure and blood rheology** is still poorly understood, although it is crucial to better **understand the alterations of blood rheology in sickle cell disease**. Since blood is an opaque suspension of red blood cells, optical imaging methods are impossible to access the blood microstructure (i.e. the spatial organisation of the blood cells within the flow).

The PhD objective is to **probe by ultrasound the microstructure of red blood cell suspensions** in order to better **understand the role of cellular properties on the microstructure** (from a fundamental point of view), and to **detect alterations of the cell deformability** (from an application point of view). In a first step, ultrasonic and optical measurements will be jointly performed on a Couette flow device on transparent model suspensions of soft particles, using the optics as a reference measurement. The ultrasound/optical confrontation will allow the validation of the ultrasonic tool to characterize the microstructure of the suspensions. In a second step, we will study the ultrasonic signatures of sheared suspensions of normal and artificially rigidified red blood cells. The determination of the microstructure by ultrasound will then be coupled to 3D numerical simulations of red blood cell suspensions, in order to elucidate the physical mechanisms underlying the microstructure anisotropy and its changes with the cell deformability.

The work will be carried out at the Laboratory of Mechanics and Acoustics (LMA) in the Waves and Imaging team and at IUSTI in the Divided Media and Complex Fluids axis under the direction of Emilie Franceschini (LMA) and Laurence Bergougoux (IUSTI). The project will benefit from the collaborations with F. Blanc and E. Lemaire from INPHYNI (rheology of suspensions) and S. Mendez (simulations of microstructure) from IMAG.



Anisotropic microstructure of sheared red blood cell suspensions obtained by numerical simulation. (a) Image of the numerical simulation showing red blood cells in a shear flow. **(b)** Pair correlation function $g(r)$ giving the probability of finding a neighboring cell in the xy plane with respect to a given reference cell. **(c)** Structure factor $S(k)$ linked to the Fourier transform of $g(r)$ allowing access to the microstructure by ultrasound.

Profile: Master's degree (or equivalent) in acoustics, physics, biophysics or fluid mechanics, good knowledge of Matlab or Python programming and an interest in experimental and interdisciplinary research.

Funded requested: Doctoral scholarship

Contacts: Emilie Franceschini (LMA)
Laurence Bergougoux (IUSTI)

e-mail: emilie.franceschini@univ-amu.fr
e-mail: laurence.bergougoux@univ-amu.fr

References

- [1] Lombard O., Rouyer J., Debieu E., Blanc F., Franceschini E., Ultrasonic backscattering and microstructure in sheared concentrated suspensions, *J. Acoust.Soc. Amer.* 147(3), 1359-1367 (2020)
- [2] Blanc F., Lemaire E., Meunier A., Peters F. Microstructure in sheared non-brownian concentrated suspensions, *Journal of rheology* 57(1), 273-292 (2013)