

CONTEXTE ET OBJECTIFS

Contexte

- Les panneaux en bois massif lamellés croisés (CLT – Cross Laminated Timber) sont composés de plusieurs couches de bois empilées et collées croisées, pour obtenir de bonnes propriétés mécaniques et hygrométriques dans les deux directions.



Panneau CLT

- Un enjeu technologique en développement consiste à remplacer des planches en bois dans les couches par un matériau isolant, en obtenant des panneaux innovants.



Concept du système pour obtenir CLT innovants (www.techniwod.fr)

Avantages des panneaux CLT innovants:

- Meilleure exploitation de la ressource bois ;
- Panneaux plus légers et moins chers ;
- La présence de l'isolant rends les panneaux plus performants énergétiquement et plus résistantes au feu en situation d'incendie

Verrou technologique et enjeu scientifique:

- Les vides baissent la raideur et la résistance des panneaux aérés, mais il n'y a aucune méthode existante qui sait le prédire correctement ;
- L'utilisation de ces nouveaux panneaux est limitée pour l'insuffisante connaissance de leur comportement mécanique ;
- La présence des vides rends le comportement difficile à prévoir avec des modèles simplifiés

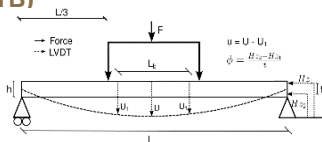
Objectif

- Prédire le comportement mécanique à l'aide de modèles élaborés et validés sur des essais
- Développer des outils simplifiés de dimensionnement pour des applications pratiques

PRINCIPAUX RÉSULTATS

1. CAMPAGNE ESSAIS (CSTB)

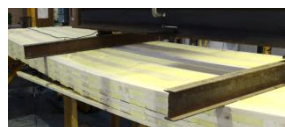
Des essais de flexion 4-points ont été conduits au CSTB sur des planchers avec des fractions volumiques (FV): massifs, 0,4 et 0,25.



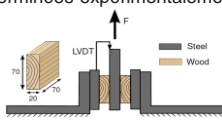
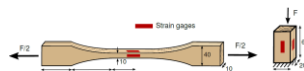
	CLT-massif	CLT-0.4	CLT-0.25
Slenderness L/h	46.5	28	28
Wood volume fraction	1.0	0.4	0.25
Failure load [kN]	80	68	34
Failure mode	Tensile	Tensile	Shear
Bending Stiffness [kNm]	895	3500	1980
Shear/Bending deflection [%]	3.0	16	28

En augmentant la FV, la performance mécanique baisse, avec les effets de flexion qui baissent et les effets de cisaillement qui augmentent.

Une transition entre mode de ruine en traction (flexion) et en cisaillement a été observée. Les panneaux les plus aérés ont montrés des modes de ruine complexes avec des rotations des planches croisées.



Les propriétés mécaniques du bois ont été déterminées expérimentalement au CSTB.



2. MODELISATION (Laboratoire Navier)

Méthode simplifiée: utiliser les méthodes pour les CLT massifs en réduisant les propriétés mécaniques du bois par la fraction volumique.

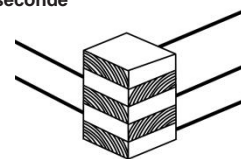
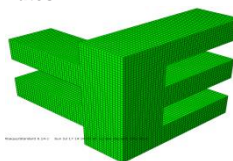
$$E^{0.4} = E \cdot 0,4$$

$$E^{0.25} = E \cdot 0,25$$

Homogénéisation: les vides périodiques sont modélisés à l'aide d'un schéma d'homogénéisation périodique géré par une théorie de plaque épaisse. L'énergie d'un volume élémentaire représentatif (VER) est égalisée à celle du panneau pour obtenir les raideurs. 2 méthodes pour estimer l'énergie:

Approche numérique: l'énergie est calculé précisément avec les temps calcul: plusieurs minutes

Approche analytique: l'énergie est approximée analytiquement en supposent le VER comme des poutres connectées → temps calcul: < 1 seconde



3. COMPARAISON ESSAIS - MODELISATION

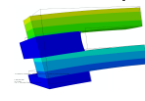
Raideurs de flexion et de cisaillement du panneau

	Homog. Numerical	Homog. Analytical	Volume Fraction
CLT-0.4			
Bending stiffness	+5%	+6%	+6%
Shear stiffness	+6%	+8%	+200%
CLT-0.25			
Bending stiffness	+5%	+6%	+6%
Shear stiffness	+5%	+7%	+570%

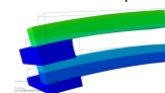
Contraintes à la rupture

TRACTION σ_{11}

CLT-0.4 : NUM= 25 Mpa, ANALYT= 27 Mpa

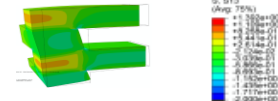


CLT-0.25 NUM= 18 Mpa, ANALYT= 20 Mpa

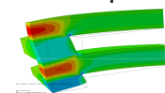


CISAILLEMENT σ_{13}

CLT-0.4 : NUM= 0.9 Mpa, ANALYT= 1.0 Mpa

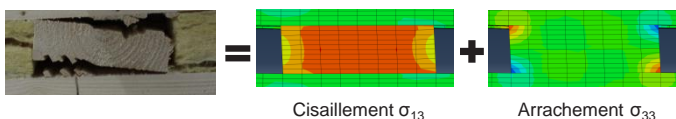


CLT-0.25 : NUM= 1.4 Mpa, ANALYT= 1.5 Mpa



→ Résistances moyennes (littérature): Traction =30 Mpa, Cisaillement =1.7 Mpa

Modes de ruine complexes



CONCLUSION

1. La méthode simplifiée et l'homogénéisation donnent une bonne prédiction de la raideur en flexion ;
2. La méthode simplifiée ne peut pas prévoir la raideur en cisaillement alors que l'homogénéisation donne une bonne estimation ;
3. L'homogénéisation est capable de prédire les contraintes de rupture et d'expliquer les modes de ruine complexes ;
4. Les formules analytiques développées peuvent être utilisées pour dimensionner ces panneaux innovants en bois

Contact: lorenzo.franzoni@enpc.fr, arthur.lebee@enpc.fr, florent.lyon@cstb.fr, gilles.foret@enpc.fr

