

Comparaison de l'endommagement sous chargement thermomécanique cryogénique de composite stratifié à matrice thermoplastique ou thermodurcissable.

Timothée Klein^{1,2,3}, Christophe Bois^{1,2}, Jean-Christophe Wahl^{1,2}, Caroline Petiot³

1 : Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, I2M, UMR 5295, F-33400, Talence, France

2 : Arts et Metiers Institute of Technology, CNRS, Bordeaux INP, Hesam Université, I2M, UMR 5295, F-33400 Talence, France

3 : Airbus Central Research and Technology, Toulouse, France

Airbus ambitionne de mener la décarbonisation du secteur aérien en construisant le premier avion commercial à hydrogène au monde. Parmi les solutions explorées, l'utilisation d'hydrogène liquide comme carburant est très prometteuse grâce à sa haute densité énergétique et à son potentiel de production renouvelable. La spécificité du secteur aéronautique réside dans le besoin de développer un composant capable de résister aux cycles thermiques et de pression répétés rencontrés par le réservoir au cours de sa vie. Par ailleurs, le développement de réservoirs composites sans liner est un enjeu majeur pour améliorer les performances et le coût des avions commerciaux. Cela implique que l'étanchéité soit assurée par le composite lui-même, ce qui représente un défi important. Sous l'effet d'un chargement thermomécanique, il a été montré que les principaux types d'endommagements sont la fissuration transverse et le micro-délaminage [1]. Cela conduit à la création de réseaux de fissures qui, s'ils coalescent dans l'épaisseur, constituent autant de chemins de fuite [2]. L'épaisseur du pli considéré influe toutefois significativement sur ces mécanismes d'endommagement. En effet, en deçà d'une certaine épaisseur, plus celui-ci est fin plus le seuil d'initiation de la fissuration transverse est repoussé [1].

En raison de leur potentiel élevé de recyclabilité et leur possibilité de soudage, les composites stratifiés à matrice thermoplastique sont envisagés pour la production de structures aéronautiques. Encore très peu étudiés dans la littérature et notamment aux températures cryogéniques, il a toutefois été montré que des comportements variés en fissuration transverse pouvaient être observés en fonction du type de thermoplastique utilisé [3,4].

L'objectif de la présente étude est de comprendre et comparer les mécanismes de fissuration transverse de deux matériaux composites candidats pour les futurs réservoirs cryogéniques à base de fibres de carbone à matrice thermodurcissable (CF/TD) et thermoplastique (CF/TP). L'influence de l'épaisseur du pli est également étudiée en réalisant des empilements avec des plis d'épaisseur unitaire d'approximativement 70 μ m. Des essais allant de la température ambiante aux températures cryogéniques sont réalisés. Une campagne expérimentale sur plaques unidirectionnelles et croisées a tout d'abord été menée pour déterminer les propriétés élastiques et étudier le comportement à rupture des deux matériaux. Ensuite, des essais avec suivi microscopique du processus de fissuration sous chargement thermomécanique ont été mis en place afin d'analyser l'évolution des fissures transverses [5]. L'influence de l'épaisseur du pli et de la température sur la cinétique et mécanismes de fissuration des deux matériaux a ainsi été étudiée en s'appuyant sur des éprouvettes de stratification [0/90/0/90₂/0/90₂]_s.

Références

- [1] J. A. Nairn, « Matrix microcracking in composites », in *Comprehensive composite materials. Vol.2, Polymer matrix composites*, vol. 2, Elsevier, 2000, p. 403-432.
- [2] T. Yokozeki, T. Ogasawara, T. Aoki, et T. Ishikawa, « Experimental evaluation of gas permeability through damaged composite laminates for cryogenic tank », *Composites Science and Technology*, vol. 69, n° 9, p. 1334-1340, 2009.
- [3] H.-A. Cayzac, « Analyses expérimentale et numérique de l'endommagement matriciel d'un matériau composite: Cas d'un pultrudé thermoplastique renforcé de fibres de verre », Thèse de Doctorat, MINES ParisTech, 2014.
- [4] F. Laurin, A. Mavel, P. Paulmier, J.-M. Garcia, et M. Herman, « Experimental and numerical study on the transverse cracking in a composite material with a thermoplastic matrix. », *Proceedings of the 20th European Conference on Composite Materials - Composites Meet Sustainability*, vol. (Vol 1-6), 2022.