OFFRE D'EMPLOI – THESE

Simulation aux grandes échelles d'un essai de tenue au feu aéronautique : carburants alternatifs et phénomènes liés au dégazage

INFORMATIONS DE L'OFFRE

Référence : E&S-25-TJ-01
Equipe : Energy And Safety

Lieu : 42 Avenue Gaspard Coriolis – 31057 Toulouse
Responsable : Thomas Jaravel

Rémunération : 33 K€/an (brut)
Période : 3 ans - à partir du : 01/10/2025

Niveau requis : Master2 ou École d'ingénieur

Mots-clés : Simulation aux grandes échelles, Couplage, Flamme-paroi, Sustainable Aviation Fuel

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 - Energy And Safety

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

Dans le contexte actuel de décarbonation de l'énergie, les motoristes aéronautiques étudient le remplacement du kérosène par des combustibles non fossiles et moins polluants (SAF: Sustainable Aviation Fuels). Les normes aéronautiques requièrent la certification des matériaux métalliques et composites par des tests expérimentaux de résistance au feu, dont le résultat peut dépendre fortement du type de combustible utilisé. L'évaluation de la tenue au feu est aujourd'hui basée sur des essais employant une flamme torche standardisée orientée en direction du matériau à éprouver, comme illustré en Figure 1.

Ces essais s'avèrent longs et coûteux pour les avionneurs, et impliquent une physique complexe qui couple la flamme, le rayonnement, le comportement thermique du matériau et sa dégradation (phénomène d'outgassing). Dans ce cadre, la mise en place d'un banc numérique reproduisant ces essais permettrait une meilleure compréhension des phénomènes physiques en jeu, et de réduire les temps de développement pour la réussite des essais au feu avec des carburants conventionnels et des SAF.

Figure 1 : Essai sur brûleur kérosène (DGA Techniques Aéronautiques)

OBJECTIFS

La difficulté de la reproduction d'un essai feu est liée à la diversité et la disparité d'échelles des phénomènes impliqués. Du point de vue de la combustion, les propriétés particulières des carburants alternatifs (SAFs) peuvent avoir un impact significatif sur la structure de flamme. Au-delà de la modélisation de l'écoulement réactif, l'essai feu numérique nécessite la prise en compte de couplages multiphysiques pour décrire les autres physiques telles que la conduction dans les solides et d'autres phénomènes dont l'importance est à déterminer tels que le rayonnement et la formation des suies. La dégradation du matériau composite conduit à un phénomène d'outgassing, qui peut conduire à une inflammation ou auto-inflammation des espèces relâchées en phase gazeuse.

Le scénario final envisagé dans le cadre de ce travail est la reproduction d'un essai de certification feu dans lequel un échantillon à éprouver est soumis à une flamme impactante issue d'un brûleur de certification. Comme évoqué précédemment, la simulation complète d'un tel essai nécessite la mise en œuvre d'une chaîne multiphysique, qui doit permettre de décrire finement la dynamique la flamme spray du brûleur, le transfert de chaleur avec l'échantillon au niveau de la zone d'impact et la prise en compte potentielle des différents phénomènes de transfert thermique. La mise en œuvre d'une telle chaîne constitue un challenge scientifique mais aussi technique, en termes de stratégie de couplage en raison de la disparité d'échelles des phénomènes (<1 ms pour la combustion, ~10 ms pour le fluide et de l'ordre de plusieurs minutes pour le transitoire dans le solide).

ORGANISATION DES TRAVAUX DE RECHERCHE (36 mois)

Partant de ces constats, différents axes de travail ont été identifiés :

1) Axe de travail modélisation de la flamme diphasique SAF dans un brûleur de certification

La mise en place d'un essai feu numérique nécessite la bonne reproduction des propriétés essentielles de la flamme du brûleur de certification : longueur de flamme, niveau de température en sortie de la torche et dynamique de flamme. Des simulations aux grandes échelles (LES) de ce type de brûleurs ont déjà été réalisées

au CORIA [Boulet2018]. La spécificité des SAFs sera traitée en s'appuyant sur l'expertise développée au CERFACS sur ce sujet [Shastry2021, Wirtz2022, Lesaffre2025].

2) Axe de travail méthodologie de couplage multi-physique

L'aspect multi-physique nécessite la mise en œuvre d'une chaîne couplée, avec la prise en compte du transfert thermique dans le solide (couplage du code de simulation AVBP (CERFACS) au solveur thermique AVTP (CERFACS) ou MODETHEC [Dellinger2024] - code ONERA pour la thermique anisotrope et dégradation du matériau), qui nécessite de mettre en place une stratégie de couplage efficace. Pour la prédiction de transitoire thermique de la paroi sur des temps représentatifs d'un essai, les temps caractéristiques thermiques sont très grands devant les temps caractéristiques de l'écoulement réactif, ce qui nécessite le développement d'une stratégie de couplage adaptée [Errera2013], dans la continuité de travaux de thèse en cours sur ce sujet au CERFACS.

3) Modélisation du phénomène d'outgassing

Un autre axe de travail est d'étendre la stratégie de couplage à des configurations de parois débitantes avec des composés réactifs. Il faut comprendre la physique du phénomène et en évaluer l'impact sur les chargements thermiques en paroi, l'outgassing pouvant conduire à des phénomènes d'inflammation ou d'auto-inflammation qu'il faudra également de modéliser.

PLANNING

Les travaux de recherche se répartiront de la façon suivante les trois années :

- Recherche bibliographique
- Travaux sur les différents axes de recherche
  - Modélisation des carburants alternatifs pour l'essai au feu
  - Simulations de configurations représentatives (académiques, torches d'essai au feu)
  - Développement/Amélioration des algorithmes de couplage
  - Modélisation du phénomène d'outgassing en phase gazeuse
- Rédaction du manuscrit

VALORISATION DES TRAVAUX DE RECHERCHE

Les travaux de recherches seront valorisés dans différents colloques nationaux et internationaux, et devront conduire à des publications dans des revues avec comité de lecture. Une forte interaction avec les acteurs industriels de l'aéronautique (Airbus, SAFRAN, ONERA, Hutchinson) est également attendue dans le cadre de ce projet de thèse.

FORMATIONS

Le ou la doctorant(e) suivra différentes formations au cours des trois années :

- Fondamentaux de la combustion
- Fondamentaux de la simulation aux grandes échelles
- Outils de simulation HPC (maillage, calcul massivement parallèle etc.)
- Mise en œuvre d'outils de couplage
- Formations de l'école doctorale pour l'insertion dans la vie professionnelle
- etc.

PROFIL SOUHAITE

- Master 2 ou École d'Ingénieur
- Connaissances en mécanique des fluides, combustion et transferts thermiques
- Connaissances en programmation (Fortran ou Python)
- Dynamisme, curiosité
- Capacités de suivi et de coordination
- Capacités relationnelles, pour interagir avec les partenaires académiques et industriels

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 Thomas Jaravel (jaravel@cerfacs.fr), les candidatures sont ouvertes jusqu'au 01/09/2025.

À bientôt au CERFACS !

REFERENCES

[Boulet2018] Boulet, L., Bénard, P., Lartigue, G., Moureau, V., Didorally, S., Chauvet, N. and Duchaine, F. (2018) Modeling of Conjugate Heat Transfer in a Kerosene/Air Spray Flame used for Aeronautical Fire Resistance Tests, Flow Turbulence and Combustion, 101 (2), pp. 579–602.
[Errera2013] Errera, M. P., & Chemin, S. (2013). Optimal solutions of numerical interface conditions in fluid–structure thermal analysis. Journal of Computational Physics, 245, 431-455.
[Lesaffre2025] Sustainable Aviation Fuels (SAFs) impact on engineoperability: modeling and simulation. Diss. Université de Toulouse, 2025.
[Shastry2021] Shastry, V., Cazeres, Q., Rochette, B., Riber, E. and Cuenot, B., 2021. Numerical study of multicomponent spray flame propagation. Proceedings of the Combustion Institute, 38(2), pp.3201-3211.
[Wirtz2022] Wirtz, J., 2022. Modélisation de l'impact du carburant pour les réacteurs aéronautiques.