

TRANSFERT VERS L'INDUSTRIE DE MODELES AVANCES POUR LA PREVISION DE LA TENUE DE STRUCTURES COMPOSITES AERONAUTIQUES

Les travaux présentés dans ce mémoire concernent la proposition de modèles d'endommagement et de rupture pour la prévision de la tenue de structures composites et leur transfert vers l'industrie aéronautique. Cette démarche a été mise en place pour différentes classes de matériaux composites, à savoir les matériaux stratifiés d'unidirectionnels, les matériaux tissés 3D à matrice organique et à matrice céramique. Cette étude peut être décomposée en différentes étapes intimement liées, à savoir : (i) la compréhension des mécanismes d'endommagement et de rupture intervenant au sein de matériaux composites au travers d'essais spécifiques (sur éprouvettes élémentaires ou sur structures) associés à une multi-instrumentation riche (émission acoustique, corrélation d'images, μ -tomographie X...), (ii) la proposition de modèles d'endommagement et de rupture thermodynamiquement admissibles, reposant sur les bases physiques définies précédemment et prenant en compte les spécificités des différents composites étudiés, (iii) la proposition de différentes stratégies de calcul, dont la complexité est adaptée à la problématique industrielle afin de permettre leur usage en bureaux d'études et (iv), enfin, l'intérêt de ces modèles avancés pour le dimensionnement de pièces composites industrielles réelles, prenant en compte les effets des défauts (initiaux ou induits) sur la tenue ou la durée de vie et décrivant la réalité du chargement appliqué (statique ou fatigue). Le transfert des modèles développés, des protocoles d'identification associés et des stratégies de calcul vers différents partenaires de l'industrie aéronautique constitue une spécificité de ces travaux de recherche.

Mots-clés : Endommagement, Rupture, Stratifiés UD, Tissés 3D, Analyse d'essais.

TRANSFER TO INDUSTRIES OF ADVANCED DAMAGE AND FAILURE APPROACHES TO PREDICT THE STRENGTH OF AERONAUTICAL COMPOSITE STRUCTURES

This work deals with the proposal of damage and failure approaches to predict the strength of composite structures and with their transfer to the aeronautical industry. The present approach has been developed for different types of composite materials, such as laminated composite materials manufactured with unidirectional plies, 3D woven composite materials with polymeric or ceramic matrices. This study can be divided into four different main steps, which are strongly connected, and are: (i) the understanding of the different damage and failure mechanisms observed in composite materials through the analysis of specific tests (on coupons or structures) associated with different measurement techniques (acoustic emission, digital image correlation, X-Ray tomography...), (ii) the proposal of damage and failure approaches, based on physical considerations and taking into account the specificities of the various types of studied composite materials, (iii) the proposal of different computational strategies, adapted to the considered industrial test cases to allow their use in design offices and (iv) finally, the interest of such advanced approaches to design real composite components, taking into account the influence of defects (initial or induced) on the structural strength or on its fatigue lifetime, and describing the complexity of the applied loading (static or fatigue). The transfer of the proposed models, the associated identification protocols, and the computational strategies constitute a specificity of the present work.

Keywords: Damage, Failure, Laminated composites, 3D woven composites, Test analysis.