

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Modélisation multi-échelles de la génération des contraintes résiduelles dans les pièces composites à renfort tissé 3D

Référence : **MAS-DMAS-2024-13**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01/10/2024

Date limite de candidature : 01/06/2024

Mots clés

Composite tissé 3D, contraintes résiduelles, modélisation multi-échelles, dilatation thermique, retrait chimique, comportement viscoélastique, simulation numérique

Profil et compétences recherchées

Master de recherche ou grande école avec spécialisation sur la mécanique des matériaux composites et la simulation numérique.

Bonnes connaissances de la mécanique des matériaux composites, des procédés de fabrication, de la méthode des éléments finis.

Compétences en simulation numérique, programmation, analyses de données expérimentales.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

L'objectif de cette thèse CIFRE financée par SAFRAN Aircraft Engines est la mise en place d'une méthodologie de modélisation des contraintes résiduelles de cuisson dans des pièces composites carbone-époxy à renfort fibreux tissé 3D fabriqués par RTM (resin transfer molding). De par le contraste des propriétés thermomécaniques entre les constituants (fibres et matrice), ces contraintes résiduelles sont inhérentes au procédé d'élaboration et influencent à la fois la forme finale de la pièce et les performances mécaniques. Une meilleure compréhension des phénomènes physiques mis en jeu doit permettre d'optimiser la conception des moules, les cycles de température et de refroidissement, mais aussi d'améliorer les critères de design.

La modélisation des contraintes résiduelles est une problématique multi-physique et multi-échelles. Elle comprend les aspects de cinétique de polymérisation de la résine, du transfert de chaleur au sein du moule, de la dilatation thermique des constituants et du retrait chimique de la résine, et du comportement viscoélastique de la résine et du composite fortement dépendant de la température et du degré de polymérisation.

Les modèles thermo-cinétiques et thermo-mécaniques de la résine utilisée et des outils d'homogénéisation pour en extraire les propriétés du composite ont récemment été développés à l'ONERA dans le cadre de plusieurs projets avec SAFRAN Aircraft Engines. Les travaux de thèse se focalisent sur quatre aspects principaux :

1) La consolidation et l'enrichissement des lois de comportement mécanique et des coefficients de dilatation thermique et de retrait chimique de la résine et du composite en fonction de la température et du degré de polymérisation sur la base de données expérimentales disponibles chez SAFRAN et nouvelles observations réalisées au LTEN.

2) La mise en place de la chaîne de modélisation thermo-cinétique et thermo-mécanique couplée du procédé de cuisson sur une pièce académique pour la prévision des contraintes résiduelles et la transmission de la pression d'injection de résine, et l'analyse de l'influence des conditions aux contours thermiques et mécaniques.

3) La validation de la chaîne de modélisation sur pièces simples exacerbant les déformations résiduelles, telles que des plaques asymétriques ou des cornières. Ces pièces seront réalisées par SAFRAN et la dépendance à la température des effets de relaxation des contraintes sera étudié à l'aide d'essais de chauffage et refroidissement cycliques.

4) L'application à la simulation des contraintes résiduelles au sein d'une pièce d'intérêt industriel. Pour limiter les coûts de calculs (qui peuvent être importants sur une pièce de forme complexe et/ou de taille importante),

des méthodes HPC ou de réduction de modèle disponibles dans le code Z-set et chez SAFRAN seront explorées.

Collaborations envisagées

Safran Aircraft Engines

Laboratoire de Thermique et Energie de Nantes (LTEN)

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Matériaux et Structures

Lieu (centre ONERA) : Châtillon

Contact : Martin Hirsekorn

Tél. : +33 (0)1 46 73 45 82

Email : martin.hirse Korn@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Steven Le Corre

Laboratoire : LTEN

Tél. : +33 (0)2 40 68 31 39

Email : steven.lecorre@univ-nantes.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>