

## Modélisation multi-échelles des transferts de masse et de chaleur dans les écoulements diphasiques pour des applications aéronautiques

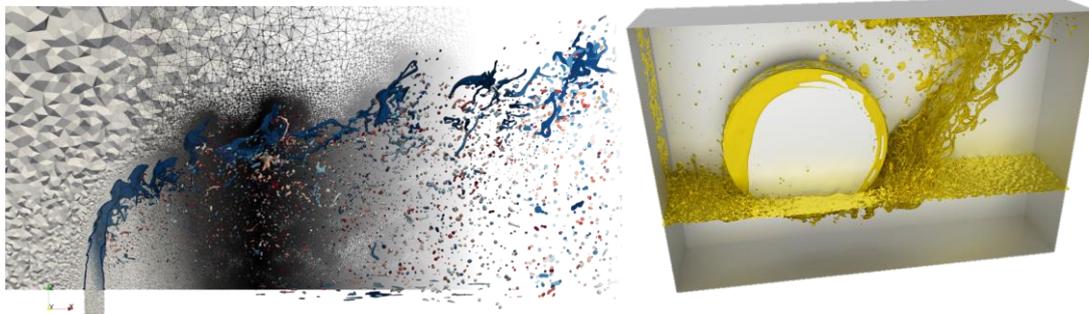


Figure 1 : (gauche) Simulation d'un jet carburant en écoulement transverse avec adaptation de maillage dynamique [Leparoux et al. 2018]. (droite) Simulation du barbotage d'un disque en rotation dans un bain d'huile [Cailler et al. 2019].

**Thématique Scientifique** : Large-Eddy Simulation, Atomisation Primaire, Atomisation secondaires, Lagrangien, Maillages non-structurés, Adaptation de maillage dynamique, Evaporation, Thermique.

**Encadrants** : V. Moureau, CORIA

**Type d'allocation** : Bourse CIFRE SAFRAN TECH

R. Mercier, SAFRAN Tech

**Début de thèse** : 2<sup>nd</sup> semestre 2021

**Description du sujet** : (Contexte, Objectifs, Méthodologie, Résultats attendus)

Les moteurs aéronautiques présentent de nombreux modules mettant en jeu des écoulements diphasiques complexes. La performance et la certification des moteurs est souvent reliée directement ou indirectement à la capacité du concepteur à prédire de tels écoulements. Trois cas d'études choisis dans cette thèse illustrent ces problématiques communes :

A. Les réducteurs et boîtes de transmission aéronautiques sont le lieu d'échanges thermiques importants entre les pièces tournantes, l'air ambiant et l'huile utilisée pour la lubrification des organes mécaniques. La prédiction fiable de ces transferts thermiques est capitale pour garantir l'opérabilité et le rendement des futurs moteurs Safran.

- B. L'injection du carburant dans les chambres de combustion Safran est réalisée sous forme liquide. Le processus d'atomisation et d'évaporation du carburant pilote la qualité du mélange air-carburant avant sa combustion. La prédiction de la répartition spatiale et des distributions en tailles de gouttelettes de carburant est ainsi cruciale pour assurer correctement l'opérabilité ainsi que les émissions polluantes de la chambre.
- C. L'extinction des feux de compartiments est assurée par des injecteurs d'agents d'extinction. Un agent dont le comportement thermique et l'évaporation vont piloter l'homogénéité de sa répartition spatiale et donc sa capacité à éteindre le feu efficacement.

Le premier objectif de cette thèse est de proposer une méthodologie de calcul haute-fidélité permettant de simuler ce type d'écoulements en incluant l'atomisation du liquide, les transferts thermiques en son sein et à l'interface ainsi que l'évaporation éventuelle de la phase liquide dans le gaz. Le second objectif de cette thèse consiste à utiliser cette capacité de création de calculs de référence afin de bâtir des modèles d'injection simplifiés compatibles avec une description lagrangienne de la phase liquide dispersée, souvent utilisée pour la simulation des cas industriels.

Dans cette optique, on cherchera à étendre les méthodologies multi-échelles développées récemment dans les thèses de Romain Janodet (Safran Tech - CORIA) et Carlos Garcia-Guillamon (Safran Tech – CERFACS). Ces thèses ont permis de développer une approche couplée entre des méthodes de capture d'interface (level set conservative) [Desjardins et al. 2008, Janodet et al. 2019] avec des modèles lagrangiens de type point-force pour prédire l'atomisation primaire isotherme de jets de carburant liquide. Cette thèse s'inscrit dans la continuité de ces travaux et cherchera à prendre en compte de manière conservative les transferts de masse et de chaleur de manière continue depuis l'interface liquide-gaz résolue jusqu'à la goutte lagrangienne évaporante dans un environnement gazeux multi-espèces. Ces méthodologies devront être validées via la comparaison à des mesures expérimentales et d'autres outils de simulation de référence.

### **Organisation du travail :**

La thèse se décompose en trois parties :

- i) L'extension de la méthode de capture d'interface pour la prise en compte de transfert de masse et de chaleur à l'interface.
- ii) Le couplage de cette méthodologie avec l'adaptation de maillage dynamique et avec une approche lagrangienne pour le transport de la phase dispersée avec thermique et évaporation.
- iii) La validation des méthodologies sur des cas de complexité graduelle ainsi que l'application sur des cas industriels représentatifs.

Le doctorant partagera son temps de travail entre le centre SAFRAN Tech au sein du pôle Modélisation et Simulation et le laboratoire CORIA à Rouen.

### **Moyens utilisés :**

- **Logiciels du CORIA : YALES2**

- **Moyens de calcul** : moyens internes SAFRAN Tech, TGCC, moyens nationaux via les appels GENCI et européens via PRACE

#### **Références :**

- [1] LEPAROUX, J., MERCIER, R., MOUREAU, V. & MUSAEFENDIC, H. (2018) Primary atomization simulation applied to a jet in crossflow aeronautical injector with dynamic mesh adaptation. *Proceedings of ICLASS* (July), 22–26.
- [2] CAILLER, M., MERCIER, R. & MOUREAU, V. (2019) Oil lubrication simulation using sharp interface capturing method and dynamic mesh adaptation. *10th International Conference on Multiphase Flow*. Rio de Janeiro, Brazil.
- [3] DESJARDINS, O., MOUREAU, V. & PITSCH, H. (2008) An accurate conservative level set/ghost fluid method for simulating turbulent atomization. *J. Comp. Physics* **227** (18), 8395–8416.
- [4] JANODET, R., VAUDOR, G., LARTIGUE, G., BENARD, P., MOUREAU, V. & MERCIER, R. (2019) An unstructured conservative level-set algorithm coupled with dynamic mesh adaptation for the computation of liquid-gas flows. *29th European Conference on Liquid Atomization and Spray Systems (ILASS Europe)*. Paris, France.
- [5] YALES2 - [www.coria-cfd.fr](http://www.coria-cfd.fr)

#### **Candidature :**

Ingénieur ou master avec des compétences en mécanique des fluides et un goût prononcé pour le développement, la modélisation, la simulation HPC et les méthodes numériques. Pour postuler merci d'envoyer lettre de motivation, CV et références à [vincent.moureau@coria.fr](mailto:vincent.moureau@coria.fr) et [renaud-c.mercier@safrangroup.com](mailto:renaud-c.mercier@safrangroup.com)