

Titre en français : Modélisation des incendies par des méthodes de méthode de Boltzmann sur réseau

Titre en anglais : Modelling fire-related problems with Lattice Boltzmann Methods

Nom du directeur de thèse : Jean-Louis Consalvi & Pierre Boivin

Tel :

E-Mail : jean-louis.consalvi@univ-amu.fr & pierre.boivin@univ-amu.fr

Laboratoire : IUSTI/M2P2

Financement : demandé

Type de financement : Bourse ministère

Résumé en français :

Au cours des deux dernières décennies, le rôle de la CFD dans l'ingénierie de la protection contre les incendies n'a cessé de s'accroître avec le développement de simulateurs basés sur la simulation à grande échelle. Ces simulateurs doivent modéliser les processus physiques complexes fortement couplés impliqués dans les problèmes d'incendie, à savoir la pyrolyse en phase condensée, les écoulements contrôlés par la flottabilité, la turbulence induite par la flottabilité, la combustion turbulente, le rayonnement thermique et la génération de suie [1]. Leur objectif est, d'une part, d'aider à la conception d'installations industrielles ou civiles plus sûres et, d'autre part, d'améliorer les connaissances en physique du feu. Un défi pour de tels outils numériques est de fournir des prédictions de haute-fidélité avec des temps de simulation compatibles avec les applications « d'ingénierie ».

Les méthodes de type Boltzmann sur réseau (LBM) sont un outil puissant pour la simulation de la dynamique des fluides [2]. En raison de son coût de calcul attractif [3], de ses capacités de calcul massivement parallèle et de la facilité à traiter des géométries complexes à l'aide de grilles cartésiennes multi-niveaux, ces méthodes ont suscité un intérêt croissant tant dans les sphères académiques qu'industrielles au cours de la dernière décennie [4].

L'objectif de cette thèse de doctorat est de développer un modèle de feu basé sur les méthodes de Boltzmann sur réseau et les simulations aux grandes échelles. L'accent sera mis, d'une part, sur le développement de la méthode LBM et, d'autre part, sur le développement et la mise en œuvre de sous-modèles physiques à l'état de l'art pour la combustion turbulente, le rayonnement thermique et production de suie. Le modèle sera validé par comparaison avec les données expérimentales disponibles de la littérature (voir [1] par exemple), incluant feux de nappe non-suiteux et suiteux et d'autres configurations liées au feu.

Résumé en anglais :

Over the last two decades, the role of CFD in fire protection engineering has continuously been enhanced with the development of large-eddy simulation-based fire simulators. These simulators have

to handle the complex coupled physical processes involved in fire problems, namely, condensed-phase pyrolysis, buoyancy-controlled flows, buoyancy-induced turbulence, turbulent combustion, thermal radiation, and soot generation [1]. Their objective is, on the one hand, to help in the design of safer industrial or civil installations and, on the other hand, to improve the knowledge in the physics of fire. A challenge for such numerical tools is to provide high-fidelity predictions with simulation times compatible with “engineering” applications.

Lattice Boltzmann Methods (LBM) are a powerful tool for the simulation of fluid dynamics [2]. Due to its attractive computational cost [3], its capacities for massively parallel computing and the ease to deal with complex geometries using multi-level Cartesian grids, these methods have attracted growing interest both in the academic and industrial spheres in the past decade [4].

The objective of this PhD thesis is to develop a low-Mach Lattice-Boltzmann Large-Eddy Simulation-based fire model. The focus will be put, on the one hand, to the development of the LBM method and, on the other hand, to the development and implementation of the state-of-the-art physical sub-models for turbulent combustion, thermal radiation and soot production. The model will be validated by comparison with available experimental data of the literature (see [1] for example), including non-sooting and sooting pool fires and other fire-related configurations.

Profil du candidat recherché : The candidate will have to possess a strong background in fluid dynamics, computational fluid dynamics and heat transfer. Knowledge in combustion would be appreciated.

Publications sur le sujet :

[1] A. Brown, M. Bruns, M. Gollner, J. Hewson, G. Maragkos, A. Marshall, R. McDermott, B. Merci, T. Rogaume, S. Stoliarov, J. Torero, A. Trouvé, Y. Wang, E. Weckman, Proceedings of the first workshop organized by the iafss working group on measurement and computation of fire phenomena (macfp), Fire Safety J. 101 (2018) 1–7.

[2] S. Chen, G. D. Doolen, Lattice boltzmann method for fluid flows, Annual review of fluid mechanics 30 (1) (1998) 329–364.

[3] P. Boivin, M. Tayyab, S. Zhao, Benchmarking a lattice-boltzmann solver for reactive flows: Is the method worth the effort for combustion?, Physics of Fluids 33 (2021) 017703.

[4] T. Krüger, H. Kusumaatmaja, A. Kuzmin, O. Shardt, G. Silva, E. M. Viggien, The Lattice Boltzmann Method: Principles and Practice, Springer, 2016.

[5] F. Nmira, J.L. Consalvi, Local contributions of resolved and subgrid turbulence-radiation interaction in LES/presumed FDF modelling of large-scale methanol pool fires, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, [Volume 190](#), 2022, 122746

[6] L. Ma, F. Nmira, J.L. Consalvi, Modelling extinction/re-ignition processes in fire plumes under oxygen-diluted conditions using flamelet tabulation approaches, *Combustion Theory and Modelling*, 2022, 10.1080/13647830.2022.2036373.

[7] F. Nmira, L. Ma, J.L. Consalvi, Influence of gas radiative property models on Large Eddy Simulation of 1 m methanol pool fires, *Combustion and Flame*, Vol. 221, pp. 352-363, 2020.

[8] F. Nmira, L. Ma, J.L. Consalvi, Assessment of subfilter-scale turbulence radiation interaction in non-luminous pool fires, *Proceedings of the Combustion Institute*, vol. 38, pp. 4927-4934, 2021

Insertion professionnelle après thèse : publique et/ou privée

At the end of the thesis the candidate could applied to both academic or industrial research positions.