



## **Modélisation bidimensionnelle de systèmes électrothermiques de protection contre le givre**

### **Soutenance de thèse de Lokman BENNANI**

**le mardi 18 novembre 2014 à 14 h 00**  
**Auditorium de l'Onera - TOULOUSE**

#### **Devant le jury :**

- Cameron TROPEA de l'Université de Darmstadt (Allemagne)
  - Pierre-Henri MAIRE de l'Université de Bordeaux
- Jean-Jacques MARIGO de l'Ecole Polytechnique à Palaiseau
  - Patrick LABORDE de l'Université Paul Sabatier à Toulouse
    - Michel SALAUN de l'ISAE à Toulouse
  - Philippe VILLEDIEU de l'Onera/DMAE à Toulouse

#### **Résumé :**

Le givrage a depuis longtemps été identifié comme une problématique sérieuse dans le monde aéronautique. L'accrétion de givre, due à la présence de gouttelettes d'eau surfondues dans les nuages, dégrade les performances aérodynamiques et le rendement des entrées d'air parmi d'autres conséquences néfastes. Ainsi, les avions sont soumis à des règles de certifications concernant la capacité à voler en conditions givrantes. Pour ce faire, des systèmes de protection contre le givre sont utilisés. En raison de la complexité des phénomènes physiques mis en jeu, la simulation numérique constitue un atout lors de la phase de conception.

Ce travail de thèse porte sur la modélisation et la simulation numérique des systèmes électrothermiques de protection contre le givre. Il s'articule autour de trois approches de modélisation, qui ont donné lieu au développement de trois modules. Deux d'entre eux sont dédiés à la simulation du transfert de chaleur dans le système et dans la glace (changement de phase). Le troisième est lié à la modélisation du comportement mécanique du givre atmosphérique avec fissuration.

Ainsi, les propriétés mécaniques du givre atmosphérique sont revues de façon à pouvoir identifier les paramètres intervenant dans le modèle de fissuration. Ce modèle est ensuite utilisé pour étudier les mécanismes possibles de détachement du givre, qui ne sont à l'heure actuelle pas encore bien compris.

Le but final de ce travail est de proposer une méthodologie de simulation couplée pour les systèmes électrothermiques de protection contre le givre. Ainsi, la faisabilité d'un calcul couplé thermique-fissuration avec prédiction de détachement de givre est présentée.

**Mots-clés :** GIVRAGE ; PROTECTION CONTRE LE GIVRE ; ELECTROTHERMIQUE ; DEGIVRAGE ; THERMIQUE ; CHANGEMENT DE PHASE ; FISSURATION ; ENDOMMAGEMENT ; MODELISATION NUMERIQUE