

Méthodes numériques tout-régime et préservant l'asymptotique de type Lagrange-Projection.

Application aux écoulements diphasiques en régime bas mach.

Mathieu Girardin

LMEC (CEA Saclay), LJLL (UPMC), LRC Manon (CEA – UPMC)

Directeur de thèse : Christophe Chalons

Co-encadrant : Samuel Kokh

Soutenance de thèse le mardi 9 décembre 2014 à 10h30 dans l'Amphithéâtre 45 B, de l'Université Pierre et Marie Curie. (4 place Jussieu 75252 Paris cedex 05).

Un pot de thèse aura lieu à l'issue au 3^{ème} étage de la tour 15 de l'UPMC.

Résumé :

Les écoulements diphasiques dans les centrales de type réacteur à eau pressurisée appartiennent à des régimes très variés allant du faible nombre de Mach jusqu'aux ondes de chocs. Calculer des solutions approchées précises de ces écoulements peut s'avérer délicat dans certains régimes. On s'intéresse dans cette thèse à la conception et à l'étude de méthodes numériques robustes et stables à grand pas de temps, capables de calculer des solutions approchées précises quel que soit le régime d'écoulement, y compris sur maillage grossier. Une stratégie pour construire de tels schémas consiste à : utiliser un schéma semi implicite basé sur un *splitting* d'opérateurs pour séparer la résolution approchée des phénomènes rapides de celles des phénomènes lents ; corriger les flux numériques afin d'améliorer la précision du schéma dans certains régimes. Deux approches sont utilisées pour analyser la capacité du schéma numérique à gérer plusieurs régimes d'écoulement. L'approche des schémas *asymptotic preserving* est utilisée pour traiter le système de la dynamique des gaz avec termes sources raides. On utilise ensuite la notion de schéma tout-régime pour le système de la dynamique des gaz et les systèmes diphasiques homogénéisés HRM et HEM à bas nombre de Mach. Des propriétés garantissant la stabilité et la robustesse des schémas ont été obtenues, et en particulier des inégalités d'entropie discrètes. L'implémentation de ces méthodes a permis de mener des expériences numériques en 1D et 2D sur maillage non structuré qui confirment le gain en précision et en temps de calcul des schémas *asymptotic preserving* et tout-régime ainsi construits par rapport à des schémas numériques classiques.

Abstract :

Two-phase flows in Pressurized Water Reactors belong to a wide range of Mach number flows. Computing accurate approximate solutions of those flows may be challenging from a numerical point of view as classical finite volume methods are too diffusive in the low Mach regime. In this thesis, we are interested in designing and studying some robust numerical schemes that are stable for large time steps and accurate even on coarse meshes for a wide range of flow regimes. An important feature is the strategy to construct those schemes. We use a mixed implicit-explicit strategy based on an operator splitting to solve fast and slow phenomena separately. Then, we introduce a modification of a Suliciu type relaxation scheme to improve the accuracy of the numerical scheme in some regime of interest. Two approaches have been used to assess the ability of our numerical schemes to deal with a wide range of flow regimes. The first approach, based on the asymptotic preserving property, has been used for the gas dynamics equations with stiff source terms. The second approach, based on the all-regime property, has been used for the gas dynamics equations and the homogeneous two-phase flows models HRM and HEM in the low Mach regime. We obtained some robustness and stability properties for our numerical schemes. In particular, some discrete entropy inequalities are shown. Numerical evidences, in 1D and in 2D on unstructured meshes, assess the gain in term of accuracy and CPU time of those asymptotic preserving and all-regime numerical schemes in comparison with classical finite volume methods.