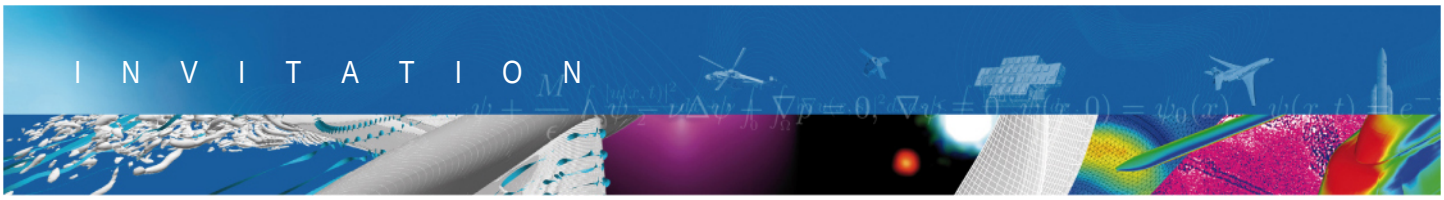

DEPARTEMENT MULTI-PHYSIQUE POUR L'ENERGETIQUE (DMPE)

Soutenance de thèse de Julien LALLEMENT

vendredi 8 février 2019 à 14 h 00 – Auditorium de l'ONERA/TOULOUSE

Titre : Modélisation et simulation numérique d'écoulements de films minces avec effet de mouillage partiel.

Composition du jury :

- Christian RUYER QUIL, Professeur à l'Université de Chambéry
- Laurent LIMAT, Directeur de Recherche à l'Université Paris 7 Diderot
- Philippe BELTRAME, Maître de Conférences à l'Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse
- Philippe VILLEDIEU, Directeur de Recherche et Directeur de thèse de l'ONERA-DMPE / Toulouse
- Pierre TRONTIN, Ingénieur de Recherche et co-directeur de thèse de l'ONERA-DMPE / Toulouse
- Claire LAURENT, Ingénieur de Recherche de l'ONERA-DMPE / Toulouse

Résumé :

L'accrétion de givre sur les surfaces rencontrées en aéronautique (ailes, entrées d'air moteur, sonde, …) est considérée comme un risque majeur pour la sécurité aérienne. Les conséquences observées sont la dégradation des performances aérodynamiques pouvant conduire au décrochage, des perturbations dans les moteurs pouvant aller jusqu'à son extinction ou le colmatage des sondes. C'est pourquoi les avionneurs développent des systèmes de protection thermiques contre le givre. L'eau accumulée sur les surfaces reste ainsi à l'état liquide et forme un film mince. Les propriétés dynamiques (hauteur, vitesse et étalement) et thermiques (température, taux d'évaporation) du film en présence d'un écoulement d'air cisaillé permettent de prédire un éventuel regel du film d'eau en dehors des zones protégées (« runback ice »). Comme les essais en vols ou en soufflerie sont souvent complexes à mettre en œuvre et onéreux, la simulation numérique est devenue un outil efficace et complémentaire pour dimensionner ces systèmes. L'objet principal de cette thèse est le développement de modèles intégrés dans un outil numérique permettant de prédire le transport d'eau liquide sur une surface sous forme de film ou de ruisselets ou de gouttes. Une approche intégrale de type Saint Venant est adoptée ce qui permet de décrire la dynamique macroscopique d'un film 3D pour des configurations et des temps de calcul raisonnables par rapport à un calcul DNS. Une formulation augmentée du second ordre en espace pour le traitement des termes de courbure est proposée, ce qui autorise l'utilisation de maillages surfaciques non structurés généraux. Contrairement aux modèles disponibles dans la littérature, celui proposé dans ce manuscrit présente l'avantage de tenir compte des phénomènes capillaires et de mouillage sans limite de validité en termes d'angle de contact statique. Une équation de conservation de l'énergie garantissant la consistance thermodynamique des solutions calculées est dérivée du système augmenté régissant la dynamique du fluide. Une discrétisation de type Volumes Finis du système d'équation est proposée. Des simulations numériques valident le modèle pour des configurations académiques de mouillage statiques et dynamiques. La transition d'un film continu en ruisselets est également simulée.

Mots-clés : Givrage, Méthode intégrale, Capillarité, Mouillage, Ligne triple, Ruisselets