



Science Arts & Métiers (SAM)

is an open access repository that collects the work of Arts et Métiers Institute of Technology researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <https://sam.ensam.eu>
Handle ID: [.http://hdl.handle.net/10985/23011](http://hdl.handle.net/10985/23011)

To cite this version :

Caroline MARC, Bertrand MARCON, Louis DENAUD, Stéphane GIRARDON, Jean-Claude BUTAUD - Évaluations préliminaires des performances de la densitométrie non ionisante du bois par ondes TeraHertz : Projet BOOST - 2022

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository

Administrator : scienceouverte@ensam.eu



MARC Caroline¹, MARCON Bertrand¹, DENAUD Louis¹, GIRARDON Stéphane¹, BUTAUD Jean-Claude¹

¹Arts et Métiers Sciences et Technologies, LaBoMaP, UBFC, HESAM, F-71250 Cluny, France

Contact : Caroline.Marc@ensam.eu

Contexte et objectif

Projet BOOST
Le BOIS pour les Structures de véhicules
LaBoMaP + ICA
Institut Clément Ader

Objectif :
Démontrer la pertinence de l'utilisation de placage de bois dans l'industrie du transport

Besoin de produits standardisés aux performances fiables

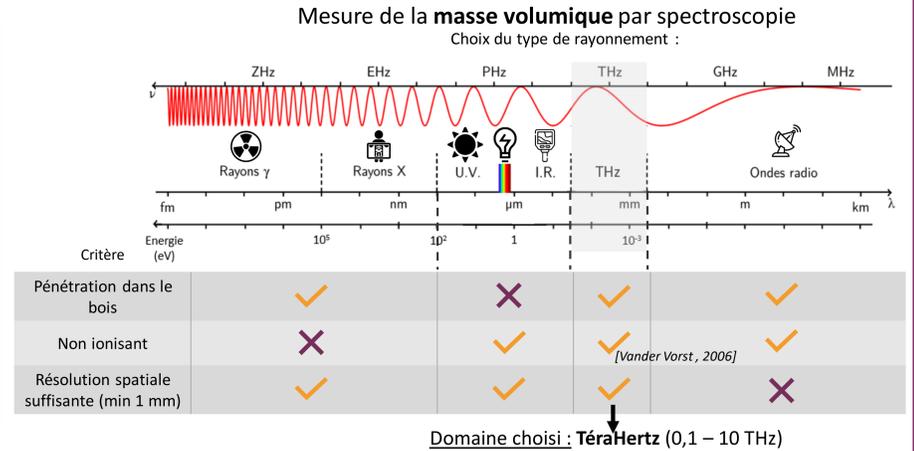
Mesure locale des propriétés du bois

- Masse volumique
 - Orientation des fibres
 - Fissurations
 - Nœuds
 - Humidité
 - ...

Estimation du comportement mécanique

Module élastique longitudinal (MPa) vs Masse volumique (g/cm³)

Feuille standard [Guitard, 1987]



Pré-étude

Étude de faisabilité de la mesure de la masse volumique par onde TéraHertz

7 échantillons (3 essences)
l × L : 50 mm × 50 mm
Scan du plan radial (R – L)
H% : 10,5 % (±1%)

- Douglas (× 3), épaisseur : 1 mm, 3 mm et 5 mm
- Hêtre (× 3), épaisseur : 1 mm, 3 mm et 5 mm
- Peuplier (× 1), épaisseur : 6 mm

Mesure témoin par rayons X
CombiScan (LaboMaP)

Mesure par radar FMCW THz Lytid
FMCW = Frequency Modulated Continuous Wave

Le signal mesuré permet de produire des cartographies en 3D (longueur × largeur × épaisseur) de l'amplitude de l'onde réfléchie à différente profondeur dans l'échantillon (pas de 0,07 mm)

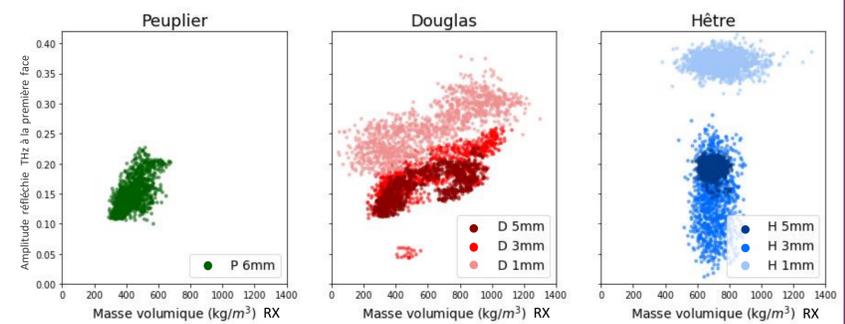
Indice optique de l'élément mesuré

Amplitude réfléchie → ? → Masse volumique

Résultats préliminaires

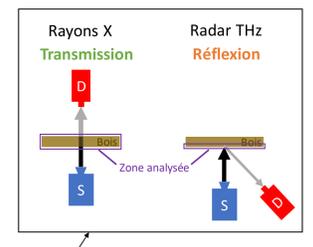
Comparaison entre les deux mesures :

Amplitude du signal THz réfléchi à la première face de l'échantillon en fonction de la masse volumique mesurée en transmission par rayons X



Coefficient de détermination et p-value RX-THz

Échantillon	R ²	p-value
Peuplier 6 mm	0,63	<<0
Douglas 1 mm	0,78	<<0
Douglas 3 mm	0,74	<<0
Douglas 5 mm	0,72	<<0
Hêtre 1 mm	0,0004	0,99
Hêtre 3 mm	0,007	0,79
Hêtre 5 mm	0,07	0,009



Conclusion : Relation existante pour le Douglas et le Peuplier, mais peu précise

- Causes potentielles :
- Différentes configurations de mesure
 - Échantillons non-radiaux
 - Masse volumique non-homogène dans l'épaisseur
 - Mauvais recalage XY entre les données RX et THz

Perspectives et nouvelle étude

Nouvelle étude (en cours)

Matériel utilisé

Radar FMCW Lytid

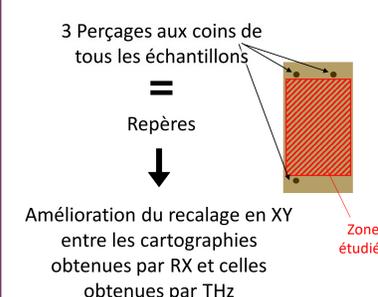
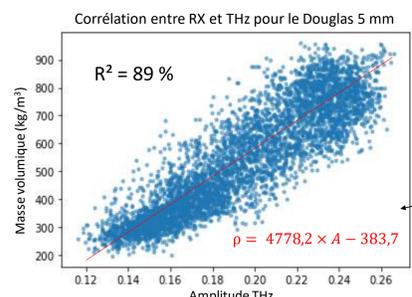
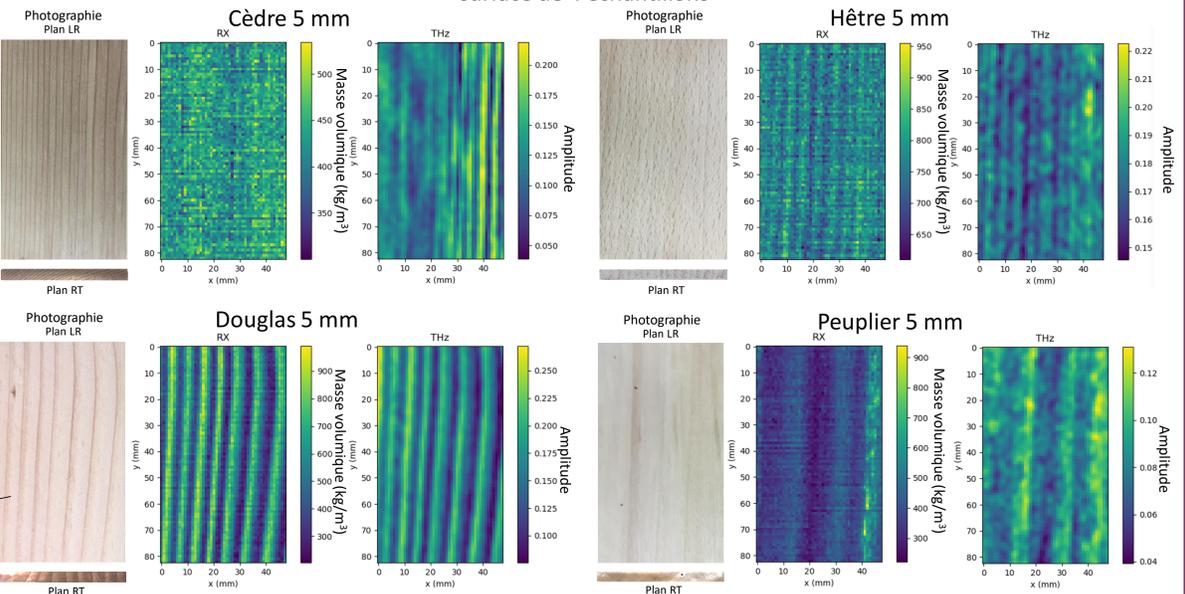
- Même fonctionnement que le radar utilisé pour la pré-étude
- Fréquence : 120 GHz ± 10 GHz

TeraScan 100 (Lytid - LaboMaP)

Echantillons à mesurer

- 110 Echantillons :
- 78 échantillons bois tempérés :
 - Essences : Hêtre, Douglas, Peuplier, Balsa, Chêne, Cèdre
 - Dimensions : 130 mm × 60 mm
 - Épaisseurs : 1 mm, 3 mm, 5 mm
 - 32 échantillons bois exotiques :
 - Dimensions : 130 mm × 60 mm × 9 mm

Premiers résultats : Cartographies de la masse volumique mesurée par rayons X et de l'amplitude THz réfléchie à la surface de 4 échantillons



Prochain investissement : Système d'imagerie à onde continue en transmission et en réflexion (livraison fin 2022)

Remerciements

- Financement dans le cadre du projet ANR-21-CE43-0008-02
- Adrien CHOPARD (Société Lytid) pour son aide technique et expertise scientifique sur la technologie THz
- Plateforme technique Xylomat du réseau scientifique Xylomat financée par l'ANR-10-EQPX-16 XYLOFOREST

Bibliographie

- Daniel Guitard, « Mécanique du matériau bois et composites », Cépaduès, 1987
- André Vander Vorst et al. RF/microwave interaction with biological tissues. John Wiley & Sons, 2006