

OFFRE D'EMPLOI – STAGE  
Prédiction du bruit de turbomachines

INFORMATIONS DE L'OFFRE

Référence : AAM-2025-DAV-01

Lieu : 42 Avenue Gaspard Coriolis – 31057 Toulouse

Équipe : AAM

Encadrants :

- Guillaume Daviller, [daviller@cerfacs.fr](mailto:daviller@cerfacs.fr)
- Carlos Montilla, [montilla@cerfacs.fr](mailto:montilla@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 : Turbomachine, CFD, Analogie acoustique

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

L'optimisation de l'efficacité propulsives des moteurs d'avion et d'hélicoptère ainsi que la réduction des émissions sonore ou de gaz à effet de serre sont des enjeux majeurs pour l'avenir. Dans ce contexte, les simulations numériques sont de plus en plus utilisées pour améliorer les performances des avions tout en réduisant les coût de développements. Il est donc impératif de réduire les temps de ces calculs pour l'industrie aéronautique. En particulier, réaliser une certification acoustique par le calcul d'un avion au décollage représente un challenge pour les années futures.

Pour cela, des méthodes hybrides sont envisagées afin de propager les fluctuations acoustiques d'un avion sur plusieurs centaines de mètres. Dans un premier temps, l'écoulement ainsi que les sources de bruits sont calculés à l'aide d'un solveur Navier-Stokes instationnaire sur un domaine restreint autour de l'avion. Puis le bruit est propagé en champs lointain en utilisant une analogie acoustique.



L'une des méthodes les plus célèbres au sein de la communauté aéroacoustique est la méthode intégrale de Ffowcs-Williams & Hawking avec la formulation de temps avancée [1]. Toutefois, pour éviter une intégration temporelle supplémentaire qui viendrait s'ajouter au coût de calcul d'un fan complet de turbomachine (avec un maillage mobile sur 360 degrés), une formulation fréquentielle existe [2].

[1] D. Casalino. *An advanced time approach for acoustic analogy predictions*. Journal of Sound and Vibration, 261, 2003.

[2] D. P. Lockard. *An Efficient, Two-Dimensional Implementation of the Ffowcs Williams and Hawkings Equation*. Journal of Sound and Vibration, 229, 2000.

## MISSION

L'objectif de ce stage sera de développer un solveur Ffowcs-Williams & Hawking avec une formulation fréquentielle. Pour cela le ou la candidat(e) développera un code python permettant la prédiction du bruit de turbomachine qui devra s'intégrer dans la librairie de traitement CFD *Antares* (<https://cerfacs.fr/antares>), utilisé par Airbus et Safran. Ce code sera testé sur différentes applications académique et industrielle permettant de discriminer les performances de l'approche fréquentielle par rapport à la méthode temporelle existante. Dans un premier temps, le ou la candidat(e) devra s'approprier le code ainsi que les méthodes dédiées à la propagation des phénomènes aéroacoustique. Puis en collaboration avec les chercheurs de l'équipe AAM, la personne proposera des solutions permettant l'intégration la plus performante possible de la formulation envisagée.

## PROFIL SOUHAITÉ

- Actuellement en dernière année d'un cycle Ingénieur ou équivalent avec une spécialisation en Aéronautique, Aérodynamique et Acoustique.
- Le ou la candidat(e) doit avoir des connaissances en mécanique des fluides, python et mathématiques appliquées.
- Une première expérience basée sur un projet de programmation en dynamique des fluides numérique instationnaire (CFD) est nécessaire.
- En particulier, des compétences en acoustique sont un avantage.
- Ce stage est orienté recherche et par conséquent le candidat, préparant un Master Recherche, 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.
- 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 [daviller@cerfacs.fr](mailto:daviller@cerfacs.fr), les candidatures sont ouvertes jusqu'au **31/01/2025**.

À bientôt au CERFACS !

**OFFRE D'EMPLOI – STAGE**  
**Développement d'une architecture de calcul parallèle pour l'analyse avancée des simulation CFD**

**INFORMATIONS DE L'OFFRE**

**Référence** : AAM-2024-CM-001

**Lieu** : 42 Avenue Gaspard Coriolis – 31057 Toulouse

**Equipe** : AAM

**Encadrants** :

- Carlos MONTILLA, montilla@cerfacs.fr

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

**Période** : 6 mois - à partir du : 01/02/2025

**Mots-clés** : Antares, CFD, Post-traitement, Python, programmation parallèle

**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'EQUIPE 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**

Antares est une bibliothèque de post-traitement développée au Cerfacs et déployée dans certains de nos partenaires académiques et industriels, tels qu'Airbus et Safran Group. Cet outil basé sur python est conçu pour le pré-, co- et post-traitement de données numériques, en particulier celles issues des simulations de mécanique de fluides (CFD). Antares offre une grande flexibilité aux utilisateurs, car il peut lire et écrire à partir de différents formats de données utilisés par de nombreux codes CFD industriels ou académiques (Fluent, CGNS, VTK, AVBP, ProLB, etc.). Il dispose aussi d'un large éventail de traitements qui peuvent être appliqués aux données pour analyser et comprendre de nombreux phénomènes physiques différents dans une gamme étendue d'applications telles que les turbomachines, les chambres de combustion, l'aérodynamique et l'aéroacoustique des avions, etc. Le Cerfacs est donc engagé à développer et à améliorer la bibliothèque Antares afin de répondre aux demandes croissantes et aux fonctionnalités requises par notre base d'utilisateurs.

## MISSION

L'objectif de ce stage est d'ajouter à Antares des capacités de calcul parallèle pour les méthodes de post-traitement les plus couramment utilisés. A ce jour, de nombreuses fonctionnalités développées dans Antares ne peuvent être utilisées que dans le contexte d'un seul processeur. Par conséquent, la première étape du stage consistera à étudier les algorithmes utilisés dans les méthodes de post-traitements. Ensuite, le ou la candidat(e) devra proposer une ou plusieurs adaptations de ces algorithmes afin de pouvoir les exécuter facilement dans un contexte multiprocesseur HPC en utilisant le standard MPI. La performance de ces nouveaux algorithmes sera évaluée sur des simulations CFD académiques et/ou industrielles en utilisant les ressources HPC du CERFACS.

## PROFIL SOUHAITE

- Le ou la candidat(e) doit avoir de bonnes connaissances en programmation Python.
  - Une première expérience de programmation parallèle est fortement appréciée mais pas nécessaire
  - Des connaissances en mécanique de fluides est un avantage.
- Ce stage se déroulera dans un laboratoire recherche et par conséquent le ou la candidat(e), préparant un Master Recherche, pourra être amené à présenter ses travaux de manière écrite et orale en anglais.

## 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 [montilla@cerfacs.fr](mailto:montilla@cerfacs.fr), les candidatures sont ouvertes jusqu'au 31/01/2025.

À bientôt au CERFACS !

## OFFRE D'EMPLOI – STAGE

Modèles réduits pour l'étude et le contrôle des instabilités thermo-acoustiques

### INFORMATIONS DE L'OFFRE

**Référence :** E&S-2025-LG-Stage01

**Lieu :** 42 Avenue Gaspard Coriolis – 31057 Toulouse

**Equipe :** E&S

**Encadrants :**

- Laurent GICQUEL, Thierry POINSOT
- Franck NICOUD

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

**Période :** 6 mois - à partir du : 03/03/2025

**Mots-clés :** Instabilités thermo acoustiques, modèles réduits, aéronautique, combustion, STORM

### 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'EQUIPE D'ACCUEIL - E&S

L'équipe Energie & Safety, anciennement équipe CFD-Combustion, se concentre sur des activités transversales visant à développer, optimiser et déployer des codes scientifiques dédiés aux calculs avancés de la combustion en géométries industrielles. L'équipe se focalise sur la simulation des écoulements en les appliquant aux avions, fusées, hélicoptères, moteurs de voitures, turbines, etc. Il en résulte des outils essentiels à de nombreux domaines applicatifs avec comme leitmotiv : calculons les systèmes avant de les construire. Plus spécifiquement, les membres de l'équipe développent des modèles et outils couvrant aussi bien la réduction de la chimie, la turbulence, la combustion, le diphasique, les instabilités de combustion... pour répondre aux challenges aussi bien académiques qu'industriels. De par son positionnement, l'équipe collabore avec de nombreux groupes scientifiques, des bureaux d'études des associés du Cerfacs, et les autres équipes du Cerfacs.

### CONTEXTE

Ce stage s'inscrit dans le cadre de la collaboration entre Safran Aircraft Engines (SAE) et le CERFACS visant à simuler les instabilités dans les turbines à gaz aéronautiques et pour lequel une suite en thèse avec SAE est envisagée.

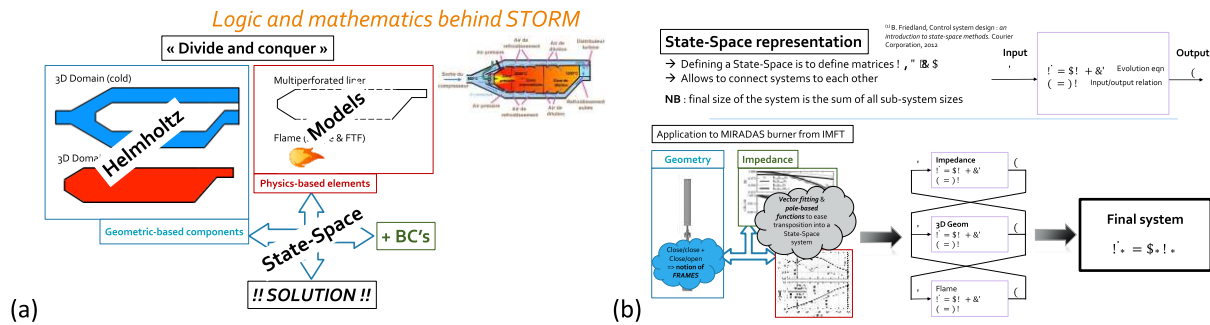


Figure : STORM (S**T**ate-space low **O**rd**R** Model) representation: (a) découpage géométrique / physique et (b) représentation mathématique des étapes nécessaire à la résolution du problème.

Les conséquences de ces instabilités (dites instabilités thermo-acoustiques) pour un foyer aéronautique peuvent être si graves qu'il n'est plus acceptable de les subir sans les prévoir (Poinsot, 2017).

Depuis 20 ans, le CERFACS développe une suite de logiciels complémentaires pour la caractérisation des instabilités de combustion, allant de la Simulations aux Grandes Echelles (CERFACS, no date) à un solveur d'Helmholtz (Nicoud *et al.*, 2007) en passant par des outils quasi-analytiques (Bauerheim, Nicoud and Poinsot, 2016).

Les derniers ont un temps de retour suffisamment réduit (quelques secondes) pour envisager une utilisation intensive dans les phases de (pré-) dimensionnement des nouveaux moteurs aéronautiques mais leur champ applicatif est trop restreint (géométrie simple, mode azimutaux) pour les rendre moteur-spécifiques. L'approche Helmholtz, bien que très peu coûteuse par rapport aux Simulations aux Grandes Echelles, reste trop lourde dans une phase de pré-dimensionnement dominée par les études paramétriques. Les travaux récents (Laurent *et al.*, 2019; Laurent, Badhe and Nicoud, 2021) au CERFACS ont permis de développer une méthodologie (dite « state space ») permettant d'allier généralité et efficacité.

## MISSION

L'objectif de ce stage est de poursuivre dans cette voie afin d'amener cette technologie et l'outil numérique associé (STORM) au niveau requis pour permettre son utilisation intensive dans la chaîne de design des nouveaux moteurs SAE. Pour cela, il s'agira de poursuivre le développement théorique et la mise en place effective de l'approche state space pour intégrer l'ensemble des sous-modèles nécessaires à la représentation des foyers aéronautiques (conditions limites complexes, flamme active, modes mixtes, liners, injecteurs swirler) ; on veillera à chaque fois à trouver le meilleur compromis entre précision et facilité de mise en œuvre industrielle.

## PROFIL SOUHAITE

- Elève ingénieur de dernière année ou formation de master M2.
- Formation en mécanique des fluides, acoustique, énergétique...
- Connaissances en simulations numériques, informatique et codes de calcul
- Dynamique et autonome, passionné d'aéronautique et prêt à travailler en équipe.

### 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 [lgicquel@cerfacs.fr](mailto:lgicquel@cerfacs.fr), [franck.nicoud@umontpellier.fr](mailto:franck.nicoud@umontpellier.fr), les candidatures sont ouvertes jusqu'au 01/02/2025.

À bientôt au CERFACS !

## OFFRE D'EMPLOI – STAGE

*Analyse et simulation de la combustion hydrogène-oxygène et propane-oxygène pour la décarbonation des systèmes haute température*

### INFORMATIONS DE L'OFFRE

**Référence :** EetS-2025-TP-1

**Lieu :** 42 Avenue Gaspard Coriolis – 31057 Toulouse

**Equipe :** E&S

**Encadrants :**

- Dr Thierry POINSOT
- Dr Laurent GICQUEL

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

**Période :** 6 mois - à partir du : 06/01/2025

**Mots-clés :** Decarbonisation Hydrogene Oxygene Simulations

### 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'EQUIPE D'ACCUEIL - E&S

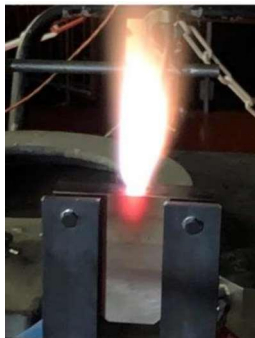
L'équipe Energie & Safety, anciennement équipe CFD-Combustion, se concentre sur des activités transversales visant à développer, optimiser et déployer des codes scientifiques dédiés aux calculs avancés de la combustion en géométries industrielles. L'équipe se focalise sur la simulation des écoulements en les appliquant aux avions, fusées, hélicoptères, moteurs de voitures, turbines, etc. Il en résulte des outils essentiels à de nombreux domaines applicatifs avec comme leitmotiv : calculons les systèmes avant de les construire. Plus spécifiquement, les membres de l'équipe développent des modèles et outils couvrant aussi bien la réduction de la chimie, la turbulence, la combustion, le diphasique, les instabilités de combustion... pour répondre aux challenges aussi bien académiques qu'industriels. De par son positionnement, l'équipe collabore avec de nombreux groupes scientifiques, des bureaux d'études des associés du Cerfacs, et les autres équipes du Cerfacs.

### CONTEXTE

Un des premiers domaines où l'hydrogène va être déployé massivement pour réduire nos émissions de CO2 est l'industrie lourde où le besoin d'atteindre de très hautes températures (>2500 K) nécessite des flammes qui aujourd'hui sont obtenues en brûlant des hydrocarbures fossiles avec de l'oxygène pur. Dans ces domaines, les carburants actuels (CH4, CH3H8) seront remplacés par l'hydrogène. Plusieurs applications de ce type existent chez Saint Gobain qui collabore avec le CERFACS sur la simulation de ces systèmes.



## MISSION



Pour ce stage on étudiera le passage de C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> à H<sub>2</sub> sur des flammes stabilisées en oxycombustion. La simulation permettra d'étudier l'accrochage de la flamme, sa longueur, le champ de vitesse induit.

Le stage sera essentiellement théorique et numérique, au CERFACS à Toulouse mais utilisera aussi des résultats expérimentaux obtenus au centre de recherche de Saint Gobain pour les flammes C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>/O<sub>2</sub>.

Le stagiaire emploiera les codes de simulation pour la combustion, développés dans le domaine aéronautique, en particulier le code AVBP ([cerfacs.fr/avbp7x/](http://cerfacs.fr/avbp7x/)) qui est la référence mondiale du domaine.

AVBP sera utilisé pour simuler la combustion C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>/O<sub>2</sub> puis H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> dans la configuration de Saint Gobain pour étudier :

- La combustion stationnaire pour des flammes établies, les interactions flamme-paroi, les émissions polluantes
- Des séquences d'allumage ou d'extinctions, flashback

Le stagiaire utilisera et participera au développement de AVBP pour la combustion H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> en lien avec les besoins de Saint Gobain. Le candidat apprendra la simulation CFD à haute performance, la combustion, la décarbonation et les spécificités de l'hydrogène. Il sera basé principalement à Toulouse, au CERFACS sur le campus de Météo France et sera intégré à l'équipe CFD du CERFACS avec plus de 40 autres thésards travaillant en équipe dans un groupe qui est le premier au monde sur la simulation des flammes hydrogène-air.

Ce stage pourra déboucher sur une bourse CIFRE SAINT GOBAIN / CERFACS en octobre 2025.

## PROFIL SOUHAITE

- Master 2 ou école d'ingénieur
- Expertise en CFD et si possible en combustion

## 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 [poinsot@cerfacs.fr](mailto:poinsot@cerfacs.fr), les candidatures sont ouvertes jusqu'au 23/12/2024.

À bientôt au CERFACS !

# COMBUSTION HYDROGENE AIR A HAUTE PRESSION POUR LES TURBINES (PROJET EUROPEEN INSIGH2T)

[Stage](#) | [E&S](#) | [Combustion](#), [Mécanique des fluides](#)

**Niveau requis** : Master 2 ou diplôme d'ingénieur

**Date de début** : 3 février 2025

**Durée de la mission** : 6 mois

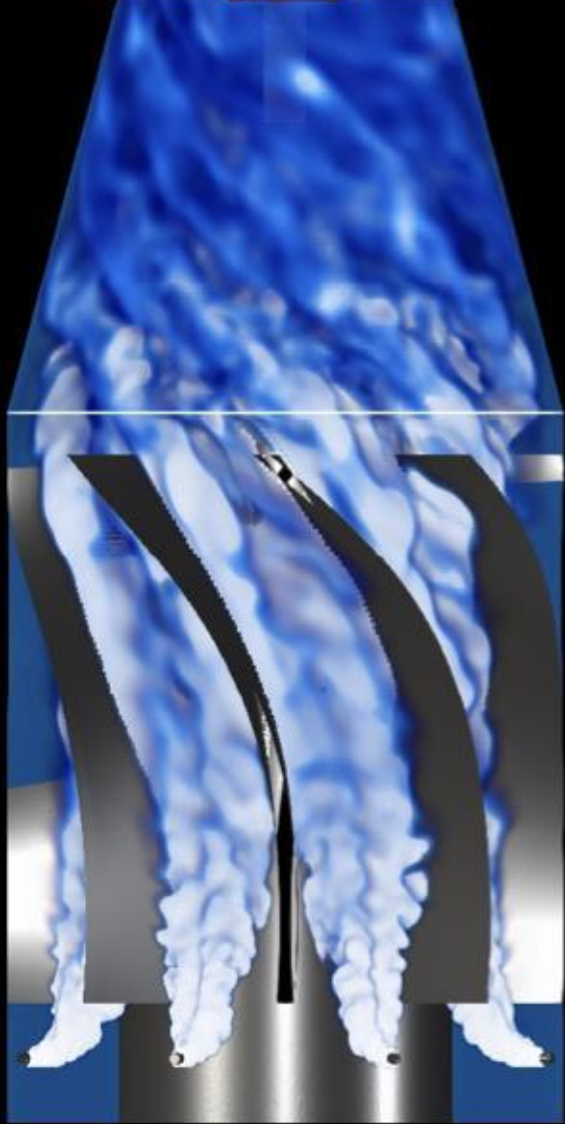
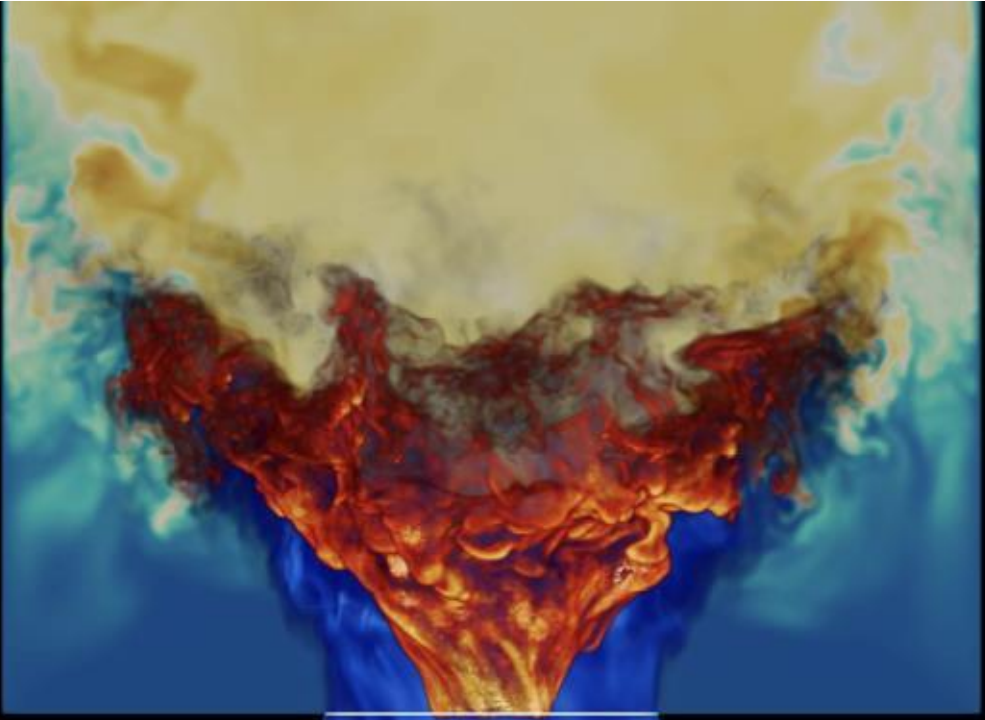
**Date limite des candidatures** : 9 décembre 2024

**Gratification** : 700 Euros net par mois

Le CERFACS commence en 2025 un projet Européen industrie/recherche avec NTNU (Norvege), Ansaldo (Italie), Aachen (Allemagne), SINTEF (Norvege), Berlin (Allemagne) ... pour étudier la combustion de l'hydrogène dans les turbines à gaz. Cette technique qui permettra de décarboner la production de puissance (pour les avions) et d'électricité (pour les turbines au sol) nécessite des études fondamentales sur la façon dont l'hydrogène se mélange et brûle avec de l'air. Le CERFACS effectuera une thèse sur ce sujet au sein du groupe H2 de l'équipe CFD du CERFACS où plus de dix thésards travaillent. Ce stage est la première étape de cette thèse.

La méthode choisie est la simulation directe (DNS): le (ou la) stagiaire CERFACS calculera des flammes accrochées à des lèvres d'injecteur à haute pression et déterminera si la flamme peut être soumise à des blow-off (la flamme décroche) ou à des flashbacks (la flamme remonte dans les tubes d'injection et les détruit). Ce problème est omniprésent aujourd'hui pour toutes les applications liées à H2 et bien que INSIGH2T porte sur les turbines, la connaissance obtenue s'appliquera à toutes les applications H2.

Le stagiaire apprendra la simulation à haute performance, la combustion, les technologies de combustion des turbines à gaz. Un exemple de résultat AVBP sur une chambre H2 est donné ci-dessous (courtesy: J. Bertsch, doctorant CERFACS).



Une expérience en CFD et/ou combustion sera un plus.

Contact: Thierry POINSOT, CERFACS ([poinsot@cerfacs.fr](mailto:poinsot@cerfacs.fr))

## OFFRE D'EMPLOI – STAGE

Programmation haut niveau pour les architectures parallèles (CPU/GPU) de demain : vers la résolution des EDP en Julia

### INFORMATIONS DE L'OFFRE

Référence : AAM-2024-AC-01

Lieu : 42 Avenue Gaspard Coriolis – 31057 Toulouse

Équipe : AAM

#### Encadrants :

- Arthur Colombié, [colombie@cerfacs.fr](mailto:colombie@cerfacs.fr)
- Jean-François Boussuge, [boussuge@cerfacs.fr](mailto:boussuge@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** : Julia, CPU, GPU, MPI, CFD

### 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

L'évolution des exigences aéronautiques, en matière de performance, de consommation et d'impact environnemental (émissions, bruit), entraîne un besoin d'optimisation des systèmes aéronautiques et la simulation numérique instationnaire est devenue un atout majeur pour traiter ces problématiques. Les codes actuels sont principalement pensés pour fonctionner sur une architecture CPU (Central Processing Unit). Toutefois, les enjeux énergétiques et les performances de calcul tendent à promouvoir les architectures centrées autour du GPU (Graphical Processing Unit). Ce récent changement dans la structure des supercalculateurs nécessite une plus grande flexibilité des codes de calcul, amenés à tourner sur des architectures hybrides. Ce besoin de portabilité conduit à une réflexion sur les langages et les méthodes de programmation, afin de maintenir un niveau de performance optimal sur chaque machine, tout en restant adapté aux utilisateurs (qui n'ont pas pour mission de développer continuellement dans le code). Il est donc primordial de privilégier au maximum sa lisibilité tout en conservant les performances maximales atteignables.

## MISSION

Dans ce contexte, ce stage vise à évaluer les possibilités d'utilisation d'un langage haut niveau pour le calcul scientifique. L'objectif consiste à atteindre les performances maximales des cartes, que ce soit sur architecture CPU ou GPU, tout en conservant un niveau de lisibilité suffisant du code. La clarté des sources est un enjeu majeur et doit permettre aux utilisateurs (doctorants/post-doctorants) de comprendre et de développer rapidement dans le code. Les recherches actuelles [1,2,3] semblent montrer que le langage Julia est un bon candidat pour remplir cette fonction.

Ainsi, le ou la stagiaire sera amené(e) à montrer la faisabilité d'un code de calcul, développé en Julia, qui permette un confort de développement sans sacrifier les performances. La première mission sera de développer un noyau de calcul parallèle capable de fonctionner indifféremment sur une architecture CPU/GPU, afin de résoudre un système d'équations aux dérivées partielles. Ce travail préliminaire permettra de mettre en place le formalisme de programmation et de vérifier sa cohérence vis-à-vis de l'objectif de lisibilité annoncé. Les compétences développées seront ensuite mises à profit pour le développement d'un algorithme de résolution parallèle, qui soit adapté aux maillages non-structurés. Ce code devra notamment intégrer des méthodes pour la lecture et le partitionnement du maillage. Enfin, une vérification de la portabilité et des performances de l'algorithme sera réalisée sur différentes machines disponibles actuellement au CERFACS et à l'extérieur.

[1] *Julia as a unifying end-to-end workflow language on the Frontier exascale system*, Godoy et al., 202

[2] *Scalability and HPC Readiness of Julia's AMD GPU Stack* | L. Räss | JuliaCon 2023

[3] *Scaling Trixi.jl to more than 10,000 cores using MPI*. | M. Schlottke-Lakemper & H. Ranocha | JuliaCon 2023

## PROFIL SOUHAITÉ

- Actuellement en dernière année d'un cycle Ingénieur ou équivalent avec une spécialisation en calcul scientifique (HPC - MPI)
- Une expérience et des connaissances en programmation parallèle sont requises.
- Des connaissances en dynamique des fluides numérique (CFD) sont un avantage.
- Ce stage est orienté recherche. Le candidat, préparant un Master Recherche, 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.
- 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 [colombie@cerfacs.fr](mailto:colombie@cerfacs.fr) (cc à [boussuge@cerfacs.fr](mailto:boussuge@cerfacs.fr)) les candidatures sont ouvertes jusqu'au 20/12 de l'année en cours.

À bientôt au CERFACS !

## OFFRE D'EMPLOI – STAGE

Caractérisation des oscillations de pression induites par la sous-résolution du cisaillement dans les méthodes d'ordre élevé

### INFORMATIONS DE L'OFFRE

**Référence :** AAM-2024-AC-02

**Lieu :** 42 Avenue Gaspard Coriolis – 31057 Toulouse

**Équipe :** AAM

**Encadrants :**

- Arthur Colombié, [colombie@cerfacs.fr](mailto:colombie@cerfacs.fr)
- Thomas Marchal, [marchal@cerfacs.fr](mailto:marchal@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 :** CFD, Méthodes numériques, DNS

### 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

La simulation numérique constitue un rouage essentiel dans les processus de conception et d'optimisation des systèmes industriels. Elle permet notamment d'accéder à des informations qui ne peuvent pas être obtenues expérimentalement, pour des raisons de complexité géométrique, de difficultés liées à la mesure ou bien simplement pour des raisons de coût important des moyens d'essais. Bien qu'une partie importante des simulations numériques industrielles s'appuient sur une formulation stationnaire, certains phénomènes requièrent l'utilisation de méthodes instationnaires capables de capter toute la physique qui entre en jeu. À ce titre, le CERFACS s'est engagé dans le développement de codes de calculs instationnaires basés sur diverses méthodes de résolution. Parmi eux, le code JAGUAR s'appuie sur une résolution d'ordre élevé des équations de Navier-Stokes via un schéma de Différences Spectrales (SD). À l'instar des autres méthodes spectrales (*Discontinuous Galerkin - DG*, *Flux Reconstruction -FR*), les SD offrent à l'utilisateur la possibilité de choisir l'ordre de précision du schéma de manière très simple. Cette propriété est d'autant plus intéressante quand il s'agit d'analyser une physique fine (acoustique par exemple).

Le code JAGUAR est principalement destiné à la simulation des grandes échelles de la turbulence (LES) et les divers travaux passés et en cours montrent une bonne maturité pour des applications en aérodynamique et en combustion. Toutefois, les travaux récents pour le passage à la simulation numérique directe (DNS) ont fait apparaître un comportement insoupçonné des méthodes d'ordre élevé. En effet, en présence de cisaillement faiblement résolu, ces méthodes font apparaître une oscillation de pression, ce qui a une influence sur l'acoustique et les statistiques mesurées. Les mécanismes à l'origine de ce comportement restent peu connus et les conditions d'apparition du phénomène restent à déterminer. Ce stage s'inscrit dans ce contexte et vise à caractériser plus précisément ces oscillations.

## MISSION

L'objectif premier de ce stage est de caractériser les oscillations de pression qui apparaissent en présence de cisaillement faiblement résolu. La première étape de l'étude consiste à comparer les résultats de diverses méthodes numériques afin de quantifier l'amplitude du phénomène. Des travaux préliminaires ont été effectués au cours d'un précédent stage. La mission a pour but d'étendre ces travaux tout en dérivant une équivalence entre les méthodes testées en termes de résolution du cisaillement, pour une précision donnée sur la mesure de pression. Dans ce contexte, le ou la candidat(e) va être amené(e) à développer des maquettes 1D (codées en python) ainsi qu'à utiliser des codes internes pour des simulations 2D ou 3D. La seconde étape vise à mieux comprendre le phénomène à l'origine des oscillations. Des travaux en cours semblent indiquer un couplage fort entre les étapes d'interpolation et la résolution des problèmes de Riemann au niveau des faces internes des éléments spectraux. Le ou la candidat(e) devra s'approprier le fonctionnement de la méthode afin de prendre part à ces travaux, avec pour objectif de mettre en avant les étapes à l'origine du phénomène. Enfin, en fonction de l'avancement des travaux, diverses solutions technologiques peuvent être développées afin de réduire ces oscillations à des niveaux acceptables pour des applications DNS.

## PROFIL SOUHAITÉ

- Actuellement en dernière année d'un cycle Ingénieur ou équivalent avec une spécialisation en Mécanique des Fluides
- Une expérience et des connaissances solides en dynamique des fluides numérique (CFD) sont nécessaires.
- En particulier, des compétences en programmation de méthodes numériques sont un avantage.
- Ce stage est orienté recherche. Le ou la candidat(e), préparant un Master Recherche, 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.
- 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 [colombie@cerfacs.fr](mailto:colombie@cerfacs.fr), les candidatures sont ouvertes jusqu'au 20/12 de l'année en cours.

À bientôt au CERFACS !



## OFFRE D'EMPLOI – STAGE

Simulations réactives sur maillages tétraédriques non-structurés à l'aide d'une méthode d'ordre élevé

## INFORMATIONS DE L'OFFRE

Référence : AAM-2025-DAV-04

Lieu : 42 Avenue Gaspard Coriolis – 31057 Toulouse

Équipe : AAM

## Encadrants :

- Guillaume Daviller, [daviller@cerfacs.fr](mailto:daviller@cerfacs.fr)
- Thomas Marchal, [tmarchal@cerfacs.fr](mailto:tmarchal@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 : Combustion, CFD, Ordre élevé, Maillage tétraédriques

## 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 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 Thomas 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] sur triangles et tétraèdres. On propose dans ce stage de poursuivre ces travaux pour réaliser des simulations d'écoulements réactifs [5] sur des maillages triangles et tétraédriques.

- [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

L'objectif de ce stage sera de d'étendre le solveur JAGUAR réactif aux éléments triangles et tétraèdres. Pour cela le ou la candidat(e) développera dans le code JAGUAR en Fortran. Le code sera testé sur différentes applications académiques. Dans un premier temps, le ou la candidat(e) devra s'approprier le code ainsi que les méthodes dédiées aux simulations réactives. Puis en collaboration avec les chercheurs de l'équipe AAM, la personne proposera des solutions permettant l'intégration la plus performante possible de l'approche envisagée.

## PROFIL SOUHAITÉ

- Actuellement en dernière année d'un cycle Ingénieur ou équivalent avec une spécialisation en Aéronautique.
- Une première expérience basée sur un projet de programmation en dynamique des fluides numérique instationnaire (CFD) est nécessaire.
- En particulier, des compétences en combustion sont un avantage.
- Ce stage est orienté recherche et par conséquent le candidat, préparant un Master Recherche, 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.



- 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 [daviller@cerfacs.fr](mailto:daviller@cerfacs.fr), les candidatures sont ouvertes jusqu'au 31/01/2025.

À bientôt au CERFACS !

## 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](mailto:daviller@cerfacs.fr)
- Nadir Messai, [messai@cerfacs.fr](mailto: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 particulière) 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](mailto:messai@cerfacs.fr), les candidatures sont ouvertes jusqu'au 31/12/2024

À bientôt au CERFACS !