

SOUTENANCE DE THESE
le vendredi 03 octobre à 13h30
Amphi 3 - ENSIETA
2 rue François Verny à Brest

Vous êtes cordialement invités à assister à la soutenance de thèse
de **Monsieur Lotfi HAMITOUCHE**

intitulée

**« Endommagement et Rupture des Assemblages en T de Structures
Composites pour des Applications Navales »**

Résumé

Aujourd'hui, les composites sont pour la plupart issus de préformes simples fabriquées à partir de tissus classiques ou unidirectionnels assemblés par tissage dans le plan. La géométrie de ces pièces reste simple avec des épaisseurs relativement faibles par rapport aux autres dimensions ce qui les fait appartenir à la catégorie des coques et des plaques. Ces pièces sont généralement chargées dans leur plan. Pour élargir le domaine d'application des composites dans les pièces de structure, et aussi limiter les structures mixtes composite/alliages d'aluminium qui sont sources de problèmes, il existe un besoin important dans le domaine des structures intégrées travaillant souvent en 3D. Le point faible de ce mode d'assemblage est leur sensibilité aux sollicitations mécaniques hors plan qui peuvent causer la ruine de la liaison par délaminage. Une partie critique des réalisations dans le domaine naval est le raccordement entre deux plaques qui forment une structure en T. Cette dernière assure le transfert du chargement hors-plan. La bonne exécution des assemblages est liée au choix de l'adhésif et de la conception du stratifié incurvé (cornière).

L'objectif de ce travail est la compréhension des mécanismes de fonctionnement de la liaison des préformes (couture, 2.5D et 3D) pour un composite verre/polyester utilisé dans le milieu naval. Afin de caractériser l'apport du renfort suivant l'épaisseur dans la résistance au délaminage, une campagne d'essais a été menée en parallèle avec le développement d'un modèle numérique.

L'étude expérimentale comporte d'une part une campagne d'essais du type DCB et ENF avec la détermination de la résistance au délaminage pour quatre configurations de renfort : tissu taffetas 2D, tissu taffetas 2D cousu suivant l'épaisseur, tissu 2.5D et tissu 3D. D'autre part, une série d'essais sur des structures représentatives d'un assemblage en T avec et sans couture a été menée pour la quantification de l'apport de celle-ci dans la résistance structurale.

En parallèle, un modèle numérique basé sur la mécanique de la zone cohésive a été développé et implémenté dans le code ABAQUS[®] implicite pour la modélisation de l'initiation et de la propagation du délaminage. Le modèle cohésif relie les contraintes aux sauts de déplacement à travers une interface où la fissure peut se créer. L'initiation de l'endommagement est reliée aux valeurs maximales des différentes contraintes aux interfaces. Lorsque l'énergie générée dans l'élément cohésif est égale au taux de restitution d'énergie critique du matériau, les efforts se réduisent à zéro et un nouveau front de fissure est formé. L'étude a été menée en quasi-statique et la résolution numérique du système non-linéaire utilise la méthode de Newton-Raphson qui génère une instabilité matérielle liée au

comportement adoucissant du modèle cohésif. On montre sur un essai de traction simple d'une éprouvette composée de deux barres reliées par un élément cohésif, que la solution du problème discrétisé par élément finis peut diverger. Pour contrôler la convergence du modèle, une viscosité régularisatrice est introduite. Cette énergie supplémentaire ajoutée au modèle permet de résoudre complètement le problème d'instabilité.

Après avoir étudié les différentes possibilités de ce nouvel élément d'interface, nous nous sommes intéressés ensuite à la modélisation de la couture. Une étude à l'échelle micromécanique s'avère très difficile compte tenu des problèmes dus à l'identification du comportement de l'interface fibre/matrice et aux conditions aux limites induites par le procédé de couture. Pour cela, nous avons utilisé deux approches. La première est une étude analytique à l'échelle micro du mécanisme d'arrachement d'un fil noyé dans la résine en ajoutant une condition aux limites afin de tenir compte du nœud de couture. La seconde partie est consacrée à la modélisation par éléments finis à l'échelle macro du comportement d'un fil de couture noyé dans une matrice au sein d'une structure.