



ÉMINAIRE du 5 Avril 2013

Ecole des Mines ParisTech

Endommagement matriciel dans des matériaux composites à renforts continus

**Analyses expérimentales et numériques de l'endommagement d'une
matrice polymère d'un composite pultrudé.**

Henri-Alexandre Cayzac, Doctorant

ENSMP, Centre des Matériaux P.M. Fourt, BP 87, 91003 Evry Cedex

henri.cayzac@mines-paristech.fr

Les matériaux composites ont su s'imposer comme matériaux structurels incontournables dans le monde industriel. Le matériau d'étude est un Polyamide 6 (PA6) renforcé de fibres de verre continues (PA6FV). Ce matériau, produit par pultrusion, possède la particularité d'avoir un taux de fibres très élevé. De simples observations microscopiques montrent une variabilité microstructurale importante : dispersion du taux de fibres local, présence de défauts.

Déterminer et quantifier les évolutions des variabilités microstructurales qui influent sur les propriétés mécaniques des composites peut permettre un meilleur dimensionnement des structures.

Les évolutions microstructurales du PA6 massif ainsi que du PA6FV en cours de déformation ont été analysées au travers de techniques novatrices telle que la tomographie-X. Cette technique qui permet l'observation in-situ de l'endommagement a mis en valeur des mécanismes de croissance et coalescence de cavités.

Dans cette étude, une loi de comportement prenant en compte les mécanismes d'endommagement de la matrice a été mise au point. Différents modèles éléments finis allant de la simple cellule élémentaire vers des volumes élémentaires représentatifs ont été étudiés afin de comprendre et modéliser la ruine des structures composites soumises à des chargements complexes.



Analyse de la nocivité des défauts sur les performances mécaniques d'un composite tissé à matrice polymère

Wassim Trabelsi, Doctorant

ENSMP, Centre des Matériaux P.M. Fourt, BP 87, 91003 Evry Cedex

wassim.trabelsi@mines-paristech.fr

Le matériau considéré est un composite tissé tridimensionnel (périodique) imprégné d'une matrice PVC. Le renfort est composé de fils constitués respectivement de fibres de PET pour les fils de chaîne et de fibres de PA66 pour les fils de trame. En service, le matériau est soumis à des efforts mécaniques complexes. Ces sollicitations induisent sa dégradation qui se traduit par une chute de la contrainte à rupture dans le sens chaîne du composite.

Une description complète de la morphologie du matériau avant et en cours de service a été réalisée par Tomographie X. D'une part, les analyses de la microstructure initiale révèlent la présence de porosités dans la matrice polymère. D'autre part, la caractérisation d'un échantillon prélevé à partir d'un matériau en service met en évidence les différents mécanismes responsables de l'usure du composite (coupures de fils de chaîne en surface, fissuration matricielle, décohésion fibre/matrice,...). Pour quantifier la nocivité de ces défauts sur le composite, une modélisation multi-échelle par éléments finis, a été mise en place. Cette approche, fondée sur des calculs d'homogénéisation périodique nécessitant le choix d'un volume élémentaire représentatif (VER). Les observations microscopiques obtenues par Tomographie X ont permis d'identifier un motif périodique tridimensionnel au sein de la microstructure du matériau. La procédure de maillage du VER a été réalisée à l'aide de logiciels de conception et de calculs par éléments finis. Les calculs ont été effectués en imposant une contrainte moyenne dans la cellule, modélisant ainsi un essai de traction. On supposera que l'ensemble des constituants ont un comportement élastique, isotrope transverse réactualisé pour les fils et isotrope pour la matrice. Ainsi, la résolution des problèmes d'homogénéisation a permis de reconstituer le comportement macroscopique du composite. Enfin, les calculs de localisation ont été réalisés en introduisant dans le VER, des défauts semblables (coupures de fils) à ceux constatés expérimentalement. Ces défauts induisent des transferts de charge entre les différents constituants de la microstructure. L'étude de l'amplitude de ces transferts selon la proportion des défauts incorporés dans la cellule a permis d'évaluer les conséquences de ces mécanismes d'endommagement sur le comportement macroscopique du composite.



Vieillissement thermique d'un jonc composite carbone/époxy – Analyse de l'endommagement et ses conséquences sur les propriétés mécaniques

Maéva Serror – Doctorante

Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers ParisTech

Maeva.SERROR-0@etudiants.ensam.eu

Dans un contexte d'ouverture vers de nouveaux marchés européens, la demande en matière de transport électrique ne cesse d'augmenter. Face aux pressions environnementale et sociétale opposées à la construction de nouveaux ouvrages aériens, les distributeurs d'électricité sont à la recherche de solutions techniques innovantes pour augmenter la puissance de transit sans modifier la flèche des lignes électriques aériennes. Parmi les solutions envisagées, l'une d'entre elles consiste en un câble en aluminium renforcé par un jonc pultrudé en matériau composite à matrice organique. Cependant, cette solution ne sera retenue que si la tenue à long terme (pendant une durée d'au moins 50 ans) du jonc est clairement démontrée.

En conditions normales de fonctionnement, la température des lignes électriques aériennes actuelles est de l'ordre de 80-90°C. Cependant, pendant les opérations de maintenance, des pics jusqu'à des températures de l'ordre de 160-180°C sont également enregistrés. A ces températures, les fibres céramiques (verre et carbone) sont stables. On s'attend donc à ce que le jonc périsse par vieillissement thermique de la matrice organique.

L'objet de cette étude est double. Il s'agit, tout d'abord, de mettre en évidence et caractériser l'endommagement dû au vieillissement thermique à l'aide d'une analyse microscopique et tomographique minutieuse et approfondie. Il s'agit ensuite de proposer des équations reliant l'évolution des propriétés mécaniques du jonc à des critères d'endommagement facilement accessibles expérimentalement.

