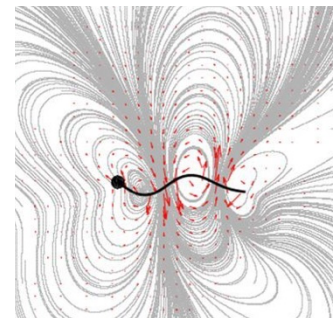


Optimiser le déplacement de micro-nageurs dans des écoulements complexes

Encadrants : Jérémie Bec (CNRS) et Laetitia Giraldi (INRIA)

Les microorganismes tels que les bactéries ou le plancton sont des exemples naturels de particules autopropulsées. Ils inspirent souvent la conception de dispositifs artificiels utilisés pour la micro-fabrication industrielle, l'élimination de déchets toxiques, l'administration ciblée de médicaments ou des diagnostics localisés [1]. De nombreuses questions restent ouvertes sur la façon dont ces micro-nageurs optimisent leur mouvement, et notamment comment ils se comportent dans des écoulements complexes comprenant des parois [2] ou ayant des propriétés non-newtoniennes [3].

Parmi les différents types de nage, la locomotion ondulatoire est un moyen d'autopropulsion qui repose sur la génération et la propagation d'ondes le long du nageur [4]. Il s'agit d'une technique relativement simple, mais remarquablement robuste, qui repose sur les interactions avec le fluide (voir figure ci-contre). Pour les petits nageurs, les effets d'inertie sont négligeables et la dynamique est décrite par le régime de Stokes. Dans le cas d'un domaine de taille infinie, les forces de traînée et de portance sont alors connues et les nageurs ont une dynamique explicites qui se prête aux techniques de contrôle optimal des équations différentielles pour maximiser la nage [5]. Toutefois, cette approche ne s'étend pas à des situations plus complexes pour lesquelles il devient indispensable de contrôler en parallèle la dynamique du fluide.



Un micro-nageur déformable se déplace en modifiant l'écoulement du fluide dans son voisinage proche.

Le travail proposé vise à appliquer des techniques empruntées à l'intelligence artificielle et à l'apprentissage statistique pour optimiser le déplacement de nageurs déformables dans des écoulements proches parois. Une idée prometteuse consiste à utiliser une technique d'apprentissage par renforcement antagoniste qui fournit des stratégies de nage efficaces dans les écoulements dépendants du temps [6]. Les résultats de ce projet pourraient éclairer certains comportements d'organismes vivants. À l'inverse, nous nous attendons à ce que certaines stratégies observées dans la nature inspirent des choix spécifiques dans nos modèles et processus d'apprentissage.

Références

- [1] S. Palagi, P. Fischer, Bioinspired microrobots. *Nature Rev. Mat.* **3**,113-124, 2018.
- [2] D.G. Crowdy, Y. Or, Two-dimensional point singularity model of a low-Reynolds-number swimmer near a wall. *Physical Review E* **81**, 036313, 2010.
- [3] X.N. Shen, P.E. Arratia. Undulatory swimming in viscoelastic fluids. *Physical Review Letters* **106**, 208101, 2011.
- [4] N. Cohen, J.H. Boyle, Swimming at low Reynolds number: a beginners guide to undulatory locomotion. *Contemporary Physics* **51**, 103–123, 2010.
- [5] L. Berti, L. Giraldi, C. Prud'Homme, Swimming at low Reynolds number. *ESAIM Proceedings and Surveys* **67**, 46–60, 2020.
- [6] Jaya Kumar A., A.K. Verma, J. Bec, R. Pandit, Machine learning strategies for path-planning microswimmers in turbulent flows. *Physical Review E* **101**, 043110, 2020.