

Développement d'un outil de résolution numérique des écoulements diphasiques compressibles

2026

Contexte

Les écoulements diphasiques compressibles interviennent dans de nombreux phénomènes naturels ou dispositifs industriels : les écoulements géophysiques (coulée de lave, sources hydrothermales), en santé (aérosols thérapeutiques, traitement par ultrason), pour des applications navales (par cavitation ou émissions de jets diphasiques) ou encore dans le domaine du spatial (fuite des systèmes propulsifs, déstabilisation diphasique en microgravité). La compréhension physique de ces systèmes nécessite l'élaboration de dispositifs expérimentaux conséquents et coûteux. Il devient donc nécessaire de modéliser numériquement ces écoulements, pour en améliorer la compréhension.

L'équipe d'accueil du stage est spécialisée dans le développement numérique des écoulements. Elle dispose à l'heure actuelle d'un code maison de résolution des écoulements diphasiques [1], limité au cas incompressible. Elle possède également de solides connaissances des écoulements compressibles. Afin d'étendre la diversité des écoulements étudiés, l'équipe souhaite se doter d'un code d'ordre élevé pour la résolution des écoulements diphasiques compressibles.

Objectif du stage

L'objectif principal consiste à développer un code de résolution des équations de Navier-Stokes compressibles diphasiques en deux dimensions, en se basant sur un modèle d'équations original [2]. Le travail se fera entièrement en FORTRAN 90, avec une attention particulière portée sur la mise en place de schémas numériques d'ordre élevé. Un couplage entre le schéma WENO pour les termes hyperboliques et un schéma de différences finies d'ordre élevé pour les termes visqueux sera implémenté, en complément de schémas de type Runge-Kutta TDV pour l'intégration temporelle.

En fonction de l'avancement du projet, le solveur pourra être étendu au cas 3D et parallélisé. Pour ce dernier point, une portabilité sur GPGPU (General Purpose Graphical Process Unit) est envisagée, avec une hybridation MPI pour exploiter plusieurs cartes de calculs. Enfin, l'ajout de la physique de la tension superficielle permettra de se rapprocher de configurations plus réalistes.

Profil recherché

Ce stage s'adresse à un étudiant en Master 2 ou en dernière année d'école d'ingénieur dans les domaines des mathématiques appliquées ou de la mécanique des fluides. Le candidat doit disposer de connaissances solides en méthodes numériques pour les équations aux dérivées partielles,

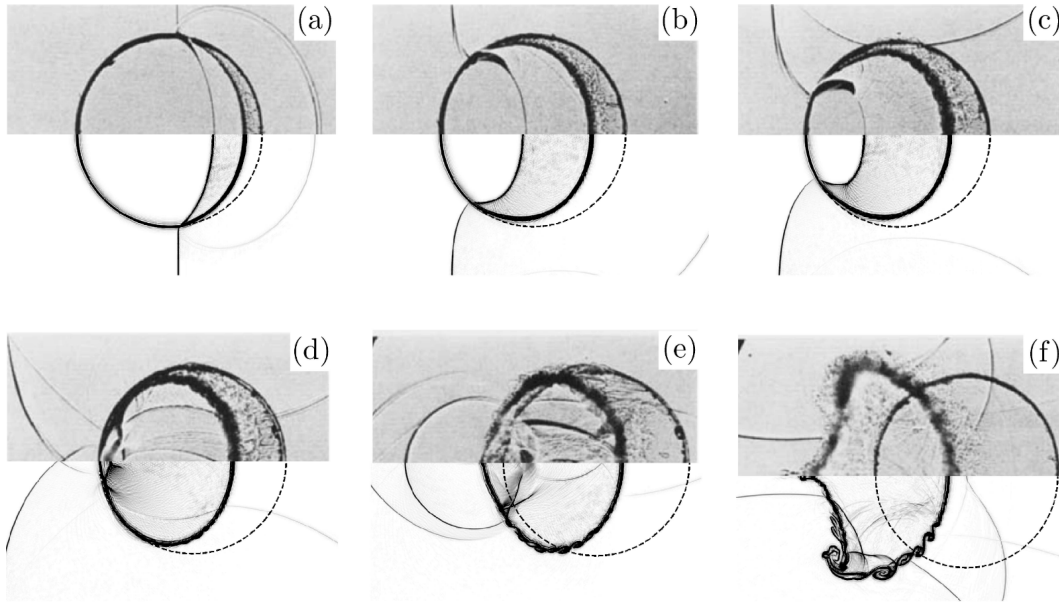


FIGURE 1 – Comparaison numérique (moitié inférieure) et expérimentale (moitié supérieure) de l'impact d'une onde de choc sur une bulle à différents instants. Image issue de [2]

ainsi que de bonnes compétences en programmation scientifique et langage de bas niveau (C ou FORTRAN). Une familiarité avec les équations de Navier–Stokes, en particulier en régime compressible, sera appréciée. La maîtrise des techniques de parallélisation constituera un atout pour les extensions possibles du projet.

Contact

Encadrants : Pierre Trontin (pierre.trontin@univ-lyon1.fr) et Bastien Di Pierro (bastien.di-pierro@univ-lyon1.fr)

Laboratoire : Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique, LMFA UMR 5509

Lieu du stage : Campus de la Doua, Villeurbanne

Durée du stage : 5 à 6 mois, au printemps-été 2026.

Références

- [1] Frédéric Courderc, *Développement d'un code de calcul pour la simulation d'écoulements de fluides non miscibles. Application à la désintégration assistée d'un jet liquide par un courant gazeux*, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 2007.
- [2] Marion Capuano, *Simulations numériques d'écoulements diphasiques compressibles, visqueux et conductifs à l'aide de schémas aux différences finies d'ordre élevé*, Thèse de doctorat, Université de Lyon, 2018.