

Utilisation de luminophores pour la mesure de transferts thermiques

A. Degenève^{1,2}, P. Jourdain², C. Mirat¹, J. Caudal², R. Vicquelin¹, T. Schuller^{1,3}

¹ Laboratoire EM2C, CNRS, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, 3, rue Joliot Curie, 91192 Gif-sur-Yvette cedex, France.

² Air Liquide, Centre de recherche Paris Saclay, Chemin de la Porte des Loges, B.P. 126, 78354 Les Loges en Josas, France

³Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT), Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, Toulouse, France

Email auteur correspondant : arthur.degeneve@centralesupelec.fr

La mesure optique de température par luminophores constitue aujourd'hui un diagnostic précis pour mesurer les températures de surface [1]. Dans le domaine de la combustion, l'utilisation de ces "thermographic phosphor" a permis de mieux connaître les températures de parois à imposer comme conditions aux limites dans le cadre des simulations numériques aux grandes échelles [2]. Elle permet également de mettre en évidence le rôle des pertes thermiques aux parois, par exemple sur les mécanismes de stabilisation de flammes swirlées [3]. L'objectif de cette étude est de déterminer et de caractériser les flux à travers les parois solides de la chambre de combustion OXYTEC [4] à l'aide de mesures de thermométries par luminophore

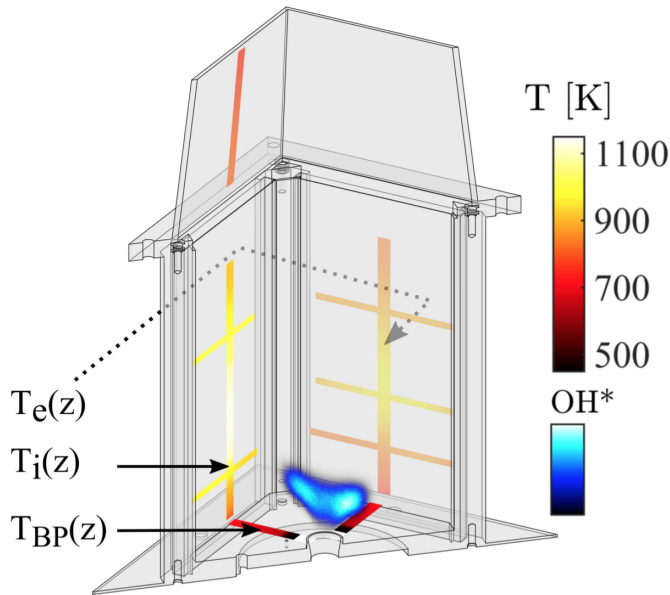


Figure 1: Vue en coupe de la chambre de combustion avec la distribution des températures mesurées aux parois. Le signal de chemiluminescence est superposé pour comparer la stabilisation de la flamme par rapport aux profils de température le long des parois. Les températures interne (T_i) et externe (T_e) des hublots en quartz et la température du fond de chambre (T_{BP}) sont représentées.

Les températures des parois ont été mesurées sur l'ensemble de la chambre OXYTEC à l'aide d'un luminophore de type $Mg_{3,5}FGeO_5 : Mn$ selon la méthode décrite par Degenève et al [6] lorsqu'une flamme prémélangée swirlée méthane/air est stabilisée aérodynamiquement dans la chambre. Les mesures de températures ont été réalisées sur les faces intérieures T_i et extérieures T_e des hublots en silice fondue avec une précision de l'ordre de 10 K. Le flux conductif ϕ^{cd} a été calculé à partir de ces mesures selon la relation :

$$\phi^{cd}(z) = \frac{1}{e} \int_{T_i(z)}^{T_e(z)} k(T) dT \quad (1)$$

ou $k(T)$ est la conductivité thermique de la silice fondue qui dépend de la température. Une analyse spectrale montre que le rayonnement de la flamme est principalement dû à la présence de CO_2 , qui est absorbé par les hublots. Le flux conductif mesuré à travers ces parois est donc considéré comme le flux total. Une quantification d'incertitude du flux total est également établie. Ces mesures de flux ont permis de réaliser des bilans d'énergie sur la chambre OXYTEC. D'une part, les modes de transferts à travers le quartz sont identifiés aux interfaces entre i) les gaz brûlés et le hublot et ii) le hublot et l'air environnant. D'autre part, l'évaluation des transferts thermiques aux parois permet de dresser un bilan macroscopique des pertes thermiques des gaz brûlés dans la chambre.

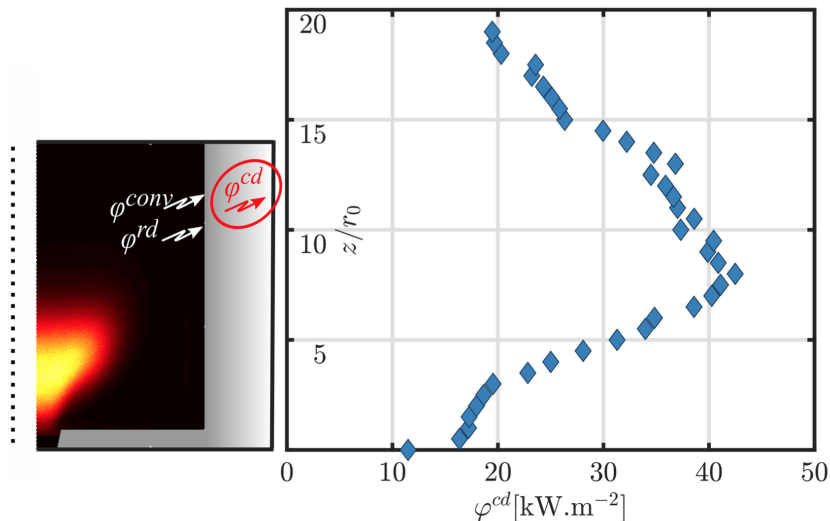


Figure 2: A gauche : signal de chemiluminescence OH^* de la flamme sélectionnée. Droite, mesure des flux conductifs à travers la fenêtre en quartz.

References

- [1] Brubach, J., Pflitsch, C., Dreizler, A., Atakan, B. (2013). On surface temperature measurements with thermographic phosphors : a review. *Progress in Energy and Combustion Science*, 39(1), 37-60.
- [2] Mercier, R., Guiberti, T. F., Chatelier, A., Durox, D., Gicquel, O., Darabiha, N., Fiorina, B. (2016). Experimental and numerical investigation of the influence of thermal boundary conditions on premixed swirling flame stabilization. *Combustion and Flame*, 171, 42-58.
- [3] Guiberti, T. F., Durox, D., Zimmer, L., Schuller, T. (2015). Analysis of topology transitions of swirl flames interacting with the combustor side wall. *Combustion and Flame*, 162(11), 4342-4357.
- [4] Jourdain, P., Mirat, C., Caudal, J., Lo, A., Schuller, T. (2017). A comparison between the stabilization of premixed swirling CO_2 -diluted methane oxy-flames and methane/air flames. *Fuel*, 201, 156-164.
- [5] Abram, C., Fond, B., Beyrau, F. (2017). Temperature measurement techniques for gas and liquid flows using thermographic phosphor tracer particles. *Progress in Energy and Combustion Science*.
- [6] Degeneve A., Jourdain, P., Mirat, C., Caudal, J., Vicquelin, R., Schuller, T. (2018). Optimisation de la mesure de température par thermographie de luminophore appliquée à la combustion. CFTL 2018, Dourdan, 17 – 21 septembre 2018.