

## WOod OPTical Scope (WoOpS)

### Détermination des propriétés du bois par interaction lumineuse interprétation, mesure et identification des mécanismes et des paramètres d'influence

BOIVIN Juliette<sup>1</sup>, GIRARDON Stéphane<sup>1</sup>, DENAUD Louis<sup>1</sup>, ROUX Benjamin<sup>1</sup>,  
TEYSSIEUX Damien<sup>2</sup>, FROEHLI Luc<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Arts et Metiers Institute of Technology, LABOMAP, Université Bourgogne Franche-Comté,  
HESAM Université, F-71250 Cluny, France

<sup>2</sup>Franche-Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique – Sciences et Technologies  
(FEMTO – ST) – UMR 6174

[Juliette.boivin@ensam.eu](mailto:Juliette.boivin@ensam.eu)

**Mots clefs :** Traitement d'images ; effet trachéide ; lumière ; optique

#### Contexte

Le bois sera l'un des matériaux de construction de base du 21<sup>ème</sup> siècle. Ses propriétés de légèreté, de rigidité, d'isolation et sa capacité à capturer le carbone font de lui un matériau incontournable dans le contexte actuel, où les préoccupations écologiques sont omniprésentes.

Une de ses particularités réside dans sa structure multi-échelle complexe et hétérogène qui résulte de la croissance adaptative et singulière d'un arbre dans son environnement (Figure 1). Comme toute ressource issue du vivant, sa variabilité naturelle est très forte et représente un enjeu essentiel dans sa valorisation comme matériau de construction, d'emballage ou d'aménagement intérieur ou extérieur. Les pays nordiques, aidés par l'homogénéité de leur ressource forestière, ont su industrialiser sa transformation et inonder le marché français si bien que près d'une planche sur deux mise en œuvre sur notre territoire est importée.

Le principal frein à l'utilisation de bois local dans la construction réside dans la difficulté à prédire ses propriétés mécaniques du fait de son hétérogénéité intrinsèque plus forte que celle des bois du nord. En particulier, la construction à partir de bois feuillus, qui représentent les 2/3 de notre ressource, est aujourd'hui freinée par la complexité à modéliser leur comportement mécanique.

Le premier paramètre d'hétérogénéité du bois réside dans l'orientation de ses fibres, qui gouverne ses propriétés mécaniques et physiques. La connaissance de cette orientation pour un placage ou un sciage peut améliorer son usage. Aujourd'hui, cette mesure peut être réalisée par des techniques laser et l'effet trachéide : lorsqu'un point laser rouge est appliqué sur une surface de bois, la lumière se distord et une ellipse est observée chez les résineux dont le grand axe suit les fibres. Ce phénomène, peu coûteux à instrumenter, peut être utilisé pour développer des modèles de comportement mécanique et de séchage. La plupart des auteurs se contente de l'utiliser et personne n'a véritablement publié sur le potentiel réel de l'exploitation de cet effet qui est considérable pour valoriser les bois locaux riches en nœuds.

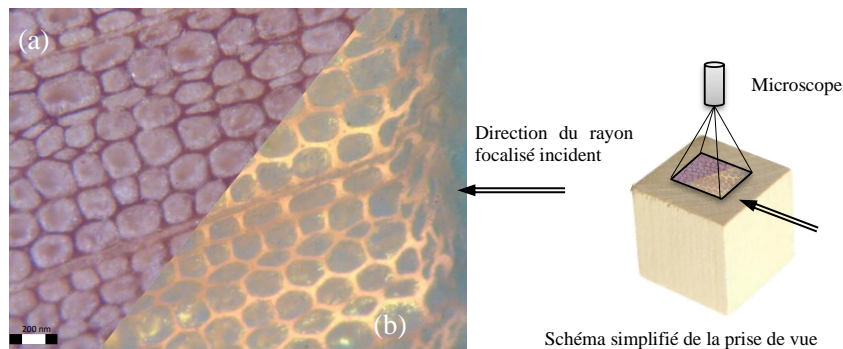


Figure 1 : Vues superposées (plan radial-tangentiel) d'une éprouvette d'épicéa (*Picea abies*) (a), soumise à une lumière blanche focalisée (b) sur sa partie latérale

### Objectifs

Plusieurs systèmes de classement mécaniques industriels des bois de résineux reposent sur le principe d'« effet trachéide ». Pourtant, les différents travaux menés n'expliquent pas précisément les mécanismes sous-jacents et les causes de ce phénomène. L'effet trachéide est très marqué pour certaines essences (surtout résineuses) et quasi inexistant pour d'autres (plutôt feuillues). A l'issue d'essais préliminaires sur plusieurs essences, il apparaît que différents paramètres de la lumière incidente peuvent avoir une forte influence sur le phénomène de diffusion. Ces différents paramètres sont la longueur d'onde (l'absorption semble, comme dans les tissus biologiques, dépendante de la longueur d'onde avec une fenêtre de transmission dans le rouge) (figure 2), la polarisation (l'aspect orienté des fibres peut laisser penser qu'il existe une anisotropie structurale du bois qui peut également dépendre de l'humidité de celui-ci), la structuration de la lumière incidente (illumination ponctuelle ou ligne ou autre qui permet d'avoir une mesure plus locale des propriétés ou au contraire de moyennner les effets).

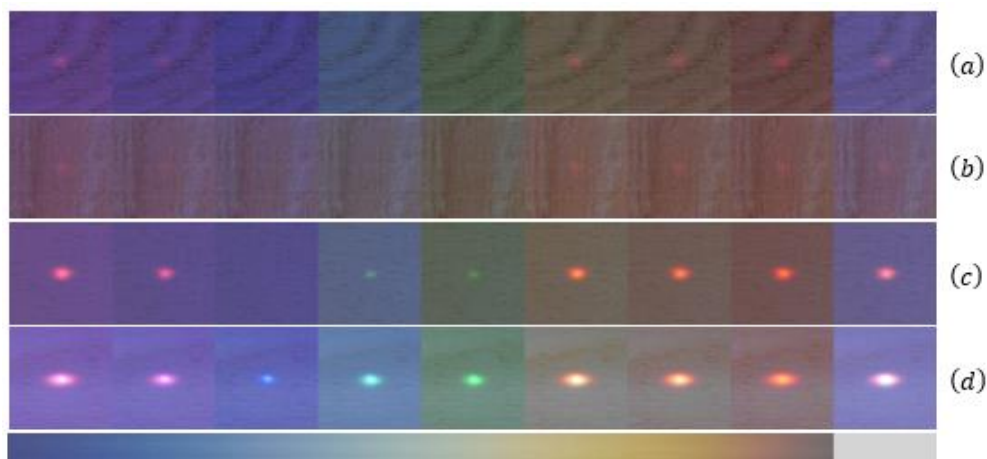


Figure 2 : Ellipses de transmission d'un rayon lumineux focalisé sur un placage d'épaisseur 2mm sur différentes essences de bois : (a) chêne (b) douglas (c) hêtre (d) peuplier, de gauche à droite, violet au rouge et lumière blanche

Les mesures peuvent être faites en transmission ou en réflexion et il est alors probable que les résultats obtenus soient sensiblement différents et renseignent sur un aspect plus volumique de la structure étudiée (pour la mesure en transmission) alors que pour les mesures en réflexion la

mesure est moins pénétrante. Nous pourrions ainsi établir, pour les principales essences de bois locales (Douglas, Chêne et Hêtre), les paramètres de mesures pour évaluer plusieurs propriétés physiques et mécaniques.

La connaissance de ces informations permettant de classer beaucoup plus en amont dans le procès les produits va améliorer la compétitivité des entreprises locales mais aussi l'utilisation de la ressource elle-même.

### **Matériel & Méthode**

S'agissant d'un problématique pluridisciplinaire nécessitant une expertise sur le matériau et son comportement physique mais aussi sur la mesure optique par laser, nous avons constitué une équipe associant ces deux compétences entre le LaBoMaP et FEMTO-ST. Des essais préliminaires très encourageants réalisés sur les moyens du plateau de mesure optique de FEMTO à Besançon à partir de placages de feuillus déroulés au LaBoMaP nous ont confortés dans la stratégie. Cette association est nouvelle et peut constituer la base d'une collaboration structurante vers un moyen de mesure à fort potentiel (mesure locale de l'humidité, la densité, l'état sanitaire, la présence de bois de réaction, la détection d'extractible, ...).

Le LaBoMaP dispose d'une ligne de déroulage complète et instrumentée tandis que FEMTO-ST possède plusieurs dispositifs optiques permettant de sélectionner les technologies et les longueurs d'ondes les mieux adaptées pour répondre à notre problématique.

### **Perspectives**

L'objectif du projet est de déterminer et d'expliquer les facteurs influençant l'effet trachéide pour une mesure fiable et reproductible des propriétés physiques et mécaniques du matériau bois. La compréhension des paramètres d'influence peut permettre de mieux utiliser les informations exploitables de cette mesure et à terme de mieux caractériser la ressource locale. Cette connaissance plus fine et plus en amont dans les procédés de transformation des propriétés du bois permettra aux industriels d'optimiser leur rendement, de mieux utiliser la ressource et de gagner en compétitivité même avec une ressource locale.

Un des résultats sera la création d'une base de données qui servira de référence aux futurs projets d'étude, suivant les propriétés à mesurer sur telle ou telle essence de bois pour le développement d'appareillages de mesure optimisés.

### **Remerciements**

Ce travail est soutenu par la région Bourgogne Franche-Comté et par l'ANR (projet TreeTrace ANR-17-CE10-0016-03).