

Titre en français : Interactions hydrodynamiques entre particules passives ou actives de formes complexes

Titre en anglais : Hydrodynamic interactions between passive or active particles of complex shapes

Nom du directeur de thèse : Fabien CANDELIER

Tel : 06 68 82 04 54

E-Mail : fabien.candelier@univ-amu.fr

Laboratoire : IUSTI (UMR 7343)

Financement : demandé

Type de financement : Bourse ministérielle

Résumé en français :

Les écoulements que l'on rencontre habituellement dans les milieux naturels (géophysiques, atmosphériques ou océaniques) sont souvent difficiles à modéliser. Ces derniers sont en effet généralement fortement turbulents et à masse volumique variable. Ils sont aussi souvent chargés en petites particules pouvant être de formes complexes, et parfois même actives (micro-organismes). Habituellement, lorsque l'on cherche à modéliser les trajectoires adoptées par des particules évoluant dans de tels milieux, il est souvent fait l'hypothèse que leur concentration est suffisamment faible pour pouvoir les considérer comme étant isolées les unes des autres (hypothèse de faible dilution). En d'autres termes, les interactions hydrodynamiques entre particules ne sont pas prises en compte lors du calcul de leurs trajectoires. Dans certaines situations pourtant, on s'attend à ce que ces interactions hydrodynamiques aient un effet non-négligeable sur le mouvement des particules. Par exemple lorsque l'on s'intéresse à la dynamique de deux particules proches l'une de l'autre, ou plus généralement lorsque la concentration des particules dans l'écoulement n'est plus très faible.

A l'heure actuelle, les outils employés pour modéliser les interactions hydrodynamiques entre particules suffisamment proches, ou entre une particule et une paroi, restent lacunaires. On se place généralement dans le cadre des écoulements de Stokes, où les effets d'inertie du fluide et de la particule sont négligés, et l'on suppose de plus que les particules sont sphériques. Dans cette thèse, nous chercherons à caractériser les effets induits par les interactions hydrodynamiques sur la dynamique angulaire et translationnelle de particules anisotropes (i.e. non-sphériques), en régime de Stokes, puis en régime faiblement inertiel [1] (i.e. nombres de Reynolds faibles, mais non-nuls). Pour ce faire, nous envisageons de développer des outils numériques polyvalents, inspirés de la méthode des réflexions et de la dynamique Stokésienne [2,3], permettant de modéliser les interactions hydrodynamiques entre particules de formes complexes passives ou actives, évoluant éventuellement au voisinage d'une paroi.

Les outils numériques ainsi développés seront alors utilisés pour mener différentes études. Nous chercherons, par exemple, à caractériser le rôle des interactions hydrodynamiques sur la motilité des micro-organismes (*pushers vs pullers*) lorsqu'ils évoluent en groupe dans un milieu ouvert ou confiné, ou encore sur la dynamique angulaire de particules ellipsoïdales dans les écoulements cisailés (brisure des orbites de Jeffery [4] et [5]).

Ces travaux de thèse s'inscriront notamment dans le cadre d'une collaboration avec l'équipe de Bernhard Mehlig (*Gothenburg University, Department of Physics, Sweden*) et de celle de Greg Voth (*Wesleyan University, Department of Physics, USA*).

Résumé en anglais :

Many natural flows are loaded with small particles that can be complex in shape or even active (e.g. micro-organisms). When these particles are sufficiently close to each other, or when they move in the vicinity of a wall, hydrodynamic interactions can have a significant influence on their dynamics. However, at present, the theoretical approaches usually used to model the dynamics of particles in this type of configuration are still lacking. In this thesis, we plan to develop new versatile numerical tools, inspired by the reflection method, and the Stokesian Dynamics, to accurately model these hydrodynamic interactions. These numerical tools, once developed, could be used, for example, to characterize the role of hydrodynamic interactions on the motility of micro-organisms (pushers vs. pullers) when they evolve in groups in an open or confined environment, or on the angular dynamics of ellipsoidal particles in shear flows (Jeffery orbits).

Profil du candidat recherché : Master de Mécanique, de Physique ou Diplôme d'ingénieur, avec de solides connaissances en mécanique des fluides et un goût prononcé pour la modélisation théorique.

Publications sur le sujet :

- [1] Candelier, F., Mehaddi, R., Mehlig, B., & Magnaudet, J. (2023). Second-order inertial forces and torques on a sphere in a viscous steady linear flow. *Journal of Fluid Mechanics*, 954, A25
- [2] Durlofsky, L., Brady, J. F., & Bossis, G. (1987). Dynamic simulation of hydrodynamically interacting particles. *Journal of fluid mechanics*, 180, 21-49.
- [3] Voth, G., Collins, D., Hamati, R., Candelier, F., Gustavsson, K., & Mehlig, B. (2020). Lord Kelvin's Isotropic Helicoid. In *APS Division of Fluid Dynamics Meeting Abstracts* (pp. Y05-014).
- [4] Einarsson, J., Candelier, F., Lundell, F., Angilella, J. R., & Mehlig, B. (2015). Rotation of a spheroid in a simple shear at small Reynolds number. *Physics of Fluids*, 27(6), 063301.
- [5] Candelier, F., Einarsson, J., & Mehlig, B. (2016). Angular dynamics of a small particle in turbulence. *Physical review letters*, 117(20), 204501.

Insertion professionnelle après thèse : publique et/ou privée