

Optimisation de la mesure de température de paroi par thermographie de luminophore

Porteur : Manuel KÜHNI

Laboratoire : CETHIL (Centre d'Énergétique et de Thermique de Lyon)

Partenaires : Cédric Galizzi

Nature du financement demandé : Stage de M2

Montant de la demande de financement : 3600 € (600 euros*6 mois)

Résumé : (200 mots)

La mesure de température de parois dans les foyers de combustion est un enjeu majeur à la fois pour étudier l'impact de l'environnement thermique sur l'état de la combustion et pour confronter les expériences aux simulations numériques pour lesquelles on a besoin de fixer des conditions aux limites. Des mesures précises sont aujourd'hui possibles grâce aux récents développements de diagnostics laser utilisant des matériaux luminophores. Ces matériaux sont stimulés par un signal lumineux monochromatique incident dans le visible ou l'UV et émettent en retour un signal de luminescence dont le temps caractéristique de décroissance τ dépend de la température de la surface du matériau. De nombreux luminophores sont disponibles pour mesurer différentes gammes de température. La température est alors déduite d'une courbe d'étalonnage à l'aide du temps τ mesuré. Cette mesure indirecte de la température, appelée "phosphor thermometry" ou "Laser Induced Phosphorescence", nécessite un calibrage précis sur toute la gamme de températures étudiée. Afin d'adapter la technique aux gammes de température rencontrées et d'optimiser la précision de la mesure il est nécessaire de travailler et d'améliorer la chaîne de détection, d'acquisition, le traitement du signal de luminescence et la calibration.

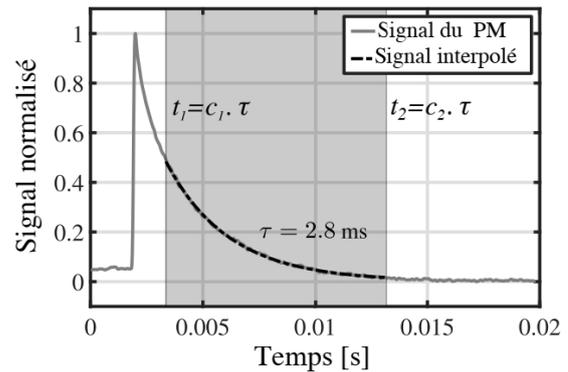
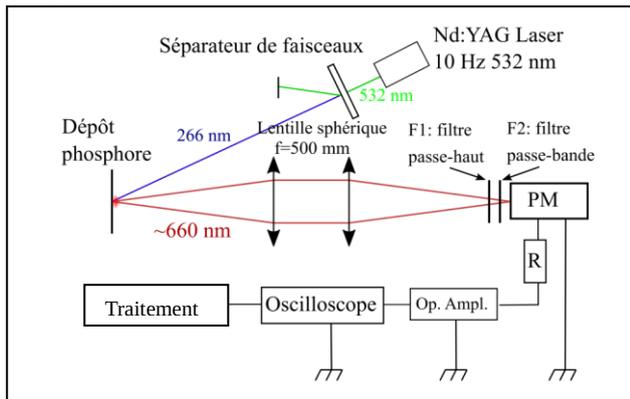
Sujet développé :

L'Accord de Paris de 2015 a défini une politique visant à prendre des mesures urgentes pour lutter contre le changement climatique et ses impacts [1,2], de sorte que tous les secteurs industriels dépendant des combustibles fossiles doivent décarboner leurs usages. Outre ces préoccupations environnementales, la crise énergétique actuelle souligne également la nécessité de sécuriser le secteur de l'énergie en réduisant notre dépendance à l'égard des combustibles fossiles. La mise en place d'une économie de l'hydrogène est considérée comme une option clé pour garantir l'accès d'une énergie abordable, fiable et durable.

Néanmoins, des défis technologiques dans l'utilisation de l'hydrogène en tant que vecteur d'énergie sont à relever. En effet, du fait de sa densité énergétique spécifique élevée, la combustion de l'hydrogène soumet les parois des systèmes de combustion, à des températures élevées (~2000 K) et des environnements réactif oxydants/corrosifs sévères. Ainsi, pour accélérer la généralisation des futures technologies de combustion propres et efficaces, il est nécessaire d'acquérir une compréhension détaillée des processus physiques intervenant dans l'interaction entre flamme et paroi. La nature propre de la paroi, provoque en fonction de ses caractéristiques (nature, état de surface, structuration), l'apparition d'un grand nombre d'effets qui impactent l'environnement proche de la flamme, modifiant en retour le processus de combustion qui plus est dans le cas de l'utilisation de l'hydrogène.

Ces données sont donc cruciales à la fois pour permettre une meilleure compréhension des interactions entre les flammes et les matériaux, mais aussi pour confronter les expériences aux simulations numériques dans lesquelles des conditions aux limites doivent être fixées ou calculées.

Des mesures expérimentales précises sont aujourd'hui possibles grâce aux récents développements de diagnostics laser utilisant des matériaux luminophores. Ces matériaux sont stimulés par un signal lumineux monochromatique incident dans le visible ou l'UV, produit par un laser, et émettent en retour un signal de luminescence dont le temps caractéristique de décroissance τ dépend de la température de surface du matériau. De nombreux luminophores sont disponibles pour mesurer différentes gammes de température. La température est alors déduite d'une courbe d'étalonnage à l'aide du temps τ mesuré. Cette mesure indirecte de la température, appelée LIP (Laser Induced Phosphorescence) [3-5] ou "phosphor thermometry", nécessite un calibrage précis sur toute la gamme de températures étudiée.



L'objectif général du stage proposé portera sur l'étude expérimentale de la mesure de température par Phosphorescence Induite par Laser ou LIP. Ce projet de stage aura donc pour but de déterminer précisément le comportement à la température de matériaux phosphorescents afin d'obtenir une base de données permettant l'utilisation de cette technique dans des milieux réactifs (zone de combustion). Le stagiaire sera chargé de planifier, de mettre en place et de réaliser des campagnes de mesures afin d'améliorer la phase d'étalonnage de la technique LIP, la chaîne de détection et d'acquisition permettant d'étendre la gamme de mesure et la précision de la mesure de température par phosphorescence. Il effectuera également le post-traitement des données de phosphorescence et leur mise en forme.

Lieu du stage : Le stage se déroulera au CETHIL, Bâtiment Sadi Carnot le campus de la Doua.

- [1] "State of the global climate 2021," WMO-No 1290, World Meteorological Organization, 2022.
- [2] "Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability," Working group II, 6th assessment report, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022.
- [3] S. Petit et al., "Experimental Investigation of Flame-Film Cooling Interactions with an Academic Test Rig and Optical Laser Diagnostics," J. Turbomach., vol. 145(4), p. 041007, 2023.
- [4] P. Nau, Z. Yin, K. P. Geigle, W. Meier Wall temperature measurements at elevated pressures and high temperatures in sooting flames in a gas turbine model combustor, Appl. Phys. B 123 279, 2017
- [5] Fan, L., Vena, P., Savard, B. et al. Experimental and numerical investigation on the accuracy of phosphor particle streak velocimetry. Exp Fluids 63, 165, 2022