

Sujet de doctorat

Résumé

Endommagement et rupture des matériaux Composites

Les matériaux composites ont été créés dans le but d'améliorer les caractéristiques mécaniques ou thermiques des matières classiques, de mieux satisfaire des besoins industriels parfois contradictoires (poids, fonctions ...).Le développement des matériaux composites dans les industries de pointe au cours de ces dernières décennies touche désormais des domaines de plus en plus nombreux : aéronautique, spatial, automobile, ferroviaire, construction civile, électronique, sport et loisirs, médical etc.

Notre nouveau projet de recherche s'inscrit dans le cadre général de notre approche expérimentale et numérique des propriétés mécaniques des matériaux composites (polymères, Stratifiée, Sandwich...) qui ont donné lieu à la publication de plusieurs ouvrages. Les matériaux composites ont été créés dans le but d'améliorer les caractéristiques mécaniques ou thermiques des matières classiques, de mieux satisfaire des besoins industriels parfois contradictoires (poids, fonctions ...).Le développement des matériaux composites dans les industries de pointe au cours de ces dernières décennies touche désormais des domaines de plus en plus nombreux : aéronautique, spatial, automobile, ferroviaire, construction civile, électronique, sport et loisirs, médical etc.

Les objectifs de ce travail sont les suivants :

-Etudier dans un premier temps le comportement mécanique en statique et en fatigue de différents composites stratifiés constitués de fibres de verre, de fibres de carbone et de résine époxyde. Notamment, la connaissance de la valeur de la

contrainte ultime permettra de déterminer les paramètres des essais de fatigue (par exemple : la contrainte correspondant au niveau de charge à appliquer aux éprouvettes).

- la deuxième partie de l'étude est consacré à l'identification des différents mécanismes d'endommagement entraînant la rupture des stratifiés et de mettre en évidence les caractéristiques principales de l'endommagement.
- le développement de nouvelles techniques non destructives de détection de l'endommagement par fatigue et notamment la fissuration intra laminaire qui est le type d'endommagement prédominant à l'échelle du pli et peut être à l'origine d'autres types d'endommagement beaucoup plus néfastes tels que le délaminage ou les ruptures de fibres.

Les travaux de recherche présentés dans ce rapport concernent l'étude expérimentale du comportement mécanique en statique en traction, compression et en flexion 3 points de différents stratifiés constitués de fibres de verre, fibres de carbone et de résine époxyde.

Dans un premier temps, une étude bibliographique a permis de faire le point sur les matériaux composites conventionnels, les comportements des composites, sur les modes d'endommagement et les différents paramètres à prendre en compte lors des essais de fatigue des matériaux composites.

La deuxième partie s'intéresse à la description des matériaux utilisés, à l'élaboration de différentes plaques composite et à la préparation des éprouvettes pour les essais statique, sachant que différentes stratifications à base de fibre de carbone et de verre ont été étudiées comparativement. Deux types de composite stratifiés constitués de fibres de verre, de Carbone et de résine époxyde, différenciés par leur densité et par leur tissage ont été élaborés par moulage sous vide. Les plis sont stratifiés et imprégnés à température ambiante, puis moulés sous vide (dépression) pendant 10 heures entre le moule et le contre moule après interposition de divers tissus de moulage. Les éprouvettes ont été découpées à l'aide d'une tronçonneuse à disque diamanté, à partir de plaques de 30 cm × 30 cm selon la norme ASTM D 790. Le choix des nombres de plis est fait pour garder à peu près constante l'épaisseur des éprouvettes.

La troisième partie, se focalise sur l'identification des propriétés mécaniques quasi-statiques issues de chargements élémentaires des éprouvettes réalisées. L'étude statique a permis de mettre en évidence l'influence du type de renfort sur les valeurs de la charge et du déplacement à la rupture des stratifiés et sur

le développement de l'endommagement au cours du chargement. Cette partie de l'étude a permis d'obtenir des résultats tels que :

- 1- Nous avons présenté les résultats des essais statiques en traction, compression et flexion trois points réalisés sur des échantillons de carbone/époxy et comparées à celles des verre/époxy normalisés

- 2- La détermination des propriétés mécaniques initiales a permis de mettre en évidence les limites d'élasticité et le comportement du matériau suivant les axes de sollicitation. Elle a également mis en évidence la faible résistance de l'interface fibre/matrice pour les deux matériaux.

- 3- Les résultats obtenus font ressortir que les courbes de comportement mécanique sont strictement liées aux types d'endommagements recensés.

Dans un autre volet une partie numérique est à envisager nous allons effectuer une analyse numérique par élément finis afin d'étudier l'endommagement et les modes de rupture d'un assemblage boulonné de deux stratifié composite sous traction uniforme. La simulation numérique est réalisée avec le logiciel ANSYS 14.5. Les dimensions du problème sont en 4D (3 paramètres géométriques + la variable du temps). La considération de l'endommagement, le délaminage des stratifié et la rupture nécessite une étude FEM en explicite (due aux phénomènes prise en compte et l'existence du paramètre temps). Afin d'avoir des résultats fiables et qui ont une bonne concordance avec les résultats obtenu expérimentalement (résultats obtenu par Mr Y. Faci chef d'équipe Matériaux composite DCI-CSC), l'incrément du temps (DT) doit être de l'ordre de 10^{-6} s pour que le système puisse converger vers une solution, tandis que le temps de l'expérience dur en moyenne 120 minutes, ce qui rend le temps de calcul très grand. La réalisation d'une telle simulation nécessite une puissance de calculs énorme (Nombre de CPU, vitesse de CPU, mémoire vive RAM), chose qui n'existe pas au niveau du CSC

