Proposition d'étude Post Doctorale à l'Institut PPrime - UPR 3346 CNRS

Simulation Numérique Directe de la Combustion Turbulente Diphasique

1 Contexte

Ce projet entre dans le cadre de la Chaire industrielle sur la Combustion Alternative pour la Propulsion Aérobie CAPA qui a débuté en 2014 à l'Institut PPRIME. Les turbomachines actuellement utilisées en aéronautique fonctionnent selon un cycle thermodynamique de combustion à pression constante dit de Joule-Brayton. Ces turbomachines ont fait et font encore l'objet de nombreux efforts de recherche et développement. Le degré de maturité de ces systèmes est aujourd'hui très élevé. Face aux exigences de respect de l'environnement et de réduction de la consommation, l'industrie aéronautique envisage de mettre en place des systèmes utilisant des modes de combustion en rupture permettant de bénéficier des avantages qu'offrent les cycles thermodynamiques de Humphrey (Combustion à Volume Constant) ou de Fickett-Jacobs (Détonation). Pour atteindre de tels objectifs, il est avant tout impératif de maîtriser les phénomènes physiques impliqués (et leurs interactions) dans de tels modes de combustion. Cela va de la caractérisation du combustible cible dans des conditions nouvelles jusqu'à la modélisation dans des conditions complexes où les effets de compressibilité ne peuvent être négligés et où les temps caractéristiques de la chimie, du transport turbulent peuvent varier de manière importante.

2 Programme de recherche

Dans les chambres de combustion, le carburant est souvent injecté sous forme liquide directement dans la chambre de combustion. Le combustible liquide est alors dispersé sous la forme d'un brouillard de gouttelettes tout en s'évaporant. La présence de cette phase liquide dispersée, son impact direct sur la topologie du champ de richesse et de température et son interaction avec la turbulence et la combustion accentuent les difficultés de modélisation, illustrées par exemple dans [1], et de simulations de ce type d'écoulement, ce qui engendre certaines limitations quant à la prédiction du comportement des systèmes pratiques en question.

L'objectif de ce post-doctorat est double :

- Dans un premier temps, il s'agira d'analyser l'impact des paramètres caractérisant le spray (taille de gouttes, ségrégation de la phase liquide, etc.) sur :

(i) l'initiation des premiers sites d'auto-inflammation (phase d'allumage) en considérant une distribution de température représentative,

(ii) leur évolution et la transition vers une phase de propagation,

(iii) la propagation d'une flamme initiée par un noyau de gaz brûlés,

(iv) les quantités usuellement retenues pour caractériser le taux de réaction chimique en écoulements turbulents réactifs gazeux, i.e. taux de dissipation scalaire, orientation gradient scalaire / gradient de vitesse, densité de surface de flamme, taux d'étirement, courbure, etc.

Différentes granulométrie pourront être envisagées et une attention particulière sera accordée aux effets induits par les plus petites gouttelettes de combustibles et en particulier à leur capacité à entretenir la combustion.

- Dans un second temps, il s'agira d'étudier l'impact de l'ajout des gaz résiduels et le niveau de la turbulence sur les différentes conclusions issues de la première partie de notre analyse (ci-dessus).

Deux cas de figures peuvent se présenter : le premier se caractérise par un temps caractéristique d'évaporation inférieur à celui lié à la cinétique chimique, dans ce cas, l'AI et/ou la propagation de flamme se produisent dans un milieu gazeux stratifié en richesse et en température (par la dispersion et l'évaporation des gouttelettes). A l'inverse, le second cas se caractérise par un temps d'évaporation supérieur au temps chimique, ce qui implique que l'AI et/ou la propagation de flamme s'effectuent dans un écoulement chargé de gouttelettes en évaporation. Dans ce cas, L'apport de la vapeur du combustible pendant le processus réactif peut engendrer des modifications importantes aux niveaux de la structure locale de la flamme ce qui est susceptible de mettre en défaut les modélisations existantes.

L'outil retenu pour réaliser cette étude est le code de simulation numérique directe Asphodèle mis en œuvre au Coria par Réveillon et ses collaborateurs [2], à l'EM2C par Massot et ses collaborateurs [3] et plus récemment au sein de l'Institut Pprime.

La phase gazeuse est résolue par une approche Eulérienne (solveur bas Mach) tandis que la phase liquide dispersée est modélisée à l'aide d'une approche Lagrangienne. L'étude sera réalisée au sein de l'Axe de Recherche Combustion Turbulente de Pprime et suivie par Zakaria Bouali (MdC, ISAE-ENSMA) et Arnaud Mura (Directeur de Recherche, CNRS).

Références

[1] Laurent Gomet, Vincent Robin and Arnaud Mura, Lagrangian modelling of turbulent spray combustion under liquid rocket engine conditions, Acta Astronautica, 2014.
[2] Zakaria Bouali, Cécile Pera and Julien Reveillon, Numerical analysis of the influence of two-phase flow mass and heat transfer on n-heptane autoignition. Combustion and Flame, 2012.
[3] Damien Kah, Frédérique. Laurent, Lucie Freret, Stéphane de Chaisemartin, Rodney O. Fox, Julien Reveillon, Marc Massot, Eulerian quadrature-based moment models for dilute polydisperse evaporating sprays, Flow Turbulence and Combustion, 2010.

3 – Informations pratiques

Profil recherché : Doctorat en Combustion / Mécanique des Fluides.

Compétences : mécanique des fluides, combustion.

Porteur de la Chaire : Marc BELLENOUE

Responsables scientifiques du Post-Doc : Zakaria BOUALI, Arnaud MURA.

Contacts : Zakaria.bouali@ensma.fr, arnaud.mura@ensma.fr, marc.bellenoue@ensma.fr
(merci de mettre toutes les adresses email en copie de vos messages)
Tel : (Z. Bouali : 05.49.49.82.89, A. Mura : 05.49.49.81.80)

Informations diverses :
L'étude post doctorale, d'une année, fait partie intégrante du programme de recherche de la Chaire industrielle CAPA, financée par SAFRAN, MBDA France et l'ANR, se déroulera au sein du département Fluides Thermique Combustion de l'Institut PPRIME, sur le site de l'ENSMA. Le montant de la rémunération est d'environ 2300 € brut/mois soit 1850 € net/mois. Le Post-Doc pourra débuter dès Février 2016.