



HAL
open science

Modélisation de la microstructure de composites UD à fibres naturelles pour l'étude de leur durabilité

Cécile Mattrand, Romain Léger, Stéphane Corn, Ahmed Mouti

► To cite this version:

Cécile Mattrand, Romain Léger, Stéphane Corn, Ahmed Mouti. Modélisation de la microstructure de composites UD à fibres naturelles pour l'étude de leur durabilité. EcoMat2017, Oct 2017, Alès, France. hal-01659781

HAL Id: hal-01659781

<https://uca.hal.science/hal-01659781v1>

Submitted on 26 May 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

MODELISATION DE LA MICROSTRUCTURE DE COMPOSITES UD A FIBRES NATURELLES POUR L'ETUDE DE LEUR DURABILITE

C. Mattrand ^{1*}, R. Léger ², S. Corn ², A. Mooti ³

¹ Université Clermont Auvergne, CNRS, SIGMA Clermont, Institut Pascal, F-63000 Clermont-Ferrand, France

² Centre des Matériaux des Mines d'Alès, IMT Mines Alès, F-30319 Alès, France

³ Ecole Supérieure du Bois, Ecole Centrale de Nantes, F-44000 Nantes, France

*cecile.mattrand@sigma-clermont.fr

RESUME :

La prédiction du comportement en service et de la durée de vie de matériaux composites renforcés de fibres naturelles est un challenge dès lors qu'ils sont soumis à des sollicitations multi-physiques complexes, tels que des chargements mécaniques et hydriques concomitants. La compréhension de la réponse du matériau à l'échelle locale peut nécessiter une description précise de leur microstructure. Ces travaux proposent une approche originale permettant de générer des microstructures virtuelles réalistes dans l'objectif de prédire numériquement le comportement hygroscopique de composites renforcés de fibres naturelles.

MOTS CLES :

Composite à fibres naturelles; Microstructure réaliste; Modélisation diffusion.

INTRODUCTION

De plus en plus d'entreprises se tournent vers les composites renforcés par des fibres naturelles, mais leur utilisation dans des produits à forte technicité est ralentie par la forte variabilité des propriétés de leurs constituants. De même, leur durabilité est limitée en raison de la dégradation des propriétés des fibres végétales en milieu humide.

Un des challenges actuels pour l'utilisation des composites biosourcés est donc la prédiction de leur tenue mécanique en environnement humide. La détermination expérimentale de l'influence de la composition/structuration de ces composites sur leur comportement nécessiterait de mettre en œuvre un vaste plan d'expériences. Le recours à la simulation numérique semble alors une piste intéressante pour identifier la sensibilité des phénoménologies observées à différents facteurs tels que la microstructure, les propriétés des constituants ou même la nature des interfaces.

Le travail exploratoire proposé ici s'inscrit dans ce contexte. Il s'agit plus particulièrement de proposer une méthodologie pour synthétiser des microstructures (2D) de morphologies au réalisme contrôlé afin d'étudier leurs influences sur les propriétés diffusives (locales et globales) obtenues par la simulation numérique. Nous restreignons ici l'étude à l'analyse d'un volume élémentaire situé à l'intérieur d'une mèche de renforts.

METHODES

La synthèse de microstructures virtuelles (Figure 1), mais statistiquement représentatives des microstructures intra-mèches observées, s'appuie sur trois grandes étapes : 1/ **L'analyse d'images**

obtenues par microscopie optique à balayage. Une procédure semi-automatisée est mise en œuvre pour extraire les fibres élémentaires et les faisceaux des images et réaliser cette classification. 2/ La **représentation probabiliste** des sections de fibres et faisceaux à partir d'une analyse de Fourier [1]. 3/ La **génération de Volumes Élémentaires** (VEs) à partir d'algorithmes dédiés. Ceux-ci ont été développés à partir des approches RSA et RSE¹ et adaptés à l'intégration des morphologies complexes des sections de fibres élémentaires et faisceaux afin d'atteindre des fractions volumiques intra-mèches élevées comme observé en pratique (selon les procédés de fabrication employés).

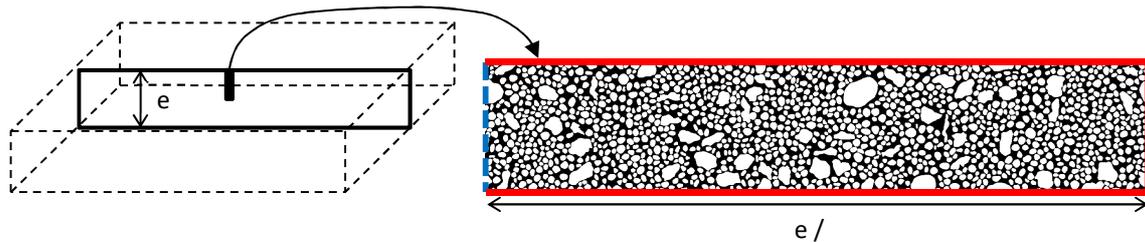


Figure 1 : Exemple de microstructure générée, $V_f \approx 55.8\%$ et conditions limites appliquées

La simulation de la diffusion est réalisée grâce au logiciel de calcul par éléments finis COMSOL® sur des volumes élémentaires 2D de taille $2 \times 0.4 \text{ mm}^2$ (Figure 1). Les paramètres matériaux utilisés sont donnés dans le Tableau 1. Concernant les conditions aux limites (Figure 1), la face représentée par la ligne pointillée bleue est soumise à la présence d'eau et est libre de se déplacer (gonflement), tandis qu'on impose des conditions de symétrie aux autres faces représentées par les traits pleins rouges (flux hydrique nul pour la diffusion, déplacements orthogonaux nuls pour la mécanique). Une étude de sensibilité du maillage a conduit au choix de sa finesse. Les modèles étudiés sont constitués d'environ 150000 éléments.

Tableau 1 : Paramètres de modélisation

	D (m ² /s) Coefficient de diffusion	M _{sat} (%) Teneur en eau à saturation	E _t (GPa) Module élastique transverse	ν Coefficient de Poisson	β (%H ₂ O) Coefficient de dilatation hydrique
Fibres (lin)	1×10^{-10}	14	5	0.4	18×10^{-3}
Matrice (polyester)	8×10^{-13}	0.9	3	0.3	4×10^{-3}

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les premiers résultats tendent à montrer que l'influence de la morphologie des fibres ainsi que leur dispersion ont un impact négligeable sur la cinétique globale de sorption et sur le gonflement moyen du bord libre tandis que des écarts sont observés localement sur les états de contraintes. Les niveaux de contraintes et de gonflement obtenus sont toutefois très élevés. Se pose alors la question de la représentativité du modèle retenu pour cette première étude (données matériaux, conditions limites, couplages mécano-sorptif, interphase, ...), ce qui constitue une des perspectives de ce travail.

REFERENCES

[1] Mattrand C., Béakou A., Charlet K. (2014), Numerical modeling of the flax fiber morphology variability, *Composites: Part A*, p 10-20.

¹ RSA : Random Sequential Adsorption ; RSE : Random Sequential Expansion