



Etude numérique de l'injection d'eau pour la réduction du bruit de jet de lanceurs spatiaux

Soutenance de thèse – Valentin MORIN

31/01/2023 à 14h

Salle des thèses – ISAE-SUPAERO

Devant le jury composé de :

- | | |
|---|---|
| - Fabien ANSELMET – Rapporteur | - Julien TROYES – Examinateur |
| - François-Xavier DEMOULIN – Rapporteur | - Hadrien LAMBARÉ – Invité |
| - Eva DORIGNAC – Examinatrice | - Christophe BOGEY – Directeur de thèse |
| - Davide ZUZIO – Examinateur | - François VUILLOT – Encadrant de thèse |

Résumé :

Lors de la phase de décollage, le lanceur, sa charge utile ainsi que le pas de tir sont soumis à de fortes contraintes vibratoires, induites par le bruit des jets des propulseurs. Pour réduire ces contraintes sonores, une des méthodes, dans laquelle s'inscrit cette thèse, consiste à injecter de l'eau sur la table de lancement. De nombreuses études expérimentales ont permis de mettre en évidence et de caractériser la réduction acoustique par injection d'eau. Des études numériques ont également été menées, mais ne prennent pas en compte la totalité du mécanisme d'atomisation du jet liquide. L'objectif de cette thèse est de mettre en oeuvre et valider une méthode numérique permettant de simuler l'injection d'eau de la configuration à échelle réduite du banc d'essai MARTEL de l'institut Pprime, en prenant en compte l'atomisation primaire de la phase dense d'un jet liquide en une phase dispersée de gouttes. L'approche retenue pour le calcul de l'écoulement diphasique est une méthode à interface diffuse permettant la résolution des équations de Navier-Stokes en volumes finis sur maillages non structurés. Les gouttes sont simulées par un solveur dédié, couplé au solveur résolvant la phase dense du jet liquide. Dans un premier temps, la méthode numérique est mise en place et validée sur un jet de la littérature axisymétrique, dont le régime d'atomisation est similaire à celui de la buse du banc MARTEL. Des fluctuations de vitesse sont introduites en entrée de la buse par Synthetic-Eddy Method, et s'avèrent nécessaires pour obtenir une transition du jet liquide, dont les propriétés sont en bon accord avec celles de l'expérience. Le modèle d'atomisation retenu dans cette étude est ensuite activé pour générer un brouillard de gouttes. Dans un second temps, la méthode numérique est appliquée au calcul de l'écoulement dans la buse MARTEL et proche de sa sortie. Le jet simulé est plat et son angle d'évasement en sortie est conforme à ce qui est observé dans l'expérience. L'intensité de la Synthetic-Eddy Method est ensuite augmentée afin d'obtenir des niveaux de fluctuations de vitesse suffisants pour calculer la transition du jet. Dans un troisième temps, le jet de la buse MARTEL avec atomisation est simulé et étudié. La transition du jet est caractérisée par le développement de deux ondes d'instabilité successives à basse et à haute fréquence à l'interface liquide-gaz. La quantité de gouttes produites s'avère être négligeable devant la quantité de liquide présent sous forme dense au niveau de la zone d'impact entre le liquide et le jet principal de gaz du banc MARTEL. Le bruit produit par le jet d'une buse isolée est ensuite étudié. En particulier, ses niveaux sonores en champ proche sont bien plus faibles que les niveaux sonores du jet principal de gaz obtenus au niveau des buses d'injection d'eau. Les travaux réalisés dans cette thèse pourront par la suite être appliqués au calcul du bruit de jet de la configuration du banc MARTEL en présence d'injection d'eau.

Mots clés : écoulements diphasiques, bruit de jet, aéroacoustique, CFD, simulation numérique, simulation aux grandes échelles, atomisation, turbulence, transition, instabilités, interface diffuse