

INVITATION

Modélisation numérique mésoscopique d'un composite tissé 2D avec défauts

Soutenance de thèse - Guillaume Fourier
1er décembre 2023 - 14h

Amphi L. 103 - Centre Pierre Guillaumat - UTC Compiègne
Lien distanciel : [Teams \(id: 313 943 712 287, mdp : FCmBn6\)](#)

Devant le Jury composé de :

Rapporteur	M. Eric Maire , Directeur de recherche	INSA Lyon
Rapporteur	M. Gilles Hivet , Professeur	Polytech Orléans
Examineur	Mme. Delphine Brancherie , Professeure	UTC
Examineur	M. Guillaume Couégnat , Ingénieur de Recherche	Université de Bordeaux
Invités	M. Julien Schneider , Docteur	Safran Aircraft Engines
Co-directeurs de thèse	M. Emmanuel Baranger , Directeur de recherche	ENS Paris-Saclay
Co-directeurs de thèse	M. Alain Rassineux , Professeur	UTC
Co-Encadrant	M. Christian Fagiano , Ingénieur de recherche	ONERA / DMAS
Co-Encadrant	M. Martin Hirsekorn , Ingénieur de recherche	ONERA / DMAS

Résumé

Ce travail de thèse s'inscrit dans le cadre de la modélisation multi-échelle des matériaux composites à renfort tissé afin de prévoir leur comportement et leur tenue mécanique. L'objectif de cette étude est de prendre en compte les variations du renfort tissé dues aux défauts dans la modélisation du matériau à l'échelle mésoscopique (échelle du renfort) pour évaluer leur impact sur le comportement mécanique du composite tissé. La première étape de cette approche consiste en l'extraction automatisée des caractéristiques géométriques du composite tissé, afin de reconstruire un maillage conforme du matériau. Pour cela, nous exploitons les données issues de tomographie à rayons X. Deux méthodes sont présentées pour réaliser la segmentation de la tomographie, dans le but d'identifier les différents composants du matériau : une approche de traitement d'images par filtrage directionnel, en grande partie automatisée, et une approche par apprentissage automatique (machine learning), plus précise, mais nécessitant l'annotation manuelle d'une petite partie de la tomographie pour l'apprentissage initial du modèle. La différenciation des torons d'une même orientation est réalisée par un suivi 3D et recalage des fibres neutres à partir des données issues de la segmentation. Cette étape fournit les données d'entrée pour une méthode originale de gonflement analytique des torons, permettant d'identifier les frontières entre torons et de générer ainsi une voxelisation fidèle de la géométrie du matériau, avec et sans défaut. La dernière étape de lissage et de déraffinement du maillage permet de passer d'un volume contenant plusieurs centaines de millions de voxels à un maillage d'une dizaine de millions d'éléments tétraédriques, ce qui est essentiel pour la mise en place du calcul par éléments finis. La démarche de génération du modèle numérique du matériau a été validée par comparaison quantitative des caractéristiques géométriques des sections et des taux de torons obtenus avec ceux déterminés par segmentation manuelle.

La simulation du comportement mécanique macroscopique d'une cellule élémentaire représentative du matériau, avec et sans défaut, a permis de valider la représentativité du modèle généré par notre approche et l'absence d'effets du défaut étudié sur la tenue mécanique en traction. Cependant, l'analyse des champs de contrainte locaux a montré un impact local du défaut, qui relocalise les zones de rupture à proximité des zones géométriquement impactées par celui-ci. La campagne expérimentale menée pour conclure notre étude a permis de confirmer les observations numériques concernant l'impact du défaut sur les propriétés mécaniques du composite tissé 2D. L'approche proposée à travers l'ensemble de cette étude constitue une chaîne complète de modélisation représentative de la géométrie réelle d'un matériau composite tissé à l'échelle mésoscopique, en prenant en compte les éventuels défauts géométriques du renfort.

Mots-clés

Composite tissés, Défaut de fabrication, Segmentation de tomographie, Génération géométrie maillée, Echelle mésoscopique