

## Invitation à la soutenance de thèse

### MODELISATION DE L'ATOMISATION PRIMAIRE D'OXYGENE LIQUIDE DANS LES FLAMMES DIPHASIQUES DES MOTEURS-FUSEES A ERGOLS LIQUIDES

Florian Granger

**11 décembre 2023 à 10h30**  
ONERA Palaiseau, salle Marcel Pierre

#### Devant le jury composé de :

François-Xavier Demoulin	CORIA, Université de Rouen	Rapporteur
Jean-Philippe Matas	Université Claude Bernard, Lyon 1	Rapporteur
Annafederica Urbano	ISAE Université de Toulouse	Examinatrice
Stéphane Zaleski	Sorbonne Université, Paris	Examineur
Jean-Luc Estivalèzes	ONERA, Université de Toulouse	Directeur de thèse
Luc-Henry Dorey	ONERA, DMPE	Co-directeur de thèse
Marie Théron	CNES	Invitée
Davide Zuzio	ONERA, DMPE	Encadrant, invité

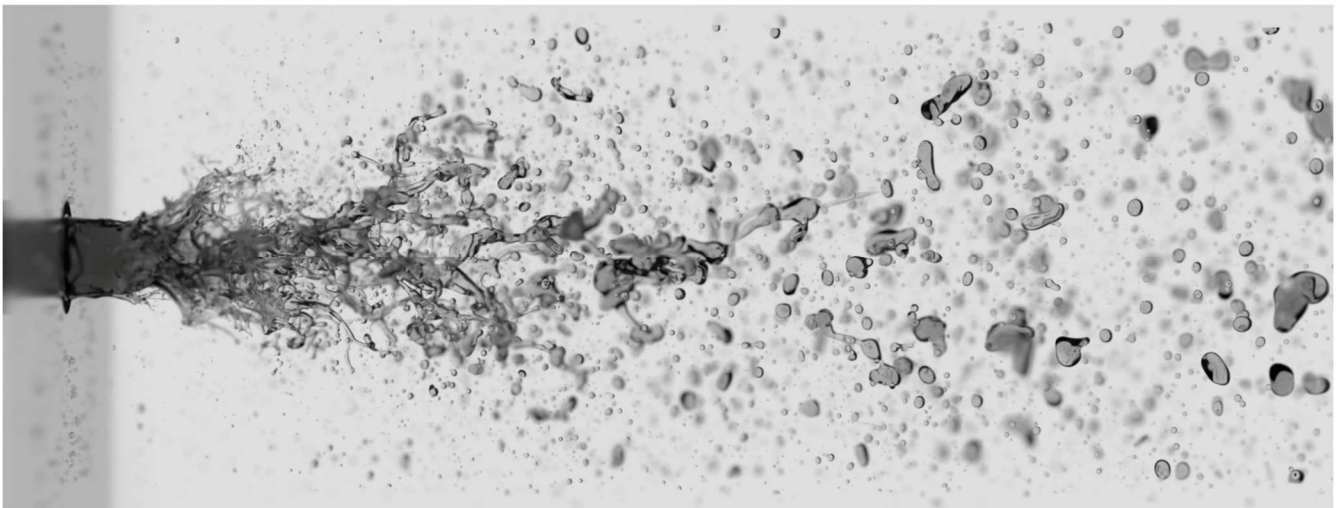
#### Résumé

Les futurs moteurs-fusées des lanceurs européens sont développés avec l'objectif d'augmenter leur fiabilité et de diminuer leur coût. Pour cela, il est nécessaire de mieux comprendre les phénomènes physiques complexes qui régissent leur fonctionnement, pour estimer au mieux les marges de conception qui conditionnent le coût et la fiabilité du moteur. Dans le cas des moteurs-fusées à ergols liquides, les phénomènes d'instabilités de combustion de haute fréquence est particulièrement complexe et critique pour le fonctionnement du moteur. En collaboration avec le CNES, des travaux de recherche sur ce phénomène sont menés à l'ONERA pour des conditions d'injection sub-critique. Dans ce cas, l'oxygène est injecté sous forme liquide dans la chambre de combustion et subit une succession de phénomènes : atomisation du jet dense, fragmentation des ligaments liquides, évaporation des gouttelettes, combustion turbulente. Ces phénomènes doivent être restitués avec précision par la simulation afin de mieux comprendre leur rôle dans le déclenchement des instabilités de combustion qui résultent d'un couplage fort entre tous ces phénomènes. Un effort particulier est porté sur la description de l'écoulement diphasique qui implique de forts gradients de densité et une large gamme d'échelles caractéristiques.

L'ONERA a développé dans le code CEDRE une stratégie LES (Large Eddy Simulation) qui adapte la modélisation en fonction de la taille des structures liquides et celle du maillage utilisé pour les discrétiser. La prédiction de la taille des gouttes issues de l'atomisation primaire reste en particulier un verrou dans cette méthodologie : des modèles sous-maille doivent intervenir afin de prendre en compte les échelles liquides non résolues par le maillage, complétant ainsi le caractère prédictif de la simulation, de

l'atomisation jusqu'à la combustion. Dans ce contexte, l'objectif de cette thèse est d'apporter les améliorations nécessaires à la stratégie de simulation numérique permettant d'obtenir une description fidèle des flammes diphasiques cryogéniques, en développant en particulier un modèle d'atomisation enrichi. La stratégie de modélisation LES des petites échelles sera basée sur l'utilisation d'une équation de transport supplémentaire décrivant la densité d'aire interfaciale contenue dans une cellule. Cette information permettra d'obtenir une échelle caractéristique des structures liquides, et sera utilisée par le couplage pour définir une distribution locale de diamètre de la phase dispersée lors de sa génération. Cependant, la fermeture des termes sources décrivant sa création et sa destruction locales dans le cadre d'une LES est à l'heure actuelle un défi majeur.

Pour cela, des simulations DNS (Direct Numerical Simulation) ont été utilisées afin de permettre de mieux comprendre le comportement de l'interface et de proposer une modélisation en conséquence. Le modèle développé dans cette thèse est basé sur une formulation issue de la littérature dont le terme source a été adapté à l'atomisation assistée. Le modèle a ensuite été validé sur une configuration caractéristique de ce régime d'atomisation par comparaison aux simulations DNS. Enfin, la première simulation LES avec l'ensemble des échelles diphasiques calculées de manière locale a été réalisée en utilisant la modélisation de la densité d'aire interfaciale pour estimer une taille de goutte atomisée.



*Visualisation du phénomène d'atomisation assistée en régime fibre par rendu ombroscopique de résultats de simulation numérique*

### Mots clés

Oxygène liquide, Atomisation, Diphasique, Fusée, Modélisation