

Production des suies dans une flamme prémélangée swirlée confinée: pré-étude et optimisation de la chambre expérimentale EM2SOOT

Les particules de suies générées par la combustion incomplète des combustibles de ressources fossiles ont un impact négatif sur la santé publique et l'environnement. La prévision et le contrôle de ces émissions polluantes concernent de nombreuses applications comme les moteurs automobiles, la propulsion aéronautique, les nouvelles technologies de la combustion, les fours utilisés dans le domaine des procédés.

Une amélioration des méthodes de prévision des suies dans des écoulements réactifs turbulents est nécessaire pour optimiser le processus de combustion. La production de suies dépend notamment de la température locale de l'écoulement qui elle même dépend des transferts thermiques entre l'écoulement et la chambre de combustion. Le rayonnement thermique des suies modifie également ces modes de transferts vers les parois des chambres de combustion, dont il faut garantir leur tenue thermique. La simulation numérique de ces phénomènes complexes est indispensable à l'amélioration et à la conception de systèmes de combustion, mais nécessite des données expérimentales permettant la validation des modèles développés dans des conditions représentatives des flammes proches des applications.

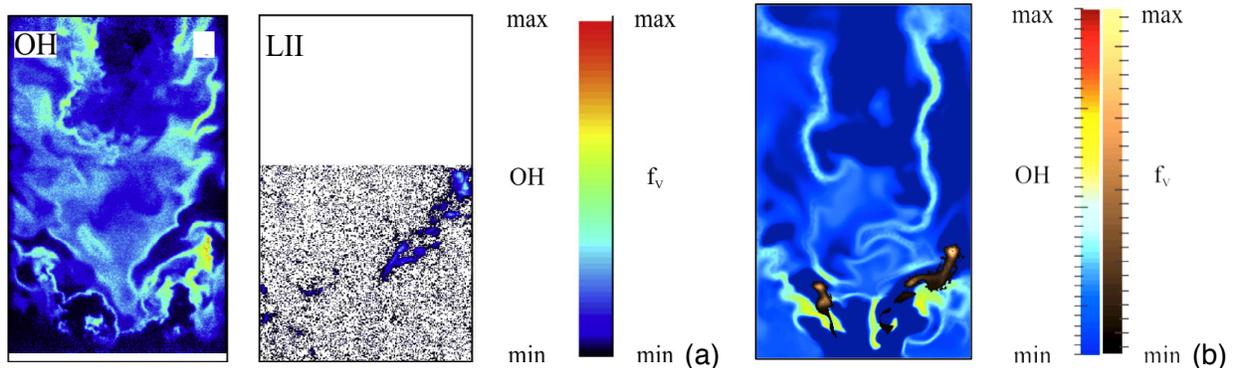


Figure 1 - Calcul LES de la flamme DLR, au moyen du code AVBP [2]. Une image expérimentale [1] instantanée de PLIF OH et LII sur les suies (a) est comparée aux champs instantanés de OH et fraction volumique de suies issus de la simulation (b).

Dans la littérature, une seule étude expérimentale [1] a eu trait à la caractérisation de la production de suies dans des flammes swirlées, notamment dans un régime de combustion de diffusion (Fig1, [2]). La production de suies dépendant fortement du mode de combustion, ce stage a pour objectif la mise en place d'un dispositif expérimental (EM2SOOT) pour l'étude de la production de suies issues de flammes

swirlées prémélangées en interaction avec leur environnement thermique pour la validation des simulations numériques. Ce type de dispositif original d'étude de production des suies et d'analyse des interactions avec les transferts thermiques n'a pas d'équivalent connu.

Objectifs

Dans le cadre de ce stage, l'étudiant sera amené à concevoir et réaliser un banc expérimental destiné à l'analyse détaillée de la production de suies et des transferts de chaleur et optimisée pour la validation de simulations numériques pour des flammes prémélangées swirlées confinées. Le combustible envisagé pour cette étude est l'éthylène, identifié par le International Sooting Flame (ISF) Workshop [3] comme référence pour lequel de nombreux modèles sont disponibles.

Afin de préparer au mieux la configuration expérimentale, l'étudiant devra répondre aux problématiques suivantes :

- Conditions opératoires et dimensionnement: une géométrie simple et des conditions aux limites bien définies sont primordiales pour une bonne description numérique du dispositif expérimental. Différents nombres de swirl et compositions du mélange seront considérés afin de stabiliser des flammes swirlées compactes. Il faudra s'assurer que les points de fonctionnement retenus soient propices à la production de suies, à l'étude des transferts thermiques et que la flamme puisse être reproduite par la simulation numérique (flamme compacte, régions de recirculations circonscrites, ...).
- Caractérisation de la flamme et des transferts thermiques: Le dispositif développé sera instrumenté et adapté aux diagnostics optiques (PIV ou LDV pour caractériser l'écoulement [4] ; PLIF OH et HAP pour identifier la zone de flamme aussi bien que des précurseurs de suies [5]; flux de conduction et température aux parois (thermocouples, LIP); diffusion de lumière et LII pour la fraction volumiques des suies [6-7]; prélèvement des suies pour en caractériser la morphologie et la nature [8]). L'étudiant se formera à ces techniques de mesure et diagnostics en vue de préparer les expériences qui seront réalisées au cours d'un doctorat. Les premiers tests et mesures seront réalisés dans le foyer développé pour déterminer les meilleurs points de fonctionnement.

Une interaction avec l'équipe expérimentale et l'équipe numérique sera nécessaire pour optimiser le foyer EM2SOOT. Ces travaux sont la première étape d'une caractérisation expérimentale de la flamme EM2SOOT qui fera l'objet d'une thèse CIFRE envisagée à la suite du stage dans la cadre de la Chaire Air Liquide portée par l'Ecole Centrale Paris et le CNRS. Le dispositif doit permettre d'explorer la combustion suitée et ses interactions avec les transferts thermiques pour valider les modèles utilisés dans les simulations numériques aussi bien que pour guider les efforts de modélisation dans le cadre de simulations couplées en vue la prévision des suies.

Profil souhaité :

Elève ingénieur et/ou Master en dernière année de formation ayant des compétences en combustion, et une appétence pour les activités expérimentales et les diagnostics optiques.

Encadrants :

B. Franzelli, Cheurcheur CNRS (benedetta.franzelli@ecp.fr, Tél : 01 41 13 10 73)

C. Mirat, Ingénieur de recherche ECP (clement.mirat@ecp.fr, Tél : 01 41 13 10 41)

P. Scouflaire, Ingénieur de recherche CNRS (philippe.scouflaire@ecp.fr, Tél : 01 41 13 10 60)

T. Schuller, Professeur à l'ECP (thierry.schuller@ecp.fr, Tél : 01 41 13 10 48)

Références :

[1] K.P. Geigle, M. Köhler, W. O' Loughlin, W. Meier, Proc. Combust. Inst. ,35 (3) (2015) 3373-3380.

[2] B. Franzelli, E. Riber, B. Cuenot, M. Ihme, ASME Turno Expo paper GT2015-43630, Montreal, Canada (2015).

[3] International Sooting Flame (ISF) Workshop : <http://www.adelaide.edu.au/cet/isfworkshop/>

[4] K.-H. Tran, S. Coudert, P. Desgroux, A. Cessou, B. Lecordier, S. Grout, J.-M. Foucault, M. Stanislas, Combined measurements of velocity and soot volume fraction field in a turbulent jet flame, in : European Combustion Meeting, Lund, 2013.

[5] S.Y. Lee, S.R. Turns, R.J. Santoro, Combust. Flame 156 (12) (2009), 2264-2275.

[6] B. Franzelli, P. Scouflaire, S. Candel, Proc. Combust. Inst. , 35 (2) (2015) 1921-1929.

[7] B. Cetegen, S. Basu, Combust. Flame 146 (4) (2006) 687 – 697.

[8] G. Okyay, Y. Joumani, C. Bertail, F. Enguehard, Eurotherm 103 (2014).