



# **Simulation numérique et modélisation de l'influence d'ondes acoustiques de haute amplitude sur un jet diphase : application au domaine de la propulsion fusée à ergols liquides**

Soutenance de thèse – Nicolas Rutard

**22/11/2019 – 10h30**

ONERA Châtillon – Salle Contensou

## **Devant le jury composé de :**

|   |                    |
|---|--------------------|
| M. Christophe Bailly<br>Professeur, LMFA, École Centrale de Lyon                        | Rapporteur         |
| M. Julien Réveillon<br>Professeur, CORIA, Université de Rouen                           | Rapporteur         |
| Mme Françoise Baillot<br>Professeur, CORIA, Université de Rouen                         | Examinatrice       |
| M. Michael Oswald<br>Professeur, DLR, Université de Aix-la-Chapelle (Aachen)            | Examineur          |
| M. François Vuillot<br>Ingénieur de recherche, ONERA                                    | Examineur          |
| Mme Marie Théron<br>Docteure, CNES  | Examinatrice       |
| M. Sébastien Ducruix<br>Directeur de recherche, CNRS, Laboratoire EM2C, CentraleSupélec | Directeur de thèse |
| M. Luc-Henry Dorey<br>Docteur, ONERA  | Encadrant de thèse |

## **Résumé**

L'occurrence d'instabilités de combustion de haute fréquence au sein des moteurs-fusées à ergols liquides peut s'avérer dommageable pour l'intégrité des systèmes propulsifs. Par conséquent, les acteurs du spatial souhaitent renforcer leur compréhension des mécanismes à l'origine de ces instabilités. Pour cela, la simulation numérique s'est révélée au fil du temps de plus en plus attractive. Dans le cas particulier d'un fonctionnement en régime subcritique, le comburant se trouve à l'état liquide dans la chambre de combustion. Pour reproduire fidèlement les écoulements associés à ce régime de fonctionnement, la simulation numérique doit pouvoir restituer les mécanismes d'interaction entre les perturbations acoustiques et le processus d'atomisation de la phase liquide, car ils peuvent influencer la stabilité de la combustion. Dans cette optique, cette étude consiste 1) à mettre en place une méthodologie de simulation numérique de jet diphase atomisé sous excitation acoustique, 2) à valider la restitution de l'ensemble des mécanismes de réponse du jet aux ondes acoustiques, et 3) à s'appuyer sur les résultats des simulations pour progresser vers une meilleure compréhension des phénomènes physiques mis en jeu. La stratégie de simulation utilisée est basée sur le couplage entre une méthode à interface diffuse à 4 équations pour simuler le gaz et les plus grosses structures liquides de l'écoulement, et une approche statistique Eulérienne

pour modéliser le spray de gouttes. Dans ces travaux, la simulation numérique d'un jet diphasique atomisé soumis à une excitation acoustique de haute amplitude montre une bonne restitution de l'aplatissement du cœur liquide et de son influence sur le processus d'atomisation du jet. Notamment, le cœur liquide est raccourci et le spray s'élargit dans la direction orthogonale à l'axe de propagation acoustique. Un couplage important d'ores et déjà observé expérimentalement entre le système d'injection et la cavité acoustique ainsi que son influence sur le processus d'atomisation de la phase liquide sont également reproduits. Enfin, une modélisation simplifiée de l'écoulement destinée à compléter les résultats des simulations révèle une déviation progressive du cœur liquide, et donc des gouttes issues de son atomisation, par la force de radiation acoustique. Ces travaux ouvrent ainsi la voie à des simulations réactives capables de reproduire fidèlement le comportement de flammes diphasiques sous perturbation acoustique en vue d'en étudier l'impact sur la stabilité de la combustion.

### **Mots clés**

Instabilités de combustion, régime subcritique, LES, injection coaxiale, pression de radiation