



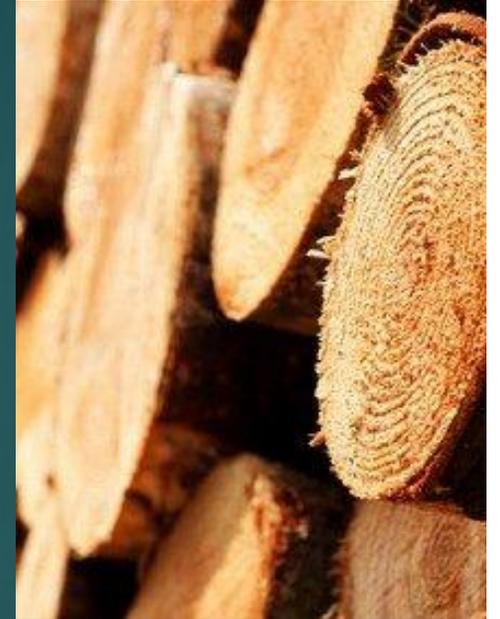
IMT Mines Alès
École Mines-Télécom



1

Conférence Cast3m

CONFIGURATION D'UNE LOI DE COMPORTEMENT POUR LA
MODÉLISATION PAR ÉLÉMENTS FINIS DE POUTRES BOIS LAMELLÉ COLLÉ

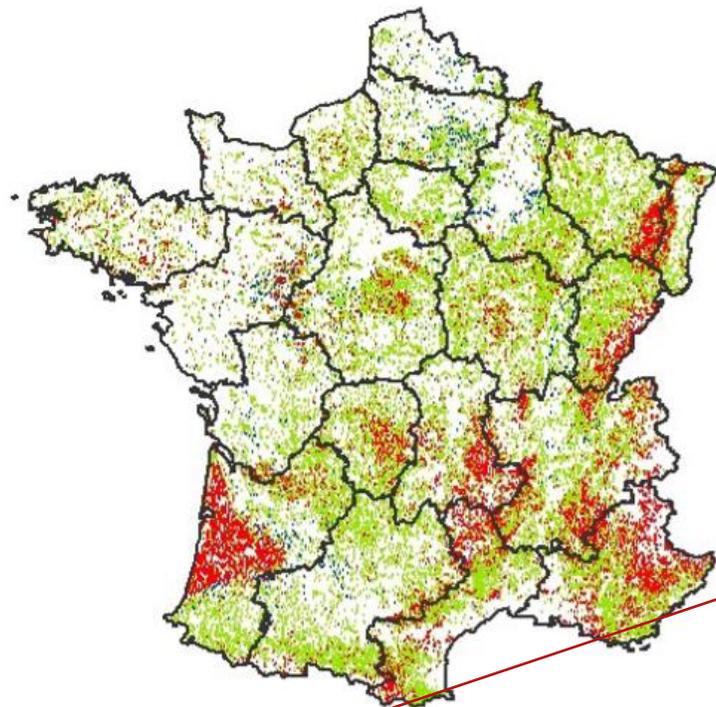


Préambule

- ▶ De mars à juillet 2021, sujet de projet de fin d'étude : modélisation de poutres BLC de feuillus en flexion
- ▶ FCBA : Centre technique industriel pour le développement de la filière bois en France (certifications, normalisation, recherche privée et recherche collective)



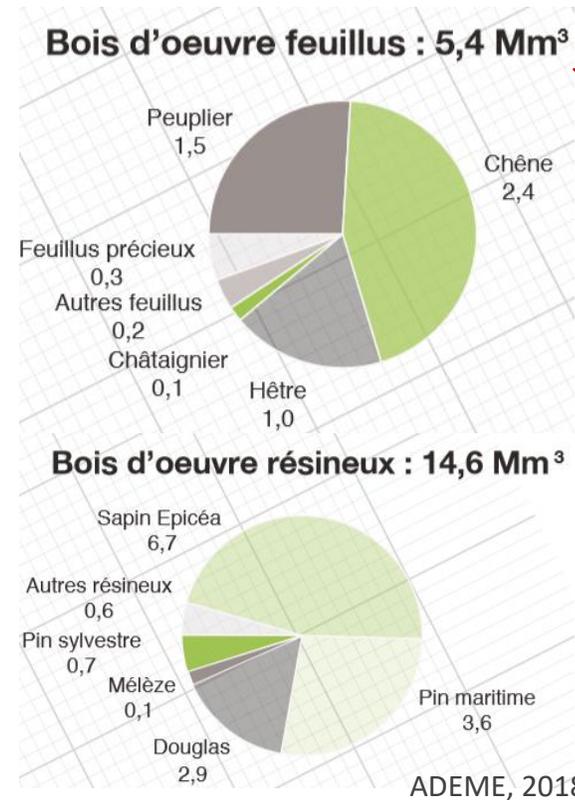
I/ i. Contexte



$\frac{3}{4}$ de la surface boisée

- Essences feuillues dominantes
- Essences résineuses dominantes
- Peuplier

ADEME, 2018



$\frac{1}{4}$ du bois utilisé en construction

I/ ii. Objectifs

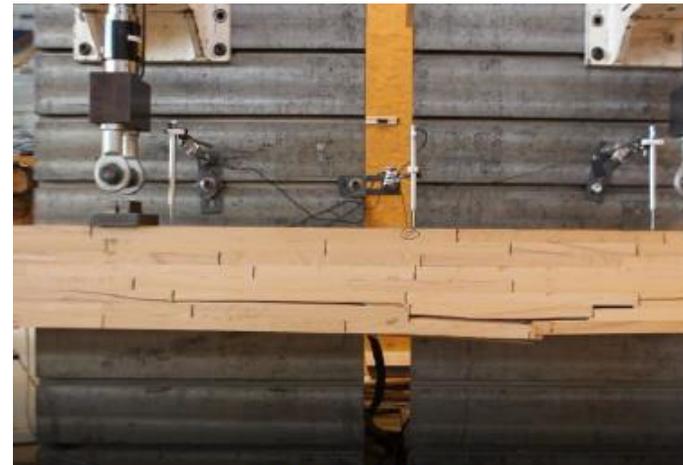
Basé sur la méthode des éléments finis et des résultats d'essais réalisés par le FCBA :

Objectif scientifique : Prédire les performances d'une poutre BLC de feuillus

Besoin du FCBA : éviter de casser 30 poutres, économies



Avant rupture



Après rupture

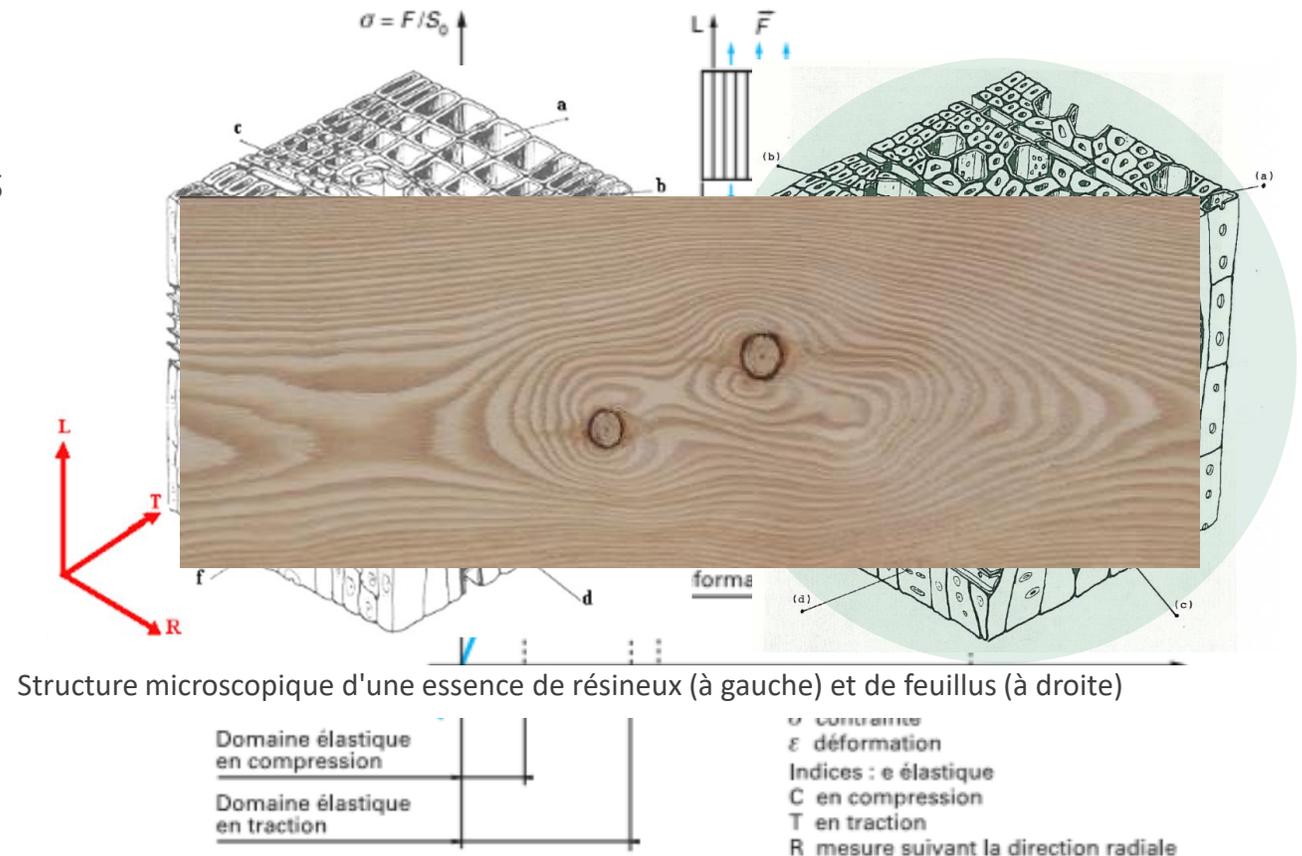
I/ iii. Comportements mécaniques

Chez les feuillus :

- ▶ Fibres plus courtes et parois plus épaisses
- ▶ Densité importante
- ▶ Grande variabilité des propriétés

A noter :

- * Existence de défauts
- * Différence de comportement en traction et en compression



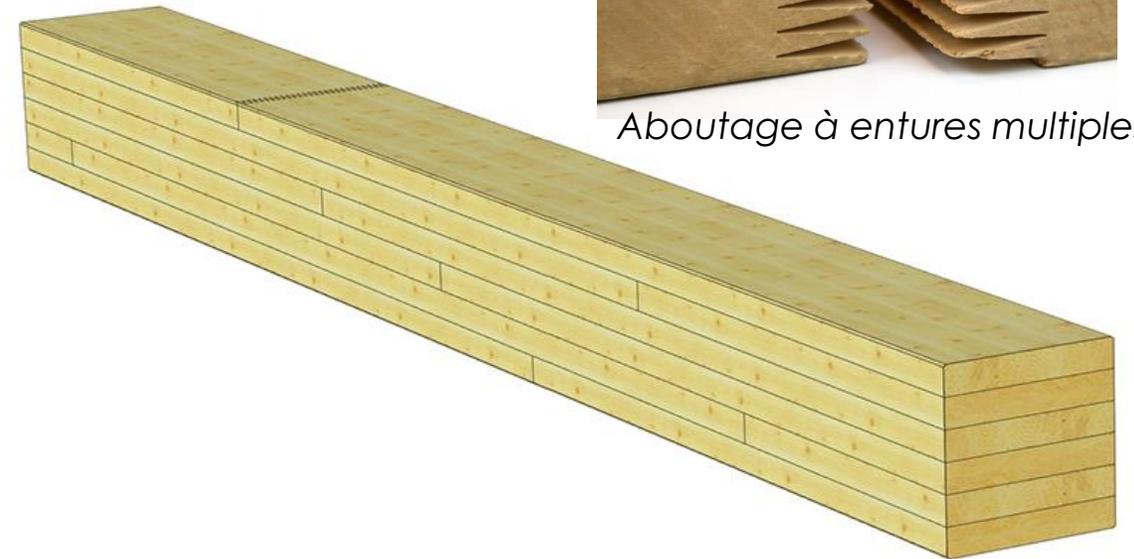
Courbe de contraintes - déformations singulière du bois parfait dans le sens longitudinal

I/ iv. Les poutres de bois lamellé collé

- ▶ Assemblage de plusieurs lamelles de bois sur la longueur et la hauteur
- ▶ Intérêt : permettre de réduire la variabilité pour augmenter la performance globale
 - Le coefficient de variation calculé diminue jusqu'à 80% pour le module d'élasticité et entre 20% et 40% pour la résistance en flexion



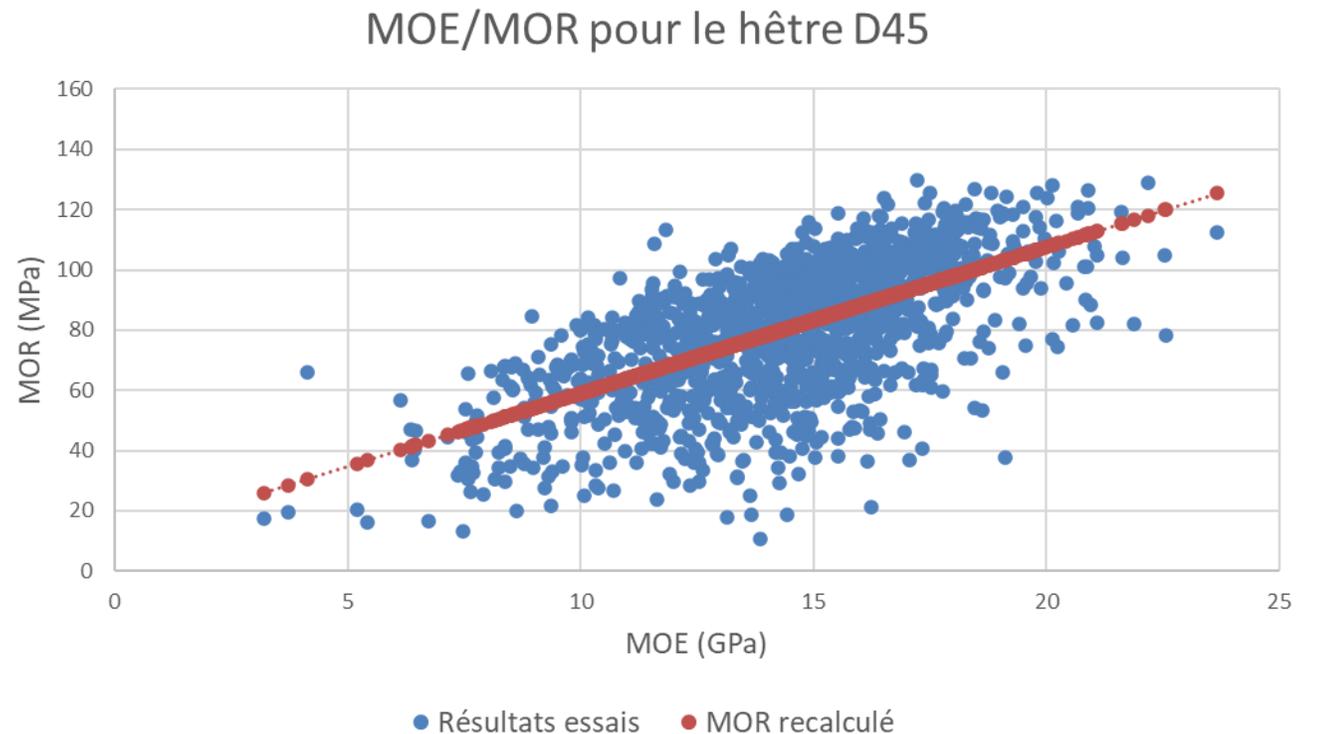
Aboutage à entures multiples



Poutre en bois lamellé collé

II/ i. Intégration de la variabilité

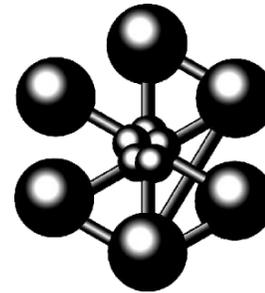
- ▶ Tirée d'essais expérimentaux pour 4 essences de feuillus
- ▶ Dépendance MOE/MOR à partir d'une relation établie



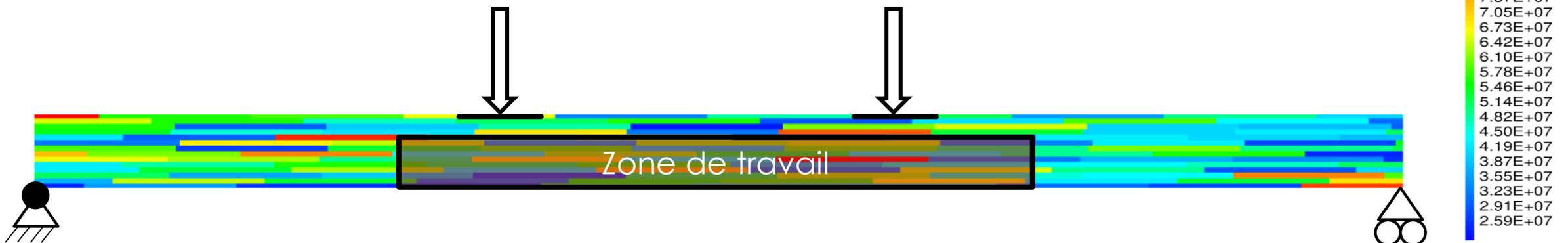
MOE : Module d'élasticité longitudinale - MOR : Module de rupture en flexion

III/ i. Modèle éléments finis

- ▶ Utilisation du logiciel Cast3m
- ▶ 2 dimensions : problème axisymétrique
- ▶ Éléments quadrangles
- ▶ Petites déformations

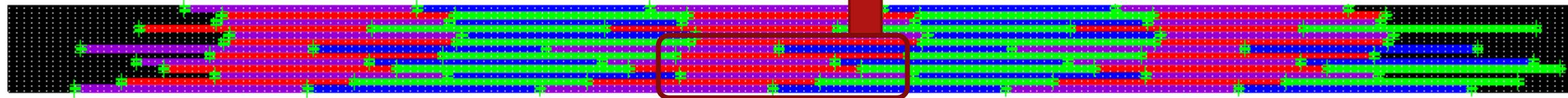
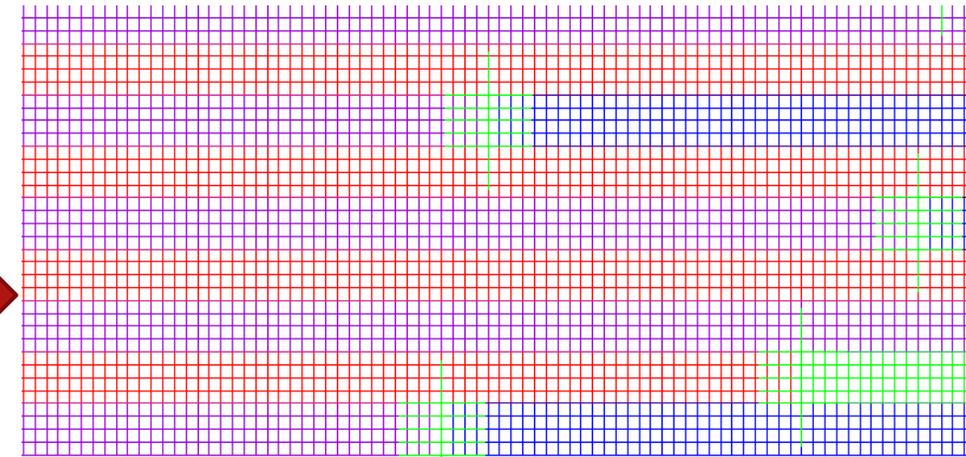


Modélisation du dispositif d'essai de la norme EN 408 – Flexion 4 points



III/ i. Modèle éléments finis

- ▶ Aboutages distribués aléatoirement, poutres modélisées uniques
- ▶ 3 à 4 éléments dans l'épaisseur d'une lamelle
Pour une poutre de 5m avec 13 lamelles dans la hauteur : 54 000 éléments (55 000 nœuds) de 5mm d'épaisseur



III/ ii. Hypothèses matériau

Hypothèses retenues :

- Matériau isotrope élastique
- Modélisation des aboutages
- Rupture lorsque l'endommagement dépasse un seuil sur toute la hauteur d'une lamelle

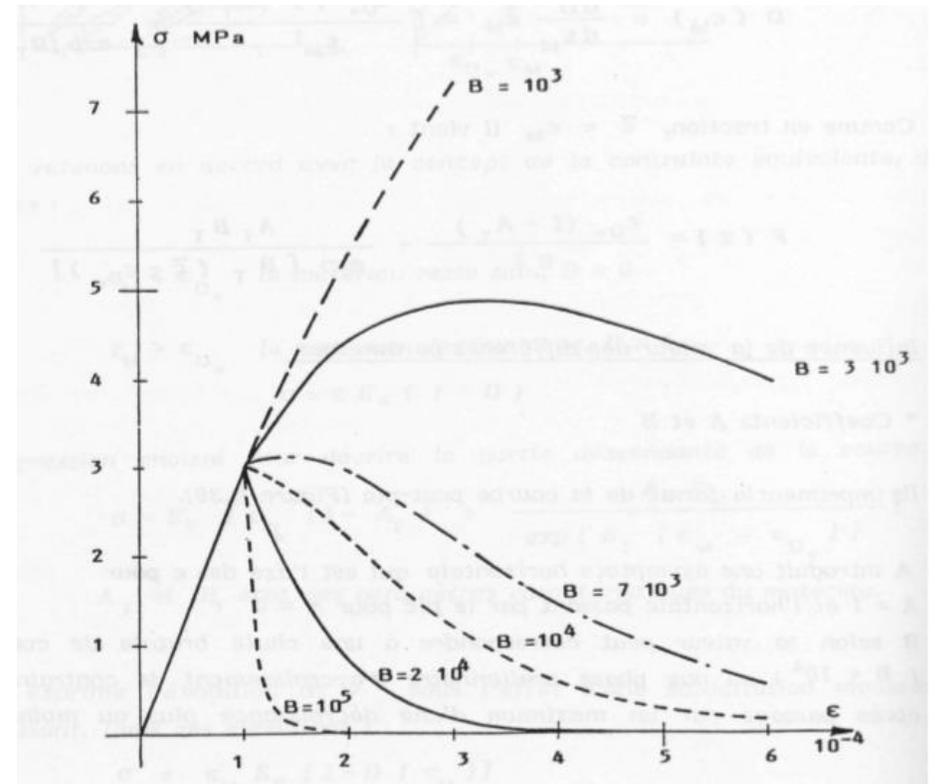
III/ iii. Endommagement

Intégration d'un endommagement de Mazars

$$\sigma = (1 - D)E\varepsilon$$

Rupture quand $D > 0,9$

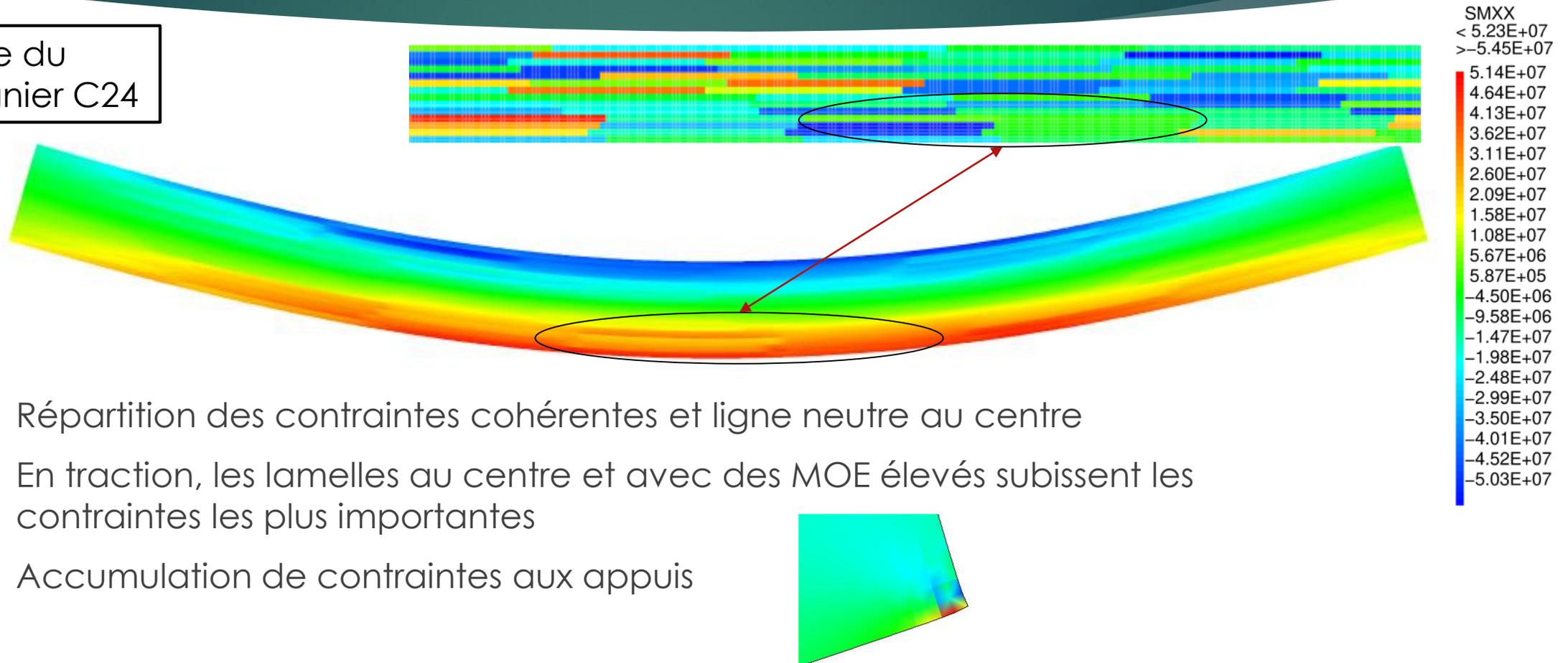
Paramètres de l'endommagement de Mazars :
la contrainte résiduelle et un indice de fragilité



Influence de l'indice de fragilité

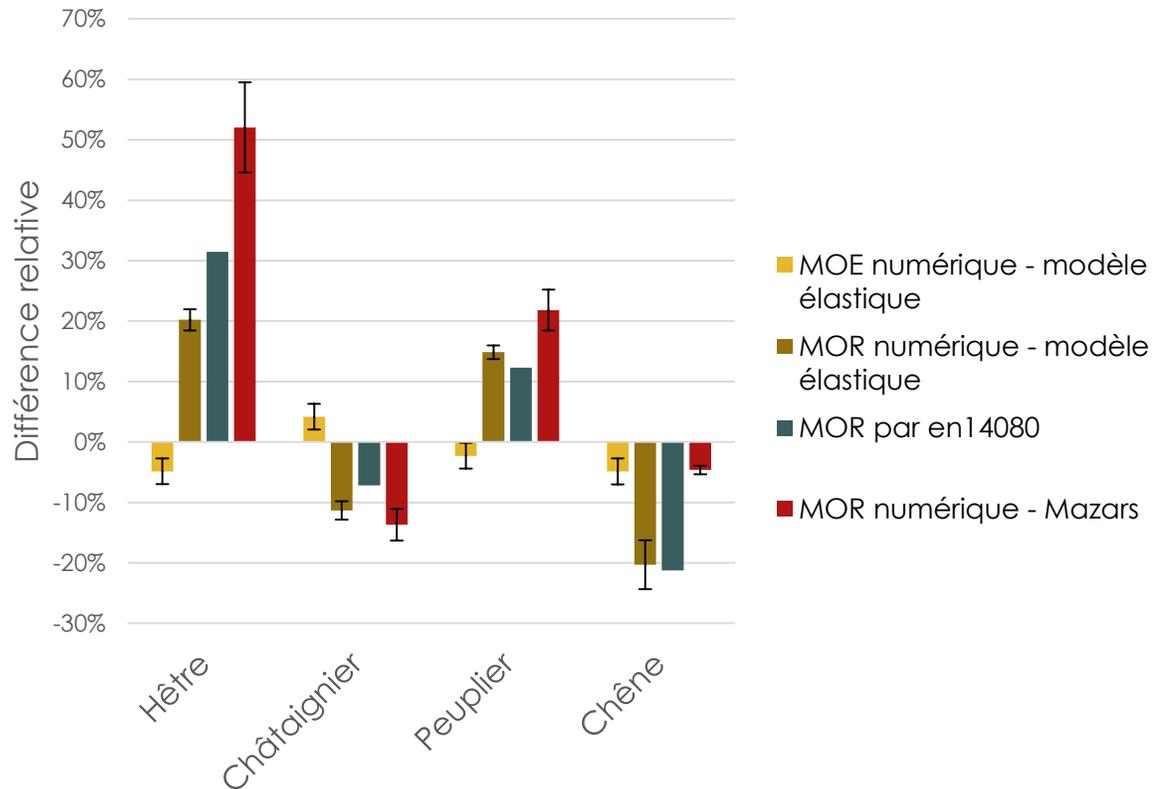
IV/ i. Résultats obtenus

Exemple du châtaignier C24



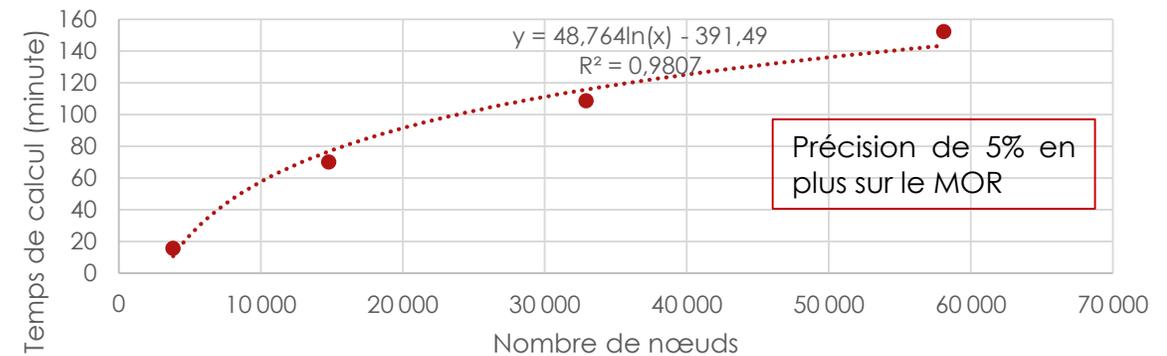
IV/ ii. Résultats obtenus

Différence relative entre expérimental et numérique



	Expérimental	Elastique	Sans nœuds	Avec nœuds
Moyenne	36,89	29,79	29,63	25,45
Coefficient de variation	16,88%	13,46%	13,69%	17,90%
Caractéristique	25,00	22,13	22,08	16,97

Temps de calcul modèle complet

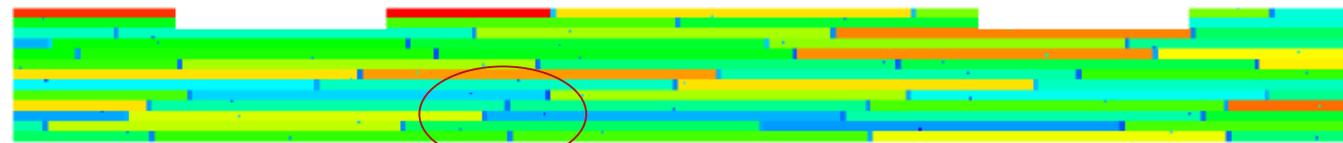
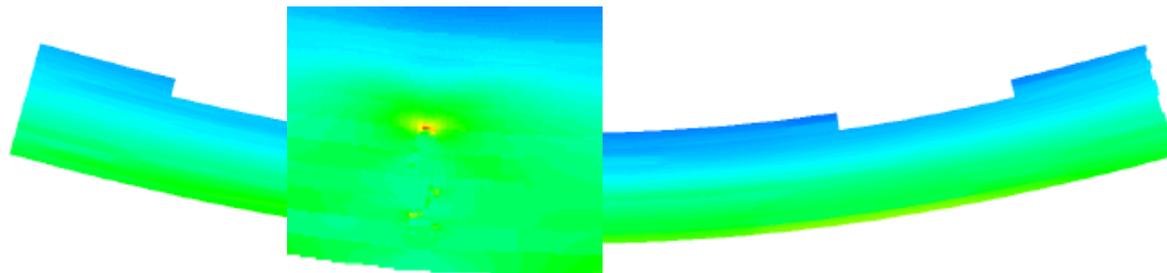


IV/ iii. Faciès de rupture

Faciès de rupture obtenu avec le **hêtre** et la prise en compte **d'aboutages** et de **nœuds**

SMXX
 \wedge 1.38E+08
 γ -7.25E+07

1.36E+08
 1.26E+08
 1.16E+08
 1.06E+08
 9.61E+07
 8.60E+07
 7.60E+07
 6.60E+07
 5.60E+07
 4.60E+07
 3.60E+07
 2.60E+07
 1.60E+07
 5.96E+06
 -4.05E+06
 -1.41E+07
 -2.41E+07
 -3.41E+07
 -4.41E+07
 -5.41E+07
 -6.41E+07



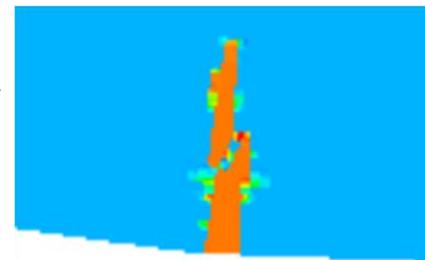
SCAL
 < 1.31E+08
 > 2.94E+07

1.30E+08
 1.25E+08
 1.20E+08
 1.15E+08
 1.11E+08
 1.06E+08
 1.01E+08
 9.61E+07
 9.13E+07
 8.65E+07
 8.16E+07
 7.68E+07
 7.20E+07
 6.72E+07
 6.23E+07
 5.75E+07
 5.27E+07
 4.79E+07
 4.30E+07
 3.82E+07
 3.34E+07



D
 < 1.24E+00
 > -3.42E-01

1.2
 1.2
 1.1
 1.0
 0.93
 0.78
 0.70
 0.63
 0.55
 0.48
 0.40
 0.32
 0.25
 0.17
 9.86E-02
 2.32E-02
 -5.23E-02
 -0.13
 -0.20
 -0.28



Conclusion

▶ Obtenus

- ❖ Création aléatoire d'une poutre
- ❖ Prise en compte de la variabilité
- ❖ Intégration de l'endommagement
- ❖ Discussion sur les résultats

▶ A faire

- ❖ Amélioration de l'endommagement
- ❖ Prendre en compte les résistances des lamelles sur la résistance de l'aboutage
- ❖ Variabilité intra-lamelles
- ❖ Travail sur la représentation des nœuds
- ❖ Ajout de joints dans la hauteur entre les lamelles
- ❖ Autres paramètres à prendre en compte (densité par exemple)

Merci pour votre attention !

AVEZ-VOUS DES QUESTIONS OU DES REMARQUES ?



Hub créativité d'IMT Mines
Alès terminé en 2021