

Modélisation et simulation des écoulements turbulents diphasiques et réactifs : effet de l'évaporation sur le mélange à petites échelles

Encadrants : Zakaria BOUALI, Arnaud MURA

@ : zakaria.bouali@ensma.fr , arnaud.mura@ensma.fr

Même si la combustion de mélanges réactifs se produit en phase gazeuse, elle n'en reste pas moins considérablement influencée par la phase liquide qui fixe la topologie du champ de richesse et de température dans la chambre de combustion (**Fig. 1**). De ce fait, l'application directe des modèles de combustion monophasique (gazeux) à la description de la combustion en écoulement diphasique s'avère la plupart du temps inappropriée.

Etendre les modèles de combustion monophasique aux écoulements diphasiques passe par une réévaluation, dans un contexte diphasique, d'un ensemble de paramètres utilisés pour les modèles monophasiques. Parmi ceux-ci, une quantité de toute première importance en combustion est le taux de dissipation scalaire qui mesure l'efficacité du mélange entre les réactifs à l'échelle moléculaire.

L'équation de transport de cette quantité a déjà concentré de nombreux efforts principalement dans un contexte monophasique et pour un scalaire réactif, dans le cadre de la modélisation des flammes prémélangées plissées [1-4]. Ce n'est que plus récemment que Gomet et al. [5] se sont penchés sur l'évaluation du taux de dissipation scalaire dans un contexte diphasique et sur l'influence des contributions supplémentaires associées à l'effet de l'évaporation sur le mélange scalaire.

Depuis, une analyse fine de la contribution du terme représentant les interactions turbulence-scalaire dans l'espace des vecteurs propres du tenseur des taux de déformation a été réalisée dans un contexte diphasique. Les résultats de cette analyse ont révélé des comportements originaux, i.e., différents de ceux observés en contexte monophasique [6].

Déroulement de la thèse :

- Premièrement, il s'agira de poursuivre l'évaluation des différents termes qui interviennent dans l'équation de transport du taux de dissipation scalaire en s'appuyant sur des simulations numériques directes d'un spray en évaporation.
- Deuxièmement, on proposera des modèles phénoménologiques permettant de représenter l'effet de ces contributions.
- Pour finir, un calcul d'écoulement diphasique turbulent réactif sera réalisé en s'appuyant sur les modèles développés durant la thèse.

L'étude sera réalisée au moyen du solveur DNS tridimensionnel incompressible ARCHER qui permet l'étude des phénomènes prenant place dans les écoulements turbulents diphasiques : atomisation, coalescence, dispersion, évaporation et mélange [7,8].

Profil : Diplôme de Master et / ou d'Ingénieur en mécanique des fluides, énergétique, combustion, simulation et modélisation numérique.

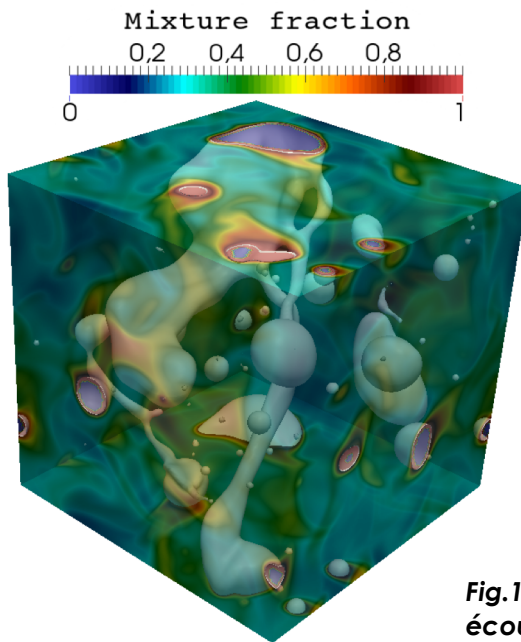


Fig.1 : Champ de fraction de mélange associé à un écoulement diphasique évoluant au sein d'une turbulence homogène isotrope.

- [1] T. Mantel and R. Borghi, A new model of premixed wrinkled flame propagation based on a scalar dissipation equation, *Combustion and Flame*, 96(4), 443-457, 1994.
- [2] A. Mura and R. Borghi, Towards an extended scalar dissipation equation for turbulent premixed combustion, *Combustion and Flame*, 133(1), 193-196, 2003.
- [3] A. Mura, V. Robin, M. Champion and T. Hasegawa, Small scale features of velocity and scalar fields in turbulent premixed flames, *Flow Turbulence and Combustion*, 82(3), 339-358, 2009.
- [4] N. Chakraborty, M. Champion, A. Mura and N. Swaminathan, Scalar dissipation rate approach, in : *Turbulent premixed flames*, Cambridge University Press, 74-102 2011.
- [5] L. Gomet, V. Robin and A. Mura, Lagrangian modelling of turbulent spray combustion under liquid rocket engine conditions. *Acta Astronautica*, 94(1), 184-197, 2014.
- [6] Z. Bouali, B. Duret and F. X. Demoulin and A. Mura, DNS analysis of small-scale turbulence-scalar interactions in evaporating two-phase flows, *International Journal of Multiphase Flow*, 85, 326-335, 2016.
- [7] S. Tanguy, T. Ménard and A. Berlemont, A level set method for vaporizing two-phase flows, *Journal of Computational Physics*, 221(2), 837-853, 2007.
- [8] T. Ménard, S. Tanguy and A. Berlemont, Coupling level set / VOF / ghost fluid methods: validation and application to 3D simulation of jet primary break-up, *International Journal of Multiphase Flow*, 33(5), 510-524, 2007.