

Développement d'un dispositif de mesure automatisé et simultané des dimensions transverses et de la masse d'un échantillon de bois lors de variations d'humidité relative

CHAMBRY Matisse, JULLIEN Delphine, MONTERO Cédric, ALMÉRAS Tancrede

Equipe Bois, LMGC, Univ. Montpellier, CNRS, Montpellier, France
matisse.chambry@umontpellier.fr

Mots clés : retrait-gonflement ; mesure ; masse ; déformation ; DIC ; développement

Contexte et objectifs

Pour caractériser le comportement hygromécanique du bois à une échelle centimétrique, il est souvent nécessaire de mesurer les variations des dimensions et de la masse d'un échantillon de bois soumis à des changements d'humidité relative de l'air, et ce, de manière automatique et continue. Habituellement, au moins une de ces mesures est réalisée manuellement par un opérateur (Al-musawi et al 2025, Mazzanti et al 2014), ou bien est mesurée de manière indirecte via une approximation (Stéphan et al 2025, Zauer et al 2025) pouvant induire des incertitudes de mesures.

Il est donc important de développer un dispositif automatisé permettant la mesure simultanée des variations des dimensions transverses et de la masse d'un échantillon de bois ($\approx 20 \times 20 \times 4$ mm) au cours de variations d'humidité relative de l'air. Pour cela, un prototype économique basé sur une caméra ESP32 et piloté par un Raspberry Pi a été développé au Laboratoire de Mécanique et Génie Civil (LMGC) à Montpellier, dans le cadre d'une thèse. Ce système permet des mesures fiables, aisément répétables et économiques pour analyser en parallèle des échantillons en climat hygrothermique contrôlé.

Matériel et méthodes

Principe

L'élément central du dispositif est l'ESP32-CAM qui permet de prendre des photos à intervalle régulier de l'échantillon de bois. L'échantillon étant positionné au bout d'une poutre-console, sa translation dans la direction de la gravité permet de déterminer, via un étalonnage préalable, la masse de l'échantillon. Ceci permet de mesurer à la fois les variations de masse et des dimensions transverses de l'échantillon sur une même et unique photo. Ces mesures de déplacements et de déformations se font par corrélation d'images (DIC).

Automatisation

Le Raspberry Pi possède quatre fonctions qui sont exécutées par divers scripts python permettant d'automatiser le dispositif général (Fig. 1). Sa première fonction est l'émission d'un serveur WiFi permettant aux ESP32 (un par échantillon) de s'y connecter et d'envoyer les photos prises, qui sont ensuite stockées sur la carte SD du Raspberry Pi. Sa deuxième fonction est l'allumage et l'arrêt des ESP32, des sources lumineuses éclairant les échantillons, et de la ventilation de l'enceinte qui pourrait perturber les mesures. La troisième fonction du Raspberry Pi est l'envoi de requêtes à l'enceinte climatique pour changer les consignes de température et d'humidité relative en fonction des variations testées. Enfin, sa dernière fonction est la mesure continue de la température et de l'humidité relative au sein de l'enceinte.

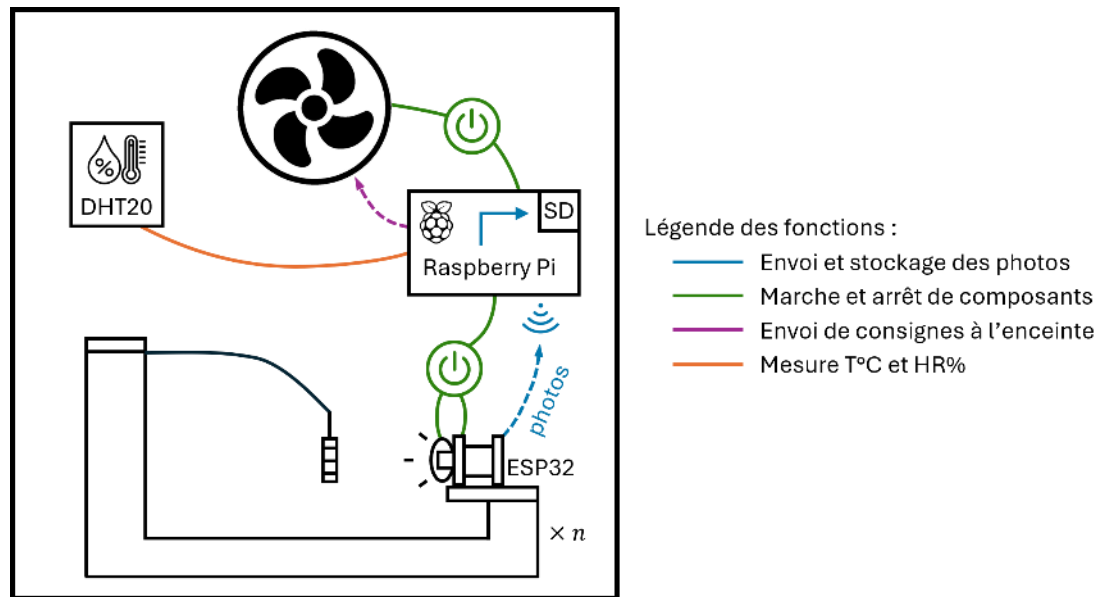


Fig. 1 : Dispositif général de mesure et fonctions du Raspberry Pi

Analyse

Une moyenne des déplacements mesurés autour du support permet d'annuler les déplacements engendrés par le retrait-gonflement et ainsi obtenir le déplacement solide-rigide de la poutre-console uniquement. En fonction de ce déplacement, la régression linéaire réalisée lors de l'étalonnage permet d'obtenir la masse de l'échantillon. Les déformations selon les deux directions transverses de l'échantillon sont quant à elles obtenues en moyennant les déformations de toutes les cellules de calcul.

Premiers résultats

De premiers essais préliminaires (Fig. 2) ont pu établir que le dispositif présente une précision de l'ordre du milligramme sur la mesure de masse et de 0,05 % sur la mesure des déformations. De plus, le dispositif a été vérifié pour ne pas dépendre de l'humidité relative. Ainsi, les premiers résultats montrent que le dispositif est utilisable pour répondre aux problématiques liées à l'étude des couplages hygromécaniques des bois à une échelle centimétrique.

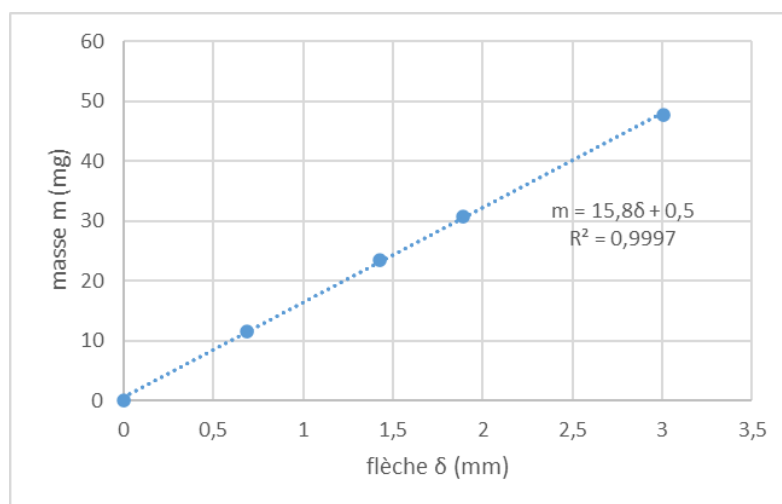


Fig. 2 : Droite d'étalonnage de la masse de l'échantillon de bois en fonction de la flèche de la poutre console

Perspectives

Ce dispositif sera multiplié pour pouvoir réaliser des mesures sur plusieurs échantillons en parallèle. Actuellement, le dispositif est dimensionné pour des échantillons d'environ $20 \times 20 \times 4$ mm et 0,7 g, mais il sera possible d'adapter le dispositif pour pouvoir l'utiliser dans de plus larges gammes ou pour d'autres dimensions d'échantillons.

Références

Al-musawi H., Emsenhuber G., Ungerer B., Baumann G., Feist F., & Müller U. (2025) Development of swelling pressure in paulownia and Norway spruce during moisture absorption, *European Journal of Wood and Wood Products*, 83, 47. <https://doi.org/10.1007/s00107-025-02204-4>

Mazzanti P., Colmars J., Gril J., Hunt D., & Uzielli L. (2014) A hygro-mechanical analysis of poplar wood along the tangential direction by restrained swelling test, *Wood Science and Technology*, 48(4), 673-687. <https://doi.org/10.1007/s00226-014-0633-4>

Stéphan A., Perré P., L'Hostis C., & Rémond R. (2025) The fork device : A test for estimating the memory creep of wood under load during moisture variation, *Wood Science and Technology*, 59, 22. <https://doi.org/10.1007/s00226-024-01606-6>

Zauer M., Porath J., Krüger R., & Wagenführ A. (2025) Investigations into the swelling pressure of wood as a function of the anatomical direction, *Physics Open*, 22, 100244. <https://doi.org/10.1016/j.physo.2024.100244>