

AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

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

Le 16 décembre 2022, à 15H30

Lieu : Salle de séminaire, IRPHE, 49 Rue Frédéric Joliot Curie, 13013 Marseille

Titre : **How copepods use hydrodynamic signals to « see » ?**

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

Spécialité : **Mécanique et Physiques des Fluides**

Rapporteurs

Monsieur Éric LAUGA, Professor, University of Cambridge, United Kingdom.

Monsieur Éric CLEMENT, Professeur, Sorbonne Université, France.

Membres du Jury

Monsieur Éric LAUGA, Professor, University of Cambridge, United Kingdom.

Monsieur Éric CLEMENT, Professeur, Sorbonne Université, France.

Monsieur Jacques MAGNAUDET, Professor, Université de Toulouse, France.

Monsieur Eva Adnan KANSO, Professeur, University of Southern California, United States.

Monsieur Florence ELIAS, Professor, Paris Diderot, France.

Monsieur Fabien CANDELIER, Maître de conférences, Université Aix-Marseille, France.

Monsieur Christophe ELOY, Professeur, Ecole Centrale de Marseille, France.

Résumé (FR)

Les copépodes, une espèce de plancton, sont l'un des organismes vivants les plus abondants sur Terre. Leur vision est très limitée, cependant ils parviennent à échapper aux prédateurs, à attaquer leurs proies et à capturer les particules alimentaires dispersées dans l'eau. Des preuves expérimentales ont montré que le plancton exploite les signaux hydrodynamiques pour percevoir son environnement. Inspirée par ces animaux, cette thèse a deux objectifs : (1) fournir un modèle pour les signaux hydrodynamiques émis par des particules sphériques en mouvement autonome dans un fluide caractérisé par un nombre de Reynolds faible mais non négligeable, et (2) comprendre comment ces signaux peuvent être traités pour identifier leur source.

Dans un premier temps, il est montré qu'en négligeant les effets d'inertie convectifs, l'expression de la force hydrodynamique sur une particule autopropulsée se simplifie, et certains résultats connus concernant la dynamique des particules passives sont directement transposables aux particules actives. L'expression analytique de la force hydrodynamique et l'écoulement produit par une particule active sont ensuite calculés en tenant compte des effets d'inertie convectifs. Deuxièmement, une stratégie de détection, de $\backslash\{triangulation\}$, est développée. Les organismes planctoniques étant propulsés par l'écoulement, les informations qu'ils peuvent recueillir au premier ordre sont fonction du gradient de l'écoulement. Cette stratégie est donc basée sur deux mesures des gradients de l'écoulement et permet de surmonter une difficulté fondamentale du suivi à faible nombre de Reynolds : les symétries intrinsèques de l'écoulement.

Mots clés : Effets inertiels, écoulement de perturbation, stratégie de suivi, signaux hydrodynamiques.

Abstract (EN)

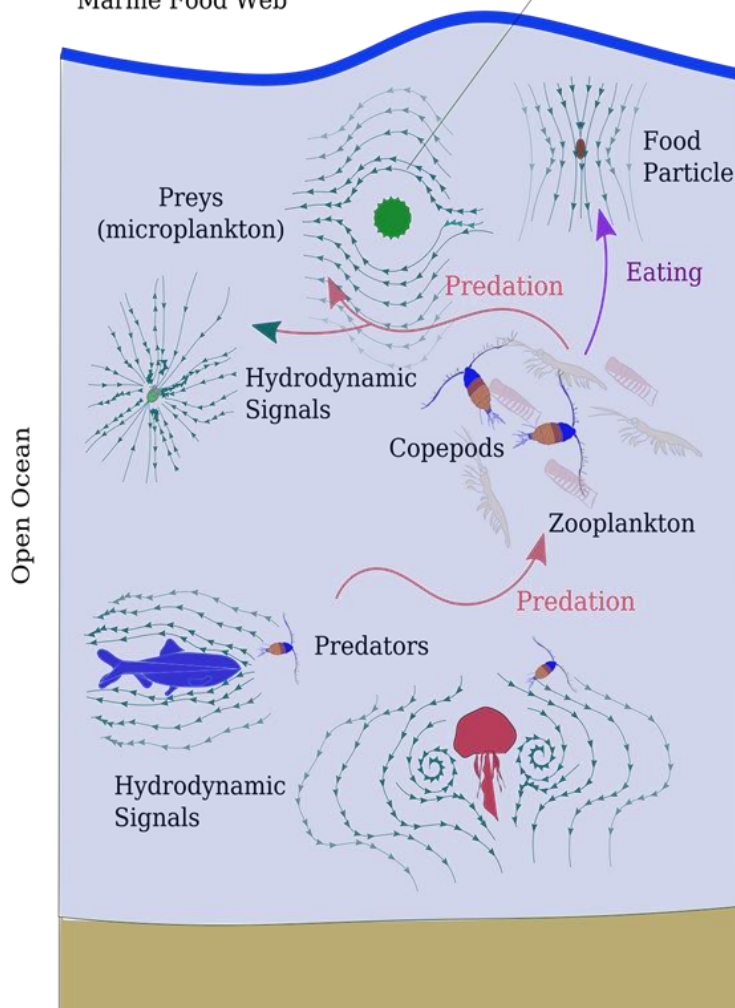
Copepods are one of the most abundant living organisms on Earth. As most plankton species, they have very limited eye, yet they manage to escape predators, attack preys and catch passive food particles. Experimental evidence show that these plankters exploit hydrodynamic signals to sense the environment. Inspired by these animals, this thesis aims at two objectives: (1) modeling the hydrodynamic signals emitted by predators, preys and passive particles at low but non-negligible Reynolds number and (2) understanding how these signals can be processed to detect their source. First, we quantify the effects on motile organisms due to fluid inertia at finite Reynolds number using the method of matched asymptotic expansions (MAE). We show how the expression of the hydrodynamic force on the motile organism simplifies when fluid convective effects are small and how one can translate known inertial effects for nonmotile particles to motile ones. We then include fluid convective inertia in the calculations. We provide the analytical expressions for the hydrodynamic force and the flow field disturbance generated by an unsteady inertial active particle. Second, we develop a detection strategy based on hydrodynamic cues. Since planktonic organisms are advected by flow currents, the information they can collect is at first order the flow gradient or its symmetric part. We describe a $\backslash\{triangulation\}$ strategy based on two measures of flow gradients. We show the good performance of this strategy for different Stokes flows and that it allows organisms to overcome a fundamental difficulty of tracking: the intrinsic symmetries of the flow.

Keywords: Inertial effects, disturbance flow, tracking strategies, hydrodynamic cues.

1. Swimming dynamics

Marine Food Web

of small particles



2. Flow source localization

