

Laboratoire de Recherche Conventonné

ANABASE

Analyse Numérique Appliquée de Bordeaux A la Simulation d'Écoulements complexes

IMB – CEA-Cesta

Institut de Mathématiques de Bordeaux
351 Cours de la Libération, 33405 Talence



université
de BORDEAUX



Contact :

R.Loubère raphael.loubere@u-bordeaux.fr

P.-H. Maire pierre-henri.maire@cea.fr

Simulation numérique d'écoulements hypersoniques tridimensionnels

Ce sujet de stage de Master Recherche est proposé dans le cadre du laboratoire de recherche conventionné (LRC) ANABASE porté par l'Institut de Mathématiques de Bordeaux (IMB) et le Centre d'Etudes Scientifiques et Techniques d'Aquitaine (CESTA) du CEA. **Il est compatible d'un travail à distance et il pourra se poursuivre par une thèse dotée d'un financement CEA, dans le cadre du LRC ANABASE, à partir du mois de septembre 2022.**

Ce stage s'intéresse à l'étude et à la mise au point de méthodes numériques dédiées à la simulation d'écoulements hypersoniques tridimensionnels. Ces écoulements sont par exemple rencontrés lors de la rentrée atmosphérique d'un véhicule spatial. Ils sont caractérisés par la présence d'ondes de choc et de détente très intenses ainsi que par des niveaux de pression, de température et de flux thermique très élevés [1]. Pour ce type d'écoulements la robustesse et la précision des méthodes numériques sous-jacentes aux codes de calcul est un enjeu primordial. Une méthode numérique innovante, du type Volume Fini, a été récemment développée pour des maillages non-structurés [2,3]. Elle permet d'appréhender efficacement des géométries complexes. Cette nouvelle approche repose sur des solveurs de Riemann approchés localisés aux nœuds des mailles pour évaluer les flux numériques. Ces solveurs de Riemann construits pour la formulation eulérienne des équations de la dynamique des gaz découlent d'une version lagrangienne et héritent d'un certain nombre de leurs propriétés intéressantes (positivité et caractère entropique).

Dans un premier temps, le travail se focalisera sur l'étude des propriétés théoriques de cette nouvelle méthode, en particulier son insensibilité au phénomène d'instabilité numérique parasite appelé « carbuncle ». Il sera demandé au candidat d'analyser cette propriété de la méthode numérique tant du point de vue théorique que numérique via des simulations à l'aide d'un code 3D résolvant les équations d'Euler et développé dans le cadre d'une thèse en cours.

Dans un second temps, la méthode numérique sera étendue pour prendre en compte les effets de viscosité et de conductivité thermique afin de résoudre les équations de Navier-Stokes. Une phase de validation via des simulations de cas tests analytiques et réels suivra. Enfin, des études pour optimiser la calibration de certains paramètres numériques pourront être envisagées. On pourra aussi explorer la capacité à utiliser des équations d'état réalistes décrivant les effets de gaz à haute température tels que ceux rencontrés par un avion en phase de rentrée atmosphérique.

Si vous avez envie de découvrir un environnement de recherche appliqué au sein duquel sont élaborées et évaluées de nouvelles méthodes à la pointe de l'analyse numérique ; si vous êtes intéressés par la perspective d'enrichir votre parcours par une formation doctorale alors ce stage est fait pour vous !

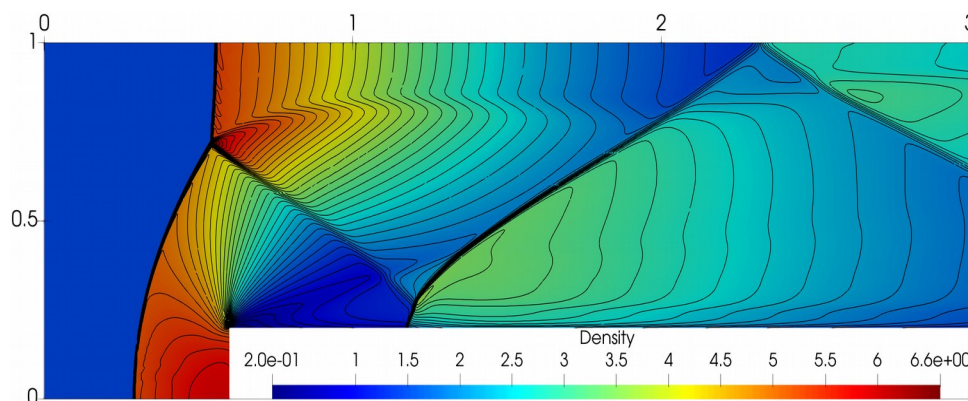


Illustration 1: Diffraction d'une onde de choc supersonique par une marche montante.

Bibliographie non exhaustive :

[1] J. D. Anderson. *Hypersonic and high-temperature gas dynamics*. AIAA education series, 2006.

[2] A. Chan, G. Gallice, R. Loubère, P.-H. Maire. Positivity preserving and entropy consistent approximate Riemann solvers dedicated to the high-order MOOD-based Finite Volume discretization of Lagrangian and Eulerian gas dynamics. *Computers & Fluids*, 2021.

[3] G. Gallice, A. Chan, R. Loubère, P.-H. Maire. Entropy stable and positivity preserving Godunov-type schemes for multidimensional hyperbolic systems on unstructured grids. *Submitted to Journal of Computational Physics*, 2022.

Encadrement : R. Loubère (DR CNRS, IMB), P.-H. Maire (DR CEA, CESTA) et A. Chan (PhD, IMB-CESTA)

Lieu : virtuel ou en présentiel à l'IMB et/ou au CEA-Cesta

Durée : 6 mois à compter du mois d'avril 2022

Contact : envoyer votre CV et une lettre de motivation à raphael.loubere@u-bordeaux.fr et pierre-henri.maire@cea.fr