Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

Avis de Soutenance

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Monsieur HAMZA EL IDRISSI

Discipline : Génie Mécanique
Spécialité : Génie Mécanique

Sujet de la thèse

Modelling and analysing progressive damage in composite laminates: New perspectives for design and engineering applications

Formation Doctorale " Sciences de l'Ingénieur, Sciences Physique, Mathématiques et Informatique"

Thèse présentée et soutenue **le vendredi 06 octobre 2023 à 09h30** au centre de conférence à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Titre	Etablissement	
Billal HARRAS	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Président
Moulay Ali CHAABA	PES	Ecole Nationale Supérieure d'Art et Métiers de Meknès	Rapporteur
Abdelmjid SAKA	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Rapporteur
Ahmed EL KHALFI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Rapporteur
Ahmed ABOUTAJEDDINE	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examinateur
BOUCHRA RZINE	PH	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examinateur
JAMILA EL HAINI	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Examinateur
ABBASS SEDDOUKI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directeur de Thèse
Mouad GARZIAD	PA	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Invité

Laboratoire de recherche : Génie Mécanique
Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès

Résumé de la thèse

Les structures composites jouent un rôle de plus en plus important dans l'industrie aéronautique contemporaine. L'utilisation des matériaux composites a dépassé les frontières de la conception aéronautique et s'est étendue à divers secteurs tels que l'automobile, l'athlétisme et les équipements de loisirs, etc. Les attributs exceptionnels des matériaux composites, à savoir leur légèreté et leur remarquable résistance spécifique, contribuent au développement de véhicules qui offrent un meilleur rendement énergétique et une longévité accrue. Pour bien comprendre l'impact des paramètres de conception concernant l'application des matériaux composites dans ces domaines, un examen approfondi des structures composites stratifiées nécessite une étude complète de l'analyse des défaillances englobant à la fois l'initiation et la propagation d'endommagement. Les stratifiés composites sont largement utilisés dans les applications techniques en raison de leurs excellentes propriétés mécaniques et de leur légèreté. Cependant, prédire avec précision leur comportement et l'évolution des dommages reste un défi. En conséquence, cette thèse propose une évaluation approfondie de la modélisation et de l'évaluation des dommages progressifs dans différents stratifiés composites. La thèse se concentre sur trois axes essentiels. Premièrement, on y examine le comportement sous un chargement de traction des laminés entaillés et on y propose diverses méthodes d'évaluation basées sur les critères d'endommagement de Puck et couplés avec la mécanique d'endommagement. Une nouvelle analyse de calcul a été développée en utilisant le sousprogramme UMAT intégré dans le progiciel d'analyse par éléments finis Abaqus. L'étude prédit avec succès les charges de rupture, les modes de rupture et les courbes charge-déplacement, démontrant le potentiel des modèles proposés pour la conception de stratifiés comportant des trous et des encoches. Deuxièmement, le comportement en flexion de la structure composite a été étudié à l'aide d'essais expérimentaux et de la modélisation numérique. Nous avons utilisé les critères d'endommagement de Puck en conjonction avec la méthode d'affaiblissement des éléments, ce qui permet une simulation précise du comportement des composites stratifiés. En outre, l'étude a exploré l'influence des paramètres géométriques sur le comportement en flexion du stratifié composite dans le contexte du modèle d'éléments 2D. Plus précisément, le rapport entre la portée et la hauteur (l/h) des spécimens, ainsi que la

largeur des spécimens, se sont avérés avoir un impact significatif sur la rupture successive et la résistance globale du stratifié composite. Le modèle mis en œuvre a permis de saisir efficacement le comportement complexe et les modes de défaillance observés sous une charge de flexion. Enfin, la thèse propose un nouveau modèle d'endommagement progressif en 3D pour prédire le comportement en flexion et l'évolution de l'endommagement des stratifiés composites soumis à une flexion trois points. Le modèle incorpore un algorithme d'endommagement progressive et des règles de dégradation graduelle de la rigidité, considérant à la fois les modes de défaillance inter et intra laminaires. L'étude valide le modèle en utilisant différents stratifiés composites et prédit avec succès la charge en fonction de la déflexion, la charge ultime et la Logo rigidité. En outre, la thèse explore l'interaction entre la fissuration de la matrice et la délamination, en soulignant l'importance de la résistance de l'interface et en abordant la dépendance du maillage pour des simulations précises. Globalement, cette thèse contribue à l'avancement de la modélisation d'endommagement progressifs dans les stratifiés composites. Les résultats améliorent la compréhension des différents mécanismes de défaillance et fournissent des informations précieuses pour la conception et l'ingénierie des stratifiés composites dans diverses applications.

Mots clés : Composites stratifiés, l'endommagement progressif, critères de défaillance, modes d'endommagement, méthode des éléments finis, zone cohésive, matériau défini par l'utilisateur (Umat)