

# COMPORTEMENT MECANIQUE DES FIBRES DE CHANVRE – ETUDE EXPERIMENTALE DU PHENOMENE D'ACCOMMODATION SOUS SOLLICITATIONS REPETEES

V. Placet<sup>(1)</sup> et P. Perré<sup>(2)</sup>

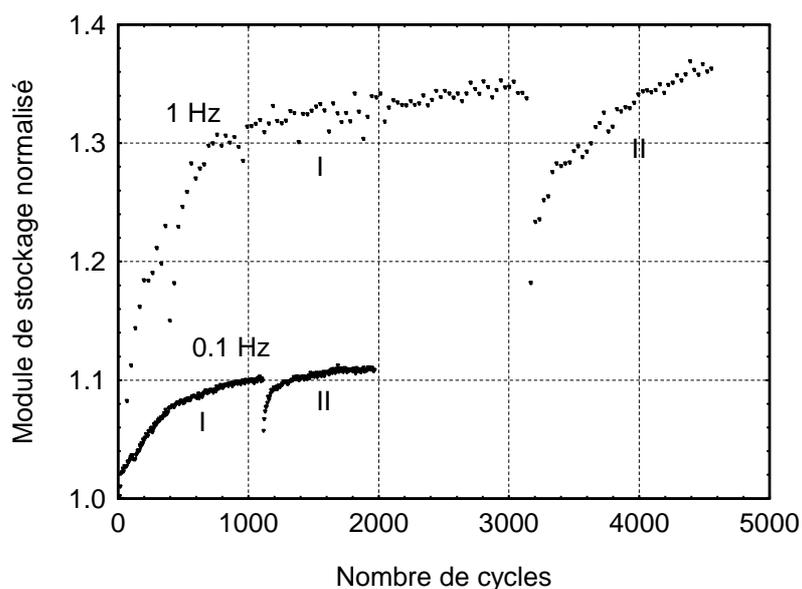
<sup>(1)</sup> UMR CNRS 6174 - FEMTO-ST – Département Mécanique Appliquée, Université Franche-Comté, 24 rue de l'Épitaphe, F-25044 Besançon

<sup>(2)</sup> AgroParisTech, UMR INRA 1092 - LERFOB, ENGREF, 14 rue Girardet, F-54042 Nancy cedex

Les fibres naturelles végétales représentent une alternative intéressante et prometteuse en remplacement des fibres de verre dans la réalisation de matériaux composites à matrice organique. Les fibres végétales cumulent de nombreux atouts : ressources renouvelables et abondantes, faible coût, propriétés mécaniques spécifiques élevées. L'utilisation de ce type de renfort dans des composites à hautes performances mécaniques requiert une bonne compréhension du comportement des fibres elles-mêmes. La caractérisation mécanique des fibres végétales n'est cependant pas triviale. La littérature dévoile un nombre limité de travaux permettant d'accéder aux propriétés mécaniques de diverses fibres d'origines végétales. Il apparaît clairement une très grande dispersion des propriétés mécaniques en fonction de la nature de la fibre mais également de la méthode expérimentale utilisée, du matériel, de l'expérimentateur... De plus, contrairement aux fibres synthétiques classiques (carbone, verre...), le comportement des fibres végétales dépend étroitement de la température et de l'humidité.

Dans le cadre de cette étude, un Analyseur Mécanique Dynamique (DMA) a été adapté pour réaliser des essais de traction quasi-statiques et des essais harmoniques sur des faisceaux de fibres ou fibres unitaires avec une régulation de la température et de l'humidité.

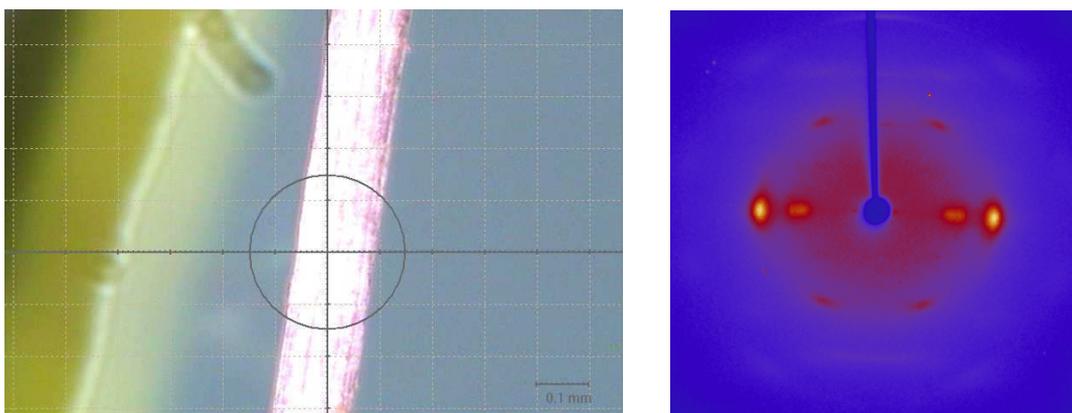
Un comportement mécanique tout à fait surprenant a été enregistré sur des fibres de chanvre (*Cannabis sativa* L.) lors de l'application de sollicitations répétées en traction [1]. Contrairement à toute attente, les sollicitations mécaniques périodiques répétées ne conduisent pas à la fatigue du matériau (et à une diminution des propriétés mécaniques) mais, bien au contraire, à une augmentation de la rigidité de la fibre (jusqu'à plus de 1,6 fois la valeur initiale à 25°C).



*Figure 1. Evolution du module de stockage normalisé en fonctions du nombre de cycles pour deux fréquences de sollicitation (0,1 Hz et 1 Hz). Fibre unitaire de chanvre, température ambiante. (I et II représentent deux séries de chargements répétés séparés par un temps de décharge de 15 min).*

La rigidité de la fibre augmente ainsi jusqu'à atteindre une valeur stabilisée, suggérant un phénomène « d'accommodation ». Ce phénomène a déjà été observé par C. Baley [2] pour des fibres de lin et pourrait être attribué à des réorganisations structurales ou macromoléculaires dans la paroi végétale (réorientations des microfibrilles de cellulose, modification du taux de cristallinité...). Il est alors possible de s'interroger sur les répercussions de ce comportement original des fibres végétales sur le comportement du composite.

Afin de mieux comprendre et caractériser ce phénomène, diverses investigations expérimentales ont été menées. L'effet de la température [1], de la vitesse de chargement (Figure 1) et de l'humidité sur le comportement de la fibre a été étudié dans un premier temps. Des mesures ont été également effectuées récemment par diffraction aux rayons X sur des fibres non sollicitées. Les rayons X ont effectivement pour intérêt d'être situés dans des longueurs d'ondes permettant d'accéder à des paramètres dont l'ordre de grandeur est de quelques Angström. Il est ainsi possible de mesurer l'angle des microfibrilles et de caractériser la partie cristalline de la cellulose. Les premiers résultats sont assez prometteurs et les mesurent doivent être poursuivies (Figure 2).



*Figure 2. – Diffraction aux grands angles (WASX) sur un faisceau de fibres de chanvre (à droite.). La figure de diffraction obtenue confirme que l'angle de microfibrille est très faible sur ces fibres (tâches principales très localisées).*

L'objectif à terme est de déterminer, par variation de l'angle de Bragg, la déformation de la partie cristalline de ces microfibrilles induits par des chargements externes (mécaniques, thermiques ou hydriques). Les difficultés expérimentales à surmonter pour accéder à ce type d'informations sont encore nombreuses. Les résultats pourraient permettre d'identifier les réorganisations macromoléculaires à l'origine des modifications du comportement macroscopique des fibres végétales soumises à des sollicitations répétées.

## **Références**

- [1] Placet, V. Characterization of the thermo-mechanical behaviour of Hemp fibres intended for the manufacturing of high performance composites, *Compos. Part A*, **40**, pp. 1111-1118, 2009
- [2] Baley, C. Analysis of the flax fibres tensile behaviour and analysis of the tensile stiffness increase, *Compos. Part A*, **33**, pp. 939-948, 2002