

OFFRE D'EMPLOI – POST-DOCTORAT  
Simulations aux Grandes Échelles de chambre de combustion

INFORMATIONS DE L'OFFRE

Référence : AAM-2025-DAV-02  
Équipe : AAM

Lieu : 42 Avenue Gaspard Coriolis – 31057 Toulouse

Responsables :

- Guillaume Daviller, [daviller@cerfacs.fr](mailto:daviller@cerfacs.fr)
- Nadir-Alexandre Messai, [messai@cerfacs.fr](mailto:messai@cerfacs.fr)

Période : 1 an – à partir de Février 2025 (modulable)

Rémunération : 40 K€/an (brut)

Niveau requis : doctorat

Mots-clés : CFD, Différence Spectrale, NSCBC

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 du 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 expérimentations, induisant une réduction significative 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 régimes 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]. On propose dans ce post-doctorat de poursuivre ces travaux pour améliorer les possibilités de modélisation afin de réaliser des simulations d'écoulements réactifs [5].

- [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.
- [5] L. Gicquel and G. Staffelbach and T. Poinso. *Large Eddy Simulations of gaseous flames in gas turbine combustion chambers*. Progress in Energy and Combustion Science, 38, 2012.

## MISSION

Ce post-doctorat aura deux objectifs principaux. Le premier consistera au développement de conditions aux limites non réfléchissantes dans le cadre de maillages triangulaires et tétraédriques. Ces conditions aux limites sont d'un intérêt crucial pour résoudre des problèmes de combustion, d'aérodynamique d'interne, ou encore en aéroacoustique. Si la méthode NSCBC est bien connue pour des méthodes numériques classiques (DG, FV, etc.), son extension aux schémas SD tétraédriques n'est pas triviale et nécessite un développement mathématique et informatique dédié. Il sera aussi possible d'envisager des modifications de la construction du schéma SD pour faciliter l'incorporation de cette condition aux limites. On pourra envisager la modification de la base solution pour imposer de façon forte la condition aux limites, ce qui simplifierait son implémentation.

Dans un second temps, nous nous attacherons à généraliser le schéma numérique à des éléments prismatiques pour résoudre précisément les écoulements pariétaux en présence de couche limites. Ces éléments de maillages permettent en effet de prendre en compte facilement l'anisotropie de l'écoulement. Il faudra pour ce faire déterminer des bases polynomiales possédant de bonnes propriétés d'approximation et préservant la stabilité du schéma. Une fois ce développement effectué, nous nous intéresserons à l'amélioration de la méthode dans le cas de maillages mixtes (composés de prismes et de tétraèdres). Ces maillages mixtes permettent en effet de discrétiser les géométries de problèmes complexes tout en optimisant le coût algorithmique de résolution. En outre, les interfaces entre ces éléments sont connues pour générer un bruit numérique qui pollue fortement les simulations aéroacoustiques. Ce problème, commun à tous les schémas d'ordre élevés discontinus, constitue aujourd'hui un frein à l'emploi de ces méthodes pour ces applications d'intérêts. Les solveurs de Riemann sont suspectés d'être la cause des problèmes observés.

Malgré cette intuition initiale, un travail d'analyse de la cause profonde du problème s'avèrera nécessaire pour imaginer un palliatif numérique annulant l'erreur observée. Une fois ces briques méthodologiques développées, l'efficacité et la robustesse de la méthode sera validée sur des configurations académiques puis industrielles.

### PROFIL SOUHAITÉ

- Doctorat en simulation numérique, analyse numérique ou HPC soutenu il y a moins de 3 ans.
- Le ou la candidat(e) doit avoir des connaissances en CFD, mécanique des fluides et mathématiques appliquées.
- En particulier, des compétences en acoustique et combustion sont un plus.
- Le ou la candidat(e) sera amené 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.
- Une complémentaire santé qui offre une excellente couverture des soins de santé en complément de la sécurité sociale avec la possibilité d'y faire adhérer sa famille (conjoint.e et enfants).
- 6 semaines de congés annuels (avec la possibilité de bénéficier de 22 jours de congés supplémentaires par an liée à votre choix d'une semaine de travail de 39 heures au lieu de 35 heures).
- Des modalités de travail flexibles avec la possibilité de travailler à domicile jusqu'à deux jours par semaine.
- Un forfait mobilité durable qui permet à l'employeur de verser jusqu'à un maximum de 500 euros par an pour couvrir les frais de déplacement domicile-travail des personnels qui se rendent au travail en vélo.

### COMMENT POSTULER ?

Pour postuler, veuillez envoyer votre CV et lettre de motivation à [daviller@cerfacs.fr](mailto:daviller@cerfacs.fr), les candidatures sont ouvertes jusqu'au **31/01/2025**.

À bientôt au CERFACS !