

---

## Sujet de stage Master- 6 mois – Entre Février et Septembre 2012

### Simulation numérique des globules rouges en écoulement

*Date limite de candidature : 31/12/2011*

#### **Contexte :**

Le sang est composé d'un fluide porteur newtonien, le plasma, transportant différents types de cellules. Les globules rouges constituent l'essentiel de ces cellules : 45% du volume sanguin est occupé par les globules rouges. Le caractère non-newtonien du sang est dû principalement à la présence des globules rouges. Les globules rouges sont des cellules facilement déformables de quelques microns, sans noyau, constitués d'une membrane renfermant un fluide interne, l'hémoglobine. Depuis quelques années, les travaux de recherches visant à développer des codes de calcul capables de prévoir la dynamique des globules rouges en écoulement se sont multipliés (voir par exemple : C. Pozrikidis. Computational Hydrodynamics of Capsules and Biological Cells. Boca Raton : Chapman & Hall/CRC, 2010). De tels outils numériques permettraient d'étudier la dynamique et la déformation de globules rouges isolés ou de caractériser leur comportement en suspension, par exemple pour proposer des modèles rhéologiques du sang.

Le contexte montpellierain est particulièrement favorable au développement à l'I3M d'une activité de recherche dédiée à la simulation numérique de la dynamique des globules rouges : cette activité s'inscrit parfaitement dans les priorités de site de Simulation du vivant, portées à la fois par l'UM2 et le labex Numev<sup>1</sup> ; le laboratoire de physique voisin, le Laboratoire Charles Coulomb (L2C) étudie les globules rouges de façon théorique et expérimentale ; de plus, Horiba Medical, industriel spécialisé dans les analyseurs sanguins possède ses activités de Recherche et Développement à Montpellier. Ce contexte favorable s'est traduit concrètement par l'acceptation des projets ANR 'FORCE' et Numev 'COMONS' (porteur Simon Mendez, I3M), et la constitution d'un projet d'envergure (avec Horiba Medical) en cours d'évaluation par OSEO. Ces projets ont permis d'obtenir un financement de thèse pour l'automne 2012. Ce sujet décrit le stage associé à cette thèse.

#### **Méthode et Objectifs:**

Le candidat retenu utilisera et contribuera au développement du code de calcul YALES2<sup>2</sup> pour la simulation des globules rouges en écoulement. Ce code de calcul, actuellement développé à l'I3M, sera utilisé pour réaliser des simulations tridimensionnelles de particules déformables en écoulement simple. En fonction des progrès du stage, plusieurs rhéologies de membrane différentes seront étudiées. La thèse qui prolongera le stage permettra d'étendre la méthode de calcul à plusieurs globules rouges, en étudiant leur interaction. Il s'agira également de participer à l'étude et l'optimisation des analyseurs sanguins d'Horiba Medical. Lors du stage, le candidat devra notamment:

- Comprendre la méthode de calcul utilisée pour la simulation de la dynamique des globules rouges, et participer à son développement,
- Se familiariser puis utiliser le code de calcul de recherche YALES2, spécialisé dans la simulation numérique massivement parallèle en mécanique des fluides,
- Étudier le comportement et la déformation de particules déformables isolées en écoulement simple,
- Comparer différentes rhéologies de membrane pour se rapprocher des caractéristiques des GR.

**Profil du candidat:** Master ou école d'ingénieur en mécanique avec une forte coloration mécanique de fluides et méthodes numériques. Connaissances en langage de programmation Fortran ou C très appréciées. Connaissances en biomécanique utiles mais pas indispensables.

**Localisation:** Institut de Mathématiques et Modélisation de Montpellier (I3M), France.

**Indemnisation de stage :** environ 500 euros /mois

**Contacts :** S. Mendez – [simon.mendez@math.univ-montp2.fr](mailto:simon.mendez@math.univ-montp2.fr) - +33 (0)4 67 14 35 80

Pr. F. Nicoud - <http://www.math.univ-montp2.fr/~nicoud/> - +33 (0)6 73 05 51 40

<sup>1</sup> <http://www2.lirmm.fr/numev>

<sup>2</sup> <http://www.coria-cfd.fr/index.php/YALES2>