

Mesures et suivi de l'humidité de placages de peuplier (I214 et Dorskamp) par méthodes optiques : variation colorimétrique et effet de la diffusion lumineuse

KACHOUH Cyril, DENAUD Louis, VIGUIER Joffrey, GIRARDON Stéphane,
VERJAT Fabrice

Arts et Métiers Sciences et Technologies, Rue Porte de Paris 71250 Cluny, France

Cyril.Kachouh@ensam.eu

Mots clés : bois, couleur, diffusion lumineuse, humidité

Introduction

Le bois massif ainsi que les produits d'ingénierie à base de bois (type contreplaqué) possèdent une variabilité intrinsèque due à leur origine naturelle. Dans un contexte où l'industrie est de plus en plus automatisée, des variations de formes dues au procédé ou à la présence de singularités dans le matériau peuvent entraver le fonctionnement des process comme, par exemple, des difficultés de maintien par des préhenseurs. Pourtant, la plupart des industriels utilisent une approche empirique pour régler leur séchoir qui résulte d'un compromis (pas toujours bien adapté) pour tenir compte de la variabilité et des approvisionnements.

L'objectif de l'étude est d'améliorer la compréhension des déformations des placages pour en proposer une modélisation et permettre de les limiter. Pour ce faire, des propriétés mécaniques et hydriques locales du bois sont intégrées à un modèle numérique.

L'humidité est l'une des propriétés qui génèrent des variations de déformation du fait du retrait anisotrope du bois qui se produit lorsque l'humidité interne passe en dessous du point de saturation des fibres. Les propriétés mécaniques orthotropes varient également en fonction de l'humidité. L'ondulation des placages étant un phénomène local, la mesure de l'humidité doit l'être également pour caractériser le séchage. La Fig. 1 montre les travaux de Heim (2023) qui mettent en exergue la répartition hétérogène de l'humidité dans le peuplier. Le faux-cœur est plus humide avec des taux compris entre 150 et 230% d'humidité.



Fig. 1 : Cartographie de l'humidité par Heim (2023)

Plusieurs méthodes permettent de mesurer l'humidité d'un échantillon de bois. Skaar (1988) en liste différentes comme la mesure de l'humidité moyenne par dessiccation ou la mesure par résonance magnétique nucléaire. Nous avons choisi de développer une méthode de mesure locale et non destructive adaptée à notre étude de placage. Le but de ces travaux est de tester la possibilité d'utiliser le domaine visible pour mesurer l'humidité du peuplier par colorimétrie. Baar et al (2018) ont montré que la couleur de plusieurs essences varie en fonction de

l'humidité. Heim (2023) a montré une forte corrélation entre l'humidité importante du faux cœur de peuplier et sa couleur plus foncée, qui a tendance à s'éclaircir en séchant.

Une autre piste consiste à pointer un laser sur la surface d'un placage. La diffusion de la tache lumineuse plus importante dans le sens des fibres que perpendiculairement à ces dernières forme une ellipse. Ce phénomène est appelé « effet trachéide ». Boivin (2024) explique comment la lumière se diffuse dans le bois : une partie est guidée dans les fibres (sens L), une partie se diffuse à travers les fibres (sens T, R) et une partie est guidée par les vides cellulaires, de façon analogue à une fibre optique (sens L). Purba et al (2020) ont montré que le taux d'humidité impacte fortement cette diffusion lumineuse, comme l'illustre la Fig. 2. Le système utilisé a la particularité d'utiliser plusieurs puissances.

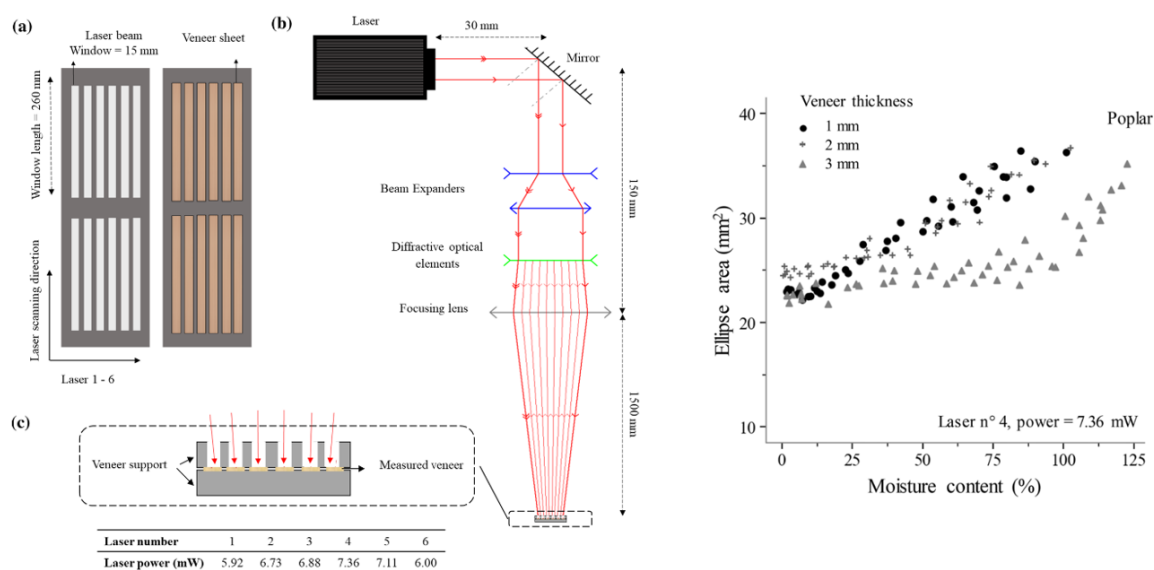


Fig. 2 : Purba et al (2020) a) Support de mesure b) système de mesure laser c) les différentes valeurs d'intensité des lasers des zones de mesures. A droite, courbe des mesures du laser 4.

Matériel et méthode

Cette étude a pour objectif de mesurer l'humidité par deux biais : une mesure employant une caméra couleur et une autre avec un système camera et laser.

Trois billons de peuplier (deux clones I214 et un Dorskamp) ont été déroulés pour produire des placages d'une épaisseur de 3 mm présentant à priori des masses volumiques distinctes (citer le doc du peuplier). Quarante-quatre plaquettes de 100 x 60 mm² ont été découpées dans de l'aubier, du faux-cœur et un mélange des deux.

Les plaquettes ont ensuite été pesées avec une balance Saltec SBA 41 précise à 0.01g, photographiées avec une caméra Basler ace U acA5472-5gc et scannées au WENART (système d'émission laser au-dessus d'un plateau mobile) avec une résolution de 5 x 5 mm². Le temps d'exposition de 200 ms de la caméra et l'éclairage sont restés constants. Le laser du WENART est un laser dont la fréquence correspond à longueur d'onde de 780 nm et d'une puissance de 100 mW. La tâche de diffusion elliptique est photographiée par une caméra Basler monochrome. En laissant sécher les plaquettes et en répétant ce procédé toutes les heures pendant deux jours, une base de données est obtenue contenant l'humidité moyenne des échantillons à chaque instant, la colorimétrie locale associée, et les propriétés principales des ellipses selon une grille d'un pas de 5 mm.

Résultats et discussion

Photographie et humidité

La Fig. 3 montre un exemple d'une plaquette comportant à la fois de l'aubier (partie claire initialement) et du faux cœur (partie foncée initialement). La distinction est nette à l'état vert, puis devient ténue à l'équilibre. Cette différence de couleur peut être analysée par le prisme des intensités des canaux des pixels de l'image. Celle-ci se décompose en trois parties codées sur un octet : le rouge, le vert, et le bleu. En détournant les plaquettes et en moyennant l'intensité de chacun des canaux, on obtient trois valeurs par mesures. La Fig. 4 illustre ce traitement réalisé sur toutes les plaquettes.

On observe une forte variation des canaux vert et bleu au-dessus de 100 % d'humidité. Cette variation s'amenuise au cours du séchage, en deçà de 100 %. Cela généralise le cas de la plaquette de la Fig. 3 : la distinction visuelle est possible au-dessus de 100 % d'humidité, puis devient difficile à mesure que l'humidité diminue.



Fig. 3 : Plaquette photographié verte (à gauche), à un état intermédiaire (au milieu), et à l'équilibre à 11% (à droite)

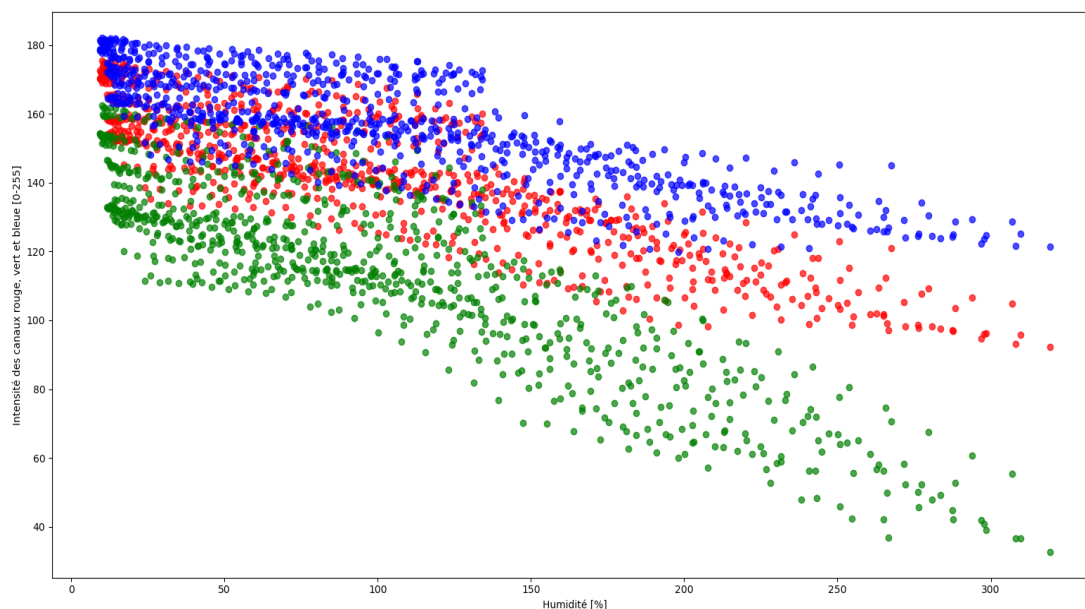


Fig. 4 : Intensité moyenne de trois canaux des photographies des plaquettes.

La couleur des points est associé à une couleur d'une plaquette à un instant.

Effet trachéide et humidité

L'image 8 bit de la tache de diffusion du laser en réflexion du Wenart est binarisée en fixant un seuil à 140 sur 255. La forme de cette tâche est approchée par une ellipse à l'aide de la librairie OpenCV (fonction FitEllipse). Le grand axe, le petit axe et l'aire de l'ellipse sont déterminés.

La Fig. 5 montre l'augmentation de la taille de l'ellipse en fonction de l'humidité. On observe que l'aire de la tâche est plus grande pour les plaquettes d'aubier que pour les plaquettes de faux-cœur. En traçant les droites des régressions pour chaque zone de bois, on observe une pente similaire pour une ordonnée à l'origine très différente.

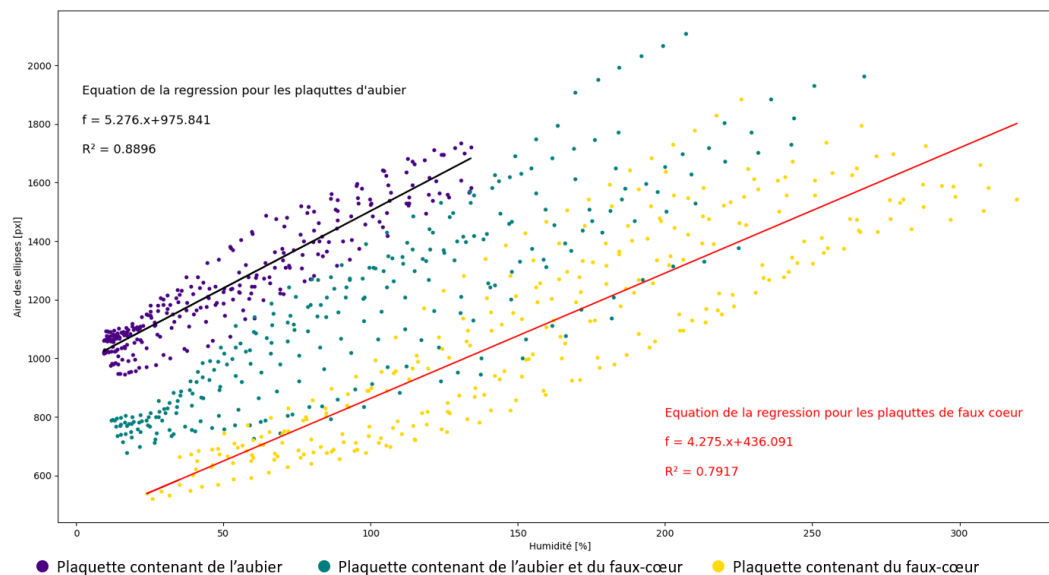


Fig. 5 : Aire des ellipses en fonction de l'humidité avec des régressions linéaires pour les plaquettes d'aubier et les plaquettes de faux-cœur

Conclusion :

Cette étude montre la possibilité de développer un système de mesure non-destructive basé sur des caméras dans le domaine du visible ou grâce à l'effet trachéide. D'importantes différences entre les aires des ellipses de l'aubier et du faux-cœur nécessitent de se pencher sur les origines de ces écarts. La piste de la densité du bois sera explorée à l'avenir.

Remerciements

Cette étude est réalisée dans le cadre du projet MADEPLA financé par la région Bourgogne Franche-Comté

Références

- Skaar C (1988) Wood-Water Relations, Springer, Berlin Heidelberg
- Baar J, Paschová Z, Cermák P, Wimmer R (2018) Color changes of various wood species in response to misture, Wood and Fiber Science, 51(2), 2019, pp. 119-131
- Heim L (2023) Étude comparative de la croissance et des propriétés physiques et chimiques d'arbres issus de systèmes agroforestiers et forestiers pour une valorisation dans la filière bois : cas du peuplier, du noyer et du robinier, LABOMAP - Laboratoire Bourguignon des Matériaux et Procédés
- Boivin J (2024) Analyse et modélisation des phénomènes d'interaction de la lumière et du bois : application pour le contrôle non destructif, LABOMAP - Laboratoire Bourguignon des Matériaux et Procédés
- Purba C, Viguié J, Denaud L, Marcon B (2020) Contactless moisture content measurement on green veneer based on laser light scattering patterns, Wood Science and Technology, 54, 2020, pp 891-906