

Laboratoire : IMFT – Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse,
Allée Camille Soula, 31400 Toulouse

Titre du stage : **Expériences en laboratoire de l'échange de fluides visqueux superposés en configuration instable : application aux cheminées magmatiques**

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage : Thomas BONOMETTI, MCF
Jacques MAGNAUDET, DR CNRS
Cyril VETTORELLO, doctorant IMFT

Coordonnées (téléphone et email) du (des) responsable (s) de stage : thomas.bonometti@imft.fr,
0534322952, jacques.magnaudet@imft.fr, 053432807, cyril.vettorello@imft.fr

Sujet du stage :

Lorsqu'un fluide lourd est superposé à un fluide léger, l'effet de la gravité se traduit par une instabilité dite de Rayleigh-Taylor qui tend à amener le premier en-dessous du second. Cette instabilité a été très étudiée dans les régimes dominés par l'inertie et en l'absence de confinement latéral. On s'intéresse au contraire ici au cas où les effets visqueux sont dominants et où les fluides sont confinés à l'intérieur d'un tube cylindrique vertical. Cette situation est notamment rencontrée dans les cheminées magmatiques des volcans.

Des résultats expérimentaux récents (Beckett *et al.* 2011) montrent qu'il est difficile de prédire la configuration finale des fluides dans ce type d'écoulement (côte-à-côte, annulaire, asymétrique) car celle-ci dépend fortement du rapport de viscosité entre les deux fluides. Malheureusement, ces expériences de laboratoire ne s'intéressent à la distribution et la vitesse des fluides que lorsque ceux-ci ont parcouru une distance relativement grande. Or des simulations numériques (Ortolan 2012, Garnerone 2013) semblent indiquer que la perturbation initiale de l'interface séparant les deux fluides joue un rôle déterminant dans la sélection de la configuration qui se développe ensuite. De plus, ils mettent en évidence l'importance du choix du modèle de raccordement des contraintes visqueuses à l'interface sur la dynamique des fronts montant et descendant.

Lors de ce stage, un dispositif expérimental actuellement en construction à l'IMFT, sera utilisé. Il consiste en un tube d'environ un mètre de long et de diamètre centimétrique contenant deux couches de fluides visqueux de densité légèrement différentes ρ_1 et ρ_2 (ρ_1/ρ_2 étant proche de l'unité) et de viscosités très différentes μ_1 et μ_2 . Le tube est fixé à un axe de rotation et lorsqu'il est retourné, l'échange de fluides a lieu.

L'objectif de ce stage est d'effectuer une campagne expérimentale de l'échange de fluides visqueux superposés en configuration instable, en utilisant ce dispositif. Dans un premier temps, un suivi d'interfaces sera effectué via une technique d'ombroscopie et un traitement de l'image permettra de déterminer l'évolution temporelle du ou des fronts ascendant et descendant, pour une configuration donnée (ρ_1/ρ_2 et μ_1/μ_2 fixés). Dans un second temps, certains paramètres du problème seront variés (rapport de viscosité, nombre de Reynolds du système) et les résultats seront analysés au regard de (i) ces paramètres, (ii) des simulations numériques disponibles au laboratoire sur ce problème et (iii) des résultats théoriques sur le taux de croissance de l'instabilité et la configuration sélectionnée ultérieurement (Sweeney *et al.* 2013). Enfin, ces résultats expérimentaux pourront servir de référence pour tester les modèles de raccordement des contraintes visqueuses utilisés dans les modèles numériques actuels.

Références :

- Beckett, F. M., Mader, H. M., Phillips, J. C., Rust, A. C., & Witham, F. (2011). An experimental study of low-Reynolds-number exchange flow of two Newtonian fluids in a vertical pipe. *Journal of Fluid Mechanics*, 682, 652-670.
- Garnerone V (2013) *Simulation numérique de l'échange de fluides visqueux dans un tube de section circulaire*, stage de M2, Institut National Polytechnique de Toulouse, IMFT
- Ortolan A (2012) *Simulation numérique de l'échange de fluides visqueux dans un tube de section carrée*, stage de M2, Institut National Polytechnique de Toulouse, IMFT
- Sweeney, H., Kerswell, R. R., & Mullin, T. (2013). Rayleigh–Taylor instability in a finite cylinder: linear stability analysis and long-time fingering solutions. *Journal of Fluid Mechanics*, 734, 338-362.