

PROPOSITION DE STAGE 2017-2018

Titre : Développement fractal d'instabilités de Kelvin-Helmholtz dans une couche de mélange à densité variable

Responsable(s) : Jérôme FONTANE (jerome.fontane@isae.fr, 05 61 33 84 61)

Laboratoire : Département Aérodynamique et Propulsion, ISAE-SUPAERO

Sujet du stage

La promotion du mélange en aval d'un injecteur de type jet est un point clé de leur performance énergétique et environnementale. Dans ce contexte, nous traitons des aspects fondamentaux liés au mélange monophasique non-réactif en présence d'un fort contraste de densité carburant/comburant (*i.e.* méthane-air ou hydrogène-oxygène). La couche de mélange constitue l'écoulement modèle le plus simple pour analyser et comprendre les spécificités de la dynamique transitionnelle des écoulements de mélange binaire soumis à un cisaillement. Les analyses de stabilité modale (Fontane & Joly, 2008) et non-modale (Lopez-Zazueta *et al.*, 2016) ont montré l'existence d'une instabilité secondaire 2D de type Kelvin-Helmholtz similaire à l'instabilité primaire se développant à plus petite échelle dans la zone de tresse étirée située entre deux structures primaires sous l'action du couple barocline. Des simulations numériques directes ont permis d'étudier le développement non-linéaire de cette instabilité secondaire (Fontane *et al.*, 2008), et sous certaines conditions une instabilité tertiaire a pu être observée, démontrant ainsi la possibilité d'une transition vers la turbulence de type fractal (voir figure ci-dessous).



Fractal KH breakups : champ de masse volumique (Fontane *et al.*, *Phys. Fluids*, 2008)

L'objectif de ce stage est de retrouver l'instabilité de troisième génération via l'analyse non-modale et la recherche de perturbation optimale ; puis de calculer la quatrième voire la cinquième génération encore non-observées jusqu'ici. Chaque génération sera obtenue par un code d'optimisation basé sur la résolution des équations linéaires directes et adjointes de Navier-Stokes, couplé à un code non-linéaire de simulation numérique directe. Une fois la génération (n) obtenue par l'analyse modale, elle sera superposée à l'écoulement de base afin de produire par simulation numérique directe l'écoulement de base qui servira pour le calcul de la génération (n+1). Les outils numériques (codés en langage C) sont disponibles et prêts à l'utilisation de sorte qu'aucun développement n'est requis au cours de stage.

Références

- Fontane, J. & Joly, L. (2008) The stability of the variable-density Kelvin–Helmholtz billow. *J. Fluid Mech.* **612**, 237–260.
- Fontane, J., Joly, L. & Reinaud, J.N. (2008) Fractal Kelvin–Helmholtz breakups. *Phys. Fluids.* **2**, 1170-6631.
- Lopez-Zazueta, A., Fontane, J. & Joly, L. (2016) Optimal perturbations in time-dependent variable-density Kelvin–Helmholtz billows. *J. Fluid Mech.* **803**, 466–501.