

Sujet de stage

Extraction de trajectoires 3D de particules et de copépodes dans un écoulement expérimental turbulent – utilisation de caméras rapides

Encadrants :

François G Schmitt (DR CNRS) Laboratoire d’Océanologie et de Géosciences, UMR 8187, 28 avenue Foch, Wimereux ; email : francois.schmitt@cnr.fr; <http://www.fg-schmitt.fr>

Enrico Calzavarini (MCF U-Lille) Unité de Mécanique de Lille Joseph Boussinesq, Polytech’Lille : enrico.calzavarini@polytech-lille.fr

Les écosystèmes côtiers sont extrêmement dynamiques sur une grande gamme d’échelles. Cette dynamique est fortement dominée par la turbulence de l’environnement. La dynamique du fluide a également un rôle important dans le transport de contaminants, de particules, et d’organismes marins.

L’objectif général de nos travaux est de mieux comprendre les relations entre la turbulence et le transport particulaire, pour des particules inertes tout comme des particules « vivantes », planctoniques (phytoplancton, zooplancton). Les copépodes (Figure 4), petits crustacés planctoniques, occupent une place fondamentale dans le réseau trophique côtier, étant intermédiaires entre le phytoplancton, et les larves de poisson. Les copépodes, aux cours de centaines de milliers de générations, sont parfaitement adaptés à leur environnement turbulent. Via des stratégies de nage, ils peuvent lutter contre les courants, avoir des migrations verticales, éviter des prédateurs, se reproduire, chercher leur nourriture de façons optimales. Pourtant, malgré plusieurs décennies de recherche, les relations entre turbulence et copépodes sont encore mal connues. On ne sait pas si les copépodes sont attirés par la turbulence, ou alors la craignent, on ne sait pas quel est le seuil de turbulence qui serait éventuellement en jeu pour passer d’un comportement d’attraction à un comportement d’évitement. Ceci est important pour mieux comprendre la dynamique collective des copépodes en relation avec leur environnement, leurs forçages turbulents, le déferlement des vagues, les agitations locales.

Dans le cadre du CPER MARCO (2015-2021), un système pour générer de la turbulence contrôlée en laboratoire, appelé **AGITURB**, a été construit, au sein du Laboratoire d’Océanologie et de Géosciences, à Wimereux. Ce système permet de générer à l’aide de 4 agitateurs placés sous un aquarium, un écoulement s’apparentant au « Moulin à 4 rouleaux » (*Four-Roll Mill*) proposé par G. I. Taylor (Figures 1-3). La vitesse de rotation des agitateurs permet d’atteindre des nombres de Reynolds (basés sur l’échelle de Taylor) R_λ allant d’environ 130 à 360 (Figure 5). A l’aide d’une caméra rapide opérant à 1200 fps (frame per second), nous avons pu reconstituer les trajectoires de particules dans un plan, en 2D (voir la position de la caméra rapide en figure 3). Nous disposons de 2 caméras rapides pouvant être placées l’une sous l’aquarium, et l’autre de façon latérale.

L’objectif de l’étude est de parvenir à coupler les informations provenant des deux caméras rapides, de façon à extraire les trajectoires 3D des copépodes en écoulement turbulent. Un traitement du signal adapté est nécessaire pour parvenir à relier les informations provenant des deux caméras. Le travail sera fait en plusieurs étapes : tout d’abord avec peu de particules passives simultanées. Puis en augmentant le nombre de particules simultanées (jusqu’à de l’ordre de 1000 particules). Puis en réalisant l’étude avec des copépodes vivants, ayant un comportement propre superposé au transport lagrangien par la turbulence.

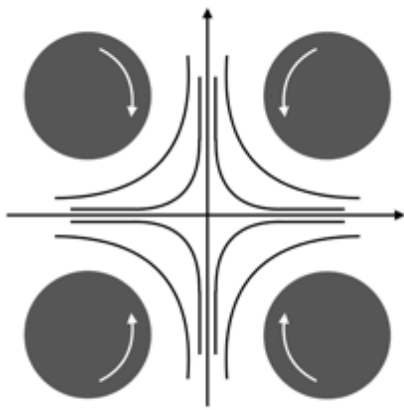


Figure 1. Le système « Four roll mills » de Taylors avec 4 cylindres contrarotatifs.

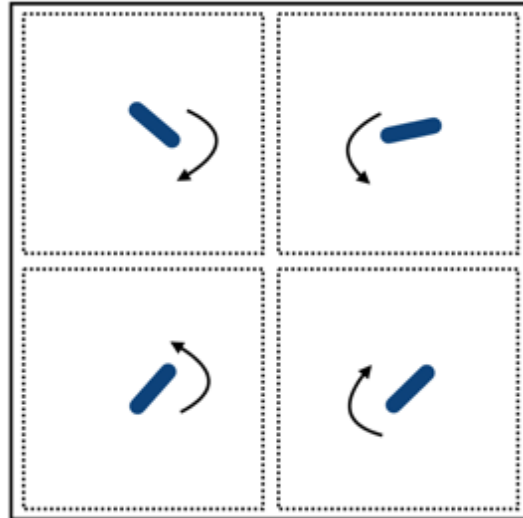


Figure 2. Schéma du dispositif AGITURB, avec 4 agitateurs contra-rotatifs placés sous un aquarium.

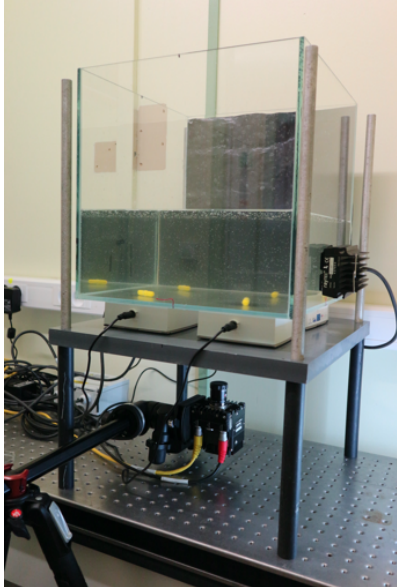


Figure 3. Le système AGITURB avec une caméra rapide située sous l'aquarium (éclairage IR à droite).



Figure 4. Un copépode : crustacé planctonique d'une taille typique de 0.5 à 1 mm.

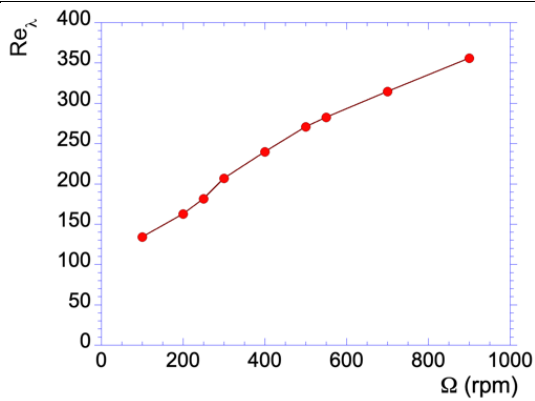


Figure 5. Le nombre de Reynolds en fonction du taux de rotation des agitateurs.

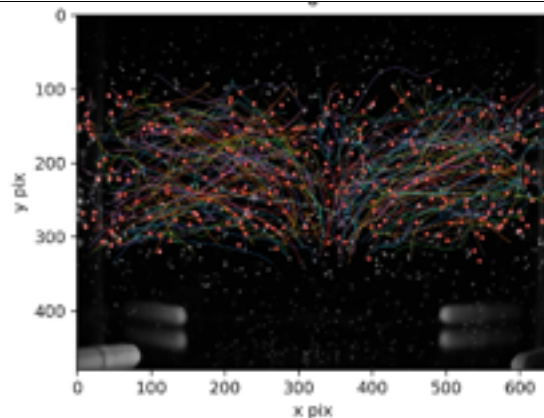


Figure 6. Suivi de particules dans le plan, via un logiciel de traitement du signal.