Modélisation multi-échelle de la diffusion d'eau dans un composite UD polyester/lin

Romain Léger, Guilherme Apolinario, Stéphane Corn, Anne Bergeret, Jean-Marc Haudin, Patrick Ienny

▶ **To cite this version:**

Romain Léger, Guilherme Apolinario, Stéphane Corn, Anne Bergeret, Jean-Marc Haudin, et al.. Modélisation multi-échelle de la diffusion d'eau dans un composite UD polyester/lin. Colloque Fatigue et durabilité des composites biosourcés, May 2016, Besançon, France. hal-02975423

HAL Id: hal-02975423
https://hal.science/hal-02975423

Submitted on 22 Oct 2020

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.

MODELISATION MULTI-ECHELLE DE LA DIFFUSION D'EAU DANS UN COMPOSITE UD POLYESTER/LIN

R.Léger*[(1)], G.Apolinario Testoni[(1)], S.Corn[(1)], A.Bergeret[(1)], J.M.Haudin[(2)], P.Ienny[(1)]
[(1)] Centre des Matériaux des Mines d'Alès, 6 avenue de Clavières, 30319 Alès Cedex
[(2)] Centre de Mise en Forme des Matériaux, 1 rue Claude Daunesse, 06904 Sophia Antipolis

[(*)] *correspondant : romain.leger@mines-ales.fr*

Mots-clés : Composite à fibres naturelles ; Vieillissement en immersion; Modélisation diffusion ; Multi-échelles

RESUME

La durabilité d'une structure en service peut être prédite en s'appuyant sur la simulation numérique de son comportement et, pour le cas où l'eau est impliquée, par la modélisation de la diffusion de ce solvant dans le matériau. Pour les matériaux composites, cette modélisation est rendue complexe par la nature hétérogène du matériau et par sa structuration multi-échelles. Des approches analytiques ont donné des résultats satisfaisants (El Hadi *et al.*, 2016), mais elles négligent la microstructure réelle du composite en approximant les gradients locaux. Une approche numérique semble alors pertinente, d'autant plus si l'on s'intéresse à des composites renforcés par des fibres naturelles hydrophiles.

INTRODUCTION

Les composites à fibres naturelles constituent une piste de substitution intéressante aux composites traditionnels à renforts de verre. Ils restent toutefois sous-utilisés du fait d'une durabilité souvent médiocre expliquée par la nature hydrophile des renforts végétaux qui se gorgent d'eau perdant ainsi leurs intéressantes propriétés mécaniques (Regazzi *et al.*, 2016). Être capable d'anticiper l'évolution des propriétés de ces composites en condition d'usage aiderait à concevoir des structures durables. Ces travaux ont pour but de développer un modèle de diffusion multi-échelles, première étape à la prédiction de l'évolution du comportement de ces composites à microstructure complexe.

MATERIAUX

Le composite étudié ici, un UD de lin (masse surfacique 390g/m2, Fibre Recherche Développement) à matrice polyester insaturé (Enydyne®, Cray Valley), est produit par infusion de 4 plis et possède un taux volumique de renfort moyen de 30%. Sa structuration multi-échelle est décrite en Figure 1.

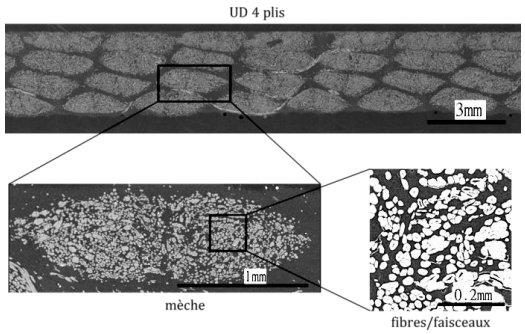

Fig. 1 : Organisation multi-échelles du composite UD lin/polyester.

MODELISATION

Une première approche consiste à reproduire de manière fidèle la microstructure sur la base d'images MEB afin de simuler la diffusion à plusieurs échelles. On se propose dans un deuxième temps d'étudier un modèle paramétrique représentatif de la microstructure réelle et basé sur la quantification de plusieurs descripteurs issus de l'analyse d'images. Bien qu'il nécessite une analyse supplémentaire, ce modèle paramétrique présente l'avantage de réduire la taille du maillage éléments finis et de raccourcir ainsi les temps de calcul. Dans les deux cas, on s'intéresse tout d'abord au matériau « mèche » constitué de fibres, de faisceaux et de matrice, conduisant à la définition d'un VER, puis dans un deuxième temps à l'UD constitué de ces « mèches » et de matrice.

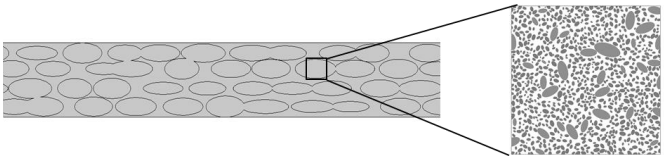

Fig.2 Exemple de modèles paramétrés à l'échelle « UD » et « mèche »

RESULTATS

Les premiers résultats montrent, par une approche directe (propriétés de constituants issues de l'expérience ou de la littérature), que le modèle paramétrique peut se substituer au modèle réaliste pour la physique de diffusion d'eau et cela pour les deux échelles étudiées (Figure 3). A l'échelle de la mèche, nous avons pu définir un VER sur la base duquel le comportement moyen en diffusion des fibres de lin in-situ peut être approché par recalage numérique.

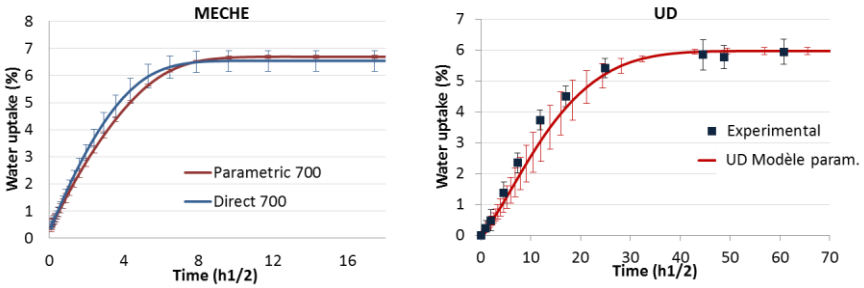

Fig.3 Comparaison de la prise en eau obtenue pour les modèles réaliste et paramétrique à l'échelle de la mèche / Comparaison entre expérience et modèle à l'échelle « UD ».

CONCLUSION

Ces travaux constituent une première étape vers un modèle plus élaboré tenant compte des propriétés in-situ de la résine qui diffèrent souvent des propriétés intrinsèques (*Joliff et al.*, 2014), intégrant une loi de diffusion de Langmuir physiquement plus pertinente, et représentant la microstructure de manière plus précise (Mattrand *et al.*, 2014).

REFERENCES

El Hadi S., Scida D., Assarar M., Ayad R. (2016). Assessment of 3D moisture parameters on flax/epoxy composites. *Composites: Part A* **80,** 53-60.

Regazzi A., Corn S., Ienny P., Bénézet J.C., Bergeret A. (2016). Reversible and irreversible changes in physical and mechanical properties of biocomposites during hydrothermal aging. *Industrial Crops and Products* **84**, 358-365.

Joliff Y., Rekik W., Belec L., Chailan J.F. (2014). Study of the moisture/stress effects on glass fibre/epoxy composite and the impact of the interphase area. *Composite Structures* **108**, 876-885.

Mattrand C., Béakou A., Charlet K. (2014). Numerical modeling of the flax fiber morphology variability. *Composites: Part A* **63**, 10-20.