

Y.FAYDI¹, L.BRANCHERIAU², G.POT¹, R. COLLET¹, R.LETOURNEAU¹

¹ LaBoMaP, Arts et Metiers, HESAM, COMUE BFC, 71250 Cluny

² CIRAD - Département PERSYST, UPR 114 "Biomasse, bois, énergie, bio-produits" TA B114/16 73 Rue Jean François Breton 34398 Montpellier Cedex 5

E-mail : younes.faydi@ensam.eu – Tél : (+33) 7 62 57 09 39

Contexte de l'étude

Prédiction des propriétés mécaniques à partir des singularités spécifiques aux sciages (Pente de fil, nœuds, fentes, ...).

Détermination exigée, par les normes européennes, de la densité, du module de Young et de la résistance à la rupture sous une sollicitation de flexion quatre points sur chant.

Assemblage de technologies (Caméras, Lasers, Rayons X) engendrant des coûts considérables.

Objectif de l'étude

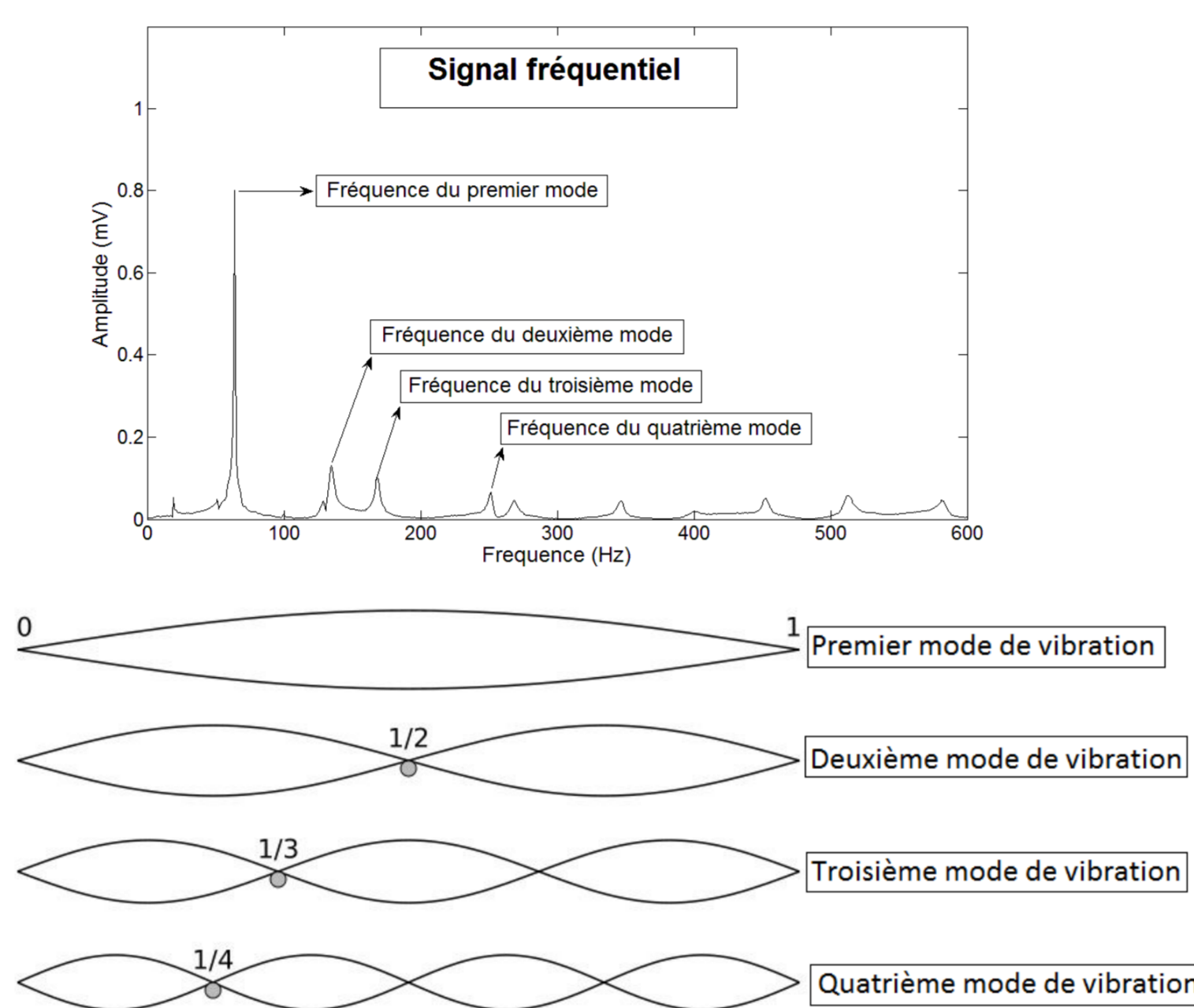
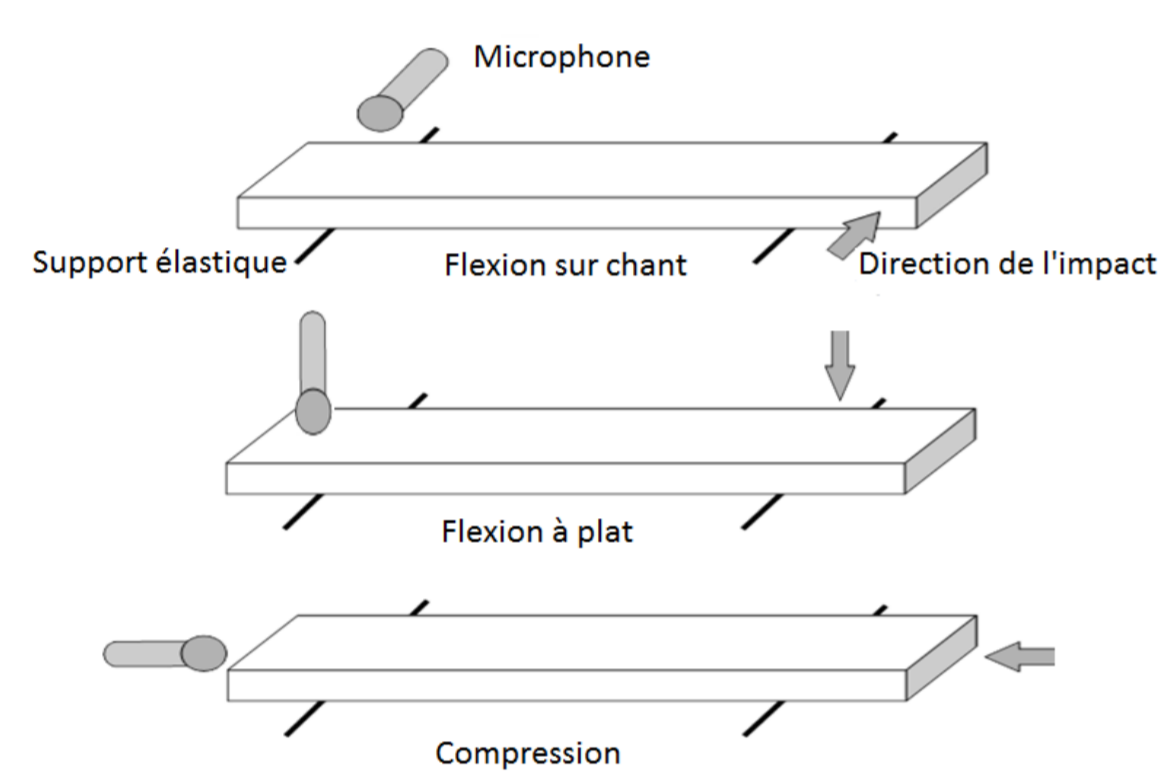
- Se limiter à la seule analyse vibratoire appuyée par une méthode statistique pour la prédiction du module de Young (MOE) et la résistance à la rupture (MOR).
- Améliorer le classement du chêne de qualité secondaire qui est peu étudié mais très présent dans la ressource forestière française.

Éléments de littérature

- Utilisation très courante de la réponse vibratoire mais uniquement en utilisant la fréquence de résonance au premier mode [1].
- Il a été montré que le chêne même de qualité secondaire présente de bonnes propriétés mécaniques permettant son application pour des emplois en structure [2].

Matériel

Echantillonnage : 151 planches de chêne de qualité secondaire ont été soumises aux essais vibratoires



Variables extraites

Type de vibrations	Variable	Nombre de paramètres
Longitudinales (en compression)	Module de Young	1
	Coefficient d'amortissement	1
Transversales (à plat et sur chant)	Modules de Young en fonction du mode et de la direction de sollicitation	8
	Module de cisaillement pour chaque direction de sollicitation	2
	Ratio entre les modules de Young sur chant et à plat (pour les quatre modes)	4
	Coefficients de détermination entre les fréquences des quatre modes	2
	Coefficients d'amortissement	2
	Densité	1

Méthode statistique : Régression pas à pas et Validation croisée

- Recherche des paramètres expliquant le maximum de variance de la variable à prédire.
- Le modèle choisit les variables explicatives en se basant sur l'analyse du critère d'information d'Akaike (AIC) [3].
- Le modèle choisit uniquement les variables explicatives qui ne sont pas corrélées entre elles.
- La significativité de chaque variable choisie est ensuite évaluée à travers un test d'hypothèse.
- L'analyse est faite par l'intermédiaire du logiciel R.

- La validation croisée consiste à calibrer le modèle sur une partie du lot testé (deux tiers dans ce cas) et à valider sur le reste (un tiers dans ce cas). Cette opération est réalisée sur chaque tiers afin de calculer à la sortie l'erreur du modèle représenté par le paramètre RMSECV (Root Mean Square error of cross validation) :

$$RMSECV = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\hat{y}_{cv,i} - y_i)^2}{N}}$$

Avec : N : nombre d'échantillons

$\hat{y}_{cv,i}$: variable prédite de la variable y_i (MOE ou MOR)

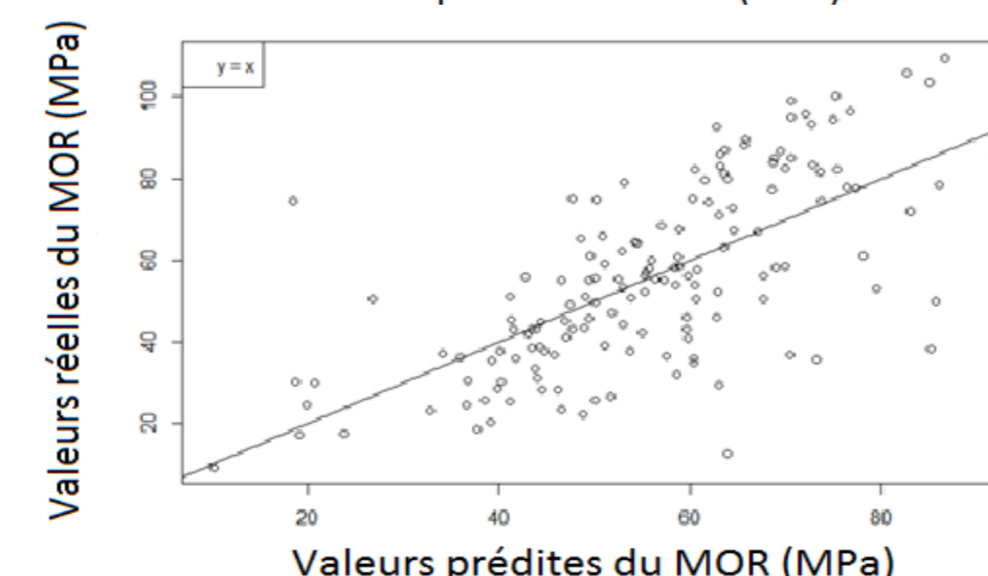
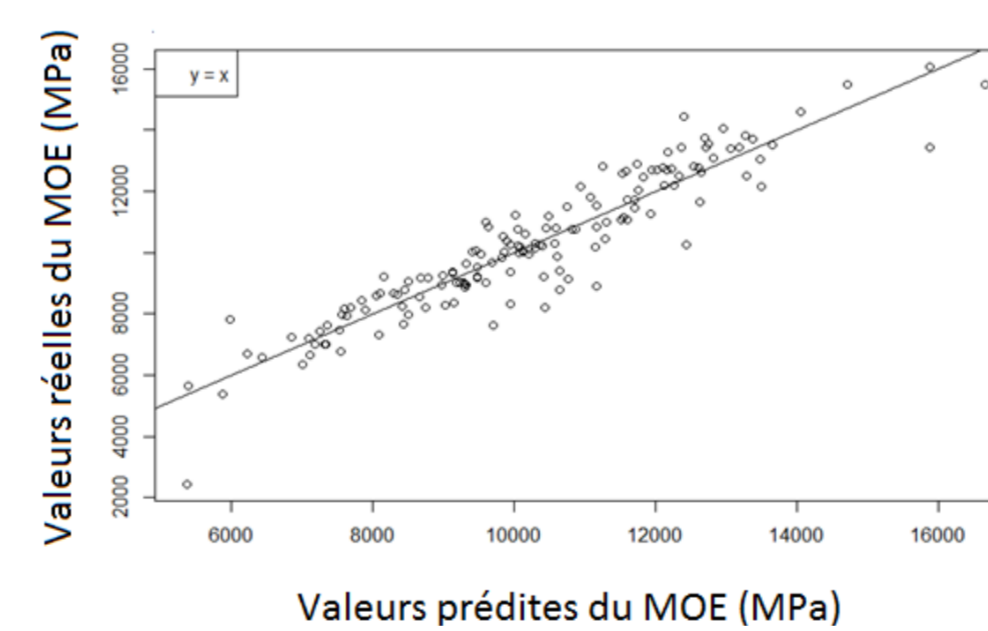
Résultats

Concernant le MOE, trois paramètres ont été retenus par la régression pas à pas

- MOE 1er mode sur chant
- Rapport entre les MOE à plat et sur chant du mode 2
- Rapport entre le MOE à plat et sur chant du mode 3

Concernant le MOR, cinq paramètres ont été retenus :

- MOE 4ème mode sur chant
- Module de cisaillement sur chant
- Rapport entre la fréquence du 3^{ème} mode et celle du 1^{er} mode sur chant
- La corrélation entre les fréquences à plat des quatre modes
- La corrélation entre les fréquences sur chant des quatre modes



Comparaison de la prédiction des propriétés mécaniques entre une régression directe et une régression pas à pas.

Prédiction du MOE	R ²	RMSECV
MOE vibratoire en compression	0,76	1109
MOE vibratoire sur chant	0,84	893
Régression pas à pas	0,86	883

Prédiction du MOR	R ²	RMSECV
MOE vibratoire en compression	0,27	19,3
MOE vibratoire sur chant	0,32	19
Régression pas à pas	0,42	17,9

Conclusion

La régression pas à pas apporte une nette amélioration de la prédiction du MOE et du MOR par rapport à ce qui est fait couramment en industrie (essai vibratoire en compression) en notant que cet effet est plus marqué pour la prédiction du MOR.

Perspectives

Cette étude est à approfondir à travers une campagne expérimentale plus conséquente. Une comparaison avec les autres méthodes non destructives devra aussi être réalisée afin de quantifier l'apport de cette méthode.

Remerciements

Cette étude est soutenue conjointement par le conseil général de Bourgogne Franche-Comté, l'Institut Carnot-Arts et le CIRAD.

Références

- [1] L.Brancheriau (2002), Expertise mécanique des sciages par analyses des vibrations dans le domaine acoustique
- [2] R.Collet, L.Bleron, J. Croisel, JD. Lanvin (2011), The processing of small low-grade French oaks into solid cross laminated panels, International Scientific Conference on Hardwood Processing
- [3] P.K.Burnham, R.D. Anderson(2002), Model selection and multimodel inference : a practical information-theoretic approach