

Etude de solutions composites bio-sourcées pour l'aviation légère

Doctorant : Benjamin Masseteau^a

Encadrants : Annette Roy^a, Gaëlle Alise^a, Franck Michaud^b, Mark Irle^b

a : CRITT Matériaux Poitou-Charentes ZA Beligon, rue Maurice Mallet, 17300 Rochefort, France

b : Ecole Supérieure du Bois, rue Christian Pauc, 44000 Nantes, France

Résumé

Dans le domaine de l'aviation légère, l'évolution des matériaux alliant à la fois hautes propriétés mécaniques, légèreté et durée de vie élevée, a fortement favorisé le développement des matériaux composites. Aujourd'hui, c'est une autre démarche qui se met en place parallèlement, elle concerne le respect de l'environnement.

Le support de l'étude est le CRI-CRI MC-15 qui est le plus petit bi-moteur au monde réalisé initialement en grande partie en alliage d'aluminium. Il s'agit dans cette étude de montrer qu'il est possible d'utiliser des matériaux moins impactants dans l'aile du CRI-CRI et ce en justifiant ces matériaux vis-à-vis d'une réglementation aéronautique. Le cas échéant, cela permet d'identifier les points qui bloquent l'utilisation de tels matériaux dans ce domaine.

Les impacts environnementaux générés par les alliages d'aluminium sont susceptibles d'être réduits par l'utilisation de matières renouvelables (fibres de lin et liège) qui présentent outre le fait d'être renouvelables, des propriétés mécaniques tout à fait intéressantes. De nombreux travaux relatifs aux matériaux composites renforcés par des fibres végétales ont déjà été réalisés, mais certains verrous scientifiques et technologiques demeurent, notamment vis-à-vis de leur utilisation dans le domaine aéronautique. En particulier, la variabilité élevée de leurs propriétés physico-chimiques et mécaniques ainsi que leur aspect biodégradable, impose l'utilisation de facteurs de sécurité importants qui limitent leur utilisation.

Ce travail a donc un double objectif : technologique par l'évaluation des possibilités d'utilisation offerte par les bio-composites dans l'aviation légère et scientifique par l'étude des paramètres responsables de la variabilité des propriétés physico-chimiques et mécaniques des bio-composites.

Aspect scientifique

Une partie conséquente de l'étude est consacrée au composite monolithique unidirectionnel dans le but de déterminer l'origine de la variabilité des bio-composites. Pour cela, la prédiction du module

d'élasticité de composites renforcés unidirectionnellement par des fibres de lin est étudiée, elle permet d'identifier les paramètres qui gouvernent leurs propriétés mécaniques. L'étude porte plus particulièrement sur l'influence de l'humidité des fibres sur le module d'élasticité des composites, paramètre peu étudié dans la littérature. L'effet de l'eau sur 4 phénomènes (variation de la densité, modification des propriétés mécaniques de la fibre, modification de la qualité d'adhésion fibre/matrice et variations dimensionnelles) est étudié. En étudiant l'influence de l'humidité des fibres sur les propriétés mécaniques des fibres non imprégnées et sur celles des composites, il est possible par un découplage d'obtenir une information sur l'influence de l'eau sur la qualité d'adhésion fibre/matrice.

L'influence de la porosité des composites sur leurs propriétés mécaniques est aussi discutée car elle permet d'expliquer au moins en partie la variabilité observée sur les propriétés transverses via le modèle de Mackenzie. Une étude morpho métrique des porosités par micro-tomographie RX a permis d'identifier les différents types de porosité et d'identifier celles qui sont responsables de l'affaiblissement mécanique.

Enfin, l'influence des paramètres de mise en œuvre au contact/compression est étudiée et l'effet opérateur discutée car des phénomènes non expliqués interviennent pour ce qui est de la pression de compactage.

Aspect technologique

Il s'agit donc d'étudier les possibilités d'utilisation offertes par des matériaux bio-sourcés dans l'aile du CRI-CRI et ce vis-à-vis d'une réglementation aéronautique.

Pour cela, les propriétés mécaniques, le comportement en vieillissement et en fatigue ainsi que la variabilité des propriétés mécaniques et physico-chimiques d'un sandwich constitué de fibres de lin, de liège et d'une matrice époxy sont étudiés. Les différents facteurs de sécurité obtenus sont ensuite utilisés dans une modélisation mécanique par éléments finis par laquelle les zones d'utilisation du bio-composite sont identifiées. Enfin une analyse environnementale comparative est réalisée pour vérifier si l'aile utilisant le bio-composite est réellement moins impactante que la version initiale. Les impacts environnementaux générés par le bio-composite sont également approfondis pour identifier les phases les plus impactants

Introduction

Aviation légère, réglementation aéronautique, bio-composites, variabilité, tenue en vieillissement

Aspects scientifiques

Objectifs : Comprendre l'origine de la variabilité, identifier paramètres prédominants

Aspects technologiques

Objectifs : Évaluer les possibilités d'utilisation des bio-composites dans l'aviation légère

Chapitre I - Bibliographie

L'éco-conception
Cahier des charges (JAR-VLA)
Les matériaux composites
Les matières premières naturelles
Justification des choix matière et des choix structure

Chapitre III – Étude du composite monolithique

Identification paramètres prédominants
Influence du procédé de mise en œuvre
Influence de l'humidité
Influence de la porosité

Chapitre II - Méthodes

Mise en œuvre des composites
Composition volumique
Essais mécaniques
Vieillissement + fatigue
Modélisation éléments finis
Analyse du cycle de vie

Chapitre IV – Validation sandwich dans aile

Comportement du sandwich
Vieillissement + fatigue
Étude de variabilité
Validation mécanique par MEF

Chapitre V – ACV comparative

Comparaison des deux ailes
Identification des hot spot

Conclusion

Effets de l'humidité et de la porosité sur les propriétés mécaniques, validation d'un sandwich bio-sourcé dans l'aile du CRICRI, filière à optimiser en terme d'impact environnementaux