

Stage de Master EFEMO
2019-2020, durée 5 mois

Sujet : Développement de nouvelles méthodes de traitement de spectres de Diffusion Raman Spontanée pour la mesure instantanée et simultanée de température et concentrations d'espèces dans les écoulements réactifs

Encadrant(s) : Bertrand Lecordier et Armelle Cessou

Collaboration : David Honoré et Corine Lacour

Mots clés (4) : Diagnostics laser en combustion, Diffusion Raman Spontanée, thermométrie, mesures de concentrations

Objectifs : (mini 20 lignes, maxi 40 lignes)

Les écoulements réactifs constituent des milieux particulièrement hostiles aux instruments de mesures conventionnels. Au cours de ces dernières décennies, les techniques de diagnostic optique se sont imposées comme un moyen efficace et unique pour les mesures in-situ des phénomènes multi-physiques dans ces milieux (vitesse, température, concentration...). Parmi ces approches optiques, la diffusion Raman spontanée est l'une des seules à pouvoir fournir simultanément des mesures quantitatives de température et de concentrations des espèces majoritaires avec des résolutions spatiales adaptées à la description des écoulements réactifs turbulents. Développée au laboratoire depuis plus de 10 ans, elle a montré ses potentiels pour des mesures instantanées de température et de concentration d'espèces dans de nombreuses configurations (flamme, plasma, écoulement chauffé...). Pour les mesures de température et de concentration, la méthode développée au CORIA consiste à simuler les spectres expérimentaux à l'aide de spectres synthétiques. Cette stratégie de post-traitement permet les mesures quantitatives de température et de concentration dans les cas des écoulements réactifs sans étalonnage préalable indispensable aux autres approches. Jusqu'à présent, les stratégies des calculs des spectres synthétiques sont adaptées « manuellement » par le chercheur en fonction de la connaissance préalable de la présence ou non de certaines espèces dans le milieu (ex : N₂, CH₄, O₂, CO₂, H₂, C₂...), ces stratégies devant être ajustées dans certains cas en fonction de la position considérée dans l'écoulement.

Le but de ce stage sera d'une part de proposer et développer une approche automatique de la sélection des espèces à sonder en fonction d'une analyse préalable du spectre de diffusion Raman collecté. Cela conduira ainsi à optimiser dynamiquement et localement la mesure de température et de concentration des espèces. D'autre part, la prise en compte de plusieurs espèces simultanément pour la mesure de température sera développée. Cela devrait conduire à une amélioration significative de la précision de la mesure de température en prenant en compte toutes les espèces potentielles dans son estimation. Cette nouvelle approche sera comparée à celle actuellement basée principalement sur la mesure de température faite à partir d'une seule espèce sélectionnée en fonction de la connaissance du milieu à sonder (ex : N₂, CH₄, CO₂...). Afin de valider les développements, au cours du stage, les bases de données enregistrées ces dernières années au laboratoire dans des milieux divers (flamme laminaire et turbulente, jet Air/CO₂ chauffé, étincelle...) seront analysées à nouveau et les résultats seront comparés à ceux obtenus par les approches précédentes en termes de précision et mesure.

Résultats attendus pour la rédaction du rapport de stage :

- Comparaison de nouvelles approches pour la mesure de température et concentrations d'espèces par ajustement de spectres synthétiques de SRS

- Mesure de température multi-espèces par diffusion Raman
- Développement de méthodologies dynamiques de traitement de spectres expérimentaux de SRS adaptées aux flammes et à la variation locale des espèces majoritaires.

Moyens utilisés :

Le CORIA a développé son propre programme d'analyse de spectres de SRS basé sur l'ajustement de spectres synthétiques.

Les comparaisons et analyses réalisées dans ce stage de Master seront effectuées en utilisant la large base de données expérimentales de spectres de Diffusion Raman Spontanée disponibles au sein de l'équipe : mélanges non réactifs à différentes températures, flammes laminaires prémélangées, flammes turbulentes...

Travaux Développés sur le sujet au laboratoire (Master, Thèse, ...)

Ces travaux font suite à la thèse de Florestan Guichard (soutenue fin 2018) et à la récente collaboration avec le SINTEF (Norvège) sur le développement de la SRS.

Références bibliographiques de l'équipe en rapport avec le sujet :

F. Guichard, N. Valdez, P. Boubert, D. Honoré, C. Lacour, B. Lecordier, A. Cessou. Multi-scalar and velocity measurements in a turbulent Bluff-Body flame using spectral fitting of spontaneous Raman scattering and PIV. 9th European Combustion Meeting - Lisbon, Portugal - April 2019

F. Guichard, P. Boubert, D. Honoré, A. Cessou. CO₂ Spontaneous Raman Scattering: an alternative thermometry for turbulent reactive flows. 19th International Symposium on the Application of Laser and Imaging Techniques to Fluid Mechanics. Lisbon (Portugal) – July 2018

F. Guichard, H. Ajrouche, P. Boubert, D. Honoré, A. Cessou. 1D single-shot multi-scalar measurements for turbulent flames: CO₂ spontaneous Raman scattering. 8th European Combustion Meeting - Dubrovnik, Croatia - April 2017

H. Ajrouche, A. Lo, P. Vervisch, A. Cessou. Assessment of a fast electro-optical shutter for 1D spontaneous Raman scattering in flames. Measurement Science and Technology, 26-7, 2015

Références bibliographiques :

P. Kutne, B. K. Kapadia, W. Meier et M. Aigner, «Experimental analysis of the combustion behaviour of oxyfuel flames in a gas turbine model combustor,» Proceedings of the Combustion Institute 33, 3383–3390, 2011.

G. Magnotti, D. Geyer et R. Barlow, «Interference free spontaneous Raman spectroscopy for measurements in rich hydrocarbon flames,» Proceedings of the Combustion Institute 35, 3765–3772, 2014.

A. V. Sepman, V. V. Toro, A. V. Mokhov et H. B. Levinsky, «Determination of temperature and concentration of main components in flames by fitting measured Raman spectra,» Appl. Phys. B, 2013.

F. Fuest, R. S. Barlow, D. Geyer, F. Seffrin et A. Dreizler, «A hybrid method for data evaluation in 1D Raman spectroscopy,» Proceedings of the Combustion Institute 33, 815-822, 2011

G. Magnotti et R. Barlow, «Dual-resolution Raman spectroscopy for measurements of temperature and twelve species in hydrocarbon/air flames,» Proceedings of the Combustion Institute, vol. 36, n°13, pp. 4477-4485, 2017.