

OFFRE D'EMPLOI – STAGE

Optimisation de la stabilité temporelle d'un schéma aux Différences Spectrales pour des problèmes hyperboliques

INFORMATIONS DE L'OFFRE

Référence : AAM-2024-DAV-05

Lieu : 42 Avenue Gaspard Coriolis – 31057 Toulouse

Équipe : AAM

Encadrants :

- Guillaume Daviller daviller@cerfacs.fr
- Nadir Messai, messai@cerfacs.fr

Gratification : 700€ net par mois - niveau M2 ou dernière année école d'ingénieur

Période : 6 mois – à partir de Février 2025 (modulable)

Mots-clés : Schémas numériques d'ordre élevé, CFD, hpc, calcul scientifique

LE CERFACS

Le Cerfacs est un centre privé de recherche, de développement, de transfert et de formation en modélisation, simulation et calcul haute performance. Le Cerfacs conçoit, développe et propose des méthodes et solutions logicielles innovantes répondant aux besoins de ses associés dans les domaines de l'aéronautique, du spatial, du climat, de l'environnement et de l'énergie. Le Cerfacs forme des étudiants, des chercheurs et des ingénieurs dans le domaine de la simulation et du calcul haute performance. Le Cerfacs travaille en forte interaction avec ses sept associés : [Airbus](#), [Cnes](#), [EDF](#), [Météo France](#), [Onera](#), [Safran](#) et [TotalEnergies](#).



L'ÉQUIPE D'ACCUEIL - AAM

L'équipe Aérodynamique Avancée et Multiphysique (AAM) se consacre au développement de méthodes numériques innovantes, à la modélisation physique et aux techniques de calcul haute performance (HPC) pour les nouveaux solveurs CFD. En étroite collaboration avec les partenaires de Cerfacs, le travail se focalise sur les simulations de dynamique des fluides pour les avions, les fusées et les turbomachines.

CONTEXTE

Les besoins en simulation numérique de phénomènes multi-physiques instationnaires sont en forte augmentation dans les industries aéronautiques et spatiales. Elles constituent en effet une alternative économique aux essais et expérimentation, induisant une réduction du temps de développement. Elle facilite également la conception et l'optimisation de systèmes aérospatiaux (chambres de combustion, structures aérodynamiques, etc.). Pour être un outil efficace, les méthodes de simulation sous-jacentes doivent représenter fidèlement les phénomènes physiques d'intérêt sur des configurations industrielles. Dans ce contexte, le CERFACS travaille en étroite collaboration avec l'ONERA afin de développer des méthodes de calcul scientifique innovantes au sein du logiciel JAGUAR.

JAGUAR est un code de calcul haute performance résolvant les équations de Navier-Stokes réactives en régime laminaire et turbulent via une modélisation aux Grandes Échelles. Le système d'équations correspondant est discrétisé à l'aide d'un schéma numérique d'ordre élevé de type Différence Spectrale (SD). Ce schéma est une alternative aux méthodes de Galerkin discontinu offrant les mêmes propriétés générales (ordre élevé, raffinement hp, gestion native des maillages non conformes et non structurés) tout en ayant de meilleures performances en termes de stabilité temporelle et de coût de calcul. Les travaux menés durant la thèse d'Adèle Veilleux [1] ont permis d'étendre le choix des éléments aux maillages triangulaires et tétraédriques. En parallèle, les travaux de thèse de T. Marchal [2] ont permis de rendre possibles les simulations réactives sur maillages hexaédriques. Afin de rendre la méthode plus robuste dans un contexte d'utilisation industrielle, de récents travaux ont permis de stabiliser la méthode en présence de chocs [3] et d'étendre la méthode pour tous les ordres polynomiaux [4].

Ce stage s'inscrit dans la poursuite de ces travaux dans l'optique d'optimiser le fonctionnement de ces méthodes de calcul numérique pour faciliter leur capacité de résolution de problèmes industriels.

- [1] A. Veilleux, G. Puigt, H. Deniau and G. Daviller. *Stable Spectral Difference Approach Using Raviart-Thomas Elements for 3D Computations on Tetrahedral Grids*. Journal of Scientific Computing, 91, 2022.
- [2] T. Marchal, H. Deniau, J.-F. Boussuge, J.F., B. Cuenot and R. Mercier. *Extension of the Spectral Difference Method to Premixed Laminar and Turbulent Combustion*. Flow Turbulence and Combustion, 111, 2023.
- [3] N. Messai, G. Daviller and J.-F. Boussuge. *Artificial viscosity-based shock capturing scheme for the Spectral Difference method on simplicial elements*. Journal of Computational Physics, 2024.
- [4] N. Messai and G. Daviller. *A corrected Raviart-Thomas Spectral Difference scheme stable for arbitrary order of accuracy on triangular and tetrahedral meshes*. To appear in Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 2025.

MISSION

Ce stage a pour objectif principal d'évaluer les possibilités d'optimisation de la stabilité temporelle des schémas aux Différences Spectrales (SD) pour des maillages triangulaires. En effet, la stabilité temporelle des schémas d'ordre élevé est actuellement contraignante par rapport aux volumes finis classiques et constitue un frein à l'utilisation des méthodes SD dans un contexte applicatif. Nous allons explorer dans ce stage une voie d'amélioration de la stabilité du schéma. Il a été montré récemment que l'on peut moduler le flux numérique du schéma SD à l'aide de paramètres de contrôle. Cette opération de modulation peut être interprétée comme un filtrage passe bas implicite du flux. Ce filtrage permet de diminuer les hautes fréquences et donc d'améliorer significativement le nombre CFL des simulations.

Cependant, l'effet précis du filtrage sur les propriétés de dissipation et de dispersion du schéma numérique est à ce jour non élucidé. La première partie du stage sera donc dédiée à la caractérisation du filtrage sur les propriétés du schéma dans la cadre d'un problème de transport linéaire. Ce travail sera effectué à l'aide d'une analyse de Von Neumann. Ensuite, un travail d'optimisation de la valeur de ces paramètres sera entrepris pour déterminer la valeur de ces derniers permettant de maximiser la stabilité temporelle sans trop dégrader la précision et l'ordre de convergence du schéma numérique. Une procédure d'optimisation par métaheuristique (de type essaim particulaire) est actuellement envisagée.

Enfin, le filtrage n'a pas nécessairement à être constant sur l'ensemble du domaine de simulation. En théorie, chaque cellule du maillage peut se voir attribuer un filtrage spécifique et variable pendant la durée de simulation. Le dernier objectif de ce stage consistera alors à imaginer et évaluer les possibilités d'effectuer un filtrage adaptatif, en prenant par exemple en compte la direction locale du flux par rapport à l'élément de maillage considéré. L'efficacité et la robustesse de la méthode sera évaluée pour résoudre les équations de Navier-Stokes sur un ensemble de configurations académiques.

PROFIL SOUHAITÉ

- Actuellement en dernière année d'un cycle Ingénieur ou équivalent avec une spécialisation en mathématiques appliquées, calcul scientifique, analyse numérique, calcul haute performance ou CFD.
- Une première expérience basée sur un projet de programmation en dynamique des fluides numérique instationnaire (CFD) est apprécié.
- En particulier, des compétences en Volumes finis et/ou éléments finis sont un avantage.
- Ce stage est orienté recherche et par conséquent le ou la candidat(e), préparant un Master Recherche, sera amené(e) à présenter ses travaux de manière écrite et orale en anglais, selon les critères attendus dans un laboratoire de recherche international.

CE QUE NOUS PROPOSONS AU CERFACS

- Un large accès aux technologies, un environnement relationnel riche, des compétences internes reconnues au niveau national et international.
- Un environnement de travail inclusif et équitable.
- Une structure accessible aux personnes en situation de handicap.
- Possibilité de bénéficier de 1,83 jours de réduction du temps de travail par mois liée à votre choix d'une semaine de travail de 39 heures au lieu de 35 heures.
- Remboursement à hauteur de 50% des frais de transport en commun.

COMMENT POSTULER ?

Pour postuler, veuillez envoyer votre CV et lettre de motivation à messai@cerfacs.fr, les candidatures sont ouvertes jusqu'au 31/12/2024

À bientôt au CERFACS !