

OFFRE D'EMPLOI – POST-DOCTORAT
Simulations de combustion à l'hydrogène avec une méthode d'ordre élevé
discontinue

INFORMATIONS DE L'OFFRE

Référence : AAM-2025-MAR-03

Lieu : 42 Avenue Gaspard Coriolis – 31057 Toulouse

Équipe : AAM

Responsables :

- Jean-François Boussuge, boussuge@cerfacs.fr
- Thomas Marchal, tmarchal@cerfacs.fr

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

Rémunération : 40 K€/an (brut)

Niveau requis : Doctorat

Mots-clés : CFD, Différences Spectrales, Combustion, Hydrogène

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

Dans un contexte de décarbonisation des turbines à gaz, l'hydrogène est un excellent candidat pour remplacer le kérosène [1]. Cependant, le passage à l'hydrogène nécessite de nouveaux types de systèmes d'injection. Les propriétés spécifiques de l'hydrogène, telles que ses plus hautes vitesse et température de flamme ainsi que ses limites d'inflammabilité élevées et sa diffusivité rapide ($Le < 1$), rendent le développement de nouveaux injecteurs encore plus difficile. Le développement de ces nouveaux systèmes est coûteux et la mécanique des fluides numérique (CFD) est devenue un outil essentiel dans le processus de conception ou dans la prédiction de leur comportement à haute pression.

Dans ce contexte, le CERFACS réalise des simulations de combustion hydrogène sur diverses configurations d'injecteurs notamment avec le code AVBP qui utilise une discrétisation volumes finis. En particulier, les simulations récentes de l'injecteur PHYDROGENE à haute pression (12 bars), complétées par des DNS 2D, ont permis de mieux comprendre la structure de flamme et les phénomènes de stabilisation et d'extinction de ces nouveaux types d'écoulement [2]. En parallèle, le CERFACS travaille en étroite collaboration avec l'ONERA afin de développer des nouvelles méthodes de discrétisation au sein du logiciel JAGUAR. Ce dernier 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 que ces derniers.

Les travaux de thèse de Thomas Marchal [3] ont permis de rendre possible les simulations réactives sur maillages hexaédriques sur des configurations académiques 2D et 3D. La modélisation de la combustion est identique à celle utilisée dans AVBP ce qui rend la comparaison entre les 2 solveurs très intéressantes car seulement les méthodes de discrétisation sont différentes. Des travaux très récents ont permis la simulation de la configuration industrielle PRECCINSTA [4] avec JAGUAR montrant la capacité du solveur à simuler des configurations réactives complexes (résultats non publiés à l'heure actuelle). La chambre PRECCINSTA est simulée avec un mélange méthane-air à pression ambiante ce qui correspond à une situation encore simple par rapport à du kérosène ou de l'hydrogène qui sont des carburants plus raides numériquement. La simulation de l'injecteur PHYDROGENE est donc une nouvelle étape à passer pour JAGUAR et présente une très bonne opportunité pour tester sa robustesse à ce type d'écoulements.

[1] European Union, Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking, Hydrogenpowered aviation – A fact-based study of hydrogen technology, economics, and climate impact by 2050, Publications Office, 2020.

[2] Bertsch et al., Stabilization regimes and flame structure at the flame base of a swirled lean premixed hydrogen–air injector with a pure hydrogen pilot injection, Proceedings of the Combustion Institute, July 2024

[3] T. Marchal, H. Deniau, J.-F. Bousuge., B. Cuenot and R. Mercier. *Extension of the Spectral Difference Method to Premixed Laminar and Turbulent Combustion*. Flow Turbulence and Combustion, 111, 2023.

[4] Roux et al., Studies of mean and unsteady flow in a swirled combustor using experiments, acoustic analysis, and large eddy simulations, Combustion and Flame 2004

MISSION

L'objectif de ce post-doctorat sera de simuler la configuration de l'injecteur PHYDROGENE avec le solveur JAGUAR et de comparer les résultats avec ceux obtenus par AVBP. Pour cela le ou la candidat(e) devra prendre en main le code JAGUAR sur les écoulements réactifs et mettre en place la simulation de la configuration en discutant avec les personnes d'AVBP ayant déjà réalisées ce calcul. La personne sera probablement amenée à rajouter dans JAGUAR de la modélisation physique spécifique à l'hydrogène également en lien avec ce qui a été fait dans AVBP à sujet.

PROFIL SOUHAITÉ

- Doctorat en CFD 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 méthodes d'ordres élevés et en écoulements réactifs sont un plus.
- Le ou la candidat(e) 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.
- 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 (conjointe 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 boussuge@cerfacs.fr, les candidatures sont ouvertes jusqu'au **31/12/2024**.

À bientôt au CERFACS !