

Emission sonore et dynamique des flammes d'hydrogène ultra-pauvres

Directeurs de Thèse : Luis Fernando Figueira da Silva, Hélène Bailliet, Islam Ramadan

Contact : luis-fernando.figueira-da-silva@ensma.fr ; helene.bailliet@univ-poitiers.fr

Informations générales

Type de contrat : CDD Scientifique

Durée du contrat : 36 mois

Date d'embauche prévue : 1er Octobre 2025

Quotité de travail : Temps complet

Niveau d'études souhaité : diplômé d'un Master et/ou d'une école d'ingénieurs

Contexte du travail

Pour lutter contre le changement climatique, l'hydrogène se positionne comme un carburant alternatif dans de nombreux domaines, de l'aéronautique à la thermique industrielle en passant par l'automobile. Nombre de ces usages conduiraient à des systèmes qui brûlent des mélanges pauvres en carburant, ce qui soulève des problèmes liés à l'instabilité intrinsèque des processus de combustion pauvre.

Sur la base de ces défis, le travail de thèse de doctorat proposé, qui fait partie d'un partenariat entre l'Institut Pprime et l'Université technique de Berlin (financé par le projet DFG-ANR DESCRESCEENDO), vise à étudier les spécificités des flammes d'hydrogène-air pré-mélangées pauvres. Celles-ci diffèrent à bien des égards de leurs homologues hydrocarbures : la forte diffusivité moléculaire de l'hydrogène entraîne un comportement instable ; une grande partie du dégagement de chaleur se produit à des températures bien inférieures à celles de l'équilibre chimique ; le bruit à large bande, associé à un dégagement de chaleur instable, augmente de manière exponentielle avec la richesse du mélange combustible. Cependant les mécanismes sous-tendant la génération du son ne sont pas encore clairement compris.

Missions

L'étude comprendra une caractérisation expérimentale détaillée d'une flamme d'hydrogène annulaire et de son émission sonore. L'objectif sera d'analyser les dynamiques de l'écoulement et de la flamme ainsi que leurs liens avec les mécanismes de production de son. Des méthodes optiques de haute précision, résolues dans l'espace et dans le temps, seront utilisées pour explorer et caractériser la flamme. Des antennes de microphones seront utilisées pour cartographier le champ sonore. La synchronisation des systèmes de mesure permettra d'établir des relations de cause à effet entre l'écoulement, la dynamique de la combustion et champ acoustique rayonné. Des techniques de réduction des données seront mises en œuvre pour identifier les mécanismes clés et guider le développement de modèles simplifiés pour les processus de combustion et de production sonore.

Activités

Le brûleur annulaire sera étudié dans l'installation MARTEL de l'Institut-Pprime (Fig. 1). Des mesures seront effectuées pour couvrir l'espace des paramètres défini par les gammes de nombres de Reynolds, de Lewis et de Damköhler : $300 \leq Re \leq 3000$; $0,3 \leq Le \leq 1,0$; $10^{-3} \leq Da \leq 50.10^{-3}$. Les mesures acoustiques seront effectuées à l'aide d'une antenne microphonique azimutale. Les mesures d'écoulement/de flamme comprendront la PIV (vélocimétrie par imagerie de particules) résolue dans le temps, la strioscopie (méthode schlieren) à grande vitesse et la chimiluminescence OH*. Les bases de données seront analysées à l'aide de décompositions modales et de techniques de traitement du signal

INSTITUT Pprime . CNRS . UNIVERSITÉ DE POITIERS . ENSMA . UPR 3346 .

Adresse postale : SITE DU SP2MI - 11, Boulevard Marie et Pierre Curie Site du futuroscope - TSA 41123- 86073 POITIERS CEDEX 9 - www.pprime.fr



connexes, dont l'objectif est de réduire les données afin de révéler les principales dynamiques associées aux processus de combustion et de production sonore. Les données traitées seront utilisées (i) pour fournir une caractérisation complète de l'écoulement, de la flamme et des champs sonores en fonction des conditions de fonctionnement ; (ii) pour le développement de modèles simplifiés pour les processus clés de combustion et de génération de sons ; (iii) pour la validation de simulations numériques haute-fidélité réalisées dans le cadre d'un second doctorat DECRESCENDO.

Compétences

Nous recherchons un.e candidat.e très motivé.e qui s'engagera pleinement dans le projet. Il ou elle aura une aptitude au travail en équipe car le travail sera co-dirigé par des chercheurs de deux groupes de recherche de Pprime : Combustion turbulente et structure des flammes (CT) et Aérodynamique, acoustique et turbulence (2AT). Le travail, par nature pluridisciplinaire, revêt un caractère expérimental marqué tout en prenant appui sur des bases théoriques d'analyse. Les candidat.e.s doivent donc faire preuve d'une grande curiosité scientifique et être conscients que le travail dans un laboratoire de recherche exige autonomie et rigueur.

- Des connaissances en mécanique des fluides (turbulence) et/ou en combustion en phase gazeuse sont souhaitables.
- Des connaissances en acoustique et traitement du signal sont nécessaires. Une expérience dans la mise en œuvre de techniques de diagnostic laser dans les milieux fluides serait appréciée.
- Enfin, une certaine connaissance de la théorie de la stabilité hydrodynamique et de l'analyse du champ moyen linéarisé serait un plus.

Contraintes et risques

Travail en laboratoire de combustion avec des moyens de mesure employant des lasers.

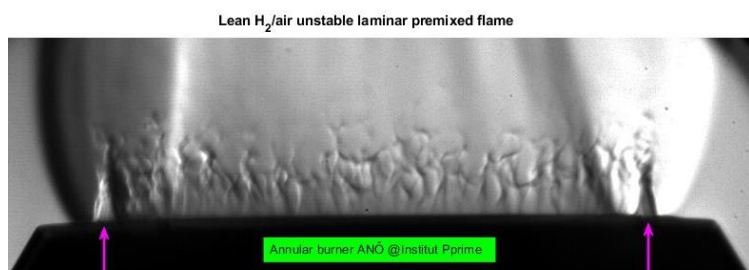


Figure 1 : Brûleur annulaire ANO à l'Institut Pprime : Image schlieren instantanée d'une flamme H_2 -air pré-mélangée à une richesse de 0,4 (à gauche) et brûleur installé au banc Martel (à droite).



INSTITUT Pprime . CNRS . UNIVERSITÉ DE POITIERS . ENSMA . UPR 3346 .

Adresse postale : SITE DU SP2MI - 11, Boulevard Marie et Pierre Curie Site du futuroscope - TSA 41123- 86073 POITIERS CEDEX 9 - www.pprime.fr