Laboratoire de Physique
Ecole Normale Supérieure de Lyon

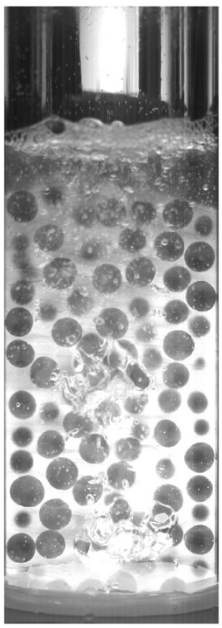
Proposition de stage de M2/Thèse

« Ecoulements triphasiques gravitaires »

Contacts : Sylvain Joubaud (sylvain.joubaud@ens-lyon.fr) ; Valérie Vidal (valerie.vidal@ens-lyon.fr)

Calendrier : Thèse prévue pour l'automne 2027.

Contexte :



La modélisation des écoulements multiphasiques, omniprésents dans l'industrie comme en géophysique, se heurte à la difficulté de relier les mécanismes locaux (particules, bulles) au comportement macroscopique : comprendre ce couplage d'échelles est un défi scientifique majeur. Cette thèse s'appuie sur un système modèle, la vidange d'une bouteille retournée au goulot étroit, où l'air et le liquide traversent alternativement le goulot en un régime périodique « glou-glou », avec des régimes variés selon la topologie de l'air entrant. Des travaux récents du LPENSL (thèse de S. Perez, 2024-2027) montrent que pour un régime, même jusqu'à 60 % de particules en volume, le débit reste constant et aucun blocage n'apparaît malgré un rapport taille de sortie/taille de grains favorable à la formation d'arches, l'entraînement périodique des bulles d'air semblant empêcher la formation d'un pont granulaire stable [Monnet2024; Perez2026; Perez2027]. Pour comprendre ce comportement, des mesures seront menées à deux échelles complémentaires : une échelle globale (débits de liquide, de particules et de gaz) et une échelle locale, grâce à des particules d'hydrogel dont l'indice de réfraction est ajusté à celui du liquide, offrant un accès optique au cœur de la suspension (voir figure ci-contre).

Projet :

L'objectif de cette thèse est de poursuivre ces travaux pour établir une carte générale des régimes de vidange en présence de particules. Notre hypothèse centrale est que les particules ne font pas que modifier légèrement le cas diphasique : elles peuvent aussi faire apparaître des régimes inédits. Le double objectif est donc de comprendre et modéliser les mécanismes à l'origine des transitions entre régimes, et d'identifier ceux qui sont propres aux suspensions.

L'approche proposée combinera des expériences réalisées à l'ENS de Lyon et des comparaisons avec des simulations numériques menées en collaboration avec E. Meiburg (University of California, Santa Barbara).

Plus particulièrement, nous nous intéresserons aux points suivants :

- **Extension aux bulles de Taylor**

  La première partie consistera à reprendre les études globales et locales pour le cas où la bulle occupe la totalité du diamètre de la bouteille et où le liquide s'écoule uniquement dans les films de lubrification. L'ajout de particules devrait modifier fortement ce comportement, notamment lorsque leur diamètre est grand devant l'échelle typique de ces films.

- **Diagramme de phase**

Dans un second temps, nous étudierons l'évolution entre le cas étudié par S. Perez jusqu'aux bulles de Taylor afin de comprendre l'influence des particules sur la dynamique de vidange.

- **Focus sur le goulot : blocage ou écoulement intermittent ?**

Lorsque les particules s'accumulent et sont forcées à travers la constriction, des arches ou des ponts transitoires peuvent se former au niveau de l'orifice et bloquer l'écoulement, momentanément ou de façon permanente. Ici, l'entraînement périodique de gaz à travers le goulot pourrait constituer un mécanisme de déblocage intrinsèque et actif, dont nous comparerons l'efficacité à celle de ces stratégies connues.

Références

[Monnet2024] Monnet B., Fluides newtoniens et suspensions : bulle unique et Vidange, *Thèse* ENS de Lyon (2024).
[Perez2026] Perez S. et al, Emptying bottle filled with suspensions, Journal of Fluid Mechanics (2026).
[Perez2027] Perez S., Dynamique 3D de remontée de bulles dans une suspension, *Thèse* ENS de Lyon *(2027).*