



Proposition de sujet de stage M2
Année 2022–2023



Simulations HPC d'écoulements diphasiques par une méthode pseudo-potentielle dans LBM_saclay

17 novembre 2022

DES, ISAS, DM2S, STMF, LMSF, CEA, Université Paris–Saclay, Bât 451, 91191 Gif-sur-Yvette cedex

Contexte général

La méthode de Boltzmann sur réseaux (Lattice Boltzmann Method – LBM) [1] est une méthode numérique qui permet de simuler des problèmes physiques modélisés par des équations aux dérivées partielles telles que celles impliquées dans la croissance des cristaux, les équations fractionnaires et les écoulements de fluide. La base de la méthode consiste à réaliser une étape de collision suivie d'une étape de déplacement d'une fonction de distribution sur un maillage cartésien régulier. La méthode a été mise en œuvre dans un code de calcul développé au CEA et écrit en C++ : LBM_saclay [2]. Ce dernier est dédié à la simulation d'écoulements diphasiques avec ou sans changement de phase liquide-gaz et exécutable sur différentes architectures matérielles (multi-CPU et multi-GPU) [3]. Le sujet de stage vise à enrichir la base de cas tests de LBM_saclay en étudiant une nouvelle application physique impliquant des écoulements diphasiques.

Objectifs du stage

Le sujet du stage consiste à mettre en œuvre dans LBM_saclay une approche « pseudo-potentielle » pour simuler des écoulements diphasiques. Le travail pourra s'appuyer sur la littérature existante sur le sujet [4]. Cette approche sera comparée avec un modèle déjà implémenté dans LBM_saclay et composé des équations de Navier-Stokes incompressibles, couplées à l'équation de Allen-Cahn pour le suivi de l'interface entre les deux phases. Les simulations comparatives pourront se réaliser sur des cas tests classiques dans ce domaine : instabilités de Rayleigh-Taylor ou coalescence de bulles. Des comparaisons des temps de calcul sur les différents clusters de calculs accessibles au CEA seront effectuées entre les plateformes GPU et CPU (supercalculateur Jean-Zay de l'IDRIS et IRENE-V100 du CCRT). Selon l'état d'avancement du stage, différentes directions de travail pourront être envisagées : 1) extension au 3D ou 2) test d'un opérateur de collision alternatif.

Environnement de travail

Le stage s'effectuera au sein du laboratoire LMSF du Service de Thermo-Hydraulique et Mécanique des Fluides (STMF) du CEA–Saclay qui regroupe des compétences sur les aspects LBM et les modèles à champ de phase. Ce travail se réalisera en collaboration avec un laboratoire de l'Inria qui possède les compétences sur l'approche pseudo-potentielle du sujet. La durée recommandée pour ce travail est de 5 à 6 mois pour un début effectif au CEA–Saclay au premier trimestre 2023. Le profil requis est celui d'un Mastère 2 ou d'une dernière année d'école d'ingénieur ayant un goût prononcé pour le calcul scientifique, la modélisation physique et la programmation en C++.

Directions de travail

- Compréhension du modèle physique de suivi d'interface, de la méthode LB et prise en main du code de calcul.
- Développements informatiques en C++.
- Vérifications et validations ; simulations et discussion.
- Rédaction du rapport et présentation orale des résultats.



Proposition de sujet de stage M2 Année 2022–2023



Contacts

Envoyer un CV détaillé à :

ROMAIN NOËL
Inria & Université Gustave Eiffel
Centre de Nantes
romain.noel@univ-eiffel.fr
Allée des Ponts et Chaussées
Route de Bouaye – CS4
44344 Bouguenais Cedex

ALAIN CARTALADE
CEA Saclay
DES/ISAS/DM2S/STMF/LMSF
alain.cartalade@cea.fr
Bât 451, p. 22
Tél : 01 69 08 40 67

Mots clés

Lattice Boltzmann Method, Navier-Stokes, modèle à champ de phase, `LBM_saclay`, C++.

Références

- [1] T. Krüger, H. Kusumaatmaja, A. Kuzmin, O. Shardt, G. Silva, E. Viggien, The Lattice Boltzmann Method. Principles and Practice, Springer, 2017. [doi:10.1007/978-3-319-44649-3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-44649-3).
- [2] W. Verdier, T. Boutin, P. Kestener, A. Cartalade, `LBM_saclay` : application HPC multi-architectures sur base LBM. Guide du développeur, Tech. rep., CEA-Saclay, DES/ISAS/DM2S/STMF/LMSF/NT/2022-70869/A (2022).
- [3] W. Verdier, P. Kestener, A. Cartalade, Performance portability of lattice Boltzmann methods for two-phase flows with phase change, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 370 (2020) 113266. [doi:10.1016/j.cma.2020.113266](https://doi.org/10.1016/j.cma.2020.113266).
- [4] F. Qin, A. M. Moqaddam, L. Del Carro, Q. Kang, T. Brunschwiler, D. Derome, J. Carmeliet, Tricoupled hybrid lattice boltzmann model for nonisothermal drying of colloidal suspensions in micropore structures, Physical Review E 99 (5) (2019) 053306.