

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Effets des singularités et du procédé de consolidation sur les propriétés mécaniques de composites thermoplastiques obtenus par procédé de placement automatisé de fibres

Référence : **MAS-DMAS-2024-22**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01/10/2024

Date limite de candidature : 31/05/2024

Mots clés

AFP, Thermoplastique, Composite

Profil et compétences recherchées

Ingénieur Mécanique / Master 2

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Depuis plusieurs années, l'Onera et ses partenaires industriels s'intéressent à la problématique de l'analyse des défauts liés aux procédés de fabrication de type AFP (Automated Fiber Placement / placement de fibres automatisé) au sein de projets nationaux comme PhyDEFECT (projet DGAC), VITAL (projet IRT / ONERA / Airbus / Airbus Atlantic) ou TRUST (projet IRT / ONERA / Airbus / Airbus Atlantic). Actuellement, ce sont des matrices thermodurcissables (comme les époxy) renforcées par des fibres longues qui sont majoritairement utilisées pour ce procédé. Cependant des imprégnés à base de matrices thermoplastiques renforcées par des fibres continues prennent une part de plus en plus importante dans l'industrie aéronautique par leurs hautes performances mécaniques spécifiques, par leur ténacité aux interfaces et par leur potentielle recyclabilité. Afin d'optimiser l'utilisation de ces matériaux et d'élargir leur domaine de design, les industriels de ces secteurs ont besoins de définir de nouvelles règles de conception tout en gérant les nouveaux paramètres de dépose des bandes pré-imprégnées. En effet, le placement de ces bandes peut donner lieu à la création de singularités au sein de structures composites soit par leur chevauchement, soit par un manque de matière lié à l'arrêt de la dépose d'une bande. Les connaissances sur les effets de ces singularités sont encore mal connues tant pour les matrices thermodurcissables que thermoplastiques. Dans le cas des matériaux thermoplastiques, s'ajoute la possibilité de consolider la pièce durant la dépose des bandes ou alors de le faire dans un second temps au sein d'un autoclave.

Le DMAS/MC2 possède un savoir-faire conséquent concernant la modélisation du comportement endommageable de matériaux et structures composites fabriqués par des procédés classiques (type presse / drapage manuel pour les thermoplastiques). La prévision des effets des singularités induites par le procédés AFP nécessite une caractérisation à l'échelle de coupons élémentaires pour l'adaptation de ces modèles au comportement mécanique des composites thermoplastiques fabriqués par ce procédé. Ce sont des travaux que nous avons d'ores et déjà mis en place pour des composites à matrices thermodures (fibre de carbone/ matrice époxy) dans le cas notamment de la thèse de L. Marquet mais surtout dans le cadre de la convention PhyDEFECT. Ce travail de thèse s'inscrit dans le cadre d'une collaboration initiée en 2024 entre l'Onera et le DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt / Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique) à l'échelle du coupon et sur l'effet du procédé de consolidation de la résine thermoplastique. Il s'agit ici de mettre en œuvre des travaux similaires aux matériaux thermodurcissables mais avec la particularité des procédés de mise en œuvre des matrices thermoplastiques (température de consolidation de 400°C contre 180°C pour des matrices thermodures). Ces derniers seront focalisés sur la représentativité géométrique des défauts par AFP dans un modèle éléments finis en cohérence avec les observations micro-tomographiques (analyse d'images, automatisation

d'insertion de défauts en 3D, orientation des propriétés matériaux à l'échelle des plis) qui seront réalisées au DLR. La mise en place de modèles d'endommagement et de rupture pour la prévision de la tenue des coupons élémentaires en traction sera également réalisé.

Le travail de la thèse consistera dans un premier temps de compléter la base de données expérimentales existante, d'analyser les données matériaux disponibles à l'Onera ou au DLR et mettre en place la stratégie de modélisation par éléments finis. Cette stratégie devra assurer un bon compromis entre la représentativité des singularités, l'influence de la méthode de consolidation et le temps de simulation, d'autant plus que ces simulations s'appuieront sur des lois non-linéaires de comportement et de rupture progressive de type OPFM (Onera Progressive Failure Model) validées dans la thèse de C. Fougerouse pour des composites Carbon/Thermoplastiques consolidés sous presse. L'attendu de cette partie est d'identifier les spécifications matériaux les plus nocives non seulement vis-à-vis des performances résiduelles mais également sur les seuils d'endommagement. Dans un second temps, la validation de cette approche à l'échelle du coupon élémentaire devra être validée sur des essais plus complexes et représentatifs des problématiques industrielles. Une campagne d'essais de validation de ces méthodes sera menée sur éprouvettes lisses et trouées soumises à des chargements de traction ou de compression, pour les spécifications matériaux identifiées dans la première partie. Une confrontation entre les résultats obtenus à l'aide de la stratégie de modélisation développée et ceux de la campagne d'essais richement instrumentée permettront alors de renforcer la validation de la démarche proposée dans ce travail de thèse.

Collaborations envisagées

DLR, UTC

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : DMAS

Lieu (centre ONERA) : Châtillon

Contact : Juan Manuel Garcia

Tél. : 01 46 73 45 18 Email : juan_manuel.garcia@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Alain Rassinoux (à confirmer)

Laboratoire : UTC

Tél. :

Email : alain.rassinoux@utc.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>