

Détermination expérimentale du module d'Young transverse de fibres végétales

Experimental determination of the transverse Young's modulus of plant fibers

Chevallier A.¹, Govilas J.¹, Gabrion X.¹, Beaugrand J.², Clévy C.¹, et Placet V.¹

1 : Institut FEMTO-ST
Univ. Bourgogne Franche-Comté,
24 -26 rue de l'Épitaphe, F- 25000 Besançon
e-mail : anouk.chevallier@femto-st.fr, jason.govilas@femto-st.fr, xavier.gabrion@ens2m.fr
cedric.clevy@femto-st.fr et vincent.placet@univ-fcomte.fr

2 : Biopolymères, Interactions, Assemblages (BIA), INRAE
rue de la Géraudière, F- 44316 Nantes Cedex 3
e-mail : johnny.beaugrand@inrae.fr

La transition écologique favorise l'émergence de composites biosourcés et l'utilisation de fibres issues de la biomasse locale telles que le lin, le chanvre et l'ortie comme renfort.

Cependant, les fibres végétales présentent une plus grande complexité et une plus grande variabilité de leurs propriétés (morphologiques, dimensionnelles, compositionnelles et mécaniques) que les fibres synthétiques. Ces propriétés dépendent aussi des procédés d'extraction et de transformation. Pour prédire le comportement mécanique des composites, en particulier le comportement transverse, la détermination des propriétés des fibres élémentaires qui les renforcent est essentielle. Cette détermination peut s'effectuer par méthode inverse à partir d'essais sur composite [1]. La littérature montre que la loi des mélanges, sous une formulation traditionnelle n'est pas complètement adaptée aux fibres végétales [2]. Une détermination expérimentale par méthode directe est donc souhaitable. Cependant, les fibres élémentaires sont de petite taille : quelques millimètres de longueur pour quelques dizaines de micromètres de diamètre. Ainsi lors d'un essai de compression diamétrale, la force et le déplacement mesurés sont respectivement de quelques milliNewton et de quelques micromètres, ce qui nécessite de nouvelles approches de caractérisation de fibre élémentaire en utilisant des systèmes micro-mécatroniques.

Ce travail propose de déterminer le module d'Young transverse de fibres issues de plantes européennes, à partir d'essais de compression diamétrale. Le dispositif micro-mécatronique expérimental utilisé repose sur un capteur mesurant simultanément la force et le déplacement transverse de la fibre au contact direct de celle-ci [3] (cf. Fig. 1a). Un protocole expérimental assurant un parallélisme entre les deux plateaux de compression pendant l'essai [4] et une chambre de test régulée en humidité garantissent la précision des mesures. Cinq fibres de chaque type ont été testées. Le module d'Young transverse apparent est identifié avec le modèle de JAWAD et al. [5].

Ces travaux ont permis d'obtenir la courbe force/déplacement transverse de fibres d'ortie, de chanvre et de lin et de calculer le déplacement résiduel et l'énergie dissipée au cours d'un cycle de charge/décharge. Les mesures du module d'Young des fibres de kevlar ont permis d'une part de valider le dispositif expérimental par comparaison avec la littérature, d'autre part, pour la première fois, le module d'Young transverse apparent de ces fibres a été identifié par méthode directe (cf. Fig. 1b).

Pour identifier le module d'Young, le modèle de JAWAD et al. [5] assimile la fibre à un cylindre

plein. Une simulation éléments finis permet d'évaluer l'influence de la géométrie réelle de la fibre (cf. Fig. 1a) sur le module d'Young identifié par ce modèle analytique. Ainsi, les valeurs de module d'Young obtenues expérimentalement sont confrontées à l'erreur induite par l'hypothèse faite sur la géométrie de la fibre.

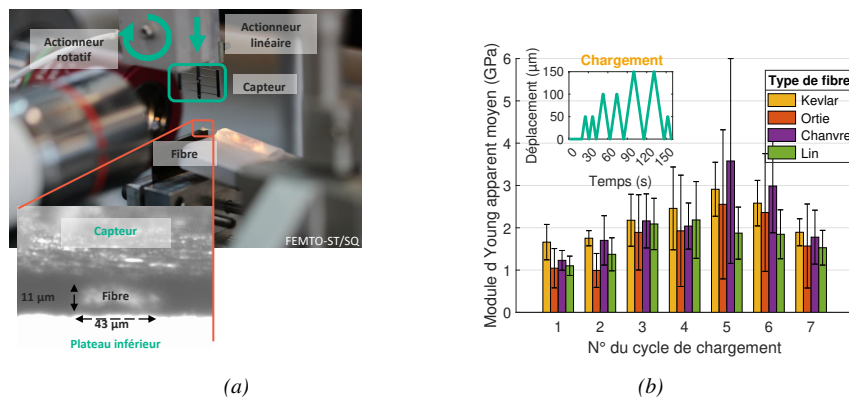


FIG. 1. – (a) Dispositif micro-mécatronique de compression diamétrale avec vue caméra de la section transversale d'une fibre d'ortie en compression (b) Évolution du module d'Young identifié à la décharge les fibres de kevlar 29, ortie, chanvre et lin

Remerciements

Ces travaux ont été financés dans le cadre du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'union Européenne, au titre de la subvention de convention n°771134. Le projet NETFIB est réalisé dans le cadre du projet ERA-NET Cofund SusCrop, faisant partie de Joint Programming Initiative on Agriculture, Food Security and Climate Change. Ce travail a également été soutenu par le réseau français RENATECH à travers ses installations technologiques FEMTO-ST MIMENTO. Les auteurs remercient aussi J. Agnus, G. Laurent, A. Andre, P. Rougeot, J-Y. Rauch pour leur aide.

Références

- [1] C. Baley, Y. Perrot, F. Busnel, H. Guezenoc, P. Davies « Transverse tensile behaviour of unidirectional plies reinforced with flax fibres », *Materials Letters* Vol. 60 n° 24, pp. 2984–2987, 2006, ISSN 0167577X.
- [2] D. U. Shah, R. K. Nag, M. J. Clifford « Why do we observe significant differences between measured and 'back-calculated' properties of natural fibres? », *Cellulose* Vol. 23 n° 3, pp. 1481–1490, 2016, ISSN 0969-0239, 1572-882X.
- [3] V. Placet, M. Blot, T. Weemaes, H. Bernollin, G. Laurent, F. Amiot, C. Clévy, J. Beaugrand « Transverse compressive properties of natural fibers determined using micro mechatronic systems and 2D full-field measurements », *Materials Today : Proceedings* Vol. 31, pp. S303–S308, 2020, ISSN 22147853.
- [4] J. Govilas, V. Guicheret-Retel, F. Amiot, J. Beaugrand, V. Placet, C. Clévy « Platen parallelism significance and control in single fiber transverse compression tests », *Composites Part A : Applied Science and Manufacturing* Vol. 159, pp. 106990, 2022, ISSN 1359835X.
- [5] S. A. Jawad, I. M. Ward « The transverse compression of oriented nylon and polyethylene extrudates », *Journal of Materials Science* Vol. 13 n° 7, pp. 1381–1387, 1978, ISSN 0022-2461, 1573-4803.