



PHD Thesis: Modeling of soot production and radiative heat transfer in large eddy simulation (LES) of non-premixed flames with a Lattice Boltzmann Method (LBM)

Supervision: Jean-Louis Consalvi¹ & Pierre Boivin²

¹ Aix-Marseille Université, IUSTI/UMR CNRS 7343, 5 rue E. Fermi, 13453 Marseille Cedex 13, France

² Aix Marseille Univ, CNRS, IUSTI, Marseille, France

ENGLISH VERSION

Description of the PhD Thesis

This research project will be funded by ANR RAGNAROC whose final aim is to retrieve the temperature and concentrations of major radiating combustion products, i.e. carbon dioxide, water vapor, carbon monoxide and soot, by inverse method from hyperspectral radiative measurements. The direct application of this research is to improve the control of combustion processes in furnaces such as those used by Saint Gobain, the industrial partner of the project. One of the major task of the project is to develop a numerical model based on the LES and LBM [1] to provide high-fidelity simulations of sooting turbulent non-premixed flames representative of targeted applications. This is the objective of the thesis that will be co-supervised by Jean-Louis Consalvi and Pierre Boivin from Aix-Marseille University.

The main fundamental challenge will be to develop subgrid-scale models to capture the interaction between chemistry, soot production, radiation and turbulence [2, 3]. After a bibliographic survey and a theoretical analysis to develop these models, the candidate will take charge of the LBM code developed at the lab M2P2 for the simulation of reactive flows and will start to implement the models. The first target flames for validation will be the laboratory-scale flames selected by the International Soot Formation Workshop (ISF workshop) [4].

Candidate profile

The desired candidate must have a scientific background with a level of BAC +5 (Master's, Engineering, etc.), with strong skills in fluid mechanics, heat transfer, and numerical simulation. The candidate will evolve in a research laboratory environment, and will have to demonstrate autonomy, pragmatism and be a force for proposal.

The skills and qualities required are:

- Multidisciplinary technical knowledge (combustion, thermodynamics, fluid mechanics, mechanics, computer science, mathematics).
- A strong analytical mind
- An ability to summarize and write in French and English
- Listening skills
- Scientific curiosity
- Autonomy
- A level of English that allows for the writing of scientific publications and the presentation of results in conferences is required for this thesis offer.
- **Contact and candidature:** Jean-Louis Consalvi (jean-louis.consalvi@univ-amu.fr), Pierre Boivin (pierre.BOIVIN@univ-amu.fr).

FRENCH VERSION

Ce projet de recherche sera financé par l'ANR RAGNAROC dont l'objectif final est de retrouver la température et les concentrations des principaux produits de combustion radiatifs, à savoir le dioxyde de carbone, la vapeur d'eau, le monoxyde de carbone et la suie, par méthode inverse à partir de mesures radiatives hyperspectrales. L'application directe de ces recherches est d'améliorer le contrôle des processus de combustion dans des fours tels que ceux utilisés par Saint Gobain, partenaire industriel du projet. L'une des tâches majeures du projet est de développer un modèle numérique basé sur la LES et les méthodes de Boltmann sur réseau (LBM) [1] pour fournir des simulations haute fidélité de flammes turbulentes non pré-mélangées chargées en suie et représentatives des applications ciblées. C'est l'objectif de la thèse qui sera co-encadrée par Jean-Louis Consalvi et Pierre Boivin d'Aix-Marseille Université.

Le principal défi fondamental sera de développer des modèles de sous-maille pour capturer les interactions entre la chimie, la production de suie, le rayonnement et la turbulence [2, 3]. Après une étude bibliographique et une analyse théorique pour développer ces modèles, le candidat prendra en charge le code LBM développé au labo M2P2 pour la simulation d'écoulements réactifs et commencera à implémenter les modèles. Les

premières flammes cibles pour la validation seront les flammes à l'échelle du laboratoire sélectionnées par l'International Soot Formation Workshop (ISF workshop) [4].

Profil du candidat

Le candidat recherché doit avoir une formation scientifique de niveau BAC + 5 (Master, Ingénieur, ...), avec de fortes compétences en mécanique des fluides, transferts thermiques et simulation numérique. Le candidat évoluera dans un environnement de recherche, et devra faire preuve d'autonomie, de pragmatisme et être force de proposition.

Les compétences et qualités requises sont :

- Connaissances techniques pluridisciplinaires (combustion, thermodynamique, mécanique des fluides, mécanique, informatique, mathématiques).
- Un fort esprit d'analyse
- Une capacité de synthèse et de rédaction en français et en anglais
- Capacité d'écoute
- Curiosité scientifique
- Autonomie
- Un niveau d'anglais permettant la rédaction de publications scientifiques et la présentation de résultats dans des congrès est requis pour cette offre de thèse.
- **Contact et candidature** : Jean-Louis Consalvi (jean-louis.consalvi@univ-amu.fr), Pierre Boivin (pierre.BOIVIN@univ-amu.fr).

References

- [1] S. A. Hosseini, P. Boivin, D. Thévenin, I. Karlin, Lattice boltzmann methods for combustion applications, *Progress in Energy and Combustion Science* 102 (2024) 101140.
- [2] F. Liu, J. Conalvi, P. J. Coelho, F. André, M. Gue, V. Solovjov, B. W. Webb, The impact of radiative heat transfer in combustion processes and its modeling – with a focus on turbulent flames, *Fuel* 281 (2020) 118555.
- [3] F. Liu, J. Conalvi, F. Nmira, The importance of accurately modelling soot and radiation coupling in laminar and laboratory-scale turbulent diffusion flames, *Combust. Flame* 258 (2022) 112573.
- [4] *International Sooting Flame (ISF) Workshop, 2018*, <https://www.adelaide.edu.au/cet/isfworkshop>.