

Titre de la thèse/Thesis title :

Thermométrie 2D dans des gaz de combustion par méthodes spectroscopiques : Inversion de l'ETR¹ sur CO₂ et/ou sur H₂O et diffusion Raman sur H₂.

2D thermometry in combustion gases by spectroscopic methods: Inversion of RTE¹ on CO₂ and/or on H₂O and Raman scattering on H₂.

Laboratoire d'accueil / Host Laboratory :

Institut Femto-st – Département Énergie/ Femto-st institute – Energy Department

Spécialité du doctorat préparé/Speciality :

Sciences pour l'ingénieur / Engineering sciences

Mots-clefs / Keywords :

Thermométrie ; Spectroscopie ; Méthodes inverses ; Diffusion Raman

Thermometry ; Spectroscopy ; Inverse methods ; Raman scattering

Descriptif détaillé de la thèse / Job description

Introduction / contexte :

De nombreuses applications industrielles des domaines des procédés de production ou des transports utilisent des systèmes de combustion impliquant des flammes. La connaissance des paramètres thermodynamiques (dont les distributions de température et de concentrations d'espèces) est très importante pour la maîtrise ou l'optimisation du fonctionnement de tels systèmes. Cependant, les méthodes de mesures actuelles de ces paramètres sont encore peu abouties, intrusives et ponctuelles du fait de la sévérité du milieu à explorer.

La thèse proposée s'inscrit dans la continuité de travaux^[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] menés au sein de l'équipe Thermie du département Énergie de l'Institut FEMTO-ST et/ou en collaboration avec d'autres laboratoires (ONERA, LEME, LERMPS) et des industriels (DGA, CEA, Faurecia, Sogefi, Total, IFPEN, Environnement SA).

Les travaux antérieurs de l'équipe ont déjà permis d'obtenir des profils 1D de température et de concentrations d'espèces dans des gaz de combustion. L'équipe a développé et dispose d'un banc expérimental (fonctionnel dans le cadre du plateau technique FluidiX) et de divers outils de traitement des données qui incluent un code d'inversion de l'ETR.

Travaux envisagés / Déroulement de la thèse :

Les travaux de la thèse devront permettre de perfectionner les méthodes et les outils développés au laboratoire pour aboutir à des mesures instantanées de champs 2D de température et de concentrations de diverses applications.

Le doctorant recruté devra s'approprier les travaux déjà réalisés au laboratoire concernant les moyens expérimentaux et les outils de traitement. Il devra dans le même temps mettre à jour une bibliographie sur les méthodes et données spectroscopiques et sur les techniques de traitement par méthodes inverses.

Ensuite, une partie théorique de la thèse consistera à déterminer des conditions de couplage en vue d'obtenir des champs 2D.

Dans une première phase de validation, l'expérience (combustion, écoulement, chaîne de mesure optique) sera entièrement simulée. Les outils de traitement actuellement disponibles ainsi que leurs futures versions pourront être évalués dans des conditions optimales. Cette étape visera à définir les performances des outils de métrologie.

Une deuxième phase consistera à tester la méthode au moyen d'un banc expérimental dont une première version est déjà disponible au sein de l'équipe d'accueil.

La méthode retenue pourra ensuite éventuellement être testée chez des partenaires pour connaître

1 ETR : Équation de transfert radiatif / RTE: Radiative transfer equation

sa robustesse en milieu industriel. Deux étapes seront nécessaires :

- simulation de l'expérience à partir de données fournies par les partenaires,
- adaptation et implantation du banc expérimental au sein de processus industriels.

Introduction / background:

Many industrial applications in the fields of production processes or transport use combustion systems involving flames. Knowledge of thermodynamic parameters (including temperature and species concentration distributions) is very important for controlling or optimizing the operation of such systems. However, current measurement methods for these parameters are still incomplete, intrusive and ad hoc due to the severity of the environment to be explored.

The proposed thesis is a continuation of work^[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] carried out within the team Thermie of the Department Energy of FEMTO-ST Institute and/or in collaboration with other laboratories (ONERA, LEME, LERMPS) and industrial companies (DGA, CEA, Faurecia, Sogefi, Total, IFPEN, Environnement SA).

The team's previous work has already made it possible to obtain 1D profiles of temperature and species concentrations in combustion gases. The team has developed and has an experimental bench (functional as part of the FluidiX technical platform) and various data processing tools that include an RTE inversion code.

Work envisaged / Progress of the thesis:

The thesis should make it possible to perfect the methods and tools developed in the laboratory to achieve instantaneous measurements of 2D fields of temperature and concentrations of various applications.

The recruited doctoral student will have to appropriate the work already carried out in the laboratory concerning the experimental means and the processing tools. At the same time, he will have to update a bibliography on spectroscopic methods and data and on processing techniques using inverse methods.

Then, a theoretical part of the thesis will consist in determining coupling conditions in order to obtain 2D fields.

In a first validation phase, the experiment (combustion, flow, optical measurement chain) will be fully simulated. The processing tools currently available as well as their future versions can be evaluated under optimal conditions. This step will aim to define the performance of the metrology tools.

A second phase will consist of testing the method using an experimental bench, a first version of which is already available within the host team.

The chosen method could then possibly be tested with partners to determine its robustness in an industrial environment. Two steps will be required:

- simulation of the experiment using data provided by the partners,
- adaptation and implementation of the experimental bench within industrial processes.

Références bibliographiques / Bibliography

[1] Ramel, D. (2008). *Détermination optique de la température d'un volume de produits de détonation*. PhD thesis, Université Paris 10.

[2] Conseil, R. (2011). *Spectrométrie Infrarouge de gaz de combustion : application à la détermination de profils de température par inversion de l'équation du transfert radiatif*. PhD thesis, Université de Franche-Comté.

[3] Huang, X. (2012). *Détermination simultanée des champs de granulométrie et de vitesse de particules dans des écoulements par analyse de la lumière diffusée*. PhD thesis, Université de Franche-Comté

[4] Lebedinsky, J. (2013). *Détermination des champs de température et de concentration par spectroscopie dans une combustion*. PhD thesis, Université Paris 10.

[5] Offret, J. P. (2015). *Détermination des champs de température et de concentration dans un jet gazeux par mesures couplées LIDAR et spectrométriques*. PhD thesis, Université Paris 10.

[6] Milanovic, M. (2020). *Contribution à l'étude de la réaction sodium-eau: application à la télédétection de l'hydrogène*. PhD thesis, Université de Nanterre-Paris X.

[7] David, L. (2019). *Sodium-water reaction: a heterogeneous runaway process*. PhD Thesis, Aix-Marseille Université.

Profil demandé / Applicant profile

Le candidat/la candidate doit avoir une solide formation en physique générale, présenter des aptitudes en programmation et être attiré par l'expérimentation.

The candidate must have a solid background in general physics, have programming skills and be attracted to experimentation.

Preferred selection criteria:

- Academic level
- Master (or equivalent) in instrumentation, applied physics or optics

Personal characteristics:

- Rigor
- Ability to show initiative and autonomy
- Instrumentation and computer programming
- Commitment to write scientific publications
- Geographically mobile (mainly France for test campaign)

Financement : MESRI Etablissement

Dossier à envoyer pour le 15 mai 2022

Début du contrat : 1^{er} Octobre 2022

Salaire mensuel brut : 1975€

Direction de la thèse:/ Thesis Supervisor

BAILLY Yannick / yannick.bailly@univ-fcomte.fr

Encadrement de la thèse : co-directeur(s) et co-encadrant(s)

BONNET Dimitri (co-encadrant) / dimitri.bonnet@univ-fcomte.fr

RAMEL David (co-encadrant) / david.ramel@univ-fcomte.fr

Applicants are invited to submit their application to the PhD supervisors.

Application must contain the following documents:

- CV
- Cover letter
- At least 1 reference letter