



Offre de Thèse CIFRE – collaboration CORIA - KRAMPOUZ - ENGIE

2021-2024

Sujet de thèse : Stabilité des flammes de brûleur de cuisson – effet de l’ajout d’hydrogène

Mots Clés : hydrogène, combustion, flamme partiellement prémélangée

Ecole doctorale : PSIME (ED 591 – ComUE Normandie Université)

Laboratoire d’accueil : CORIA – UMR 6614 CNRS, Normandie Université, INSA Rouen Normandie, Université Rouen Normandie.

Partenaires Industriels : Krampouz (porteur convention CIFRE), ENGIE

Superviseurs de la thèse : David Honoré (directeur de thèse), Corine Lacour (co-encadrante)

Présentation du sujet de thèse :

De très nombreux appareils fonctionnent avec des brûleurs atmosphériques utilisant du gaz naturel tels que les chaudières domestiques et les appareils de cuisson. Ces appareils développés depuis de nombreuses années sont soumis aujourd’hui à des normes d’efficacité et d’émissions plus sévères, nécessitant une connaissance plus approfondie de ces modes de combustion. Les perspectives de l’augmentation d’une part d’hydrogène dans les réseaux de distribution de gaz naturel soulèvent également de nouvelles problématiques de stabilité, de structures de flammes et de transfert de chaleur. L’entreprise Krampouz met au point des brûleurs atmosphériques fonctionnant au gaz naturel et au butane/propane. Ces brûleurs sont utilisés sur différents appareils de cuisson (crêpières, planchas...) dont les formes et les matières sont adaptées en fonction de leurs utilisations. Pour poursuivre le développement des brûleurs, il devient nécessaire aujourd’hui de mieux connaître les mécanismes physiques qui pilotent la stabilisation de flamme sur ces appareils, et en particulier leur sensibilité à la proportion en hydrogène contenue dans le combustible gazeux.

Des études similaires ont déjà été menées au laboratoire CORIA dans le cadre de projets collaboratifs et de partenariats industriels. Le développement de diagnostics laser avancés pour la combustion est également l’une des principales activités de recherche de CORIA. Le couplage de mesures par Vélocimétrie par Images de Particules (PIV) et de Fluorescence Induite par Laser sur le radical OH (PLIF OH) permet de comprendre l’interaction de l’aérodynamique de mélange avec la zone réactive et de mettre en avant les mécanismes de stabilisation des flammes. La diffusion Raman spontanée (SRS) est un diagnostic laser qui permet de mesurer instantanément et simultanément la température et les concentrations des espèces majoritaires avec une très bonne résolution spatiale pour une description détaillée de la flamme.

Dans ce cadre, le premier objectif de la thèse est d’obtenir une description détaillée d’une configuration de brûleur de référence depuis l’injecteur gaz jusqu’aux flammes. Pour cela, une première étude concernera la formation du prémélange combustible/air par l’injecteur gaz. Il s’agira de définir les vitesses et le mélange

formé par ce jet de gaz à forte vitesse induisant un entrainement d'air important et conduisant au prémélange partiel dans le tube qui est ensuite distribué aux branches du brûleur. Des mesures de vitesses par PIV pourront être envisagées et des prélèvements de gaz à différents niveaux renseigneront sur le facteur d'air du prémélange générant les flammes en sortie de brûleur. Ce travail permettra de fournir des données et de valider un travail de simulation numérique réalisé par ENGIE concernant l'aérodynamique interne et l'homogénéité du mélange dans l'appareil.

Le travail sera ensuite consacré à l'étude des flammes produites en sortie de brûleur. L'étude sera menée sur une flamme centrale d'une branche du brûleur. Le brûleur prototype conservera les dimensions du brûleur commercial mais pourra ne contenir qu'un nombre réduit de flammes pour simplifier l'étude. La flamme centrale sera sondée dans son plan central par PIV/PLIF OH couplées et des mesures 1D par SRS permettront d'établir une cartographie de température et concentrations en espèces majoritaires. Les diagnostics optiques devront être adaptés à la petite taille de la flamme. L'étude sera menée pour la flamme centrale sans puis en présence d'une plaque recouvrante pour simuler la présence du plateau de la crêpière et une prise en compte des aspects thermiques. Des mesures de flux sur la plaque permettront de mieux comprendre les couplages thermiques plaque/flamme. Cette première partie de la thèse apportera des connaissances sur les processus physiques pilotant la stabilité des flammes sur ces brûleurs.

Ce travail sera poursuivi par une étude de la composition en hydrogène du mélange. L'ajout d'hydrogène en proportion significative dans le combustible apporte des modifications de formation de mélange, de structures des flammes, de taux de dégagement de chaleur, de transferts thermiques, de composition en gaz brûlés qu'il est important de maîtriser aujourd'hui. Les mesures par diagnostics laser PIV/PLIF OH et SRS réalisées pour plusieurs cas de fonctionnement des flammes allant du méthane pur à l'hydrogène pur permettront de mettre en évidence les modifications apportées par la présence d'hydrogène.

Enfin, en perspective de ce travail, la compréhension des phénomènes physiques impliqués dans la formation du mélange et la stabilisation des flammes obtenue par la caractérisation expérimentale détaillée doit permettre d'établir des règles de pré-dimensionnement et ainsi mettre en avant des voies d'optimisation par des modifications structurelles du brûleur, de l'injecteur, des matériaux utilisés, de la disposition des orifices de sortie...

Compétences recherchées : Le candidat doit être diplômé d'un Master recherche ou diplôme d'ingénieur avec des compétences en mécanique des fluides, combustion et transferts thermiques. Un niveau d'anglais scientifique et technique avancé avec de bonnes compétences de communications écrites et orales. Un profil avec un intérêt particulier pour les activités de recherches expérimentales et les diagnostics optiques sera apprécié.

Contacts:

David Honoré (david.honore@coria.fr) +33 (0)2 32 95 98 52)

Corine Lacour (corine.lacour@coria.fr) +33 (0)2 32 95 36 16)