

Stage de Master EFEMO  
2019-2020, durée 5 mois

**Sujet : Influence de la densité ambiante sur les effets de la pression de radiation acoustique**

**Encadrant(s) : J.B. Blaisot\*, F. Baillot\*, C. Richard\*\*, R. Herrera\***

\*Laboratoire CORIA UMR 6614 CNRS

\*\*Laboratoire Raphaël Salem, UMR 6085 CNRS

**Mots clés (4) : injection, atomisation, pression de radiation, effets non-linéaires acoustiques**

**Objectifs :** (mini 20 lignes, maxi 40 lignes)

Les instabilités thermo-acoustiques rencontrées dans les moteurs-fusées sont sources de détérioration de l'efficacité énergétique. Elles peuvent être dévastatrices lorsque le champ de pression fluctuant se couple de manière positive avec le taux de dégagement de chaleur. Plusieurs processus physiques peuvent être à l'origine de ce couplage parmi lesquels figure l'interaction entre l'atomisation des jets et le champ acoustique. La nature du champ acoustique est un point clé de cette interaction, les modes acoustiques transverses ou azimutaux comptant parmi les plus néfastes et leur action étant la moins bien connue. Des travaux expérimentaux et théoriques sont menés par l'équipe ARIA (Acoustic Radiation and Interaction with Atomization), financés par le CNES dans le cadre du programme franco-allemand REST. Le stage se place dans ce contexte.

La démarche menée au CORIA depuis de nombreuses années a consisté à étudier dans la boucle d'instabilité, l'action de l'acoustique sur le système fluide par forçage. Elle s'appuie sur un échelonnement progressif de la prise en compte des phénomènes impliqués dans les interactions entre un champ acoustique transverse (mode 2T1L) et des jets assistés air-eau (sub-critique):

- Thèse de Gilles Boisdrion : cavité acoustique ( $SPL \leq 165\text{dB}$ ) ouverte, mono injection
  - Mise en évidence de phénomènes physiques pour des régimes d'atomisation «Rayleigh» à «membranes» interprétés à l'aide des effets non linéaires de pression de radiation en ventre de pression ou de vitesse acoustique
- Thèse d'Antonio Ficuciello : cavité acoustique optimisée ( $SPL \leq 173\text{dB}$ ) ouverte, un à trois injecteur avec plénum commun
  - Mise en évidence des remontées acoustiques dans le plénum, accumulation sectorielle des gouttes par le champ acoustique pour les régimes « membranes » à « fibres » en ventre de pression, de vitesse ou d'intensité acoustique.
  - Développement d'un modèle théorique de pression de radiation acoustique en ondes progressives ou stationnaires, pour un jet cylindrique ou une goutte sphérique indéformables, importance de l'interface entre milieux de masses volumiques différentes

- Thèse de Rafael Herrera (en cours) : cavité acoustique pressurisée ( $SPL > 173\text{dB}$ ,  $1 \leq P \leq 5 \text{ bar}$ ), un à trois jets sans plénum
  - Mise en évidence de l'influence de la masse volumique sur le comportement du jet et du spray soumis aux effets non-linéaires d'acoustique
  - Développement du modèle théorique pour un jet ou une goutte déformables ainsi que pour un ensemble d'objets alignés le long de l'axe acoustique.

Le stage comporte un volet expérimental et un volet théorique.

Le volet expérimental porte sur l'exploitation du moyen d'essai développé dans l'équipe et permettant de réaliser des expériences d'interaction entre atomisation et acoustique à pression ambiante variable. Il s'agira ici de mener des visualisations par imagerie rapide d'un jet assisté placé en différents points d'un champ acoustique stationnaire pour différents régimes d'atomisation allant du régime de Rayleigh au mode fibre. On s'intéressera ici particulièrement à l'influence de la masse volumique du milieu ambiant sur les effets que la pression de radiation acoustique exerce sur le liquide en cours d'atomisation.

Le volet théorique porte sur la conduite d'une étude paramétrique des effets de pression de radiation sur des cylindres de section elliptique ou sur des ellipsoïdes à l'aide d'un modèle théorique développé par l'équipe. Ces objets de modélisation représentent les ligaments ou les gouttes déformées par l'acoustique. Le paramètre de l'étude sera ici aussi la masse volumique du milieu ambiant. L'étude sera menée par l'utilisation d'un code de calcul de pression de radiation développé par l'équipe en langage Python.

### **Résultats attendus pour la rédaction du rapport de stage :**

Bibliographie les études paramétriques des effets de pression de radiation acoustique, notamment l'influence de la densité du milieu ambiant.

Réalisation de visualisations et exploitation qualitative des films obtenus.

Réalisation de calculs de pression de radiation en faisant varier la densité, représentation et analyse des résultats obtenus.

**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.*)

Moyens propres à l'équipe : Banc ARIA, code et calculateur

Moyens du pôle métrologie : caméra rapide

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

- Ficuciello, « Analysis of high frequency/high amplitude acoustic field effects on coaxial injection: application to liquid rocket engines » Thèse Université de Rouen, Juin 2017.
- R. Herrera, « Etude expérimentale et modélisation physique des processus impliqués dans le couplage atomisation et acoustique : injection assistée multiple et couplage amont/aval ». Thèse Université de Rouen, En cours.

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

- F. Baillot, J. B. Blaisot, G. Boisdron, C. Dumouchel, « Behavior of an air-assisted jet submitted to a transverse high frequency acoustic field ». J. Fluid Mech., 640, 307-344, 2009.

- F. Baillot, J. B. Blaisot, C. Richard and M. Théron, « Effects of acoustic radiation on air-assisted jets in a transverse high-frequency acoustic field ». ILASS-Europe 2013, Chania, Grèce. 2013.
- Ficuciello, J.-B. Blaisot, F. Baillot, C. Richard, M. Théron, « Response of coaxial air-assisted liquid jets in an acoustic field: atomization and droplets clustering ». ICLASS 2015, Tainan, Taiwan, August 23-27, 2015.
- Ficuciello, J.B. Blaisot, C. Richard, F. Baillot, « Investigation of air-assisted sprays submitted to high frequency transverse acoustic fields: Droplet clustering ». *Physics of Fluids*, 29, 067103, 2017.
- Ficuciello, F. Baillot, J.B. Blaisot, C. Richard, M. Théron, « Acoustic response of an injection system to high-frequency transverse acoustic fields ». *International Journal of Spray and Combustion Dynamics*, 9, 4, 217-229, 2017.
- Rafael Herrera<sup>1</sup>, Jean-Bernard Blaisot<sup>1</sup>, Françoise Baillot<sup>1</sup>, Christine Richard, Liquid jet and droplet deformation induced by non-uniform acoustics radiation pressure distribution », ILASS–Europe 2019, 29th Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, 2-4 September 2019, Paris, France

### **Références bibliographiques :**

- F. G. Mitri, « Acoustic radiation force on a rigid elliptical cylinder in plane (quasi)standing waves », *J. Appl. Phys.*, 118, 214903, 2015.
- F. G. Mitri, « Radiation forces and torque on a rigid elliptical cylinder in acoustical plane progressive and (quasi)standing waves with arbitrary incidence », *Phys. Fluids*, 28, 7, 2016.
- L. V. King, « On the acoustic radiation pressure on spheres ». *Proc. R. Soc. Lond. A*, 147, 212-240, 1934.
- Zhuk, « Radiation force acting on a cylindrical particle in a sound field ». *Soviet Applied Mechanics*, Kluwer Academic Publishers-Plenum Publishers, 22, 689-693, 1986.
- W. Wei, D. B. Thiessen and P. L. Marston, « Acoustic radiation force on a compressible cylinder in a standing wave ». *J. Acoust. Soc. Am.* 116 201, 2004.