

## Sur une méthode d'indentification des caractéristiques mécaniques du matériau bois

NOUALI Azeddine<sup>1,2</sup>, MOUTOU PITTI Rostand<sup>1,2</sup>, DELAUNAY Thomas<sup>3,4</sup>,  
RIAH Hassen<sup>1,2,5</sup>, FOURNELY Eric<sup>1,2</sup>, LE CLEZIO Emmanuel<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Clermont Université, UBP, Institut Pascal, Clermont-Ferrand, France

<sup>2</sup>CNRS, Institut Pascal, 63174 Aubière, France

<sup>3</sup>Univ. Montpellier, IES, UMR 5214, 34000, Montpellier, France

<sup>4</sup>CNRS, IES, UMR 5214, 34000, Montpellier, France

<sup>5</sup>LARIS, Université de Angers, 49000 Angers, France

[rostand.moutou\\_pitti@univ-bpclermont.fr](mailto:rostand.moutou_pitti@univ-bpclermont.fr)

### Introduction

La connaissance de l'origine des espèces de bois, de leurs caractéristiques physiques mécaniques... est très importante pour le domaine de la construction en Génie Civil. Dans ce travail, une méthode d'identification des caractéristiques mécaniques du bois ou Technique de Mesure Ultrasonore à Contact direct DUCMT est utilisée (Longo, 2012). Elle est appliquée sur les cubes débités des membrures 1M6 et des diagonales 7D2, Fig. 1 (a), de la poutre treillis, Fig. 1 (b) (Fournely, 2010). Son application est orientée vers le Génie Civil, mais elle peut être utilisée pour bien d'autres.

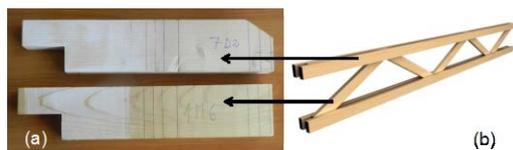


Fig. 1 : Poutre : éléments (a) ; treillis (b)

Tab. 1 : Mesure des composantes diagonales

2       $C_{44}$  |

### Techniques et méthodes

Les cubes de dimensions sont  $30 \times 30 \times 30 \text{ mm}^3$  (Fig. 2). La technique DUCMT consiste à mesurer la vitesse des ultrasons à travers l'échantillon. Pour cela, le cube est excité sur une de ses faces par un des transducteurs ultrasonores qui convertit les oscillations électriques en oscillations acoustiques. Sur la face opposée, le même type de capteur reçoit et transforme les oscillations mécaniques en signaux électriques. La vitesse des ondes se propageant entre deux faces parallèles (Fig. 2) est obtenue en divisant la distance entre ces deux faces par le temps mesuré de parcours de l'onde. La précision de mesure de ce temps est basée sur la précision du matériel utilisé et par la procédure d'autocorrélation entre le signal de mesure et le signal de référence enregistré avec les deux transducteurs. La technique permet d'obtenir toutes les composantes diagonales de la matrice de rigidité élastique de chaque cube. A partir de la vitesse des ondes projetées sur les échantillons, chaque composante  $C_{ii}$  est calculée en utilisant la densité  $\rho$  selon l'expression suivante  $C_{ii} = \rho \cdot V_{ii}^2$ . Les  $C_{ii}$  sont liées à des vitesses qui dépendent de la direction de propagation de l'onde et celle de leur vibration.

Le Tableau 1 décrit les liens correspondant à différentes orientations. Afin de mieux identifier la matrice de rigidité, les rapports de  $E_1$ ,  $E_2$  et ceux de  $C_{44}$ ,  $C_{55}$  sont respectivement comparés à ceux de Guitard (1987). La Fig. 3 (b) illustre le repérage des cubes au sein d'une éprouvette, et celui des faces d'un cube, et par la suite l'évaluation du repère principal d'orthotropie par rapport à ces faces et arêtes. Ainsi, pour le cube 1M6A, les cotés de la face 1 sont directement orientés suivant L et R.

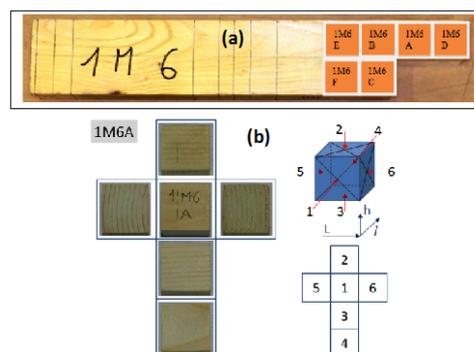
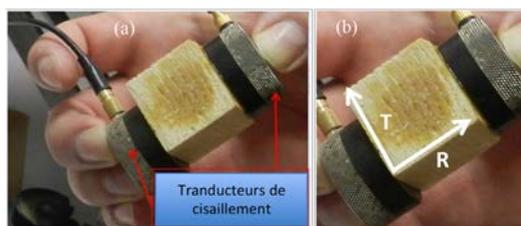


Fig. 2 : Transducteurs (a) en direction RT (b) Fig. 3 : Facette des cubes (b) poutre 1M6 (a)

### Résultats et discussions

Si les trois premiers termes de la diagonale sont obtenus par mesure de temps de parcours d'ondes de compression, les trois derniers sont eux obtenus par mesure du temps de parcours d'ondes de cisaillement. Les trois premiers sont définis par une mesure unique sur un signal fort. Les trois derniers ont été mesurés de deux façons en inversant les axes de sollicitation et de propagation. Des différences ont été constatées entre ces deux mesures, ce qui nous permet d'analyser une variabilité sur ces mesures et leurs conséquences sur le calcul des termes extra diagonaux. Une des explications de cette variabilité peut être liée à la courbure des cernes au sein même des cubes. Après comparaison aux données de Guitard, nous obtenons la matrice des constantes élastiques qui correspond à l'épicéa.

$$C = \begin{bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{33} \\ \tau_{23} \\ \tau_{13} \\ \tau_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,43 & 0,43 & 0,68 & 0 & 0 & 0 \\ 0,43 & 0,32 & 6,89 & 0 & 0 & 0 \\ 0,68 & 6,89 & 14,44 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,63 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,76 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,58 \end{bmatrix} \times 10^9 \text{ N/m}^2 \quad (1)$$

### Conclusions

La méthode de mesure a été appliquée à des cubes taillés suivant les axes d'orthotropie du bois et également sur des cubes dont les arêtes ne sont pas alignées avec ces axes d'orthotropie. Dans les deux cas la diagonale de la matrice de la loi de comportement élastique a pu être obtenue. La redondance des mesures a permis d'évaluer l'influence des variabilités par rapport à l'hypothèse d'isotropie transverse sur le résultat. D'autres mesures ultrasonores basées sur la résonance de cubes devraient compléter le calcul des termes extra diagonaux y compris avec une hypothèse d'orthotropie complète.

### Références

- Fournely E., Moutou Pitti R., Bouchair A. (2012) Behaviour of timber lattice beam with semi-rigid joints: analytical and experimental study. *Pro Ligno*, 8, 19-41.
- Guitard D. (1987) *Mécanique du matériau bois et composites*, Cepadues Editions, p 238.
- Longo R., Delaunay T., Laux D., El Mouridi M., Arnould O., Le Clézio E. (2012) Wood elastic characterization from a single sample by resonant ultrasound spectroscopy, *Ultrasonics* 52, 971-974.

### Remerciements

Les auteurs remercient l'Institut Pascal pour le financement du Master Recherche qui a réalisé ces essais.