

PROPOSITION DE POST-DOCTORAT

Intitulé : Compréhension et simulation du phénomène de détachement de givre d'accrétion

Référence : **PDOC-DMAS-2025-06**

(à rappeler dans toute correspondance)

Début du contrat : dès janvier 2026

Durée : 18 mois

Mots clés

Mécanique de la rupture, méthodes numérique, givre d'accrétion, phase field, zones cohésives, analyse d'essais

Profil et compétences recherchées

Mécanicien des matériaux ou des structures avec une très bonne culture en mécanique de la rupture ou mécanique de l'endommagement. Le candidat doit également disposer d'une bonne connaissance de la méthode des éléments finis et avoir un minimum d'affinités avec le calcul scientifique et la programmation.

Présentation du projet post-doctoral, contexte et objectifs

Le givrage est un des phénomènes atmosphériques les plus sévères pour les aéronefs et les turbomachines. En conditions givrantes dites standards, la formation de glace est provoquée par l'impact de gouttelettes d'eau en surfusion sur certaines surfaces exposées au flux d'air. Pour le cas de l'entrée d'air d'une turbomachine, la glace va s'accumuler sur des éléments fixes et tournants (cône tournant, aubes fan, ...). À mesure que la glace s'accumule, elle est susceptible de se détacher sous l'effet des efforts centrifuges et/ou aérodynamiques, ce qui peut dégrader l'opérabilité (extinction, pompage) ou endommager des éléments de la turbomachine. Afin de pouvoir quantifier ces risques, il est crucial de mieux comprendre et de savoir modéliser le détachement du givre. Ce phénomène est complexe à modéliser car la rupture de la glace peut survenir à l'interface glace/substrat, au sein de la glace, ou selon un régime mixte.

Des travaux ont été engagés dans le cadre de la thèse de D. Nezzar [1, 2] en collaboration avec SAFRAN Aircraft Engines. La problématique y a été abordée sous l'angle de la mécanique de la rupture quasi-fragile. Un modèle de détachement sur pièces tournantes a été mis au point en mettant en œuvre une approche champ de phase pour capturer l'amorçage et la propagation de la fissure au sein du bloc de givre. Un modèle de zone cohésive est utilisé conjointement pour modéliser le décollement entre la glace et le substrat. En parallèle, une campagne d'essais a été mise au point en collaboration avec le laboratoire AMIL au Canada. Elle consiste en des tests de détachement centrifuge de blocs de givre à géométrie contrôlées. Selon les configurations envisagées ces essais ont vocation à permettre d'identifier certains paramètres matériaux (résistance ou ténacité, dans le volume ou à l'interface) ou à permettre de valider le modèle.

En collaboration avec l'ONERA, SAFRAN Aircraft Engine et le laboratoire AMIL, le sujet postdoctoral comporte un premier volet consistant à exploiter les essais en les analysant par le prisme du double critère de Leguillon [3]. L'objectif est de pouvoir mener à bien les identifications de paramètres matériaux et de proposer des évolutions du dispositif expérimental. Le second volet relève de la modélisation et du développement numérique. Il s'agira dans un premier temps de confronter le modèle avec les essais de validation à géométrie académique. Certains points durs déjà identifiés, et notamment l'interaction champ de phase / zone cohésive, seront investigués. Dans un second temps, la méthodologie sera étendue à la simulation du détachement de givre sur une aube. La difficulté attendue dans ce contexte est liée à la très grande taille des modèles éléments finis qui nécessitera de réaliser les simulations dans un cadre HPC. Ces développements numériques se feront avec le logiciel Z-set codéveloppé par l'ONERA et l'École des Mines de Paris.

- [1] D. Nezzar, J. Rannou, P. Villedieu, L. Bennani, M. Balland, et C. Vénuat, « Simulation of Ice Shedding From Rotating Parts Using Phase-Field Fracture and Cohesive Zone Models », in *AIAA AVIATION FORUM AND ASCEND 2024*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2024. doi: [10.2514/6.2024-4453](https://doi.org/10.2514/6.2024-4453).
- [2] D. Nezzar, J. Rannou, L. Bennani, P. Villedieu, M. Balland, et C. Vénuat, « Modélisation du détachement de la glace en environnement moteur sur composants tournants », in *16ème Colloque National en Calcul de Structures (CSMA 2024)*, Hyères, France
- [3] D. Leguillon, « Strength or toughness? A criterion for crack onset at a notch », *European Journal of Mechanics-A/Solids*, vol. 21, n° 1, p. 61-72, 2002.

Collaborations extérieures

SAFRAN Aircraft Engines, Anti-icing Materials International Laboratory (AMIL)

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : DMAS

Lieu (centre ONERA) : Châtillon

Contact : Johann Rannou

Email : johann.rannou@onera.fr