

## Soutenance de thèse

**Virgile CHARTON** soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA EDyF et intitulée «*Modélisation de l'accrétion de glace dans les turboréacteurs en conditions cristaux*»

**Le 1<sup>er</sup> décembre 2020 à 10h00, Auditorium ONERA Toulouse**

devant le jury composé de

M. Philippe VILLEDIEU	Directeur de recherche ONERA	Directeur de thèse
M. Stephan BANSMER	Directeur de recherche Université TU Braunschweig	Rapporteur
M. Eric LAURENDEAU	Professeur Polytechnique Montréal	Rapporteur
M. Morgan BALLAND	Ingénieur Safran Aircraft Engines	
M. Christophe JOSSERAND	Directeur de recherche LadHyx, Ecole Polytechnique	
M. Pierre TRONTIN	Ingénieur de recherche ONERA	

**Résumé :** Le givrage est un des phénomènes atmosphériques les plus sévères pour les avions et les moteurs. Les évolutions récentes de la réglementation ont étendu les exigences de certification au cas des cristaux de glace. Pour ces conditions, les moteurs d'avion doivent démontrer un fonctionnement robuste en vol. La glace peut s'accréter jusqu'à très haute altitude et à température positive à l'intérieur du moteur. Les mécanismes associés sont complexes car ils font intervenir des couplages forts entre le transport des cristaux, l'aérodynamique et la thermodynamique dans l'écoulement ainsi qu'à la paroi. L'objectif de cette thèse est de développer et valider des moyens de simulation numérique permettant de prévoir ces phénomènes. Pour remplir cet objectif, une base de données expérimentales peu étudiée précédemment a été analysée, conduisant à l'amélioration des modèles d'érosion de la couche de glace et d'efficacité de collage des cristaux développés lors de précédentes recherches. Ces nouveaux modèles permettent un meilleur accord entre les simulations numériques et les observations expérimentales, ainsi que l'extension des capacités de simulation. En parallèle, les développements ont été implémentés dans CEDRE, la chaîne de calcul multiphysique 3D de l'ONERA, et des simulations ont été réalisées sur des configurations de moteurs. La capacité de l'outil à prévoir le risque d'accrétion dans certaines conditions givrantes a ainsi pu être démontrée. Des limitations ont également été mises en évidence, ouvrant des perspectives de recherche et de développement futurs.

**Mots-clés :** cristaux de glace, givrage, écoulement diphasique, thermique, turbomachine

**Summary:** Icing has been identified as a serious issue since the start of aeronautics. The recent evolution of engine certification has extended the atmospheric domain to ice crystal. Under these conditions, aircraft engine manufacturers have to ensure a reliable in-flight operability. Ice crystal accretion occurs at high altitude and with positive temperature, contrary to standard supercooled droplet icing issue. The mechanisms involved are complex with strong coupling between ice crystals, engine walls and aerodynamics fields. The purpose of this thesis is to develop and validate means of simulation and analysis to predict the accretion generated by ice crystal ingestion. This will include developing 3D ice growth models with hot-wall interaction, liquid film formation, and taking into account erosion and detachment effects. In a second time, these developments will be implemented in the ONERA icing suite. These developments will be validated on academic and motor test.

**Keywords:** icing, turbomachinery, ice crystals, two-phase flow, thermic