

## Demande Stage Master 2 recherche 2025

version 1 du 26 octobre 2020

### 1. Titre : Mise en place d'une méthode de PIV (Particle Image Velocimetry) pour l'étude des interaction turbulence-particules dans les écoulements multiphasiques

### 2. Encadrant(e)s : G. FROMANT (LISIC) / F. SCHMITT (LOG)

### 3. Durée : 6 mois

### 4. Description du sujet :

Tous les écoulements géophysiques sont multiphasiques, la plupart du temps turbulents. C'est le cas des rivières et des écoulements côtiers, où des particules en suspension ou reposant sur un fond mobile sont transportés par l'action de forces hydrodynamiques impliquant une multitude de processus fine-échelle [1]. Comprendre ces processus en condition turbulente est entre autres essentiel pour prédire le transport de sédiments [2], mais également comprendre l'influence de la turbulence sur le zooplancton [3], et anticiper les impacts liés à l'occurrence accrue d'événements extrêmes sur les systèmes côtiers et fluviaux, en particulier au niveau des écosystèmes marins.

Ainsi, une attention grandissante s'est portée sur les approches de simulation numériques à turbulence résolue, menant à des avancées significatives dans l'évaluation et la compréhension des interactions entre la turbulence du fluide porteur et des particules dispersées [1]. La validation de ces modèles en laboratoire passe traditionnellement par des méthodes d'observations haute-résolution optiques, comme celles reposant sur le principe de la PIV (Particle Image Velocimetry) [4], permettant par imagerie de suivre l'évolution temporelle du champ de vitesse 2 composantes (horizontale, verticale) dans un fluide grâce à l'illumination de ce dernier par une nappe laser. Plus récemment, les méthodes acoustiques ont prouvé leur fort potentiel, par le biais de l'utilisation de sonar Doppler cohérents tir-à-tir [5], en présentant des avantages certains en conditions opaques (très denses en particules), et dont la statistique des échos permet d'extraire les propriétés turbulentes du fluide. En ce sens, ces deux méthodes sont complémentaires dans l'étude des interactions turbulence-particules.

Le projet ANR RUPTURE a pour objectif de définir de nouvelles méthodologies adaptées au suivi simultané des phases fluide et solide des écoulements turbulents diphasiques, à l'aide de systèmes sonar cohérents tir-à-tir. Ce projet tire partie d'une synergie entre approche expérimentale et approche numérique. Dans ce contexte, un dispositif expérimental de type cuve à agitation turbulente (Fig. 2) [6] capable d'accueillir des instruments de type sonar Doppler cohérent tir-à-tir, ou des dispositifs de PIV, et équipé d'un générateur de microbulles calibrées permettant l'injection de traceurs fluides non-inertiels, a été mis en service au laboratoire LISIC en 2024. L'ajout de particules inertiels (ex. microbilles de plastiques ou à termes zooplancton) permettra ainsi de reproduire des écoulements diphasiques turbulents. Si l'utilisation de méthodes hydroacoustiques dans la cuve est pour l'heure opérationnelle, il reste à effectuer la mise en place d'une procédure de mesure du champ de vitesse fluide par PIV. Ces systèmes de PIV étant coûteux et nécessitant un appui technique lourd, nous souhaitons dans le cadre du projet RUPTURE mettre en place une méthode existante de PIV « low cost » (PIV for peanuts [7])

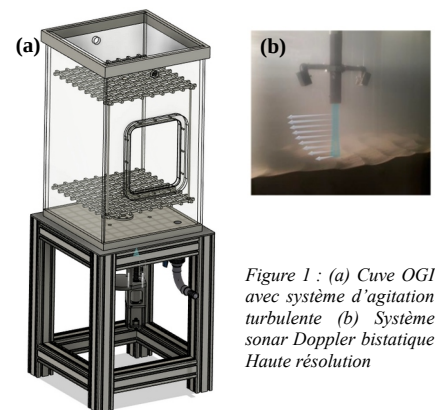


Figure 1 : (a) Cuve OGI avec système d'agitation turbulente (b) Système sonar Doppler bistatique Haute résolution

Grâce à l'environnement du projet RUPTURE, l'étudiant de master aura pour tâche de mettre en place une méthodologie de mesure de PIV (calibration du système, acquisition et traitement de données). En plus de la cuve, il aura à sa disposition un niveau laser vert en nappe ainsi qu'une caméra rapide permettant d'imager à haute cadence ( $O(100-1000\text{Hz})$ ) le champ de vitesse fluide dans la cuve. L'étudiant se basera sur les techniques standard de traitement d'image PIV (eg. Shake the Box [https://github.com/JHU-NI-LAB/OpenLPT\\_Shake-The-Box](https://github.com/JHU-NI-LAB/OpenLPT_Shake-The-Box)). Il sera appuyé par le doctorant recruté dans le cadre du projet RUPTURE pour produire une inter-comparaison des mesures issues de méthodes acoustiques et optiques, pour caractériser le champ de vitesse dans la cuve oscillante quelque-soient les conditions de turbulence.

Nous sommes à la recherche de candidats de niveau Master 2 motivés, de formations en lien à la mécanique des fluides, et témoignant d'un attrait particulier pour les mesures expérimentales, leur analyse et leur interprétation. L'intérêt des candidats pour une éventuelle poursuite de leur cursus en thèse dans les domaines de la mécanique des fluides et du traitement du signal est un plus significatif.

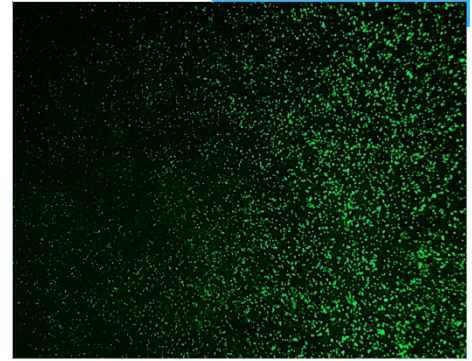


Figure 2 : Image PIV collectée dans la cuve lors des premiers essais en septembre 2024

- [1] Balachandar et al. (2010), Turbulent dispersed multiphase flow, *Annu. Rev. Fluid Mech*
- [2] Chauchat et al. (2017), Sedfoam-2.0: a 3d two-phase flow numerical model for sediment transport. *Geosci. Model Dev*
- [3] Aedeshiri et al. (2017), Copepods encounter rates from a model of escape jump behaviour in turbulence. *J. Plankton Res.*
- [4] Fincham et al. (1997), Low cost, high resolution DPIV for measurement of turbulent fluid flow, *Exp. Fluids*
- [5] Hurther et al. (2011), A multi-frequency acoustic concentration and velocity profiler (ACVP) for boundary layer measurements of fine-scale flow and sediment transport processes. *Coast. Eng.*
- [6] McCorquodale et al. (2017), Experimental study of oscillating-grid turbulence interacting with a solid boundary, *J. Fluid Mech.*
- [7] Smerdon et al. (2021), PIV for Peanuts - a Low Cost Particle Image Velocimetry System to Observe Terminal Velocity in Suspensions

## 5. Contexte et objectifs de la demande :

**Laboratory:** LISIC/Calais, LOG/Wimereux  
**Supervision:** G. Fromant ([guillaume.fromant@univ-littoral.fr](mailto:guillaume.fromant@univ-littoral.fr)), F. Schmitt ([francois.schmitt@log.cnrs.fr](mailto:francois.schmitt@log.cnrs.fr))  
**Period:** 5-6 mois entre Jan. et Sept. 2025

**Profile:** Acoustique sous-marine / mécanique des fluides / turbulence, avec un intérêt pour les travaux expérimentaux, l'acquisition, le traitement et l'interprétation de données.

**Skills:** Matlab

**Project:** ANR RUPTURE

**Demande:** ½ financement LISIC (1751 € sur la base d'une gratification de 4.35€/h pour un total de 805 heures)