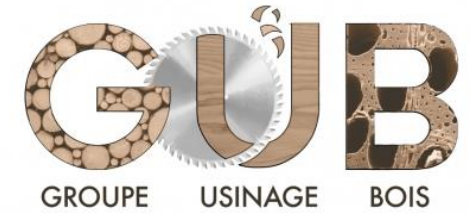


Le WENART



Wood dENsity and fiber Analyzer both in Reflection and Transmission



Juliette BOIVIN & Caroline MARC

Juliette.Boivin@ensam.eu

Caroline.Marc@ensam.eu



REGION
BOURGOGNE
FRANCHE
COMTE

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



Contexte

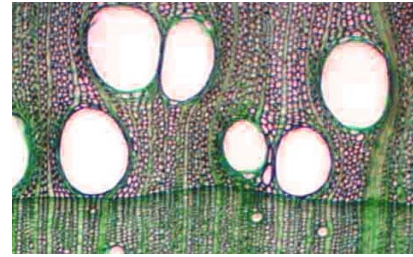
Variabilité du bois



Croissance annuelle régulière des bois du Nord



Présence de défauts (nœuds, ...)



Structure multi-échelle complexe

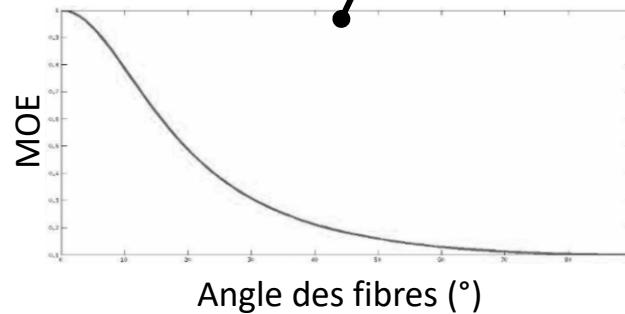
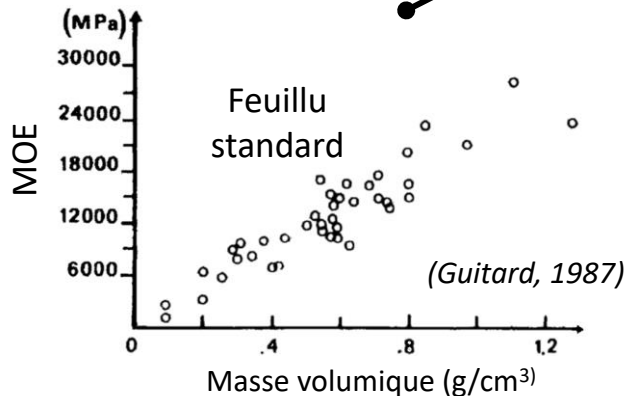


Croissance annuelle irrégulière du bois local
Souhait de valoriser la ressource locale

Mesure locale des propriétés du bois

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

Estimation du comportement mécanique



Choix de l'usage (charpente, emballage, bois de chauffage, mobilier...)



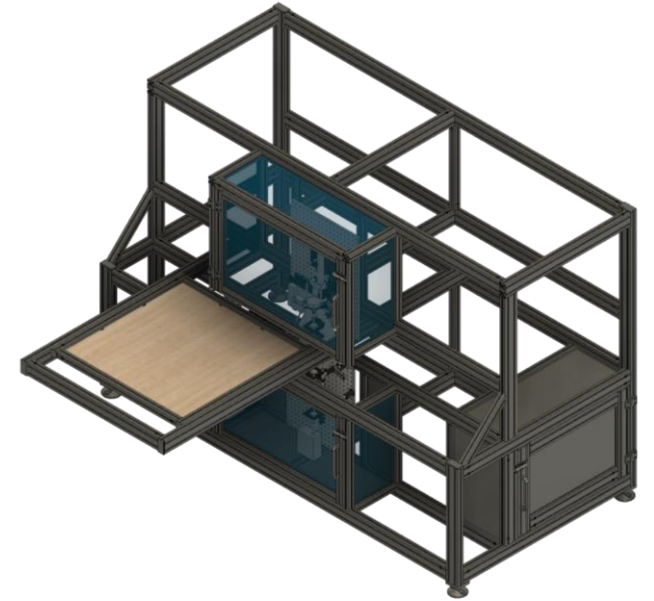
Outil de mesure locale des propriétés du bois :

Le **WENART**

Permet de réaliser en
simultané la mesure de 4
propriétés de **placages** ou
sciage

- Orientation des fibres
- Masse volumique
 - Epaisseur
- Image couleur

En transmission
et en réflexion



Mesure de l'orientation des fibres

Diffusion anisotrope de la lumière dans le bois (selon l'axe des fibres)

(Nyström, 2003)

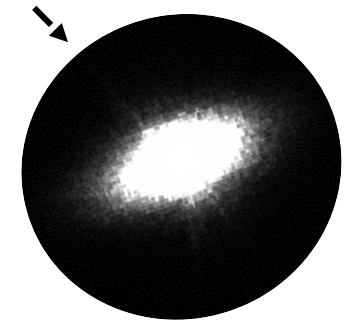
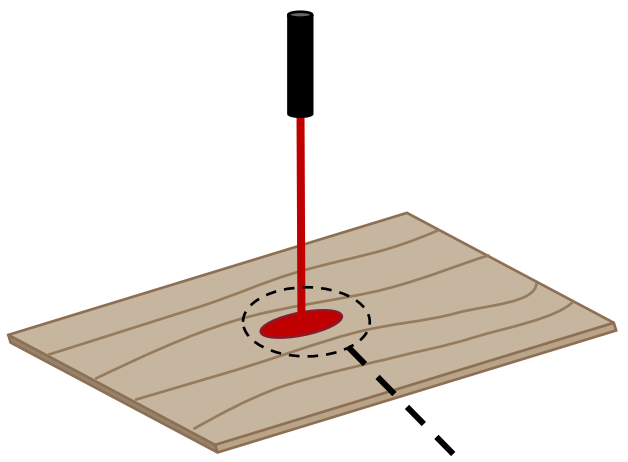
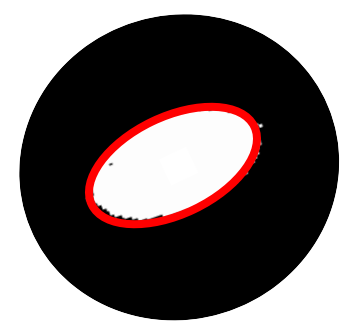
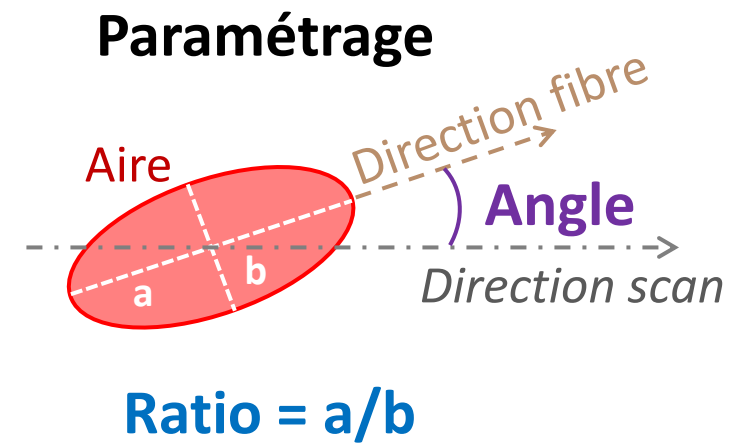


Image de diffusion



Binarisation



Paramétrage

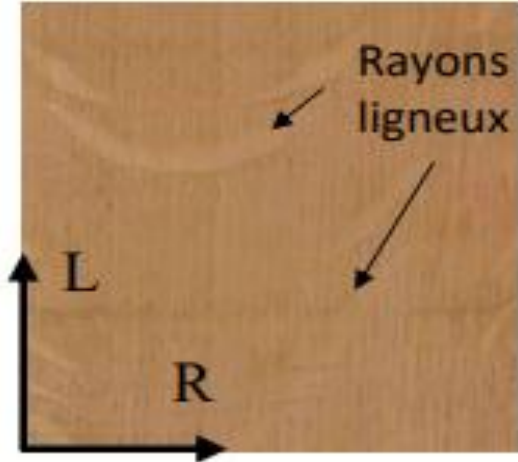
Ratio = a/b

Récupération des paramètres de l'ellipse (**angle, ratio, aire**)

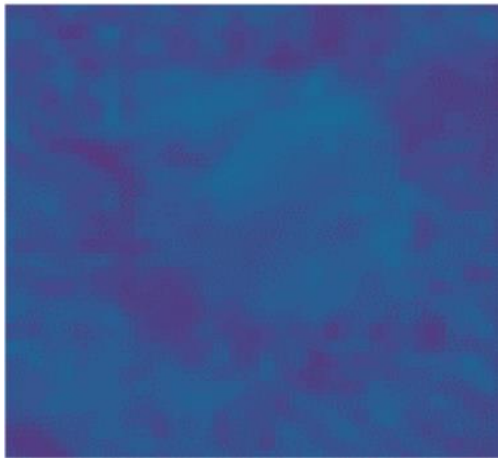
Mesure de l'orientation des fibres

Balayage de la surface de l'échantillon étudié pour réaliser des **cartographies** des **différentes propriétés**

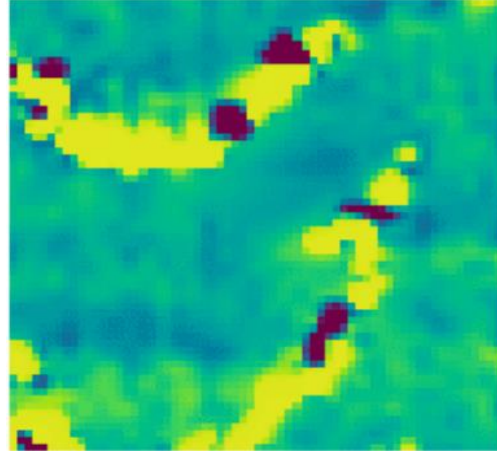
Photographie



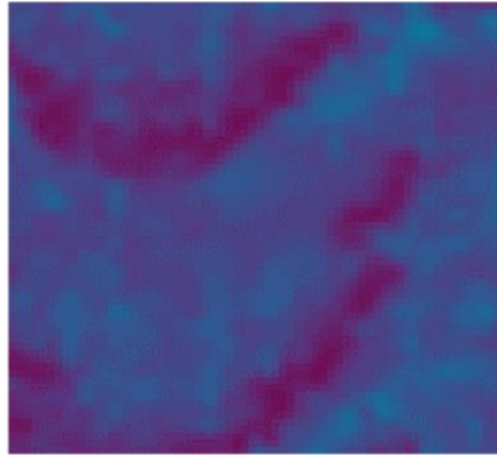
Aires



Angles



Ratios



Angles binarisés



Ratios



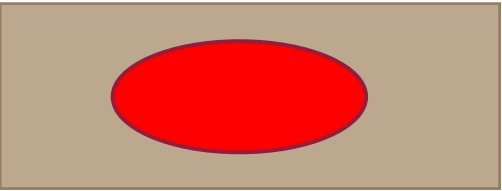
(Besseau, 2021)

Mesure de l'orientation des fibres

Informations de l'ellipse
obtenues en réflexion et
en transmission

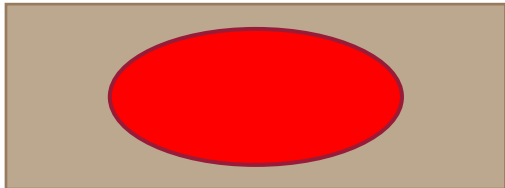
→ Plus riche et plus complet que
l'ellipse de diffusion seule

Vue partielle de dessus

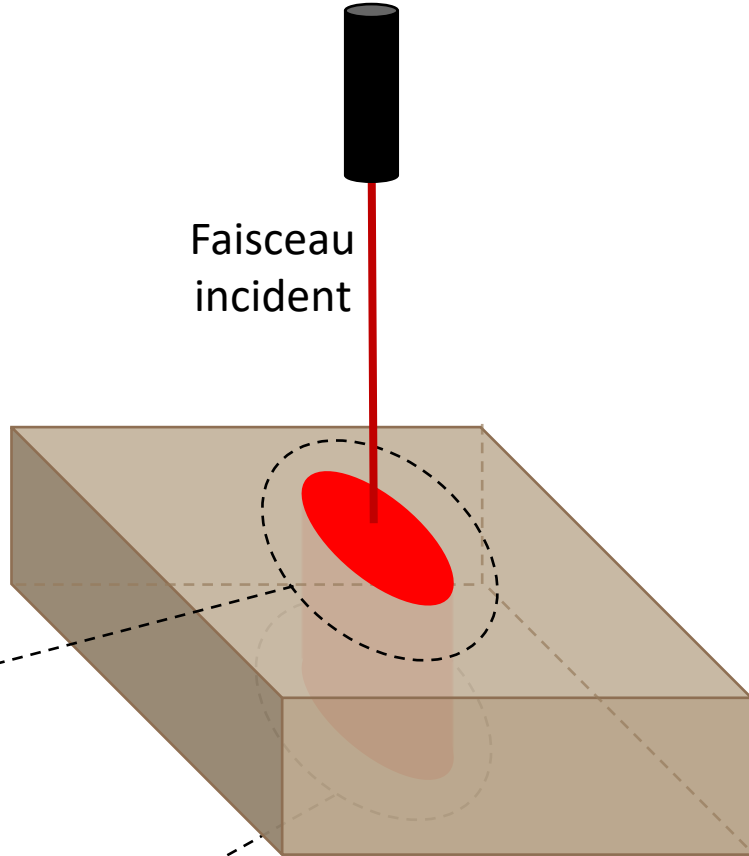


Ellipse de
diffusion
surfactive

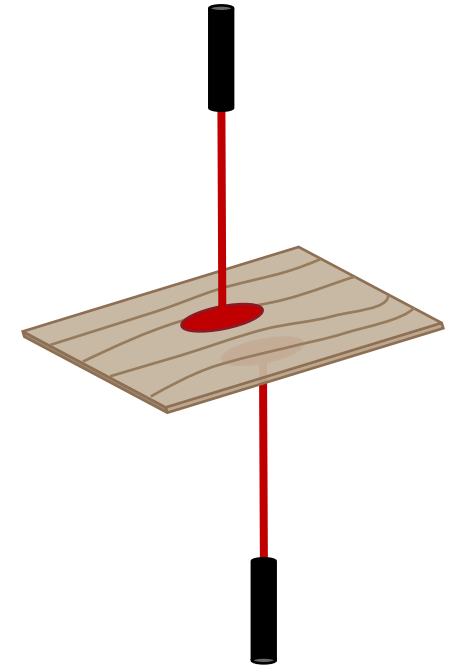
Vue partielle de dessous



Ellipse de
transmission
surfactive



Faisceau
incident



Deux lasers sont placés de part et
autre de l'élément pour obtenir
une ellipse en réflexion et en
transmission de chaque côté

Mesure de la masse volumique

Méthode industrielle :

Densitométrie par Rayons X

Ionisants

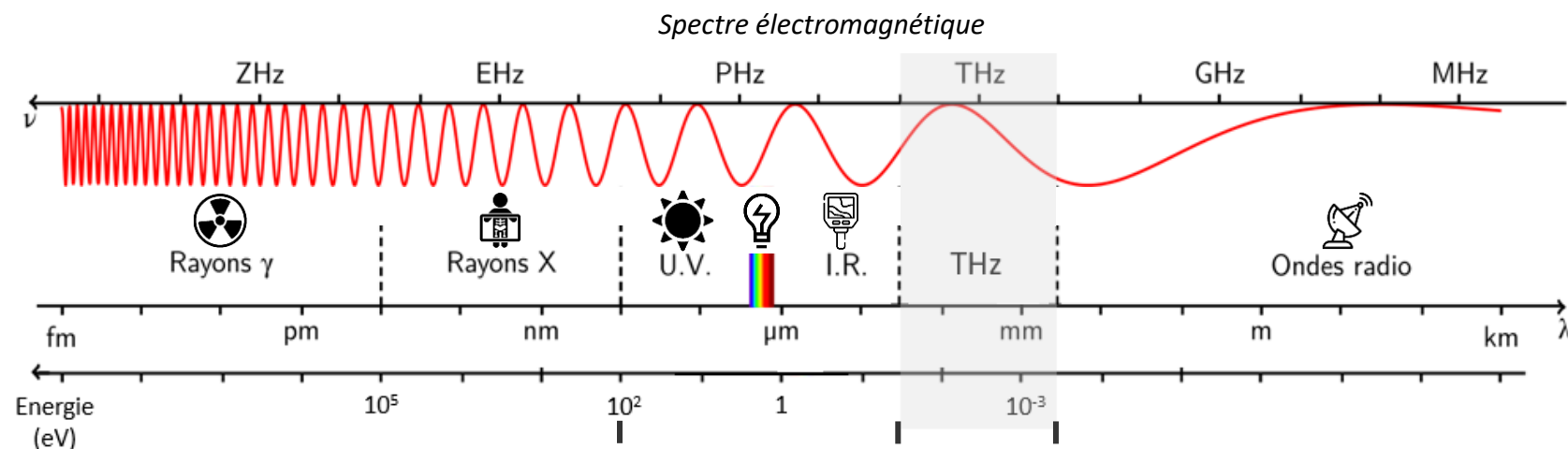
Risques sanitaires

Choix du type de rayonnement :

Critère

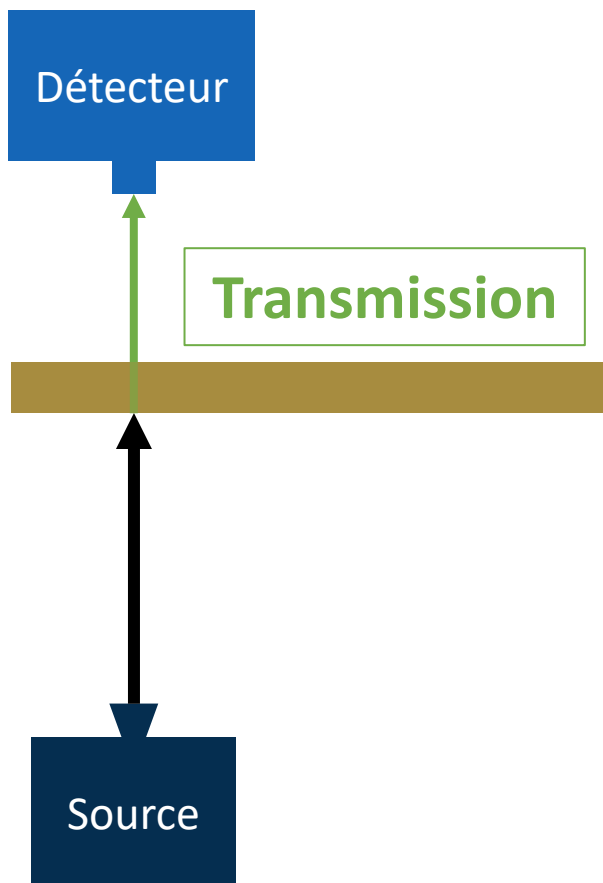
➤ Pénétration dans le bois	✓	✗	✓	✓
➤ Non ionisant	✗	✓	✓	✓
➤ Résolution spatiale suffisante (min 1 mm)	✓	✓	✓	✗

(Vander Vorst, 2006)



Domaine choisi : **TéraHertz** (0,1 – 10 THz)

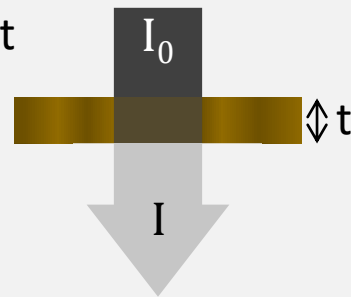
Mesure de la masse volumique



Mesure de l'absorption du signal par la matière

Loi de Beer-Lambert

$$\rho = \frac{1}{\mu t} \log\left(\frac{I_0}{I}\right)$$



Photographie d'un échantillon de hêtre

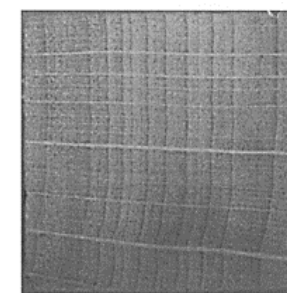
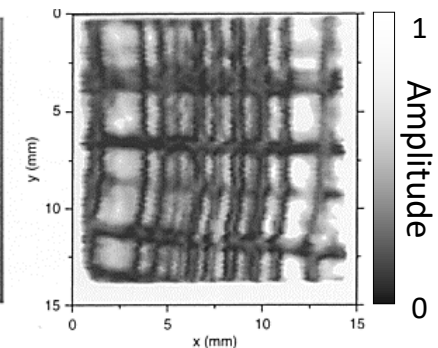
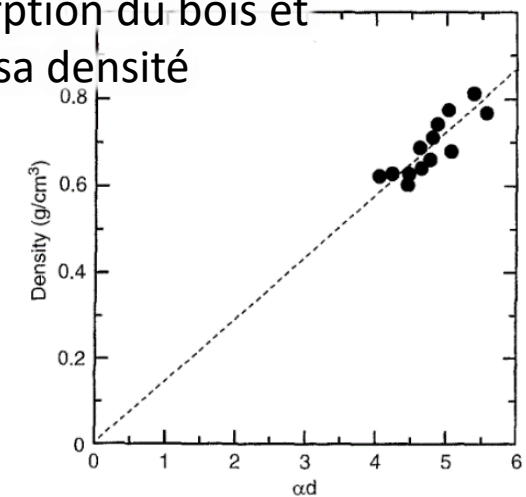


Image THz du même échantillon

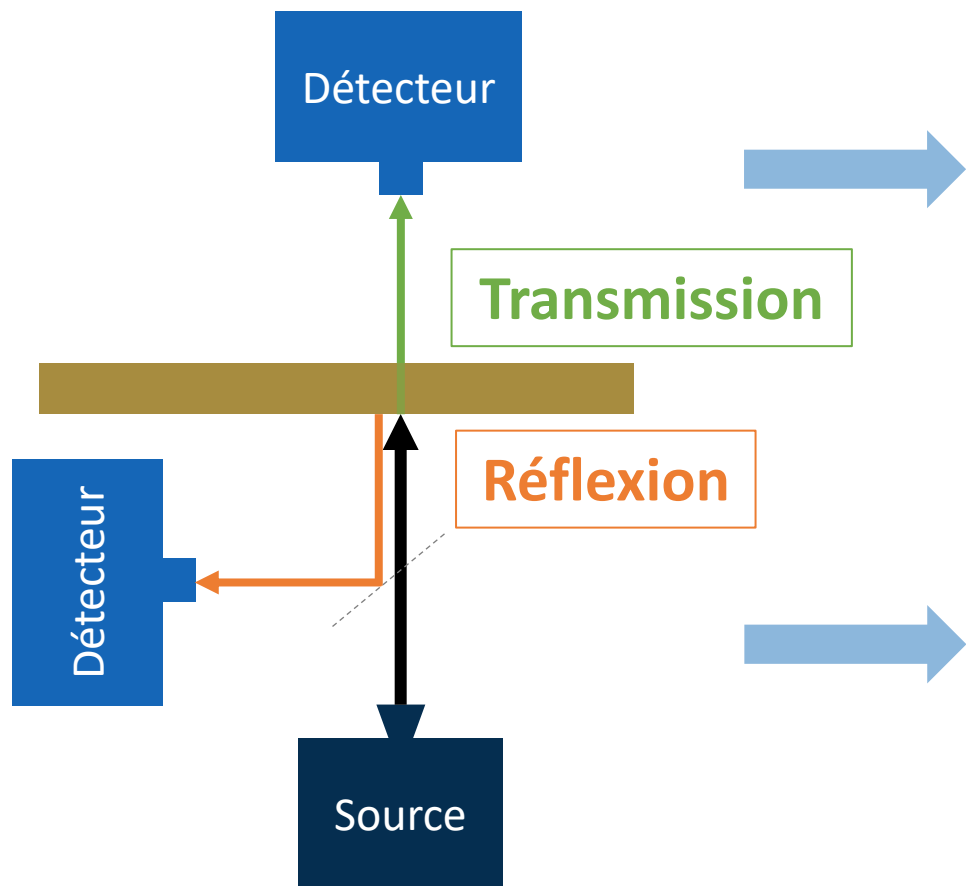


Koch et al., 1998

Relation entre l'absorption du bois et sa densité



Mesure de la masse volumique

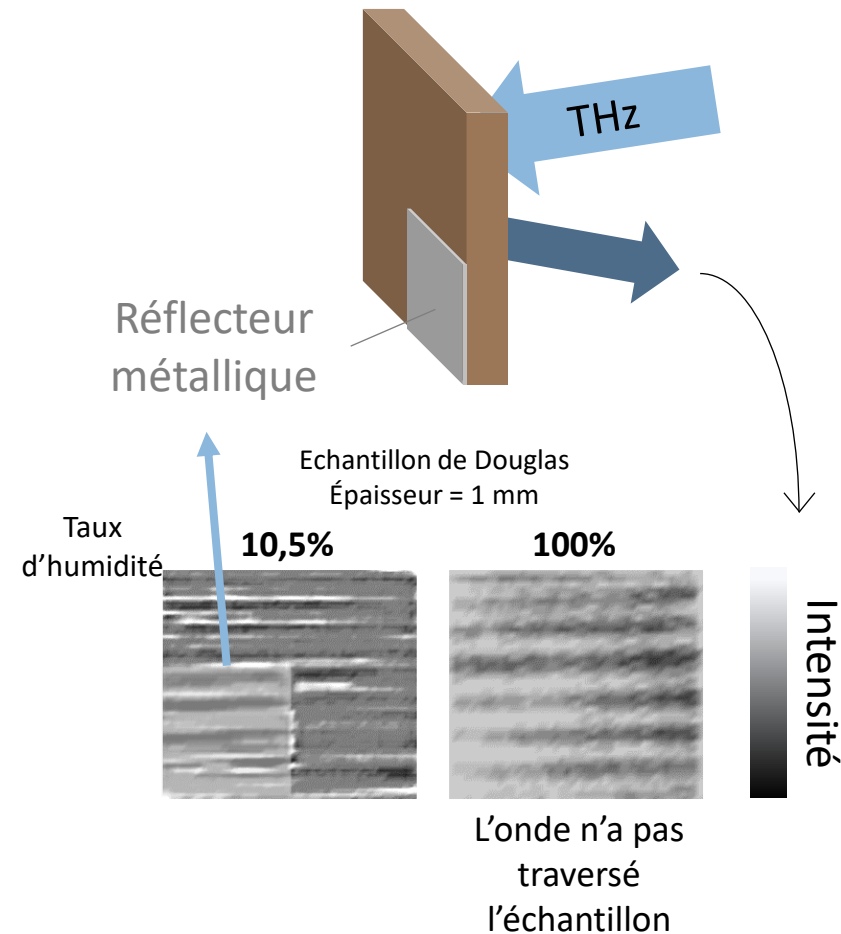


Mesure de l'absorption du signal par la matière

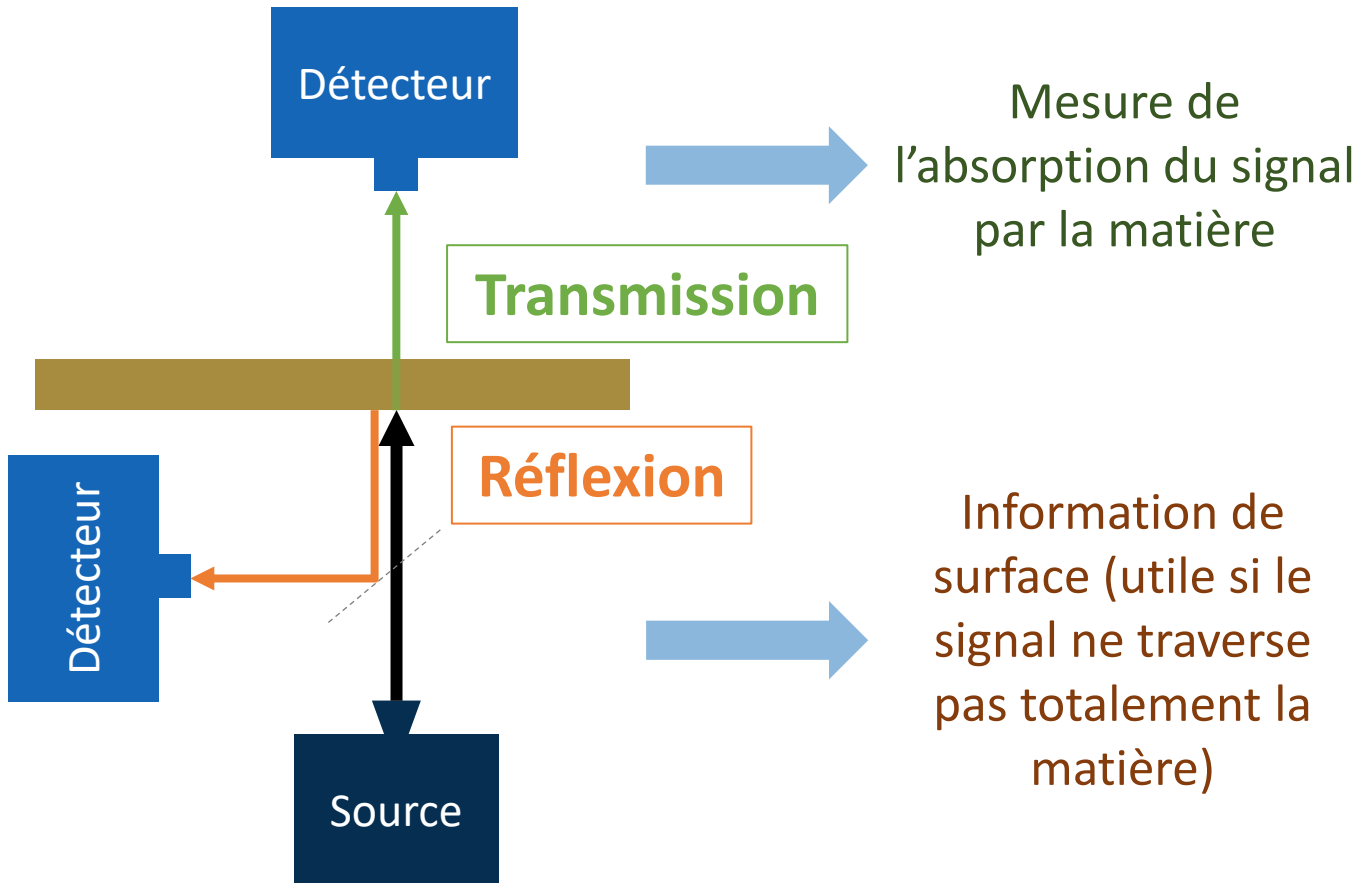
Information de surface (utile si le signal ne traverse pas totalement la matière)

Propriété des TéraHertz :

- Réfléchis par les métaux
- Absorbés par l'eau



Mesure de la masse volumique



- **Source** : TeraSchottky
 - Fréquence : **67,5-80 GHz**
 - Puissance : **200 mW**

+ Doubleur

- Fréquence : **135-160 GHz**
- Puissance : **60 mW**

 Lytid



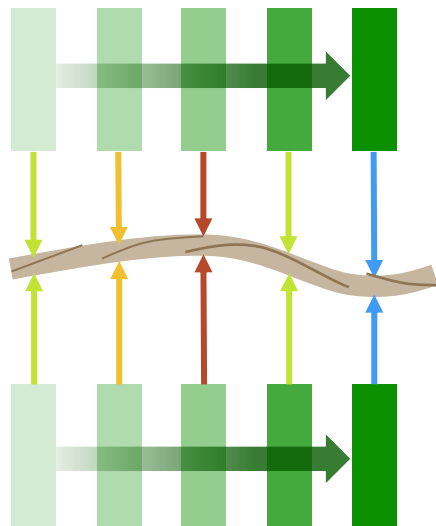
- **Détecteurs** : TeraPyro
 - Taille du capteur : **Ø5 mm**



Mesure de l'épaisseur et de l'ondulation



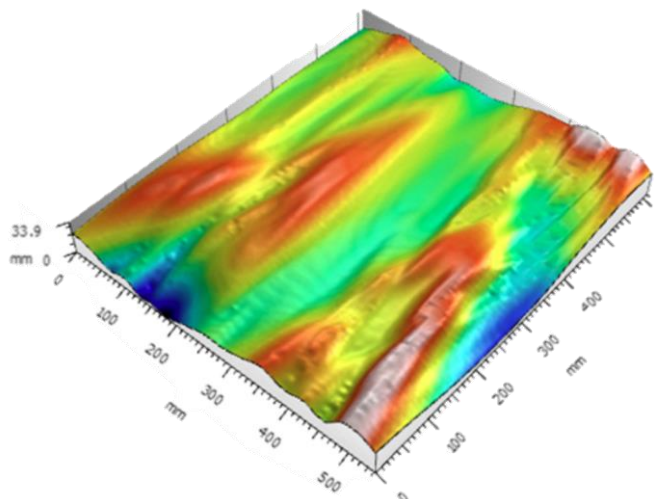
Capteurs de distance
Keyence
LK-H082



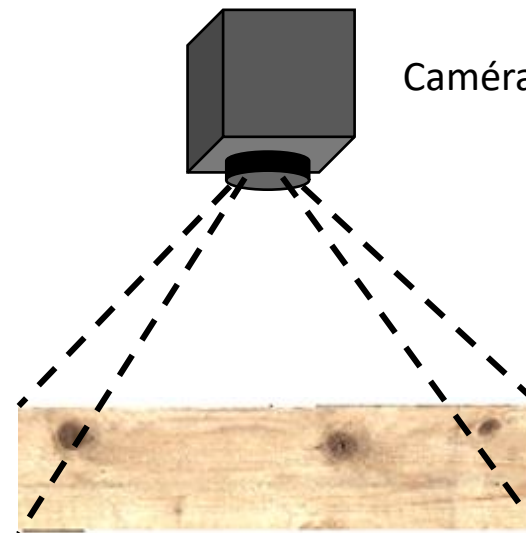
Mesure de l'épaisseur

+

Mesure de
l'ondulation

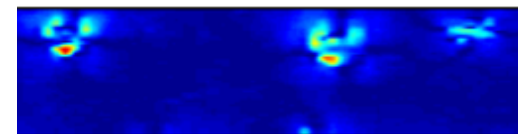


(Heim, 2023)

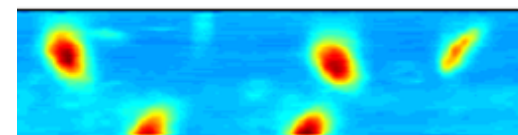


Caméra couleur

Photographie
couleur des deux
faces du bois étudié



Orientation des fibres



Masse volumique

Comparaison avec les
cartographies de
propriétés mesurées

Image couleur

Conclusion



Mesure de l'orientation des fibres

Mesure de la masse volumique

Mesure de l'épaisseur et de l'ondulation

Image couleur

Applications futures :

Thèses au LaBoMaP

- Projet BOOST
- Projet WOOFHI
- Projet MADEPLA
- Projet CHOC