

Invitation à la soutenance de thèse

MULTI-SCALE DESCRIPTION OF TEXTURAL ATOMIZATION OF LIQUID OXYGEN IN LIQUID ROCKET ENGINE CRYOGENIC FLAMES

Leonardo Geiger

9 décembre 2024

Laboratoire CORIA - Université de Rouen Normandie
Site Universitaire du Madrillet
675, avenue de l'Université
76800 Saint Etienne Du Rouvray

Devant le jury composé de :

Nicolas Rimbart	LEMETA, Université de Lorraine	Rapporteur
Nathanael Machicoane	LEGI, Université Grenoble-Alpes	Rapporteur
Fabien Halter	ICARE, Université d'Orléans	Examineur
Thibaut Ménard	CORIA, Université de Rouen Normandie	Examineur
Christophe Dumouchel	CORIA, Université de Rouen Normandie	Co-directeur de thèse
Jean-Bernard Blaisot	CORIA, Université de Rouen Normandie	Co-directeur de thèse
Nicolas Fdida	ONERA, DMPE	Co-encadrant
Luc-Henry Dorey	ONERA, DMPE	Co-encadrant
Marie Théron	CNES, Direction du Transport Spatial	Encadrante

Résumé

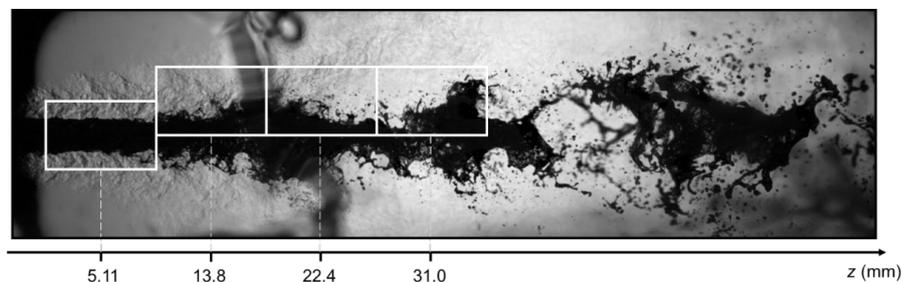
Le développement des moteurs-fusées destinés à équiper les futurs lanceurs nécessite une meilleure compréhension des phénomènes physiques complexes qui régissent leur fonctionnement. Dans le cas des moteurs-fusées à ergols liquides, la demande croissante pour des moteurs pouvant être rallumés de manière fiable dans l'espace impose une profonde compréhension des phases transitoires, telles que le démarrage et l'arrêt. Ces phases transitoires incluent généralement des régimes d'injection sous-critiques. L'oxygène est injecté à l'état liquide dans la chambre de combustion et subit une série de mécanismes : atomisation du jet dense, fragmentation des ligaments liquides, évaporation des gouttelettes et combustion turbulente. Dans ces conditions, le processus de combustion est principalement gouverné par l'atomisation de l'oxygène liquide, qui doit être reproduite avec précision par simulation afin de mieux comprendre son rôle dans l'apparition des instabilités de combustion.

Avant d'utiliser la simulation comme un outil autonome pour étudier le processus d'atomisation, il est nécessaire d'assurer son niveau de précision. Cela nécessite de mener des campagnes d'essais expérimentaux sur des bancs d'essais capables de reproduire des conditions représentatives de moteurs-fusées, tels que le banc d'essai MASCOTTE à l'ONERA ou le banc d'essai MARACA au

CORIA. L'objectif de ces études est de caractériser le processus d'atomisation et de fournir des données expérimentales qui peuvent être utilisées pour développer et valider des modèles numériques.

L'étude expérimentale de l'atomisation primaire de l'oxygène liquide repose en particulier sur des techniques de visualisation des écoulements, qui permettent de représenter les structures liquides impliquées dans le processus. Le processus d'atomisation primaire observé dans les moteurs-fusées à ergols liquides peut être catégorisé comme textuel ou structurel, selon l'échelle à laquelle se produit l'atomisation. Les processus d'atomisation textuelle se caractérisent par le détachement de fins ligaments du jet, tandis que l'atomisation structurelle est liée à la rupture du volume liquide principal. Les visualisations issues de campagnes d'essais expérimentaux révèlent des écoulements diphasiques très complexes impliquant des systèmes liquides texturaux difficiles à caractériser en raison de leur large gamme d'échelles spatiales et temporelles. À ce jour, aucune technique n'est disponible pour décrire quantitativement les ligaments liquides impliqués dans ces processus d'atomisation textuelle observés expérimentalement.

Dans cette thèse, une méthodologie est développée pour caractériser les processus d'atomisation primaire textuelle observés dans des conditions d'écoulement diphasique représentatives de celles rencontrées dans les moteurs-fusées à ergols liquides. Basée sur une méthode multi-échelle développée au CORIA, cette analyse fournit une caractérisation quantitative de la taille, de la forme et du nombre des structures liquides texturales impliquées dans le processus d'atomisation textuelle sur toute sa gamme d'échelles spatiales. Cette caractérisation fournit des données pour le développement de modèles numériques d'atomisation primaire. En outre, l'application de cette méthodologie à des systèmes liquides décrits par des visualisations extraites de simulations numériques permet de valider les résultats de simulation en termes de leur reproduction des structures liquides participant au processus d'atomisation textuelle.



Visualisation instantanée montrant le processus d'atomisation lors de la combustion LOX/CH₄ sur le banc d'essai MASCOTTE. Les rectangles blancs indiquent les positions de quatre séries d'images haute résolution. L. Geiger et al., *Exp Fluids* 65, 176 (2024)

Mots clés

Atomisation textuelle, description multi-échelles, turbulence, moteurs-fusées à ergols liquides.