

PROPOSITION DE STAGE – MASTER 2

Dynamique des fluides, Énergétique et transferts

Université Toulouse 3 Paul Sabatier - Toulouse INP - INSA Toulouse - ISAE SUPAERO – IMT Mines Albi

Titre : **Instabilités hydrodynamiques des écoulements chargés en particules, cas particulier de la configuration Taylor-Couette (simulations numériques et modélisation)**

Responsable(s) : Micheline Abbas (LGC), Eric Climent (IMFT)

Lieu du stage : Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse

Durée / période : 6 mois

Candidature [CV, lettre de motivation, références] à envoyer à : micheline.abbas@toulouse-inp.fr ,

eric.climent@toulouse-inp.fr

Financement possible pour poursuite en Thèse, à l'issu de ce stage.

Sujet

Dans de nombreux secteurs d'activité en ingénierie (génie des procédés chimiques ou pétrochimiques, nucléaires, biotechnologiques, métallurgiques, etc.), la présence d'une seconde phase dispersée (bulles, gouttes, particules) complique considérablement la description et la prédiction des performances de ces systèmes. La proposition de modèles réalistes pour les écoulements diphasiques à phase dispersée nécessite d'avoir une compréhension approfondie des phénomènes d'interaction à l'échelle locale.

La simulation des modifications induites par la présence de particules solides dans un écoulement de fluide est au centre de ce projet de recherche. Dans nos travaux précédents^{1,2}, nous avons pu montrer que la présence de particules dans un écoulement proche de la transition à la turbulence avait un effet déstabilisateur (le nombre de Reynolds critique est plus bas dans le cas diphasique). Au-delà de reproduire des observations expérimentales de la littérature, nous avons pu proposer un mécanisme physique qui explique comment les particules interagissent avec les structures turbulentes de l'écoulement en proche paroi (figure 1, gauche).

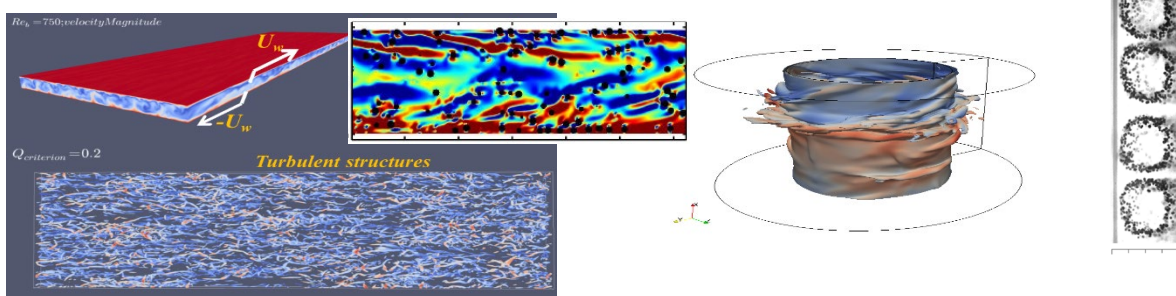


Figure 1: (Gauche) Écoulement de Couette plan turbulent et visualisation des structures cohérentes en l'absence et en présence des particules illustrées en noir. (Centre) Simulation d'un écoulement de Taylor-Couette³ turbulent. (Droite) Particules focalisées dans les rouleaux de Taylor⁴.

Dans le cadre de ce stage, nous proposons d'étudier la dynamique de particules de taille finie dans un écoulement de Taylor-Couette (écoulement entre deux cylindres en rotation), à l'aide de simulations numériques basées sur la « Force Coupling Method ». Récemment, nous avons adapté l'outil pour simuler les écoulements chargés en particules en géométrie cylindrique. Dans une première étape, le travail consistera à valider les trajectoires des particules dans un écoulement en régime laminaire puis

en présence des tourbillons de Taylor, et de comparer les résultats avec des travaux expérimentaux récents menés dans l'équipe de L. Baroudi (Manhattan College NY, USA). Dans une deuxième étape, il s'agira d'examiner le diagramme de phase de l'écoulement en présence de particules afin de déterminer les différentes instabilités hydrodynamiques qui conduisent progressivement à la turbulence, en fonction du nombre de Reynolds et de la concentration en particules solides.

Références

- 1- Loisel, V., Abbas, M., Masbernat, O., & Climent, E. (2013). The effect of neutrally buoyant finite-size particles on channel flows in the laminar-turbulent transition regime. *Physics of Fluids*, 25(12).
- 2- Wang, G., Abbas, M., & Climent, É. (2017). Modulation of large-scale structures by neutrally buoyant and inertial finite-size particles in turbulent Couette flow. *Physical Review Fluids*, 2(8), 084302.
- 3- 38. Numerical simulation of bubble dispersion in turbulent Taylor-Couette flow. (2014) A. Chouippe, E. Climent, D. Legendre and C. Gabillet, (2014) *Physics of Fluids*, 26, 043304.
- 4- Majji, M. V., & Morris, J. F. (2018). Inertial migration of particles in Taylor-Couette flows. *Physics of Fluids*, 30(3).

Pré-requis : mécanique des fluides, diphasique, calcul scientifique

Compétences : Fortran, Matlab, Paraview

Anglais: lu, écrit et parlé (~niveau B2)

Début du stage : Printemps 2024 pour une durée de 5 ou 6 mois

Gratification : ~600€ / mois

MASTER Thesis internship

Dynamique des fluides, Energétique et transferts

Université Toulouse 3 Paul Sabatier - Toulouse INP - INSA Toulouse - ISAE SUPAERO – IMT Mines Albi

Title : **Hydrodynamic instabilities of particle laden flows, the Taylor-Couette configuration (numerical simulations and modelling)**

Advisor(s) : Micheline Abbas (LGC), Eric Climent (IMFT)

Location : Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse

Duration : 5-6 months

Application [CV, references] must be sent to : micheline.abbas@toulouse-inp.fr , eric.climent@toulouse-inp.fr

Funding is available for PhD Thesis after the internship defense

Objective

In many engineering sectors (chemical or petrochemical process engineering, nuclear, biotechnology, metallurgy, etc.), the presence of a second dispersed phase (bubbles, drops, particles) considerably complicates the description and performance prediction of these systems. Proposing realistic models for dispersed two-phase flows requires a thorough understanding of interaction phenomena at the local scale.

The simulation of modifications induced by the presence of solid particles in a fluid flow is at the heart of this research project. In our previous studies^{1,2}, we were able to show that the presence of particles in a flow close to the onset of turbulence had a destabilizing effect (the critical Reynolds number is lower in the two-phase case). Beyond reproducing experimental observations from the literature, we were able to propose a physical mechanism that explains how particles interact with turbulent structures in near-wall flow (figure 1, left).

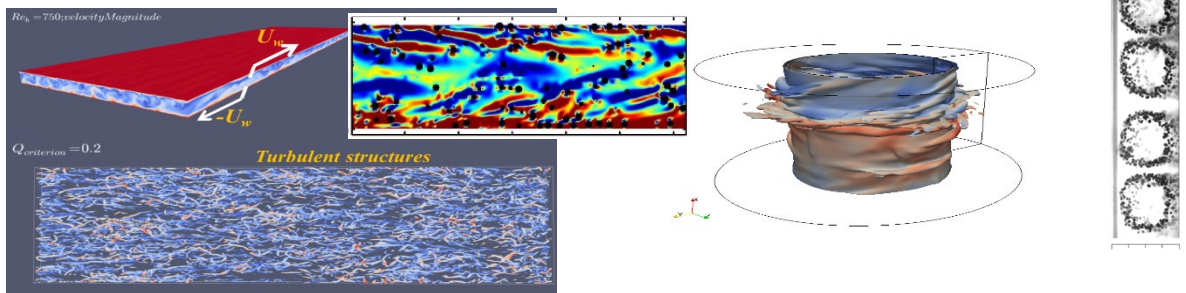


Figure 1: (Left) Turbulent plane Couette flow and visualization of coherent structures in the absence and presence of the particles shown in black. (Center) Simulation of turbulent Taylor-Couette flow³. (Right) Focused particles in Taylor vortices⁴.

In this internship, we propose to study the dynamics of finite-sized particles in a Taylor-Couette flow (flow between two rotating cylinders), using numerical simulations based on the "Force Coupling Method". Recently, we have adapted the tool to simulate particle-laden flows in cylindrical geometries. In the first stage, we will validate particle trajectories in laminar flow and in the presence of Taylor vortices, and compare the results with recent experimental work carried out by L. Baroudi's team (Manhattan College NY, USA). In a second stage, the phase diagram of the flow in the presence of

particles will be examined to determine the various hydrodynamic instabilities that progressively lead to turbulence, as a function of Reynolds number and solid particle concentration.

References

- 1- Loisel, V., Abbas, M., Masbernat, O., & Climent, E. (2013). The effect of neutrally buoyant finite-size particles on channel flows in the laminar-turbulent transition regime. *Physics of Fluids*, 25(12).
- 2- Wang, G., Abbas, M., & Climent, É. (2017). Modulation of large-scale structures by neutrally buoyant and inertial finite-size particles in turbulent Couette flow. *Physical Review Fluids*, 2(8), 084302.
- 3- 38. Numerical simulation of bubble dispersion in turbulent Taylor-Couette flow. (2014) A. Chouippe, E. Climent, D. Legendre and C. Gabillet, (2014) *Physics of Fluids*, 26, 043304.
- 4- Majji, M. V., & Morris, J. F. (2018). Inertial migration of particles in Taylor-Couette flows. *Physics of Fluids*, 30(3).

Knowledge: mécanique des fluides, diphasique, calcul scientifique

Competences: Fortran, Matlab, Paraview

English or French: Delf B2

Starting date: Spring 2024 for 5 to 6 months duration

Stipend: ~600€ / month