

# Thèse – Analyse expérimentale de l'interaction Flamme-Paroi avec des écoulements réactifs hydrogène/air - (F/H)

## Informations

---

**Encadrement** : Dr. Pradip XAVIER ([pradip.xavier@coria.fr](mailto:pradip.xavier@coria.fr)), Prof. Frédéric GRISCH ([frédéric.grisch@coria.fr](mailto:frédéric.grisch@coria.fr))

**Localisation** : CNRS – UMR 6614 CORIA, Rouen, France

**Durée** : 36 mois à partir d'Octobre 2024 (plein temps)

**Salaire** : 26 k€ brut annuel (financement projet collaboratif ANR)

**Mots-clés** : diagnostics laser, hydrogène, combustion, paroi, thermo-management

## Contexte

---

Malgré la pandémie du COVID-19, les niveaux atmosphériques de **dioxyde de carbone** ont atteint en 2021 150 % des niveaux préindustriels [1], ce qui a entraîné de grandes modifications des écosystèmes humains (alimentation, santé, etc.) [2]. L'Accord de Paris de 2015 a défini une politique visant à prendre des mesures urgentes pour lutter contre le **changement climatique et ses impacts** (ODD 13), de sorte que tous les secteurs industriels dépendant des combustibles fossiles **doivent décarboner** leurs usages [3]. Outre ces préoccupations environnementales, la **crise énergétique** actuelle souligne également la nécessité de sécuriser le secteur de l'énergie en réduisant notre dépendance à l'égard des combustibles fossiles. La mise en place d'une économie de **l'hydrogène** est considérée comme une option clé pour garantir l'accès à une énergie abordable, fiable, durable et moderne (ODD 7).

Néanmoins, **des défis technologiques majeurs** empêchent actuellement la mise en œuvre de l'hydrogène en tant que vecteur d'énergie chimique dans les systèmes énergétiques. Entre autres, **la densité énergétique spécifique plus élevée** de l'hydrogène (~120 MJ/kg contre 50 MJ/kg pour le méthane) soulève un défi technologique concernant la **gestion thermique des parois** de la chambre de combustion, qui doivent supporter de longues périodes (> 10 000 heures) exposées à des températures élevées (~2000 K) et à des environnements réactifs oxydants/corrosifs sévères. Ainsi, pour accélérer la généralisation des futures technologies de combustion propres, efficaces et robustes, il est obligatoire d'acquérir une compréhension détaillée des **processus physiques primaires des écoulements réactifs à base d'hydrogène interagissant avec des parois**.

## Objectifs de la thèse

---

L'objectif de la thèse consiste à appréhender les mécanismes physiques lorsqu'un **écoulement réactif hydrogène-air** interagit avec **une paroi**. La stratégie scientifique consiste à implémenter **une métrologie optique non-intrusive** dans une configuration générique reproduisant des processus d'interaction flamme-paroi avec ou sans film d'air. **L'originalité**

du sujet de cette thèse est justifiée par le manque de données expérimentales avec l'utilisation d'hydrogène en proche paroi. Les objectifs de cette thèse sont les suivants :

1. Développer et caractériser un cas générique d'interaction flamme-paroi. Une modification d'un banc de combustion existant (CENTOR) sera opérée afin de générer une flamme de prémélange turbulente sur une large gamme de richesse. Ce système sera caractérisé en établissant le diagramme de stabilité avec des mesures globales (chimiluminescence OH\*). Un système (déjà existant) de génération de film d'air pariétal sera également étudié pour reproduire une technologie de refroidissement. Des mesures de température de paroi par phosphorescence induite par laser permettront de compléter ces diagrammes de stabilité avec la prise en compte de l'aspect thermique.
2. Analyser de manière détaillée la dynamique de flamme. Une compréhension du comportement de la dynamique de flamme au voisinage de la paroi sera menée afin de mettre en lumière les mécanismes de formation des oxydes d'azote (NOx). Pour cela, plusieurs points de fonctionnement seront sélectionnés (action 1 ci-dessus). Des mesures de la topologie d'écoulement et de structure de flamme seront réalisées conjointement. Une comparaison entre une paroi pleine et une paroi équipée d'un film d'air permettront d'illustrer le rôle du film d'air.

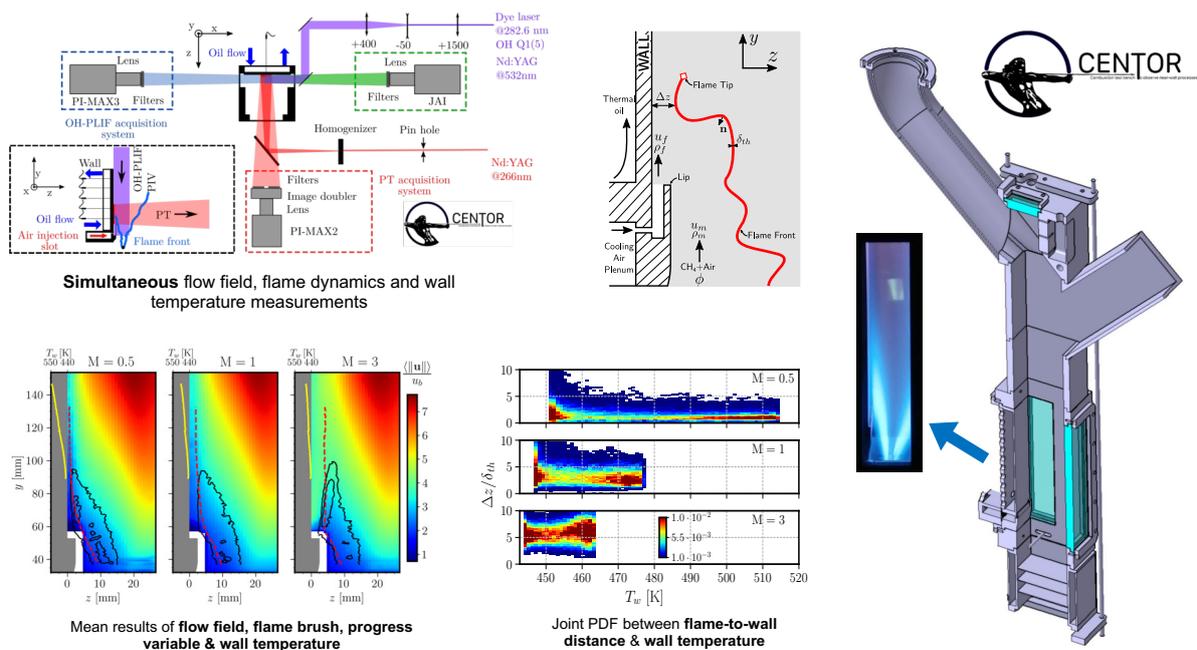


Figure 1 : exemple de travaux sur l'interaction flamme-paroi (thèse S. Petit et A. Blaise)

## Environnement de travail

L'équipe d'encadrement du Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie (CORIA) s'attelle à répondre à ces problématiques depuis plusieurs années. Les projets ANR WALL-EE (CORIA, 2019-2023) et RIN-FEDER MATRYSSÉ (CORIA, 2019-2022) visaient à développer une méthodologie expérimentale (incluant des bancs d'essais et des diagnostics optiques en proche paroi, voir Figure 1) pour appréhender les processus physico-chimiques interagissant à l'interface gaz-solide. Cette thèse s'appuiera sur ces travaux (2 thèses) et les résultats attenants [4-7]. Cette thèse s'inscrit dans le cadre du

programme ANR OASIS. Ce projet fédère trois équipes scientifiques de deux laboratoires de recherche Français (CORIA-Rouen et PPRIME-Poitiers) pour capitaliser leurs expertises/moyens autour de la thématique de la combustion en proche-paroi avec l'utilisation d'hydrogène comme vecteur énergétique. Dans cet environnement graviteront trois doctorants qui seront amenés à collaborer de manière étroite. A noter également le support de partenaires industriels historiques de l'INSA Rouen Normandie (SAFRAN) mais également d'autres acteurs du monde de l'aéronautique (AIRBUS), avec une volonté de transfert technologique.

---

## Profil recherché

---

Le/la candidat·e aura un diplôme d'ingénieur/master en énergétique, avec de solides compétences en mécanique des fluides, transferts thermiques, combustion. Des connaissances en métrologie (e.g. spectroscopie, sources lasers, optique) et en mécanique sont souhaitées, avec une appétence marquée pour les sciences expérimentales. Le/la candidat·e possèdera de fortes compétences relationnelles puisqu'il/elle intégrera une équipe de recherche d'une dizaine de personnes. De solides compétences en expression orale et écrite (français et anglais) sont obligatoires pour la dissémination du travail de thèse.

Pour postuler, envoyer un CV, une lettre de motivation, notes de M1 et M2, et des contacts de personnes vous recommandant. (Envoi à Pradip Xavier, [pradip.xavier@coria.fr](mailto:pradip.xavier@coria.fr)).

---

## Bibliographie

---

- [1] "State of the global climate 2021," WMO-No 1290, World Meteorological Organization, 2022.
- [2] "Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability," Working group II, 6th assessment report, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022.
- [3] "Paris agreement," United Nations Framework Convention on Climate Change, 2015.
- [4] S. Petit et al., "Experimental Investigation of Flame-Film Cooling Interactions with an Academic Test Rig and Optical Laser Diagnostics," J. Turbomach., vol. 145(4), p. 041007, 2023.
- [5] S. Petit et al., "Improving the temperature uncertainty of Mg<sub>4</sub>FGeO<sub>6</sub>:Mn<sup>4+</sup> ratio-based phosphor thermometry by using a multi-objective optimization procedure," Appl. Phys. B, vol. 128(57), 2022.
- [6] S. Petit et al., "Spatial and spectral filtering strategies for surface phosphor thermometry measurements," Meas. Sci. Technol., vol. 33, p. 1150222022, 2022.
- [7] A. Blaise et al., "Effect of the blowing ratio on the interaction between a flame and an air-cooled combustor wall," in In ASME Turbo Expo 2023: Turbine Technical Conference and Exposition, 2023.