



Prédiction des premiers endommagements des composites tissés par modélisation à l'échelle microscopique et validation multi-échelle

Soutenance de thèse – NAYLOR Robin

Vendredi 15 mars 2019 à 10h

LMT – ENS Cachan

Bâtiment Léonard De Vinci

61, avenue du Président Wilson - 94235 CACHAN Cedex

Devant le jury composé de :

M. Pedro CAMANHO	Professeur, Université de Porto	Rapporteur
M. Jean-Charles PASSIEUX	Professeur, INSA Toulouse	Rapporteur
M. Yves REMOND	Professeur, Université de Strasbourg – ECPM	Examineur
Mme. Fabienne TOUCHARD	Chercheur CNRS, Institut Pprime	Examinatrice
M. Stéphane ROUX	Chercheur CNRS, ENS Paris-Saclay	Examineur
M. Christian FAGIANO	Docteur-Ingénieur de recherches, Onera	Examineur
M. Martin HIRSEKORN	Docteur-Ingénieur de recherches, Onera	Examineur
M. Bastien TRANQUART	Docteur-Ingénieur de recherches, Safran Composites	Invité
M. François HILD	Chercheur CNRS, ENS Paris-Saclay	Invité
M. Emmanuel BARANGER	Directeur de Recherches CNRS, ENS Paris-Saclay	Directeur de thèse

Résumé

Ce travail de thèse s'inscrit dans le cadre de la modélisation multi-échelle des matériaux composites à renfort tissé dans le but de prévoir leur comportement mécanique. Les objectifs de cette étude sont de caractériser et de modéliser les premiers stades de l'endommagement à l'échelle microscopique (échelle de la fibre et de la matrice) afin de prendre en compte leur influence lors de la modélisation du toron de fibres à l'échelle mésoscopique. La démarche adoptée consiste tout d'abord à caractériser expérimentalement les mécanismes d'endommagement d'un matériau composite tissé carbone/époxy lors d'essais de traction in-situ au Microscope Électronique à Balayage. Les mécanismes observés sont tout d'abord des décohésions aux interfaces fibres/matrice suivies d'une percolation avec la création de bandes de matrice qui s'étirent ensuite jusqu'à rupture provoquant la fissuration transverse du toron. À cette observation a été couplée une mesure de champ de déplacement par corrélation d'images numériques par approche globale avec régularisation mécanique. Une prise en compte de l'hétérogénéité du composite a été introduite dans cette méthode grâce à l'utilisation d'un maillage issu de la géométrie réelle du matériau. Afin de modéliser ces mécanismes d'endommagement, une géométrie représentative du composite à l'échelle microscopique ainsi que des lois de comportement pour les fibres (élastique linéaire), la matrice (viscoplastique, identifiée sur essai) et les interfaces fibres/matrice (loi cohésive bi-linéaire) ont été déterminées. Les observations expérimentales ont permis de déterminer des intervalles admissibles pour les paramètres de la loi cohésive parmi les valeurs disponibles dans la littérature. De plus, une comparaison des champs de déplacement mesurés expérimentalement et simulés numériquement ont permis de retrouver le même scénario d'endommagement. Enfin, cette modélisation a permis la création d'une enveloppe d'apparition des premiers stades de l'endommagement à l'échelle mésoscopique. L'approche proposée permet de prévoir l'apparition des premiers stades de l'endommagement au sein d'un toron de fibre en se basant sur des considérations physiques issues de l'échelle microscopique.

Mots clés

Composite, Endommagement, Modélisation microscopique, Corrélation d'images numériques, Multi-échelle, Microscope Électronique à Balayage