



Hybridation de la combustion avec de l'hydrogène provenant d'un électrolyseur

Institut de Mécanique des Fluides, UMR5502, CNRS
31400 Toulouse France

Dans le cadre du « Défi Clé Hydrogène Vert » financé par la Région Occitanie, l'IMFT et la société Bulane proposent une **bourse de thèse portant sur l'analyse expérimentale de la combustion hybridée par l'ajout d'hydrogène** en provenance directe d'un électrolyseur.

Contexte :

L'objectif de ce projet est la **décarbonation progressive de la production de chaleur** en hybridant un combustible fossile avec de **l'hydrogène produit localement à partir d'électricité verte**. En substituant à une énergie fossile (ici le gaz naturel) une énergie renouvelable ou bas carbone (l'électricité), on peut grâce au **couplage entre un électrolyseur et un équipement existant**, réduire les émissions de gaz à effet de serre. L'électrolyseur alimente en hydrogène le brûleur, dont la consommation de gaz naturel peut être baissée tout en maintenant le service, *i.e.* la production de chaleur.

Les applications visées sont le **chauffage domestique est les brûleurs industriels de basse puissance** (<100kW) mais les stratégies de couplage développées pourront s'adapter à des dispositifs de plus forte puissance. Le principal bénéfice de cette stratégie est de s'affranchir des investissements lourds et des délais nécessaires à la mise en place d'un réseau de distribution d'hydrogène.

Objectifs :

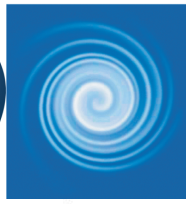
Dans ce projet nous proposons de développer une solution **d'hybridation de la combustion** par de **l'hydrogène produit localement grâce à un électrolyseur**. Trois enjeux nécessitant une recherche fondamentale et appliquée ont été identifiés :

- 1- **Combustion** : Il s'agit de déterminer la limite supérieure d'hydrogène pouvant être substitué tout en garantissant la sécurité et la durabilité de l'équipement.
- 2- **Couplage** : le branchement de l'électrolyseur sur un brûleur ou un appareil de chauffage nécessite de valider la stratégie de couplage et d'échange de données entre les appareils.
- 3- **Électrolyse** : Il s'agira d'évaluer la nécessité de développer des technologies d'électrolyseurs spécifiques pour ce type d'applications et de les tester.

L'objectif final du projet est de proposer des **plages de fonctionnement** pour la combustion hybride dans un ou deux cas pratiques (chaudière domestique et/ou brûleur), de détailler une **stratégie d'hybridation** et de proposer une **technologie d'électrolyseur optimisée** pour cette application.

Programme de travail :

Les études préliminaires menées par Bulane et l'IMFT ont permis de démontrer que pour des taux d'hydrogène dans le gaz naturel allant jusqu'à 50% en volume, il n'était pas forcément nécessaire de procéder à des modifications des brûleurs pour maintenir une combustion. La Figure 1 montre l'influence du taux d'hybridation dans le cas d'un brûleur de chaudière domestique. On peut voir en revanche que malgré une puissance et une richesse constantes, la température des parois du brûleur augmente. Ainsi, pour garantir un fonctionnement sûr et éviter un vieillissement prématuré, il semble nécessaire de modifier le point de fonctionnement.



a)	b)	c)	d)	e)
$P_T = 5\text{ kW}$	$P_T = 5\text{ kW}$	$P_T = 5\text{ kW}$	$P_T = 5\text{ kW}$	$P_T = 5\text{ kW}$
$\phi = 0.75$	$\phi = 0.75$	$\phi = 0.75$	$\phi = 0.75$	$\phi = 0.75$
0vol% H_2	16.18vol% H_2	29.07vol% H_2	39.57vol% H_2	48.30vol% H_2
$T_{\text{burner}} = 680^\circ\text{C}$	$T_{\text{burner}} = 691^\circ\text{C}$	$T_{\text{burner}} = 720^\circ\text{C}$	$T_{\text{burner}} = 733^\circ\text{C}$	$T_{\text{burner}} = 756^\circ\text{C}$

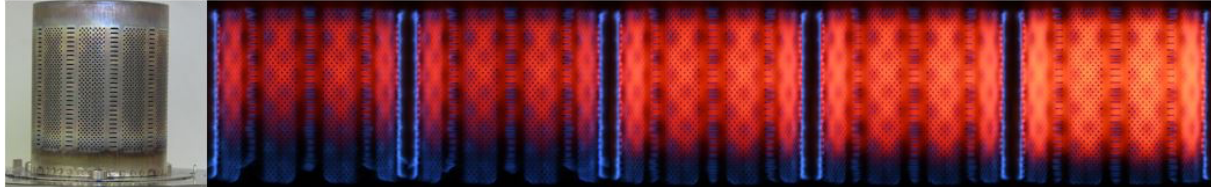


Figure 1: Influence de la fraction volumique d'hydrogène dans le carburant, à richesse constante $\phi = 0.75$, pour un brûleur de type chaudière domestique.

Ces **travaux de nature expérimentale** seront poursuivis, à l'échelle du composant (le brûleur) mais également du système, c'est à dire le dispositif de chauffe (chaudière, torche, etc.) couplé au dispositif de production (électrolyseur). L'étude se décompose en trois parties principales :

- 1- **Combustion.** Forts de l'expérience acquise lors de l'étude préliminaire, on procèdera à l'hybridation d'un dispositif commercial (chaudière ou torche) et on déterminera sa réponse à l'hybridation. On sera en particulier attentifs aux points suivants, essentiels pour une bonne combustion : forme de la flamme, retour de flamme, température des parois, production de polluants (NO_x et CO). Ces travaux seront complétés par une étude détaillée du brûleur en dehors de la chaudière afin d'étudier les mécanismes de stabilisation de la flamme.
- 2- **Couplage.** La plupart des chaudières et de brûleurs industriels sont modulables en puissance ce qui implique un couplage entre la combustion et l'électrolyse. La voie la plus simple envisagée est celle d'un couplage fluïdique avec un réservoir tampon. L'électrolyseur assure une pression nominale dans le réservoir et la chaudière prélève au besoin en activant une vanne. La nécessité d'un dialogue plus complexe entre les électroniques des deux machines sera abordée tout en privilégiant la simplicité, la robustesse et la sécurité du couplage.
- 3- **Électrolyse.** La technologie actuelle développée par Bulane produit un mélange stœchiométrique H_2/O_2 . Bien qu'il ne soit pas dénué d'intérêt du point de vue de la combustion de valoriser la production d'oxygène, l'intérêt de proposer une fourniture séparée des gaz sera évalué. Ce paramètre peut avoir un impact significatif sur la température des gaz brûlés et les niveaux de polluants donc on évaluera l'intérêt de disposer d'un paramètre de contrôle supplémentaire, i.e. la fraction d'oxygène.

Enfin, tout au long de cette étude, on ne perdra pas de vue l'objectif de diminution des émissions de gaz à effet de serre. Les gains seront quantifiés et les choix techniques seront contraints par ce paramètre au niveau du système global.

Compétences recherchées :

Le (la) candidat(e) doit être diplômé(e) 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 et de bonnes compétences de communications écrites et orales sont nécessaires. Une sensibilité aux enjeux de la transition énergétique ainsi qu'un intérêt particulier pour les activités de recherches expérimentales seront appréciées.

Équipe encadrante :

Laurent Selle CR CNRS - HDR,
Thierry Schuller Professeur, Université Toulouse III,

laurent.selle@imft.fr
thierry.schuller@imft.fr