



TITRE

Conception de systèmes de dégivrage électromécaniques résonants à faible consommation

Soutenance de thèse – Valerian PALANQUE

28 novembre 2022 à 9h30

Salle des thèses - ISAE Supaero - 10 Av. Edouard Belin, 31400 Toulouse, France

Devant le jury composé de :

M. Craig LAWSON - Rapporteur
M. Jean-Luc DION - Rapporteur
M. Pierre TRONTIN – Examineur

Mme Valérie POMMIER-BUDINGER - Directrice de thèse
M. Lokman BENNANI - CoDirecteur de thèse
M. Marc BUDINGER - Co-encadrant de thèse

Résumé

L'accumulation de glace sur les avions est un problème bien identifié depuis le début des années 1900. Les solutions actuellement utilisées en vol (soufflage d'air chaud provenant des moteurs, tapis chauffants électrothermiques, boudins pneumatiques gonflables, bobines électromagnétiques) offrent une protection efficace mais nécessitent une puissance ou un besoin en maintenance important. De plus, dans le cadre d'avions plus électriques, les systèmes dépendant des moteurs thermiques sont susceptibles de devenir obsolètes, ouvrant ainsi la voie à de nouveaux systèmes électriques. Les systèmes de dégivrage électromécaniques se sont récemment avérés pertinents en termes de consommation d'énergie et de masse embarquée, ce qui explique le travail poursuivi dans cette thèse pour développer ce système. Cette thèse se concentre sur la conception de systèmes de dégivrage électromécaniques résonants basés sur de nouvelles structures ou architectures d'actionneurs. Le système de dégivrage électromécanique résonant étudié est basé sur des actionneurs piézoélectriques. Alimentés par un courant alternatif, les céramiques piézoélectriques vibrent en excitant la structure à une fréquence donnée. Lorsqu'elle correspond à une des fréquences naturelles de la structure, l'amplitude des vibrations augmente grâce au phénomène de résonance, générant des niveaux élevés de contraintes et de déformations, dépassant finalement la résistance mécanique de la glace. L'objectif est de développer un prototype qui pourrait démontrer une protection efficace contre le givre pour une faible puissance absorbée (moins de 10 kW/m²). Afin de concevoir un système de dégivrage électromécanique résonnant efficace et peu consommateur, de nombreuses thématiques ont été étudiées et sont donc développées dans ce manuscrit de thèse. En se basant sur la mécanique des fractures, les mécanismes de fissuration et détachement de la glace sont étudiés. Tout d'abord, des simples échantillons plaques sont utilisés pour faciliter les calculs et les expériences. En utilisant l'analyse modale par éléments finis et les outils d'analyse de fracture, les différents mécanismes de fracture de la glace sont identifiés et les conditions de déclenchement définies. Les mécanismes théoriques supposés sont confirmés par des vérifications expérimentales. Sur la base de ces connaissances, une campagne hybride numérique/expérimentale est menée pour mesurer avec précision les propriétés mécaniques de la glace atmosphérique. Enfin, les mécanismes de fissuration identifiés sont améliorés par le développement et l'utilisation d'un outil d'optimisation, modifiant la géométrie du substrat pour maximiser l'efficacité du dégivrage. Des applications plus réalistes sont ensuite étudiées. Tout d'abord, l'actionnement de la structure est amélioré en minimisant la durée du processus d'identification et d'excitation des modes. Ensuite, afin de faciliter la sélection des modes d'intérêt et l'identification des principales caractéristiques du système, des critères de conception sont définis en fonction de la puissance mécanique, de l'énergie ou de la force à fournir à la structure pour réaliser le dégivrage. En utilisant ces critères, les propriétés de la glace et les connaissances des mécanismes de fracture acquises grâce aux études préliminaires, un prototype NACA réaliste est usiné et instrumenté. Permettant ainsi d'effectuer des tests de vérification dans la soufflerie givrante de l'ICA. Enfin, les performances du prototype sont comparées aux systèmes existants de protection contre le givre. L'impact du système au niveau de l'avion est évalué en quantifiant la puissance requise, la traînée induite et la masse supplémentaire du système et de ses sous-systèmes. Cette approche permet de mettre en avant les avantages de la solution électromécanique développée dans cette thèse au niveau de la flotte aérienne.

Mots clés

Electromécanique, Dégivrage, Propriété mécanique de la glace, Conception