

CARACTERISATION DE L'ENDOMMAGEMENT DES MATERIAUX COMPOSITES POUR L'AERONAUTIQUE A PARTIR DES MESURES PLEIN CHAMP DES DEPLACEMENTS ET MODELISATION

Mohamed Sahbi LOUKIL^(1,2), Janis VARNA⁽²⁾ et Zoubir AYADI⁽¹⁾

⁽¹⁾ Institut Jean Lamour, SI2M, Université de Lorraine, EEIGM 6 Rue Bastien Lepage, F-54010 Nancy, France

⁽²⁾ Division of Materials Science, Luleå University of Technology, SE-97187 Luleå, Sweden

La rupture finale d'un composite est le résultat de l'accumulation de divers mécanismes élémentaires coexistants qui dépendent notamment de la nature des matériaux constitutifs et des sollicitations mécaniques imposées. Ces mécanismes s'accompagnent généralement du phénomène de dé-cohésion de l'interface fibre-matrice, de la rupture des fibres, de la rupture transverse ou longitudinale de la matrice.

Le mécanisme d'endommagement le plus facilement observable lors d'un essai de traction est la micro-fissuration des plis. Ces fissures sont parallèles à la direction des fibres et s'étendent sur toute l'épaisseur du pli. L'apparition et la croissance du nombre de ces fissures engendrent une réduction progressive de la rigidité globale du composite.

L'approche GLOB-LOC est l'une des approches qui permet d'obtenir l'ensemble des constantes thermo-élastiques du composite à partir de deux paramètres : l'ouverture et le glissement moyens des lèvres des fissures, normalisés par rapport à la contrainte appliquée. Dans cette approche, ces deux paramètres sont évalués à partir d'expressions analytiques simples obtenues en analysant les résultats issus de nombreuses modélisations par des éléments finis [1,2]. Naturellement, ce type de modélisation n'est applicable qu'à des fissures « idéales » : fissures rectilignes, isolées, perpendiculaires au plan moyen avec une pointe de fissure située à l'interface entre les plis.

En pratique, les fissures réelles peuvent différer sensiblement de ce modèle idéal, notamment du fait des modes d'endommagement supplémentaires engendrés par les fissures elles-mêmes. Lorsque le composite est sollicité mécaniquement, les concentrations de contraintes en pointe de fissures peuvent favoriser la création d'une zone où le pli fissuré et le pli adjacent sont décollés (phénomène de délamination). On pourra également observer des fissures secondaires dans la matrice du pli adjacent. Il est évident que l'apparition de ces nouvelles formes d'endommagement modifiera la dépendance de l'ouverture et du glissement des lèvres des fissures avec le chargement appliqué.

Il est donc nécessaire de trouver un moyen de mesure permettant l'estimation expérimentale des valeurs de l'ouverture moyenne et du glissement moyen des lèvres des fissures. En principe, ces grandeurs ne peuvent pas être déterminées à partir d'une mesure ponctuelle, la mesure du profil du déplacement le long des fissures est en effet nécessaire. Cette exigence conduit naturellement l'expérimentateur à envisager l'emploi d'une méthode optique « plein champ » pour les mesures des déplacements.

L'objectif principal de ce papier est de caractériser l'endommagement des matériaux composites (vert/époxy) utilisés dans le domaine aéronautique. En utilisant l'interférométrie de speckle (ESPI), des mesures de champs de déplacements aux bords des échantillons et dans différentes couches du stratifié [3] ainsi que des études par élément finis ont été effectuées dans le but de calculer l'ouverture et le glissement des lèvres des fissures. L'effet des propriétés élastiques des matériaux sur l'endommagement aussi bien que l'effet d'interaction entre les fissures ont été déterminés. Une discussion essais/calculs est enfin réalisée afin de juger la validité des hypothèses retenues.

References

- [1] MS. Loukil, J. Varna and Z. Ayadi, Engineering expressions for thermo-elastic constants of laminates with high density of transverse cracks, *Composite Part A: Applied Science and Manufacturing*, soumis, 2012.
- [2] MS. Loukil, J. Varna and Z. Ayadi, Applicability of solutions for periodic intralaminar crack distributions to non-uniformly damaged laminates, *Journal of Composite Materials*, acceptée, 2012.
- [3] MS. loukil, J. Varna and Z. Ayadi, Characterization of damaged composite laminates by an optical measurement of the displacement field, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 31(012002), 2012