



Campagne de recrutement sur contrats doctoraux 2018
Institut P'

***MECANISMES DE PROPAGATION DE FRONTS REACTIFS EN ECOULEMENT
TURBULENT***

Institut/Département : FTC

Equipe : Combustion Turbulente

Directeur(s) de thèse : Vincent Robin

Co-encadrant(s) : Zakaria Bouali

Contact pour information : vincent.robin@ensma.fr

Salaires net mensuel : 1768€ brut / mois, CDD 3ans (*à modifier si co-financement*)

Mot-clés: Simulations Numériques Directes, Flamme turbulente, Propagation de fronts, Accélération de flamme

Contexte.

Dans les domaines aéronautique ou spatial comme dans le domaine de la sécurité des installations industrielles, les flammes se propagent toujours dans des écoulements turbulents hétérogènes. Le développement des techniques de calcul et de la puissance des ordinateurs de ces dernières décennies, permet d'effectuer des simulations numériques tout à fait réalistes de ces écoulements turbulents rencontrés dans les procédés industriels de combustion (moteurs, turboréacteur, etc.) et ceci malgré une disparité d'échelles caractéristiques très importante, des échelles moléculaires (réactions chimiques) aux échelles caractéristiques du système physique (swirl). Les simulations numériques ont donc pris une place de plus en plus importante dans les recherches fondamentales et appliquées sur les écoulements turbulents réactifs. Bien que ces simulations tiennent compte de phénomènes physiques couplés de natures très différentes (turbulence, diphasique, réactions chimiques, chocs, etc.), certains mécanismes physiques fondamentaux ne sont toujours pas expliqués de manière théorique et les modèles physiques associés ne permettent pas d'obtenir des résultats numériques prédictifs.

Ainsi, l'objectif de ce travail est d'utiliser la puissance des outils de calcul actuels pour effectuer des simulations numériques directes simples, permettant une compréhension fine des mécanismes de propagation des fronts réactifs. Les écoulements simulés ne seront pas nécessairement représentatifs d'écoulement réalistes mais ont pour objectif d'isoler les différents paramètres ayant le plus fort impact sur la propagation et l'accélération des fronts. L'analyse détaillée de l'influence de ces paramètres permettra de proposer une description des mécanismes de propagation complémentaire à la description de la structure des flammes turbulentes récemment proposée dans notre équipe [1]. Cette première étude a en effet mis en évidence qu'une description plus fine du bord d'attaque des flammes turbulentes et du mouvement des « leading points » est nécessaire pour comprendre les mécanismes de propagation en milieu turbulent. La compréhension de ces mécanismes permettra de proposer des modèles décrivant l'accélération des flammes turbulentes.



Programme de l'étude, moyens mis en oeuvre

Dans un premier temps, la personne recrutée devra mettre en place un cas de simulation numérique directe d'un écoulement à turbulence entretenue dans lequel une interface passive (sans couplage avec la masse volumique) se propage. L'objectif de ce premier travail est d'étudier l'impact des propriétés de la turbulence sur le mouvement des « leading points » indépendamment des effets de l'expansion thermique. Dans un second temps, les effets de différentes hétérogénéités du milieu, température, composition seront étudiés de manière analogue.

L'épaisseur des flammes, les effets thermiques et les propriétés de transport et de cinétique détaillés seront pris en compte progressivement pour étudier l'impact de chacun de ces paramètres séparément.

Profil du candidat, prérequis

Le candidat devra être issu d'une formation de master ou d'une école d'ingénieur, avec des connaissances en mécanique des fluides et turbulence, et idéalement en méthodes numériques et combustion. Un goût pour la programmation et l'informatique de manière générale est souhaitable. Le travail se déroulera à l'ENSMA, dans le département Fluide Thermique Combustion de l'institut Pprime.

- [1] K. Q. N. Kha, V. Robin, A. Mura, et M. Champion, « Implications of laminar flame finite thickness on the structure of turbulent premixed flames », *J. Fluid Mech.*, vol. 787, p. 116- 147, janv. 2016.



2018 Doctoral research projects for PhD recruitment
Institut P'

PROPAGATION MECHANISMS OF REACTIVE FRONTS IN TURBULENT FLOW

Institute/Department : FTC

Research team : Turbulent Combustion

Supervisor(s) : Vincent Robin

Co-supervisor(s) : Zakaria Bouali

Contact for information : vincent.robin@ensma.fr

3-year contract: 1768 € raw monthly salary (to be modified if complementary funding)

Key-words: Direct Numerical Simulations, Turbulent flames, Front propagation, Flame accélération

Framework and objectives.

In the context of aeronautical or space propulsion and industrial safety, flames always propagate in heterogeneous turbulent flows. The strong development of computational tools over the past few decades allows to perform realistic numerical simulations of these turbulent flows representative of practical combustion devices (engines, turbojets, rockets, etc.). Numerical simulations are now commonly used for applied and also fundamental researches on turbulent reactive flows. These simulations are able to take into account coupled physical phenomena: turbulence, two-phase flow, chemical reactions, shocks, etc. but some fundamental physical mechanisms are still not understood and theoretical analyses are required to propose accurate physical models.

Thus, the objective of this work is to use high performant computing tools to perform simple direct numerical simulations. The results will lead to a refined analysis of the propagation mechanisms of turbulent reactive fronts. The flows considered will not be representative of realistic conditions but will be imagined to isolate the most important physical parameters that have a significant impact on the front propagation and acceleration. This theoretical analysis will complement the recent description of the structure of turbulent flames [1] proposed in our team. This first study highlights that a refined description of the leading edge of turbulent flames is required to understand the propagation mechanism and the flame acceleration.

Work program and means.

The first case will be the numerical simulation of a passive interface (without coupling with density) propagating in a sustained-turbulent flow. The purpose of this first part is to analyse the motion of the leading points independently of the thermal expansion mechanism. The impact of heterogeneities, expansion, detailed chemistry will be studied afterwards.

Applicant profile, prerequisites.

The candidate must have a master's degree or equivalent, with knowledge in fluid mechanics, turbulence and, if possible, in numerical methods and combustion. Programming and computer science skills will be an additional asset. The work will take place at ENSMA, in the Fluid Thermal Combustion department of the Pprime Institute.

[1] K. Q. N. Kha, V. Robin, A. Mura, et M. Champion, « Implications of laminar flame finite thickness on the structure of turbulent premixed flames », *J. Fluid Mech.*, vol. 787, p. 116- 147, janv. 2016.