

Stage de Master EFEMO
2019-2020, durée 5 mois

Sujet : Analyse texturale de l'atomisation d'un spray d'ergols de moteurs fusées

Encadrant(s) : Nicolas Fdida et Luc-Henry Dorey (ONERA) Christophe Dumouchel et Jean-Bernard Blaisot (CORIA)

Mots clés (4) : Atomisation, analyse multi-échelle

Objectifs : (mini 20 lignes, maxi 40 lignes)

Le stage proposé s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre l'ONERA et le CORIA. La motivation de cette collaboration est d'appliquer des techniques d'analyse des processus d'atomisation développées au CORIA sur des résultats expérimentaux et de simulation provenant des travaux de l'ONERA. La thématique scientifique est la suivante.

Dans les moteurs-fusées cryotechniques, comme le moteur Vinci, les ergols utilisés sont en général introduits dans la chambre de combustion au moyen d'un injecteur coaxial, dans lequel le jet central d'oxygène liquide est atomisé par un jet concourant d'hydrogène gazeux à haute vitesse. Le développement du jet dans la chambre de combustion dépend des nombreuses interactions avec l'aérothermochimie de la flamme (évaporation, mélange, combustion). La future génération de moteurs sera propulsée par un couple d'ergols oxygène/méthane et nécessite l'étude des particularités de ce nouveau combustible et son influence sur l'atomisation (conditionnant la flamme) pour optimiser le fonctionnement du moteur. Dans ce contexte, L'ONERA réalise à la fois des expérimentations [1] et des simulations numériques [2] ayant pour objet l'atomisation primaire au sortir de l'injecteur en présence de combustion. Le but de ces travaux est de comprendre et caractériser la phase d'injection et d'en identifier l'impact sur les performances et la stabilité des moteurs-fusées. La comparaison entre les résultats issus de l'expérience et de la simulation n'est pas aisée et nécessite un protocole d'analyse approprié pour en assurer la pertinence.

Par ailleurs, des techniques d'analyse d'images basées sur une description multi-échelle des systèmes sont développées au CORIA et appliquées aux écoulements liquides libres en situation d'atomisation. Récemment, ces techniques ont conduit à une description mathématique des structures liquides impliquées dans le processus d'atomisation texturale d'un écoulement produit dans un écoulement cavitant [3].

L'objectif de ce stage est de faire usage de l'analyse récemment développée au CORIA pour accéder à une meilleure description des processus d'atomisation texturale et des sprays qui en résultent pour des couples d'ergols oxygène/hydrogène et oxygène/méthane sur la base des résultats expérimentaux de l'ONERA. Dans un second temps, un protocole de comparaison des résultats expérimentaux et de simulation produits à l'ONERA sera proposé.

Résultats attendus pour la rédaction du rapport de stage :

- Caractérisation des processus d'atomisation texturale et des sprays des ergols oxygène/hydrogène et oxygène/méthane en combinant les résultats expérimentaux de l'ONERA et les techniques d'analyse du CORIA. Premières indications de l'influence du type d'ergols sur la phase d'atomisation texturale
- Elaboration d'un protocole de comparaison entre résultats expérimentaux et de la simulation numérique. Pour être pertinent, ce protocole ne doit considérer que la gamme

d'échelles potentiellement atteignables par la simulation. C'est là un aspect original de la méthode à développer.

Moyens utilisés : (*Préciser : les moyens que vous souhaitez utiliser et leur disponibilité ou non au sein de votre équipe. Si vous allez faire appel aux services communs (atelier, électronique, info etc...) préciser le type de demande.*)

Le stage se déroulera à Palaiseau dans les locaux de l'ONERA. Aucun moyen spécifiquement CORIA ne sera mobilisé.

Travaux Développés sur le sujet au laboratoire (Master, Thèse, ...)

La description multi-échelle des processus d'atomisation par imagerie quantitative a été développée et intégrée dans de nombreux travaux conduits au laboratoire comme l'attestent les références de la section suivante.

Références bibliographiques de l'équipe en rapport avec le sujet :

Voici quelques-unes des publications récentes concernant l'analyse multi-échelle des processus d'atomisation :

- T.T. Vu, C. Dumouchel, D. Lisiecki, J.B. Blaisot, T. Ménard Multi-Scale Analysis of the Atomization of the liquid sheets issuing from a compound nozzle. ILASS – Europe 2016, Brighton (Angleterre), 4-7 septembre 2016*
- C. Dumouchel, W. Aniszewski, T.T. Vu, T. Ménard Multi-Scale Analysis of Simulated Capillary Instability. Int Journal of Multiphase Flow, vol.92, 181-192, 2017*
- C. Tirel, M.C. Renoult, C. Dumouchel, D. Lisiecki, O. Crumeyrolle, I. Mutabazi Multi-Scale Analysis of a Viscoelastic Liquid Jet. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, vol.245, 1-10, 2017*
- T.T. Vu, C. Dumouchel Analysis of Ligamentary Atomization of Highly Perturbed Liquid Sheets. Int. Journal of Multiphase Flow, vol. 107, 156-167, 2018*
- C. Dumouchel, J.B. Blaisot, F. Abuzahra, A. Sou, G. Godard, S. Idrhacen Analysis of a Textural Atomization Process. Experiment in Fluids, vol.60, 133, 2019*
- F. Thiesset, C. Dumouchel, T. Ménard, W. Aniszewski, G. Vaudor, A. Berlemont. Probing Liquid Atomization using Probability Density Functions, the Volume-Based Scale Distribution and Differential Geometry. ILASS-Europe 2019, Paris (France) 2-4 September 2019*

Références bibliographiques :

- [1] A. Vingert, G. Ordonneau, N. Fdida, "A rocket under a magnifying glass", AerospaceLab journal, 2016 <http://www.aerospacelabjournal.org/sites/www.aerospacelab-journal.org/files/AL11-15.pdf>
- [2] P. Gaillard, C. Le Touze, L. Matuszewski, A. Murrone, "Numerical simulation of cryogenic injection in rocket engine combustion chambers", AerospaceLab journal, 2016, disponible au lien suivant: <http://www.aerospacelab-journal.org/sites/www.aerospacelab-journal.org/files/AL11-16.pdf>
- [3] C. Dumouchel, J.B. Blaisot, F. Abuzahra, A. Sou, G. Godard, S. Idrhacen, "Analysis of a Textural Atomization Process", Experiment in Fluids, vol.60, 133, 2019