



Université Claude Bernard



# DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **13 juillet 2021**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur GOILLER Clément**

Titre de la thèse : *Nageurs interfaciaux : dynamique, transport et dispersion*

## Résumé



Cette thèse s'inscrit dans l'étude du transport et de la dispersion de particules par des écoulements fluides. Elle s'intéresse plus particulièrement aux comportements spécifiques liés à la présence de particules actives, capables de s'auto-propulser, de créer leurs propres écoulements ainsi que d'émettre et de réagir à des panaches chimiques.

Un premier chapitre est consacré à quelques rappels et à un état de l'art en matière de transport de particules, et à la présentation de quelques comportements originaux qui émergent de la considération récente de particules actives.

Le chapitre suivant aborde le premier volet de mon travail en se concentrant sur les particules actives considérées dans ce travail : des disques de camphre, posés à l'interface air-eau où ils se meuvent spontanément pendant plusieurs heures pour former des nageurs interfaciaux. Après quelques rappels des concepts physiques ainsi que des propriétés de ces nageurs isolés, nous complétons la caractérisation de ces objets par la première caractérisation expérimentale des écoulements Marangoni tridimensionnels que crée le nageur dans le fluide sur lequel il se propulse. Ces mesures, en cohérence avec des approches numériques récentes, permettent d'obtenir un ensemble complet de caractéristiques qui serviront de brique élémentaire à l'étude des phénomènes de transport en présence d'autres particules ou d'écoulement.

Parallèlement, nous introduisons un modèle numérique de nageur innovant par son caractère bidimensionnel et sa capacité à rendre compte de la structure des écoulements Marangoni. Ce modèle, qui présente des propriétés de nage individuelle en accord avec la littérature dans ce domaine, permet en revanche l'exploration des dynamiques complexes multi-particules qui seront l'objet de la suite de ce travail.

Le chapitre suivant aborde le volet principal de ce travail autour de la dynamique et du transport en présence d'un ensemble de nageurs. Plus précisément, nous nous concentrons sur la dispersion d'un champ scalaire surfacique par ces nageurs. Expérimentalement, nous montrons qu'un régime stationnaire de mélange imparfait est atteint, indiquant la compétition entre deux mécanismes de mélange et de démixage. Ce régime est caractérisé à la fois globalement et via une analyse multi-échelles qui montre des ressemblances avec des processus turbulents bien que les écoulements soient ici laminaires. À une échelle globale, l'origine des propriétés de mélange/démixage est élucidée, en lien avec les écoulements Marangoni générés autour de chaque nageur. Numériquement, le modèle que nous avons introduit permet de décrire l'ensemble des caractéristiques précédentes à l'exception du comportement multi-échelles turbulent. Il permet de plus une investigation plus complète et contrôlée des paramètres et de la dynamique du système. De façon originale, ce système numérique actif fait apparaître une transition de phase liquide/hexatique typique des systèmes bidimensionnels classiques.

Enfin, le dernier chapitre aborde les résultats obtenus concernant l'interaction d'un nageur avec un réseau de tourbillons contrarotatifs. Expérimentalement, nous avons mis en place un dispositif expérimental permettant de générer un réseau de 4x4 tourbillons. À la fois expérimentalement et numériquement, l'étude de la trajectoire d'un nageur permet de décrire les interactions entre nageur et écoulement de l'échelle du tourbillon aux comportements à temps long du transport du nageur

qui sont extrapolés. Grâce à l'étude numérique du problème, la qualité de l'extrapolation des propriétés du système expérimental est discutée.