

Classement mécanique des sciages feuillus

11/07/2017

Thèse des bois 2017

Younes FAYDI
Loïc BRANCHERIAU

Guillaume POT
Robert COLLET

- ❖ Contexte industriel, normatif et scientifique
- ❖ Moyens de classement
- ❖ Résultats et analyse
- ❖ Conclusions et perspectives

Présentation du laboratoire LaBoMaP

Equipe Matériau et Usinage Bois

**Contexte
industriel,
normatif et
scientifique**

**Moyens de
classement**

**Résultats
et analyse**

**Conclusions
et
perspectives**

- Axe 1 : Approche intégrée des procédés de première transformation du bois

- Modélisation et instrumentation de la coupe du bois
- Optimisation des efforts de coupes pour le déroulage et le fraisage



- Axe 2: Caractérisation des performances mécaniques et élaboration de matériaux d'ingénierie bois (bois massifs ou de placages reconstitués)

- Développement de nouvelles méthodes de classement mécanique
- Valorisation des essences à croissance rapide et des feuillus de qualité secondaire (Elaboration de CLT ou LVL)



Contexte industriel

- Les feuillus sont majoritaires en France et principalement le chêne

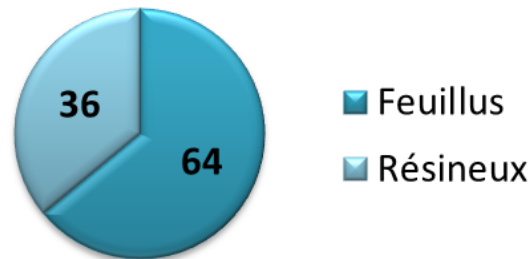
Contexte
industriel,
normatif et
scientifique

Moyens de
classement

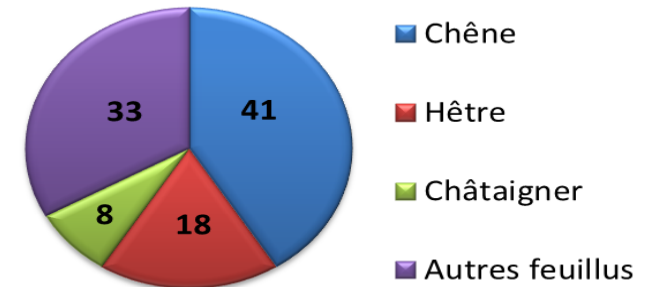
Résultats
et analyse

Conclusions
et
perspectives

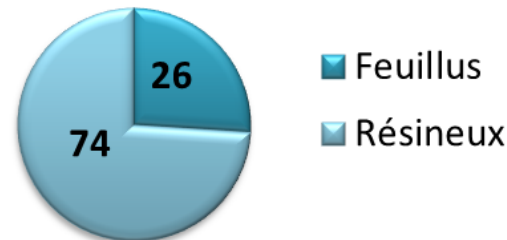
Proportion en volume entre
feuillus et résineux



Proportion en volume des
essences feuillus en France



Proportion d'utilisation dans
le bois d'oeuvre



Source: e-IGN 2016,
campagnes 2010 à 2014

Balance du commerce extérieur déficitaire (-726 Millions € bois sciés et rabotés)
Besoin d'une meilleure valorisation du chêne dans le secteur de la construction

Contexte
industriel,
normatif et
scientifique

Moyens de
classement

Résultats
et analyse

Conclusions
et
perspectives

Contexte normatif

Classement mécanique du chêne

- L' hétérogénéité du bois implique le classement pour la résistance mécanique et le tri en fonction de la qualité de chaque sciage
- Absence de machines de classement dans le chêne de qualité secondaire
- Méthode de classement visuelle n'est pas efficiente [1,2]

Objectifs

- Développer des solutions de contrôle non destructif du chêne
- Prédiction des propriétés mécaniques du chêne de qualité secondaire
- Comparaison de l'efficacité des machines

[1] J Viguié. Classement mécanique des bois de structure. Prise en compte des singularités dans la modélisation du comportement mécanique. PhD Thesis, 2015.

[2] R Collet, L Bleron, J Croisel and J-D Lanvin. The processing of small-law-grade French oaks into solid cross laminated panels. International Scientific Conference on Hardwood Processing, 2011.

Verrous scientifiques

Echantillonnage

- 405 planches ont été testées dans les conditions de laboratoires
- 5 sections ont été choisies pour les besoins de l'étude (dont une majoritaire)

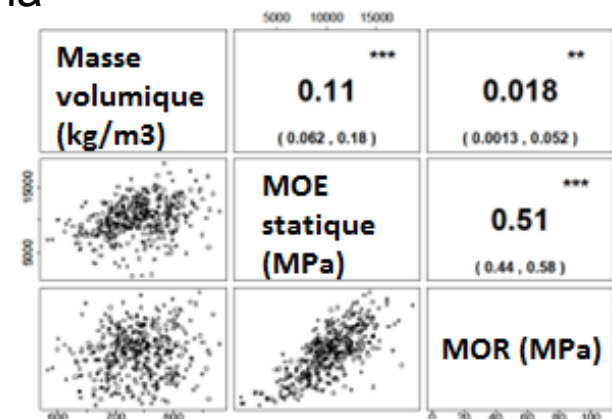
Classe visuelle	ST1(D30)	ST2(D24)	ST3(D18)	Rejet
Effectif	26	59	96	224
Effectif (%)	6,42	14,57	23,70	55,31

Dimensions	Nombre de planches
2000 x 100 x 22	315
2200 x 80 x 24	11
2000 x 100 x 24	33
2500 x 100 x 24	30
3000 x 170 x 24	16

Tests destructifs

- Essais en flexion quatre points suivant la norme EN 408 (2012)
- Le module élastique (MOE) et la résistance à la rupture (MOR) mesurés sont les valeurs exigées par les normes

Propriétés mécaniques statiques	Moyenne	Ecart-type	CV%
Masse volumique (kg/m ³)	737	53	7
MOE (MPa)	10 270	2 276	27
MOR (MPa)	51	22	44



Contexte
industriel,
normatif et
scientifique

Moyens de
classement

Résultats
et analyse

Conclusions
et
perspectives

Moyens de classement

Méthode basée sur l'orientation des fibres (l'effet tracheide)

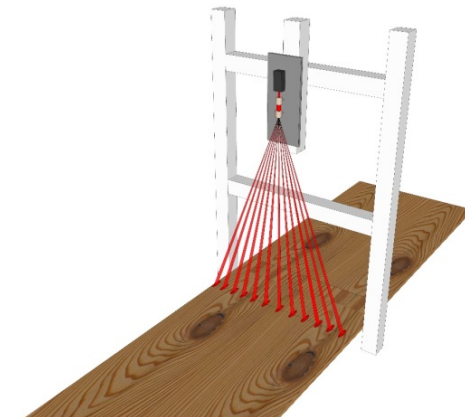
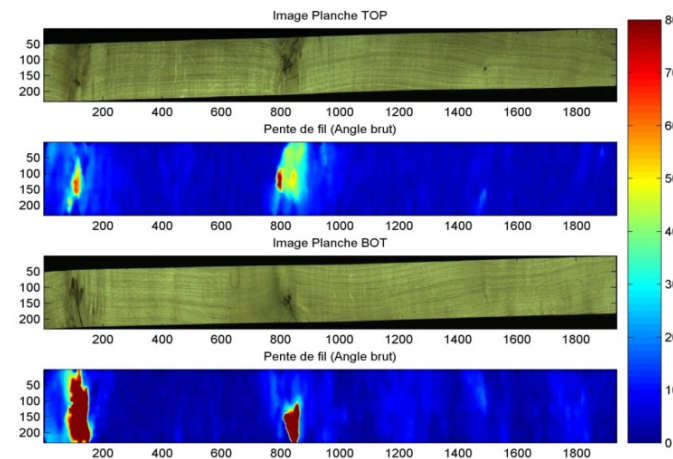
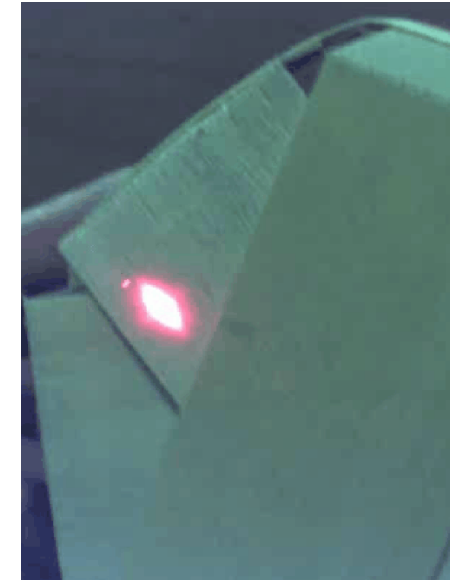
Contexte
industriel,
normatif et
scientifique

Moyens de
classement

Résultats
et analyse

Conclusions
et
perspectives

- Formation d'une ellipse sur la surface du bois lors de l'émission d'un laser point
- Permet de déterminer l'orientation de la fibre
- Construction d'une cartographie d'angles sur la surface d'une planche de bois

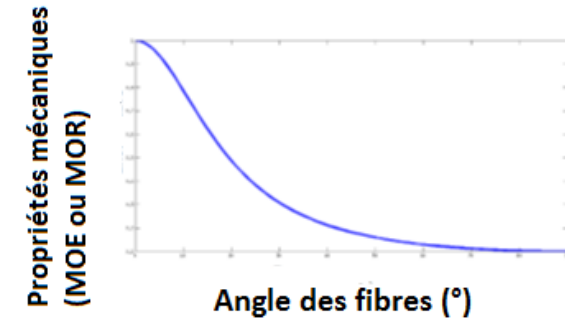


Moyens de classement

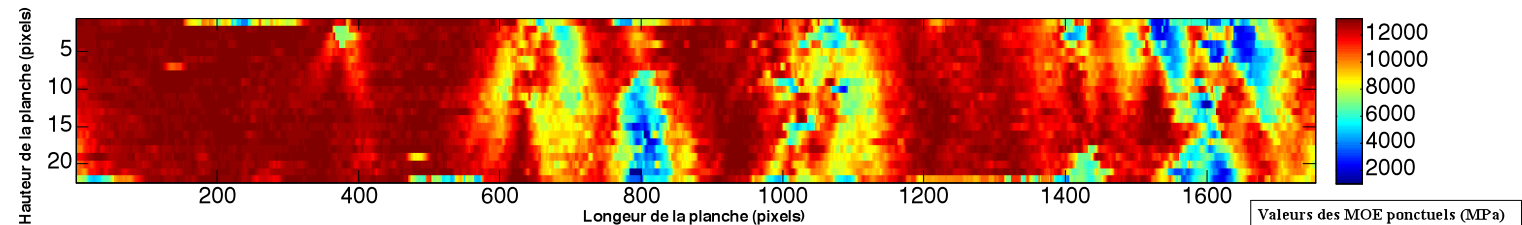
Méthode basée sur l'orientation des fibres (l'effet tracheide)

Equation d'Hankinson (exemple pour le MOE)

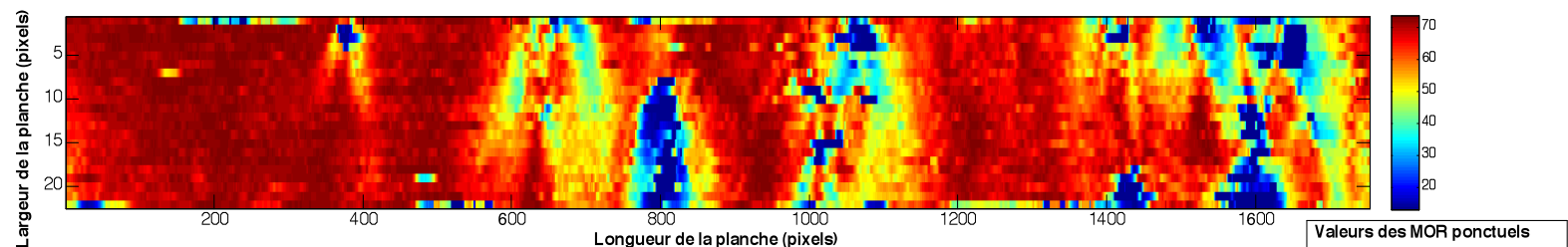
$$MOE_{\theta} = \frac{MOE_0 MOE_{90}}{MOE_0 \sin \theta^n + MOE_{90} \cos \theta^n}$$



- Prédiction du MOE
 - Calcul du MOE global



- Prédiction du MOR
 - Recherche de la zone de faible résistance à la flexion



Contexte
industriel,
normatif et
scientifique

Moyens de
classement

Résultats
et analyse

Conclusions
et
perspectives

Moyens de classement

Méthodes basées sur l'analyse vibratoire

- Les essais vibratoires sont réalisés avec le BING (CIRAD)
- Types de sollicitations possibles

- MOE vibratoire longitudinal (Appliqué en industrie)

$$MOE = 4\rho L^2 f_{mode\ 1}$$

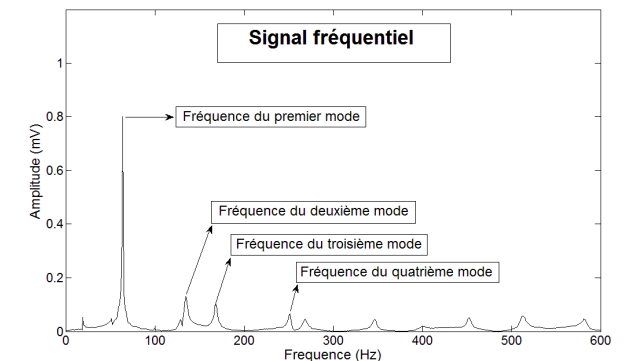
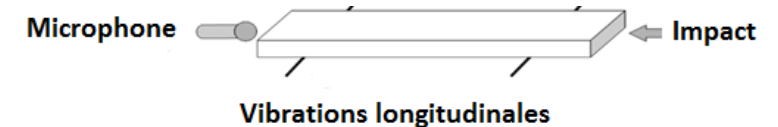
- MOE vibratoire transversal

$$MOE = \frac{4\pi^2 \rho S L^4 f_{mode\ 1}^2}{IX_1}$$

Modèle basique : Corrélation directe entre le MOE vibratoire (premier mode) et le MOR statique

Dans la
➔
Thèse

Modèles développés à partir d'une exploitation approfondie du spectre fréquentiel obtenu par vibrations transversales sur chant



Résultats et analyse

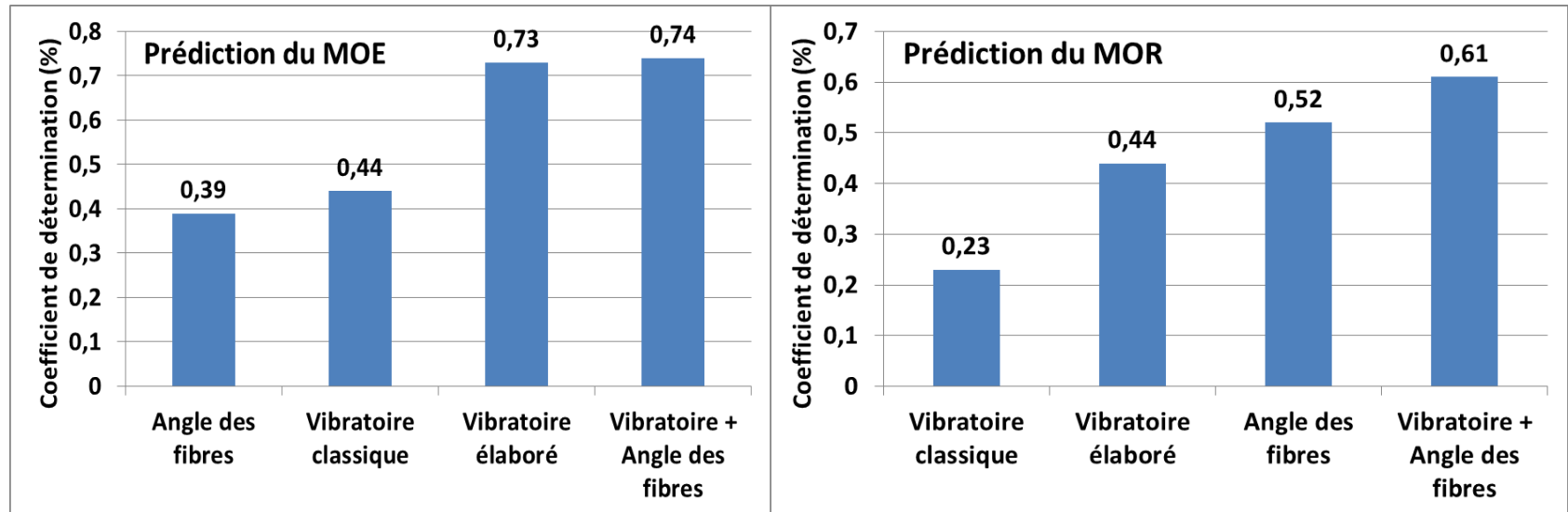
Comparaison des niveaux de prédiction des modèles

Contexte
industriel,
normatif et
scientifique

Moyens de
classement

Résultats
et analyse

Conclusions
et
perspectives

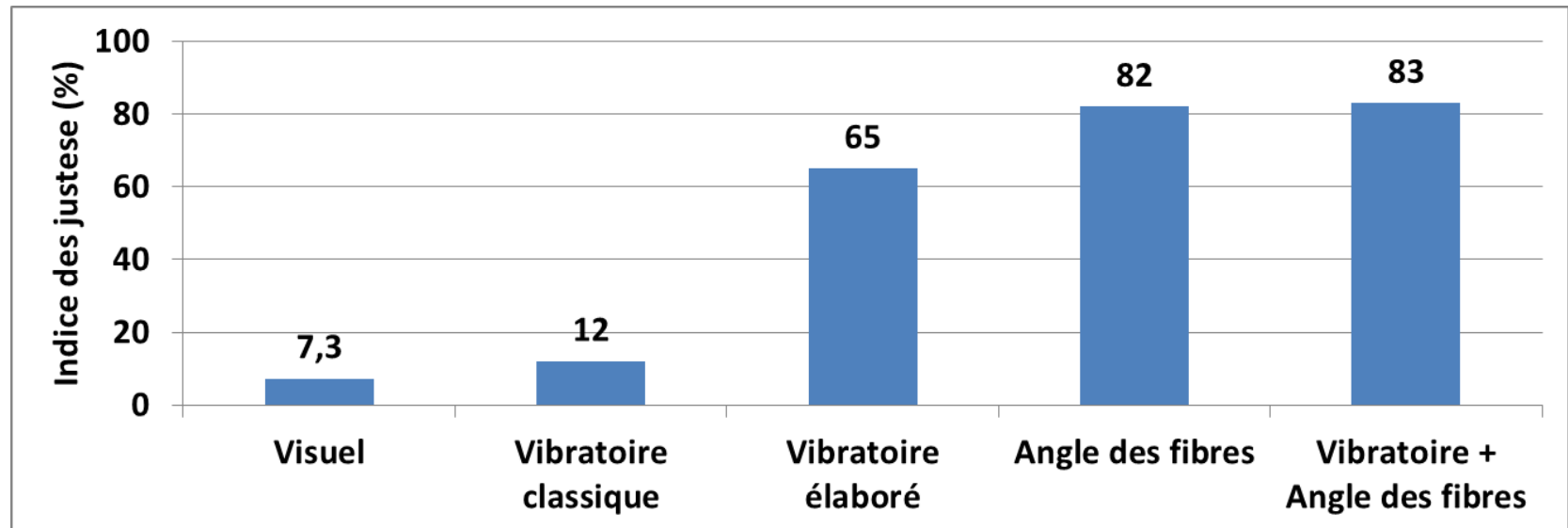


- Le modèle vibratoire élaboré (solicitation transversale) améliore le niveau de prédiction du MOE et du MOR par rapport à un essai vibratoire classique (solicitation longitudinale)
- La méthode basée sur la cartographie des angles des fibres est moins intéressante pour le MOE que le vibratoire mais plus pertinente pour la prédiction du MOR
- L'association des deux machines de contrôle non destructif assure le meilleur résultat

Résultats et analyse

Comparaison des modèles pour le classement mécanique (exemple D30/Rejet)

Indice de justesse : Pourcentage des planches bien classées en D30/Rejet



- Le modèle vibratoire élaboré (transversal) améliore de 53 points la justesse du classement par rapport à un modèle vibratoire classique (longitudinal)
- L'utilisation de l'information angle des fibres est plus performante que le vibratoire
- L'association du vibratoire à la cartographie des angles améliore sensiblement le résultat final

Conclusions et perspectives

Conclusion

Type de machines	Cadence annuelle (m3)	Sens du convoyage	TRL (niveau de maturité)
Machine basée sur les angles des fibres	40 planches/minute	Longitudinal	4
Machine basée sur le vibratoire longitudinal	180 planches/minute	Transversal	9
Machine basée sur le vibratoire transversal	4 planches/minute	Longitudinal	9

- Le vibratoire longitudinal : + performant en cadence industrielle
- efficacité est pénalisante
- Le vibratoire transversal : + performant en efficacité dispose
- cadence très faible
- La machine basée sur les angles de fibres offre le meilleur compromis entre cadence industrielle et efficacité

Perspectives

- Nécessité d'une homologation de la machine basée sur les angles de fibre et un essai en environnement industriel
- La conception d'une machine vibratoire transversale plus rapide devrait être réalisée en vue d'améliorer sa performance

**Contexte
industriel,
normatif et
scientifique**

**Moyens de
classement**

**Résultats
et analyse**

**Conclusions
et
perspectives**

Merci pour votre attention.

Avez-vous des questions?

Younes FAYDI - Doctorant

Arts & Métiers Paristech – Centre de Cluny – Labomap

Team : WMM

Tel : (+33) 7 62 57 09 39

Younes.faydi@ensam.eu

