

## **AVIS DE SOUTENANCE DE THESE**

**Monsieur Rémi MONTHILLER** est autorisé à présenter ses travaux en vue de l'obtention du diplôme national de DOCTORAT délivré par l'école CENTRALE MARSEILLE

**Le 20 décembre 2022, à 14H00**

Lieu : Salle des séminaires 025, IRPHE, 49, rue Frédéric Joliot-Curie 13384 Marseille  
Cedex 13 France.

Titre : : **Une approche mécaniste de la migration du plancton**

École doctorale : **ED 353 SCIENCES POUR L'INGENIEUR : Mécanique, Physique, Micro et Nanoélectronique**

Spécialité : **Mécanique et Physique des Fluides**

### **Rapporteurs**

Madame Agnese SEMINARA, Professeur, Université de Gênes, Italie.  
Monsieur Eric CLIMENT, Professeur, ENSEEIHT - Toulouse INP, Université Paul Sabatier, France.

### **Membres du Jury**

Madame Agnese SEMINARA, Professeur, Université de Gênes, Italie.  
Monsieur Éric CLIMENT, Professeur, ENSEEIHT - Toulouse INP, Université Paul Sabatier, France.  
Monsieur Benjamin FAVIER, Chargé de recherche, Aix-Marseille-Université, IRPHE, France.  
Monsieur Antonio CELANI, Research scientist, International Centre for Theoretical Physics, Italie.  
Madame Michelle DIBENEDETTO, Assistant professor, University of Washington Seattle, Etats-Unis.  
Monsieur Christophe ELOY, Professeur, Ecole Centrale de Marseille, France.

### **Résumé (FR)**

Constituant la base de la chaîne alimentaire marine, le plancton joue un rôle primordial pour l'écologie océanique. De par leurs migrations verticales journalières de plusieurs centaines de mètres, certains de ces organismes participent grandement au mélange vertical océanique. Loin d'être passifs, les planctons sont, pour beaucoup, capables de nager, de percevoir leur environnement et d'y réagir.

Au travers de l'exemple de la migration verticale, cette thèse vise à démontrer que ces capacités motrices et sensorielles, utiles à la prédation, leur donnent également un avantage pour naviguer leur environnement turbulent.

Limité par la mesure des variations locales de vitesse, et non la mesure directe de la vitesse de l'écoulement, ce problème de navigation devient particulièrement difficile. En considérant des organismes non inertiels nageant à vitesse constante et pouvant se réorienter instantanément en réponse à leur mesure de l'écoulement, nous proposons une nouvelle stratégie qui découle d'une solution optimale dans un écoulement linéaire. Permettant d'atteindre les courants ascendants à proximité pour se faire porter par l'écoulement, cette stratégie est nommée le "surf".

Cette stratégie est tout d'abord caractérisée grâce à des écoulements simples avant d'être testée dans des simulations d'écoulements turbulents, dans lesquels les surfeurs parviennent à migrer verticalement deux fois plus vite que des planctons ne réagissant pas à l'écoulement. Nous démontrons la robustesse de cette stratégie de navigation aux diverses limitations auxquelles les planctons sont soumis avant de comparer le "surf" à d'autres méthodes de navigation impliquant divers algorithmes d'optimisation.

Enfin nous quantifions l'avantage que pourrait procurer cette stratégie à de vrais planctons dans leur habitat turbulent et proposons des approches expérimentales qui permettraient de vérifier la capacité du plancton à surfer, avant de discuter des perspectives de cette étude.

**Mots clés :** Plancton, Turbulence, Navigation, particules actives Lagrangiennes, optimisation de chemin, Copépode

## Abstract (EN)

At the basis of the marine food chain, plankton play a key role in ocean ecology. Due to their daily vertical migration of several hundred meters, some of these organisms play a major role in oceanic vertical mixing. Far from being passive, many planktonic organisms are motile and able to perceive their environment and react accordingly.

Focusing on the representative example of unidirectional migration, this thesis aims to demonstrate that these motor and sensory skills, useful for predation, are also advantageous for navigating their turbulent environment.

Limited by the measure of local variations of velocity, the inability of plankton to directly sense the flow velocity makes this navigation problem particularly challenging. By considering non-inertial organisms swimming at constant speed and able to reorient instantaneously in response to their flow sensing, we propose a new strategy that derives from an optimal solution in a linear flow. Taking advantage of nearby updrafts to ascend faster, this strategy is called "surfing".

This strategy is first characterized in various simple flows and then tested in turbulent flow simulations in which "surfers" are observed to migrate vertically twice as fast as simulated plankters that do not react actively to the local flow. We then relax the assumptions of the model to demonstrate the robustness of this strategy to various plankter limitations before comparing it to various other navigation approaches, involving various optimization algorithms. Finally we discuss the benefit that such a strategy could

provide to real-life plankton and propose experimental approaches that would help finding out whether surfing is a realistic strategy for planktonic navigation before discussing the perspectives of the study.

**Keywords:** Plankton, Turbulence, Navigation, Lagrangian active particles, path optimization, Copepod

