

Postdoctoral position in LEGI (UMR 5519), Grenoble, France – 12 months

Bubble dynamics in complex two-phase flows

Bubbly flows are encountered in a wide range of engineering processes, including biomethanation, hydrogen production, CO₂ sequestration, protein purification, more recently, PFAS removal. Despite their seemingly simple appearance, the flow dynamics inside a bubble column can be highly complex depending on both the properties of each phase and the operating conditions. Understanding bubble dynamics remains an open challenge in the study of complex two-phase flows. At LEGI, two such flow configurations are currently under investigation.

In air–water bubble columns operated in the heterogeneous regime, collective dynamics play a significant role, as demonstrated by our recent findings [1, 2]. Meso-scale structures spontaneously emerge within the flow, characterized by regions of high bubble densities (up to 10 times more) or zones of low densities (as little as one-tenth). These uneven distributions create turbulent flows driven by buoyancy. The probability density functions (PDFs) of bubble velocities vary significantly. Furthermore, both the phasic velocities and mean relative velocity are linked to column diameter and average void fraction. However, several questions remain open, such as the mechanisms governing the size and gas concentration of these meso-scale structures, the possible existence of an asymptotic heterogeneous state at high gas flow rates, and the axial development of the flow. A predictive model for both the mean void fraction and its fluctuations is yet to be developed [3]. Finally, the disagreement between experiments and advanced simulations on the bubble velocity PDFs remains to be resolved.

When surfactants are added to a bubble column, the behavior of the bubbles changes significantly. A thick foam layer may form at the top of the column. The distribution of bubble sizes within the foam can be influenced by the size of the injected bubbles, the gas flow rate, and the type and concentration of the surfactant used. Given the inherently unstable nature of foam, a detailed characterization of the bubble size distribution along the vertical axis of the foam layer, as well as its temporal evolution, is necessary for understanding foam dynamics. This knowledge is essential for the development and optimization of efficient separation processes involving foams.

The above two situations will be investigated using recently developed Doppler optical probes [4]. Some adaptations of the dedicated signal processing and of the data post-processing will be needed. Note that recent experiments in collaboration with Y. Mizushima from Shizuoka University have indeed demonstrated that Doppler optical probes are capable of detecting thin liquid bridges separating bubbles in a foam. Both the experiments and the measuring technique are already available. The post-doc will participate in the collaboration with Shizuoka University.

Candidates: We are seeking a motivated postdoctoral researcher with a strong interest in experimental work. The ideal candidate will have a solid background in physics and/or fluid mechanics, and a keen interest in two-phase flow phenomena.

Contacts :

Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels (LEGI) <https://www.legi.grenoble-inp.fr/web/>

Ms. Zhujun Huang, MCF G-INP (04 76 82 50 41) zhujun.huang@univ-grenoble-alpes.fr

Mr. Alain Cartellier, DR Emeritus CNRS (07 86 83 47 35), Alain.Cartellier@univ-grenoble-alpes.fr

Salary: monthly 2900€-3500€ (depending on experience)

Application: <https://emploi.cnrs.fr/>

References:

[1] Y. Mezui, M. Obligado and A. Cartellier, Buoyancy-driven bubbly flows: scaling of velocities in bubble columns operated in the heterogeneous regime, *J. Fluid Mechanics*, 952, A10 (2022).

[2] Y. Mezui, M. Obligado and A. Cartellier, Buoyancy-driven bubbly flows: role of meso-scale structures on the relative motion between phases in bubble columns operated in the heterogeneous regime, *J. Fluid Mechanics*, 962, A40 (2023).

[3] M. Obligado, M. Terentyak, A. Cartellier, Z. Huang, M. C. Ruzicka, S. Orvalho, Time-dependent hydrodynamics of bubble columns, *Chemical Engineering Science* 308 (2025) 121365.

[4] A. Lefebvre, Y. Mezui, M. Obligado, S. Gluck, A. Cartellier, A new, optimized Doppler optical probe for phase detection, bubble velocity and size measurements: Investigation of a bubble column operated in the heterogeneous regime, *Chemical Engineering Science* 250 (2022) 117359.

Post-doctorant(e) au LEGI (UMR 5519), Grenoble – 12 mois

Dynamique d'écoulements à bulles complexes

Les écoulements à bulles sont présents sur une large gamme de procédés, dont la biométhanation, la production d'hydrogène, la capture de CO₂, la purification des protéines, ou encore la capture de PFAS. Typiquement, les bulles sont produites par injection par changement de phase ou par réaction chimique dans un réacteur rempli de liquide. En dépit de leur simplicité de conception, l'écoulement au sein d'une colonne à bulles est très complexe. Cette complexité provient des propriétés de chacune des phases et des conditions opératoires.

La compréhension de la dynamique de bulles constitue encore une question ouverte dans certains écoulements diphasiques complexes. Dans ce cadre, deux situations sont actuellement étudiées au LEGI. Dans des colonnes à bulles en eau-air en régime hétérogène, une dynamique collective intervient comme nous l'avons récemment montré [1, 2]. En effet, des structures de méso-échelle associées à des zones à forte (jusqu'à 10 fois la concentration moyenne) et à faible (jusqu'à 0,1 fois la concentration moyenne) densité de bulles apparaissent au sein de l'écoulement, and conduisent à de la convection turbulente pilotée par l'allègement. La distribution de vitesses de bulles évolue sensiblement selon la structure considérée. En outre les vitesses phasiques ainsi que la vitesse relative moyenne évoluent comme la racine du diamètre de la colonne que multiplie le taux de vide moyen. Les questions ouvertes concernent la compréhension des mécanismes contrôlant la dimension de ces structures et la concentration en gaz associée, l'existence probable d'un régime hétérogène asymptotique lorsque le débit gaz injecté croît, l'investigation de l'évolution axiale du taux de vide ou encore la construction d'un modèle pour le taux de vide moyen et pour ses fluctuations [3]. Une controverse doit aussi être résolue entre expériences et simulations avancées sur la forme des distributions de vitesse des bulles.

En ajoutant des surfactants, la dynamique de la colonne à bulle est modifiée, et une couche épaisse de mousse apparaît au sommet de la colonne. La connaissance des tailles de bulle au sein de la mousse, et de leur évolution à la fois dans le temps et selon une verticale constituent des informations cruciales pour le dimensionnement d'organes de séparation efficaces. Les paramètres de contrôle de l'étude comprendront le débit gaz injecté ainsi que la nature et la concentration du surfactant.

Les deux situations précédentes seront explorées à l'aide de sondes optiques Doppler récemment développées [4]. Des adaptations du traitement du signal ainsi que du post-traitement des données seront requises. Soulignons que des expériences récentes menées en collaboration avec Y. Mizushima de l'Université de Shizuoka, ont démontré que les sondes Doppler détectent bien les films liquides fins qui séparent les bulles au sein d'une mousse. Les installations expérimentales ainsi que la technique de mesure par sonde sont disponibles et opérationnelles. Le/la post-doctorant.e participera à la collaboration avec l'Université de Shizuoka (Mizushima-Lab).

Candidats : Nous recherchons un(e) candidat(e) motivé(e) ayant un intérêt avéré pour de l'expérimentation en mécanique des fluides. Profil mécanique/physique. Niveau Postdoctorant.

Contacts :

Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels (LEGI) <https://www.legi.grenoble-inp.fr/web/>
Zhujun Huang, MCF G-INP (04 76 82 50 41) zhujun.huang@univ-grenoble-alpes.fr
Alain Cartellier, DR Emerite CNRS (07 86 83 47 35) Alain.Cartellier@univ-grenoble-alpes.fr

Salaire : mensuel brut 2900€-3500€ (en fonction de l'expérience)

Candidater sur: <https://emploi.cnrs.fr/>

Références :

- [1] Y. Mezui, M. Obligado and A. Cartellier, Buoyancy-driven bubbly flows : scaling of velocities in bubble columns operated in the heterogeneous regime, *J. Fluid Mechanics*, 952, A10 (2022).
- [2] Y. Mezui, M. Obligado and A. Cartellier, Buoyancy-driven bubbly flows : role of meso-scale structures on the relative motion between phases in bubble columns operated in the heterogeneous regime, *J. Fluid Mechanics*, 962, A40 (2023).
- [3] M. Obligado, M. Terentyak, A. Cartellier, Z. Huang, M. C. Ruzicka, S. Orvalho, Time-dependent hydrodynamics of bubble columns, *Chemical Engineering Science* 308 (2025) 121365.
- [4] A. Lefebvre, Y. Mezui, M. Obligado, S. Gluck, A. Cartellier, A new, optimized Doppler optical probe for phase detection, bubble velocity and size measurements: Investigation of a bubble column operated in the heterogeneous regime, *Chemical Engineering Science* 250 (2022) 117359.