

Caractérisation expérimentale et modélisation du comportement hygromécanique transverse contraint des bois dans leur diversité d'usages

CHAMBRY Matisse, MONTERO Cédric, ALMERAS Tancrede, JULLIEN Delphine

Equipe Bois, LMGC, Univ. Montpellier, CNRS, Montpellier, France

matisse.chambry@umontpellier.fr

Mots clefs : bois ; hygromécanique ; retrait-gonflement ; anisotropie ; expérimentation ; simulation.

Contexte et objectifs

Les bois sont des matériaux fortement hygroscopiques dont les propriétés mécaniques sont très étroitement liées à leur teneur en eau. Les couplages hygromécaniques font référence à l'interaction entre les phénomènes hydriques (d'adsorption et désorption de l'eau en phase vapeur ou même liquide) et les réponses mécaniques du bois sous sollicitations de déformations ou de contraintes. Ces couplages sont fondamentaux pour comprendre et prédire le comportement du bois dans des environnements variés, et particulièrement sous l'influence de changements d'environnement hydrique (Perré et al 2023, Mazzanti et al 2014, Alkadri et al 2020). Parmi les exemples que l'on peut citer, il est décisif de prédire ces couplages sur des pièces à support bois du patrimoine culturel (œuvres d'arts sculptées ou panneaux peints (Dupré et al 2020, Jullien et al 2023, Riparbelli et al 2023) tout comme ces phénomènes peuvent être prépondérants dans la construction bois, notamment au niveau des assemblages, lors de changements marqués de classes de service ou d'expositions météorologiques des bois utilisés en structures.

Le sujet de thèse présenté vise à caractériser le comportement hygromécanique des bois, particulièrement dans les directions transverses aux fibres, en se basant sur une approche expérimentale et sur la modélisation du phénomène de retrait/gonflement contraint du bois.

Matériel et méthodes

Les caractérisations expérimentales se feront dans un premier temps à l'échelle de petits échantillons « parfaits » de l'ordre de quelques cm dans les directions transverses, sur deux essences « modèles » (peuplier et épicéa). Il s'agit de mettre au point et réaliser la mesure couplée de différents phénomènes en réponse à une variation d'humidité relative : diffusion/sorption, retrait/gonflement libre, et contrainte en réponse à un retrait/gonflement empêché.

Par la suite, des mesures seront faites à l'échelle de structures (poutres, panneaux peints, ruches...) de l'ordre de 1 à quelques dizaines de cm dans les directions transverses, afin de valider les lois de comportement identifiées sur les petits échantillons.

Résultats attendus

Les résultats expérimentaux obtenus permettront d'établir :

- Des lois de comportement couplées se basant sur un petit nombre de paramètres en vue de permettre des simulations numériques utiles pour les applications visées dans le patrimoine culturel (particulièrement les panneaux peints) ou la construction bois (particulièrement dans les zones d'appuis assemblées mécaniquement).

- Un protocole de mesure des paramètres du comportement hygromécanique transverse, ouvrant des perspectives quant à l'étude de la diversité de ce comportement et de ses déterminants microstructuraux.

Ultérieurement, le modèle de comportement proposé sera implémenté dans un code d'éléments finis afin de confronter les simulations aux mesures expérimentales réalisées à l'échelle des structures.

L'approche développée dans ce projet doctoral permettra d'acquérir une meilleure compréhension du comportement hygromécanique des bois dans leur diversité d'usages réels et disposer d'un modèle prédictif des variations dimensionnelles de diverses structures en fonction du chargement hygrothermique subi.

Références

Alkadri A, Jullien D, Arnould O, Rosenkrantz E, Langbour P, Hovasse L, Gril J (2020) Hygromechanical properties of grenadilla wood (*Dalbergia melanoxylon*). *Wood Science and Technology*, 54(5), 1269-1297. DOI 10.1007/s00226-020-01215-z

Dupré JC, Jullien D, Uzielli L, Hesser F, Riparbelli L, Gauvin C, Mazzanti P, Gril J, Tournillon G, Amoroso D, Massieux P, Stépanoff P, Bousvarou M (2020) Experimental study of the hygromechanical behaviour of a historic painting on wooden panel: devices and measurement techniques. *Journal of Cultural Heritage*, 46 :165-175, DOI: 10.1016/j.culher.2020.09.003

Jullien D, Dupré JC, Gauvin C, Uzielli L, Hesser F, Riparbelli L, Mazzanti P, Gril J, Tournillon G, Amoroso D, Hazael Massieux P, Stepanoff P, Bousvarou M (2023) Hygromechanical behaviour of a 16th century painted wooden panel: in-situ experiments to quantify the mechanical effect of the frame and the cradle. *Journal of Cultural Heritage*, 64:266-274, DOI 10.1016/j.culher.2023.10.011

Mazzanti P, Colmars J, Gril J et al (2014) A hygro-mechanical analysis of poplar wood along the tangential direction by restrained swelling test. *Wood Sci Technol* 48, 673–687 <https://doi.org/10.1007/s00226-014-0633-4>

Perré P, Rémond R, Almeida G, Augusto P, Turner I (2023) State-of-the-art in the mechanistic modeling of the drying of solids: A review of 40 years of progress and perspectives, *Drying Technology*, DOI: 10.1080/07373937.2022.2159974

Riparbelli L, Dionisi-Vici P, Mazzanti P, Brémand F, Dupré JC, Fioravanti M, Giacomo G, Helfer T, Hesser F, Jullien D, Mandron P, Ravaud E, Togni M, Uzielli L, Badel E, Gril J (2023) Coupling numerical and experimental methods to characterise the mechanical behaviour of the Mona Lisa: a method to enhance the conservation of panel paintings, *Journal of Cultural Heritage*, 62:376-386, DOI 10.1016/j.culher.2023.06.013