

**PROPOSITION DE SUJET DE THESE**

**Intitulé : Étude expérimentale de la thermique de parois dans une chambre de combustion aéronautique représentative.**

Référence : **MFE-DMPE-2024-20**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Début de la thèse : 01/10/2024**

**Date limite de candidature : 01/07/2024**

**Mots clés**

Combustion haute pression, hydrogène, moteurs aéronautiques, métrologie optique, transferts thermiques

**Profil et compétences recherchées**

M2 en physique, optique, énergétique ou combustion

Compétences en : physique expérimentale, transferts thermiques, combustion, optique, traitement de données

**Présentation du projet doctoral, contexte et objectif**

L'amélioration de l'efficacité énergétique de l'aviation est un élément clé du développement des avions du futur. Parmi d'autres leviers, cette amélioration passe par le développement de nouvelles motorisations. Deux enjeux principaux cohabitent dans ce développement : le maintien ou l'augmentation des performances, et la décarbonation de l'aviation. Pour répondre à ces enjeux, plusieurs axes sont explorés.

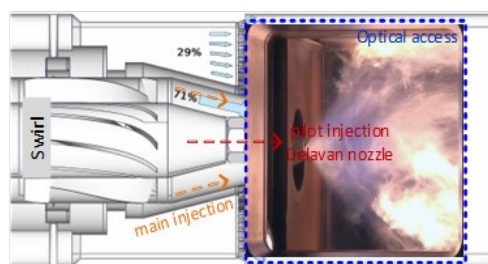
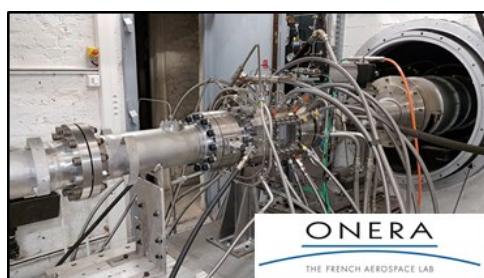
Un axe consiste à développer de nouvelles architectures de chambre de combustion, permettant de réduire la masse du moteur. Ces nouvelles architectures entraînent une augmentation de la densité énergétique au sein de la chambre de combustion, ce qui se traduit par une importance accrue des processus thermiques à la paroi. Afin de garantir la tenue mécanique et la durée de vie des futures chambres de combustion, il apparaît nécessaire de pouvoir prédire les échanges thermiques qui auront lieu [1].

Un autre axe de développement concerne la décarbonation, via un changement de carburant [2]. Deux voies sont explorées : les carburants durables liquides substitués du kérosène (SAF) et l'hydrogène gazeux. Ce changement de carburant nécessite de repenser la conception des moteurs, et, en particulier, de fortes évolutions sont nécessaires sur l'architecture des chambres de combustion et des systèmes d'injection. L'utilisation de l'hydrogène comme carburant pose de nombreuses questions techniques et scientifiques. En raison de sa grande diffusivité, un enjeu scientifique majeur est la compréhension au sein des moteurs aéronautiques des phénomènes thermiques d'interaction flamme / paroi, fortement accrus pour ce carburant [3]. D'autre part, des phénomènes de retour de flamme (*flash-back*) [4] ou d'auto-allumage local [5] au sein des couches limites pariétales ont été observés pour des flammes de prémélange hydrogène-air. Les conditions d'apparition de ces processus semblent liées à la température locale de paroi. Outre les forts flux thermiques générés à la paroi, ces phénomènes sont fortement dommageables à la stabilité de la combustion et au bon fonctionnement du moteur.

Aussi, Le développement des technologies futures nécessite de pouvoir caractériser la température de paroi et les échanges thermiques pariétaux dans des conditions représentatives d'une combustion aéronautique (géométrie, haute pression, régimes d'écoulements, carburant, ...). Pour cela, plusieurs moyens de mesures existent. Les thermocouples sont des thermomètres communément employés, mais leur implantation sur des géométries complexes est contraignante et ils ne permettent pas une bonne discrétisation spatiale. Les méthodes optiques sont très en vue, et leur développement récent montre un potentiel intéressant [6]. Parmi ceux-ci, la thermométrie de luminophores est une technique particulièrement prometteuse. Elle est basée sur des revêtements minces de paroi contenant des particules inorganiques photoluminescentes qui, lorsqu'excités par lumière UV, émettent de la lumière (luminescence) dont les propriétés (intensité, couleur, persistance) dépendent de la température. Elle permet d'établir des cartographies bidimensionnelles de champs de température aux parois et d'effectuer des mesures à des endroits difficilement accessibles ou sur des géométries complexes (nez d'injecteur). En outre, cette technique offre également une bonne résolution temporelle (< ms), et permet donc d'étudier des phénomènes transitoires, typiques des phénomènes d'interaction flamme / paroi. Enfin, la gamme de sensibilité de cette technique permet des mesures de la température ambiante jusqu'à 1700 K [7].

Dans ce contexte, le sujet de recherche proposé a pour objectif de développer une méthodologie de thermométrie de luminophores afin de mesurer la température de paroi d'une chambre de combustion en

environnement représentatif aéronautique. La technique de mesure développée doit être optimisée pour permettre des mesures à travers une flamme diphasique (kérosène, SAF) et adresser des problématiques spécifiques aux flammes hydrogène / air. Le travail se déroulera en plusieurs phases. Dans un premier temps, une étude bibliographique et théorique permettra d'établir l'état de l'art de la technique et d'identifier la meilleure stratégie de mise en œuvre (luminophore / méthode / prise en compte des interférences potentielles). Celle-ci sera ensuite implémentée sur des bancs de combustion de laboratoire afin de l'optimiser pour des conditions de fonctionnement de complexité graduelle (carburant, pression, ...). La technique sera aussi couplée à d'autres méthodes de mesures optiques caractérisant la combustion en proche paroi nécessaires à l'interprétation et l'analyse des résultats, telles que la fluorescence induite par laser. Après sa validation, la technique de thermométrie sera ensuite implantée sur le banc MICADO de l'ONERA, pour réaliser des campagnes d'essais en conditions représentatives de conditions moteur aéronautique. Lors de ces campagnes, le candidat sera amené à travailler avec les équipes d'experts combustion et diagnostics optiques de l'ONERA, et son travail s'insèrera dans l'activité recherche en combustion décarbonée de l'ONERA.



A gauche une photo du banc MICADO de l'ONERA, à droite une image de combustion diphasique turbulente prise sur ce banc.

### Références

- [1] J. Tyacke, N. R. Vadlamani, W. trojak, R. Watson, Y. Ma, P. G. Tucker, "Turbomachinery simulation challenges and the future", *Prog. Aerosp. Sci.*, 2019
- [2] S. Delbecq, J. Fontane, N. Gourdain, T. Planès, F. Simatos, "Sustainable aviation in the context of the Paris Agreement: A review of prospective scenarios and their technological mitigation levers", *Prog. Aerosp. Sci.*, 2023.
- [3] J. Lai, U. Ahmed, M. Klein, N. Chakraborty, « A comparison between head-on quenching of stoichiometric methane-air and hydrogen-air premixed flames using DNS », *Int. J. Heat Fluid Flow*, 2022.
- [4] A. Gruber, E. Richardson, K. Aditya, J. H. Chen, "Direct numerical simulations of premixed and stratified flame propagation in turbulent channel flow", *Phys. Rev. Fluids*, 2018
- [5] H. Pers, A. aniello, F. Morisseau, T. Schuller, "Autoignition-induced flashback in hydrogen-enriched laminar premixed burners", *Int. J. Hydrogen Energy*, 2023
- [6] J. Brübach, C. Pflitsch, A. Dreizler, B. Atakan, "On surface temperature measurements with thermographic phosphors: A review", *Prog. Energy Combust. Sci.*, 2013
- [7] P. Nau, Z. Yin, O. Lammel, W. Meier, "Wall temperature measurements in gas turbine combustors with thermographic phosphors", *J. Eng. Gas Turbines Power*, 2018

### Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Département Multiphysique pour l'Energétique

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

Contact : Guillaume Pilla / Sylvain Petit

Tél. : 0180386078

Email : [guillaume.pilla@onera.fr](mailto:guillaume.pilla@onera.fr)

[sylvain.petit@onera.fr](mailto:sylvain.petit@onera.fr)

### Directeur de thèse

Nom : Guillaume PILLA

Laboratoire : ONERA DMPE - UPS

Tél. : 0180386078

Email : [guillaume.pilla@onera.fr](mailto:guillaume.pilla@onera.fr)

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>