

THESE: Contrat à durée déterminée

Modélisation de la combustion assistée par plasma pour le contrôle des instabilités de combustion

Reference: CFD-2023-CUE-02

Équipe: CFD

Unité de recherche: Energetics and propulsion

Salaire: 33.6 K€/year (brut)

Durée: 36 mois - Début: De Janvier à Septembre 2024

Lieu: 42 avenue Gaspard Coriolis – 31057 Toulouse

Responsable: [Bénédicte Cuenot](mailto:cuenot@cerfacs.fr)

E-mails: cuenot@cerfacs.fr

barleon@cerfacs.fr

Niveau requis: Master of science

HOST LABORATORY

Le Cerfacs est un centre de recherche fondamentale et appliquée spécialisé dans la modélisation et la simulation numérique. Grâce à ses ressources et à son expertise en informatique haute performance, il aborde des problèmes scientifiques et techniques majeurs dans la recherche publique et industrielle. Les équipes du Cerfacs développent des méthodes innovantes et des solutions logicielles pour répondre aux besoins des secteurs de l'aéronautique, de l'espace, du climat, de l'énergie et de l'environnement. Le Cerfacs travaille en étroite interaction avec ses sept partenaires : Airbus, le Cnes, EDF, Météo France, l'Onera, Safran et TotalEnergies.




JOB DESCRIPTION

Topic(s): [Combustion](#) [Hydrogen](#) [Plasma](#) [High Performance Computing](#)

Contexte:

L'importance croissante de la combustion de l'hydrogène dans le contexte de la décarbonisation, en particulier dans les secteurs aéronautique et de la production d'énergie, est évidente. Les défis potentiels liés aux instabilités de combustion devraient émerger comme une préoccupation majeure avec ces nouveaux systèmes fonctionnant à l'hydrogène, tout comme cela a été vécu par le passé lors de la combustion d'hydrocarbures, en particulier lors de l'utilisation de régimes de combustion pauvres pour réduire les émissions de NOx. Pour relever ces défis, des solutions innovantes doivent être trouvées, accompagnées du développement d'outils numériques pouvant être utilisés tant dans des environnements académiques qu'industriels. Une solution émergente consiste à utiliser des décharges de plasma hors-équilibre pour contrôler activement la combustion. Ces décharges fonctionnent avec une faible puissance (généralement <1% de la puissance thermique de la flamme) et ont démontré leur capacité de stabiliser la flamme dans une large gamme de conditions pour de nombreux combustibles. Ces premières études suggèrent que cette méthode pourrait également offrir un contrôle efficace sur des flammes d'hydrogène.

Mission:

Le CERFACS possède une longue expertise dans la modélisation des écoulements réactifs turbulents. Récemment, des modèles pour la combustion assistée par plasma ont été développés. Cela comprend des simulations entièrement couplées pour l'allumage assisté par plasma dans des cas canoniques [1] et la modélisation phénoménologique de la stabilisation de la flamme dans un brûleur semi-industriel [2]. L'objectif global est de comprendre et d'analyser l'impact des décharges pulsées répétitives nanosecondes (NRP) sur la combustion et les instabilités de combustion. En particulier, une fermeture pour la simulation aux grandes échelles (Large-Eddy Simulation - LES) pour la combustion de l'hydrogène assistée par plasma sera incorporée dans AVBP (<https://www.cerfacs.fr/avbp7x/>), afin d'effectuer la simulation 3D d'une configuration de laboratoire pour la validation. Sur la base de simulations détaillées des décharges NRP dans des écoulements turbulents à l'aide du code AVBP-PAC, un modèle phénoménologique sera dérivé, capable de reproduire l'impact des décharges NRP sur les mélanges réactifs turbulents dans des conditions de gaz frais et gaz brûlés. La configuration étudiée à TUB sera ensuite simulée dans des conditions de complexité croissante avec le code AVBP : combustion stable sans plasma, instabilités de combustion sans plasma, instabilités de combustion avec plasma. Dans toutes les conditions, une comparaison systématique avec les mesures disponibles sera effectuée pour valider le modèle numérique. Ces simulations visent à générer des informations précieuses et des recommandations concernant l'utilisation du plasma hors-équilibre dans les futures turbines à gaz à hydrogène.

Résultats attendus :

- Modèle de décharges NRP adapté à la LES pour des cas 3D turbulent
- Compréhension de l'interaction entre les décharges NRP et les mélanges réactifs dans les gaz frais et brûlés, ainsi que des mécanismes sous-jacents du contrôle d'instabilités par plasma
- Recommandations sur la conception et l'utilisation du plasma pour le contrôle d'instabilité de combustion.

Cette thèse fait partie du projet ICHARuS (DC6 - <https://icharus.eu/>), un réseau doctoral financé par la Communauté européenne dans le cadre du MSCA. Le projet rassemble des institutions de recherche de premier plan en Europe, des partenaires industriels et des universités internationales pour développer des technologies innovantes pour l'utilisation sûre et efficace de l'hydrogène dans les transports et la production d'énergie. Le candidat à la thèse participera à des activités de formation à l'échelle du réseau, des ateliers et des conférences, ainsi qu'à des périodes de détachement dans les laboratoires des partenaires du réseau.

Les candidatures doivent être soumises en suivant la procédure détaillée sur :
<https://euraxess.ec.europa.eu/jobs/177738>."

[1] N. Barleon, L. Cheng, B. Cuenot, O. Vermorel, A. Bourdon, Investigation of the impact of NRP discharge frequency on the ignition of a lean methane-air mixture using fully coupled plasma-combustion numerical simulations, *Proceedings of the Combustion Institute* 39 (4) (2023) 5521–5530.

[2] N. Barleon, B. Cuenot, O. Vermorel, Large-eddy simulation of swirled flame stabilisation using NRP discharges at atmospheric pressure, *Applications in Energy and Combustion Science* 15 (2023) 100163.

DESIRED PROFILE**Background required:**

Numerical simulation | Fluid dynamics | Programming Python/Fortran/C++

Abilities:

Capacity for analysis and synthesis

Innovation capacity

Ability to work independently

Relational qualities

Rigorous