

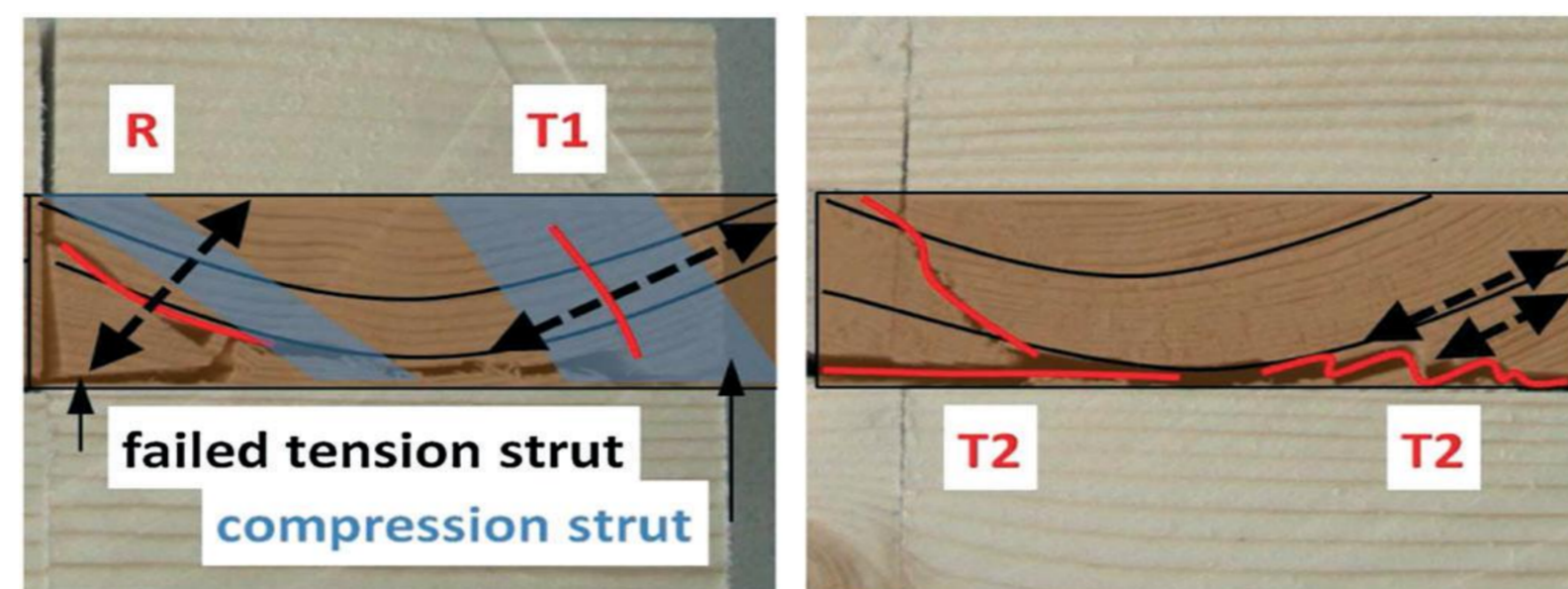
## Contexte

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 deux directions.



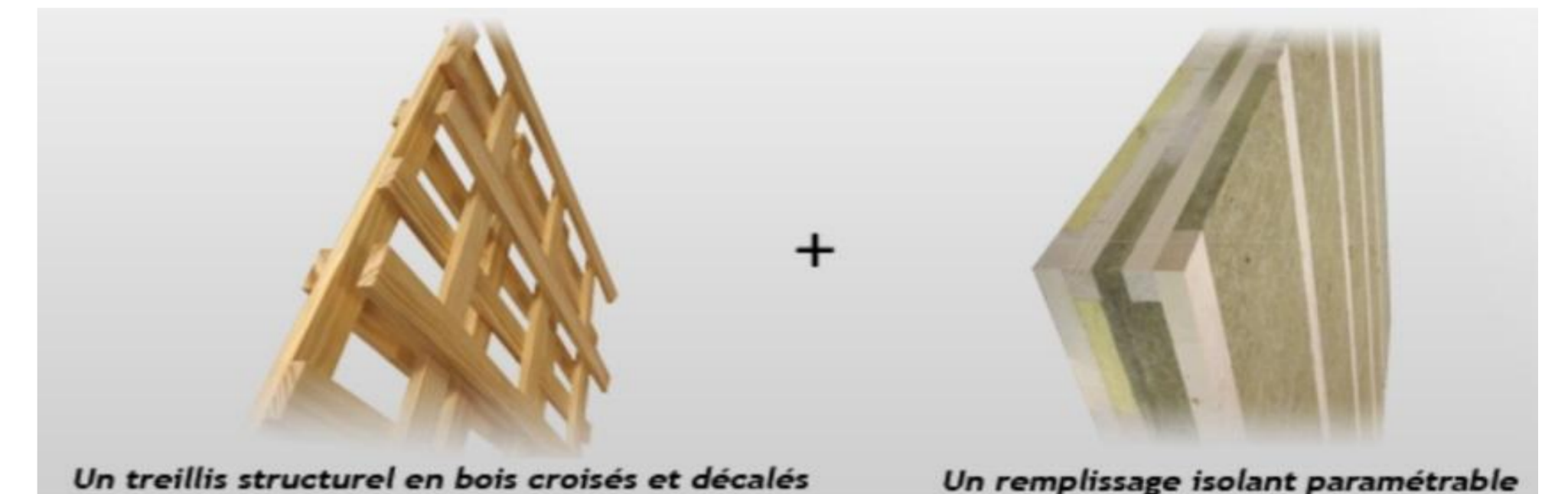
Panneau CLT

Si les planches d'une même couche ne sont pas collées entre elles, les discontinuités géométriques ont une influence sur le comportement élastique et de ruine de la couche.



Horcheneir et al, 2013

Un enjeu technologique en développement consiste à enlever des planches et les remplacer par un matériau isolant. Cette technologie reste encore limitée à cause d'une connaissance insuffisante du comportement mécanique en flexion.



Concept du système Panobloc® (www.techniwod.fr)

## Méthodes et objectifs

- Prédire le comportement en flexion de ces panneaux hétérogènes à l'aide de modèles élaborés et validés sur des essais de flexion
- Établir des indications sur la fiabilité structurelle des panneaux CLT hétérogènes, ainsi que les limites de leur utilisation

## Résultats

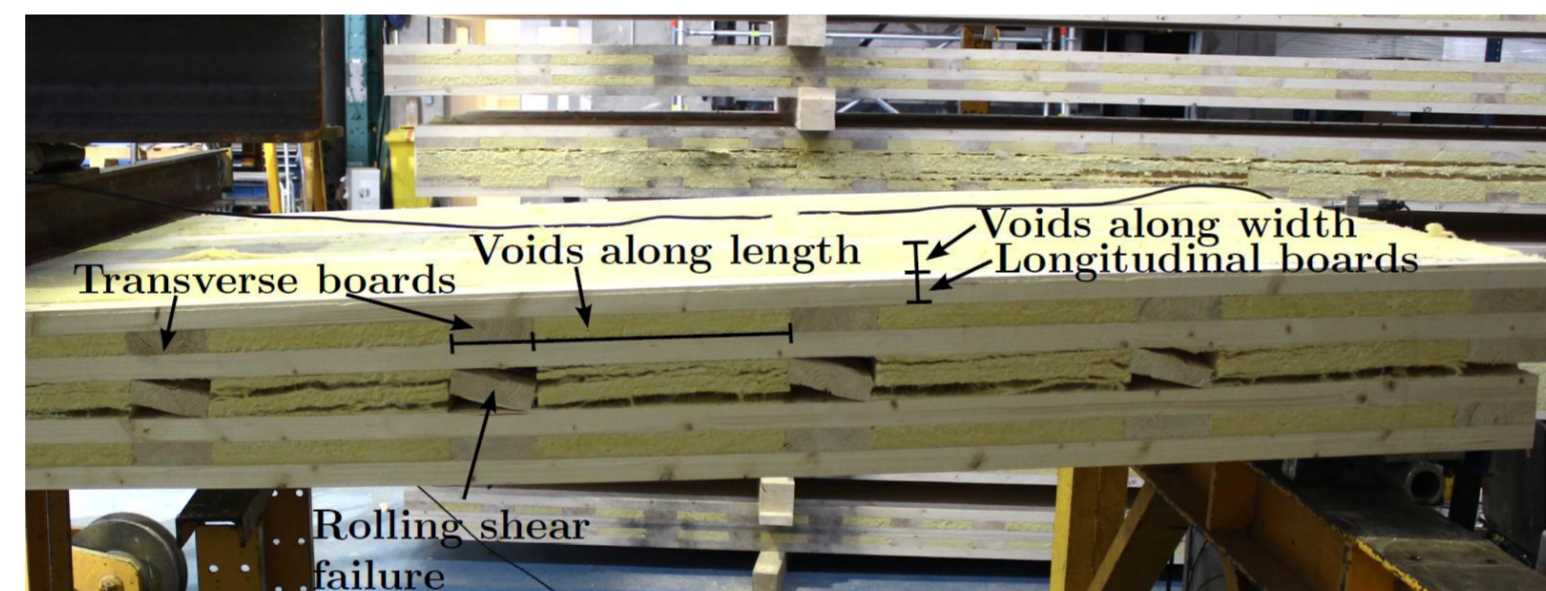
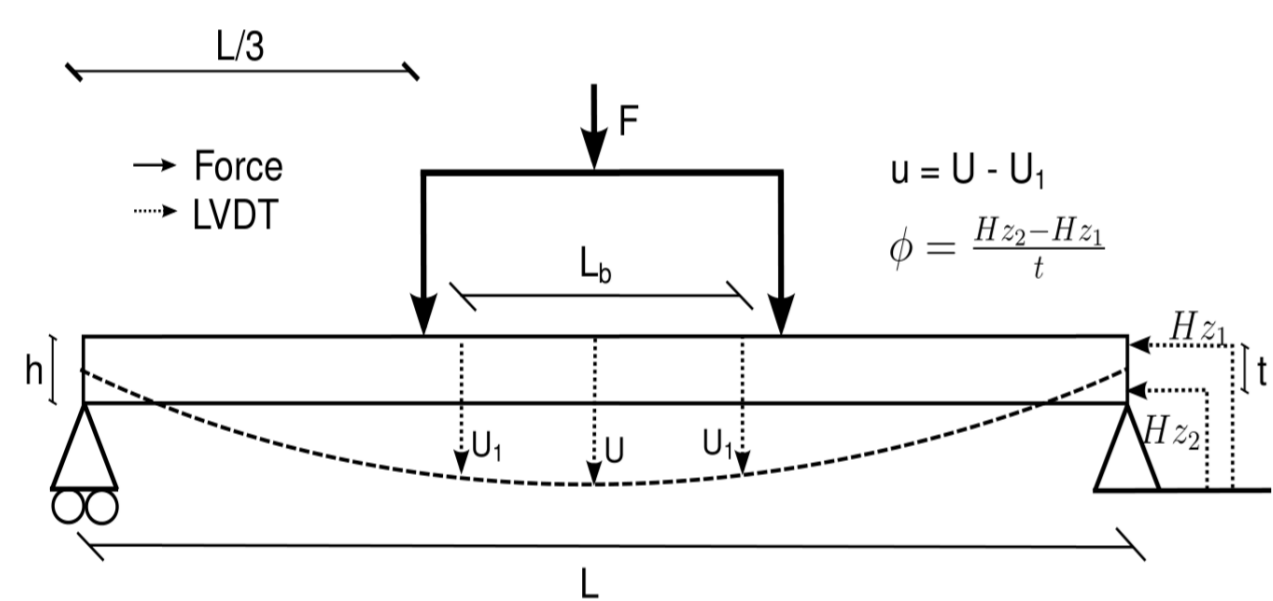
### 1. CAMPAGNE ESSAIS

Des essais de flexion 4-points ont été conduits sur des planchers avec des rapports bois/ vide: massifs, 2/3 et 1/3.

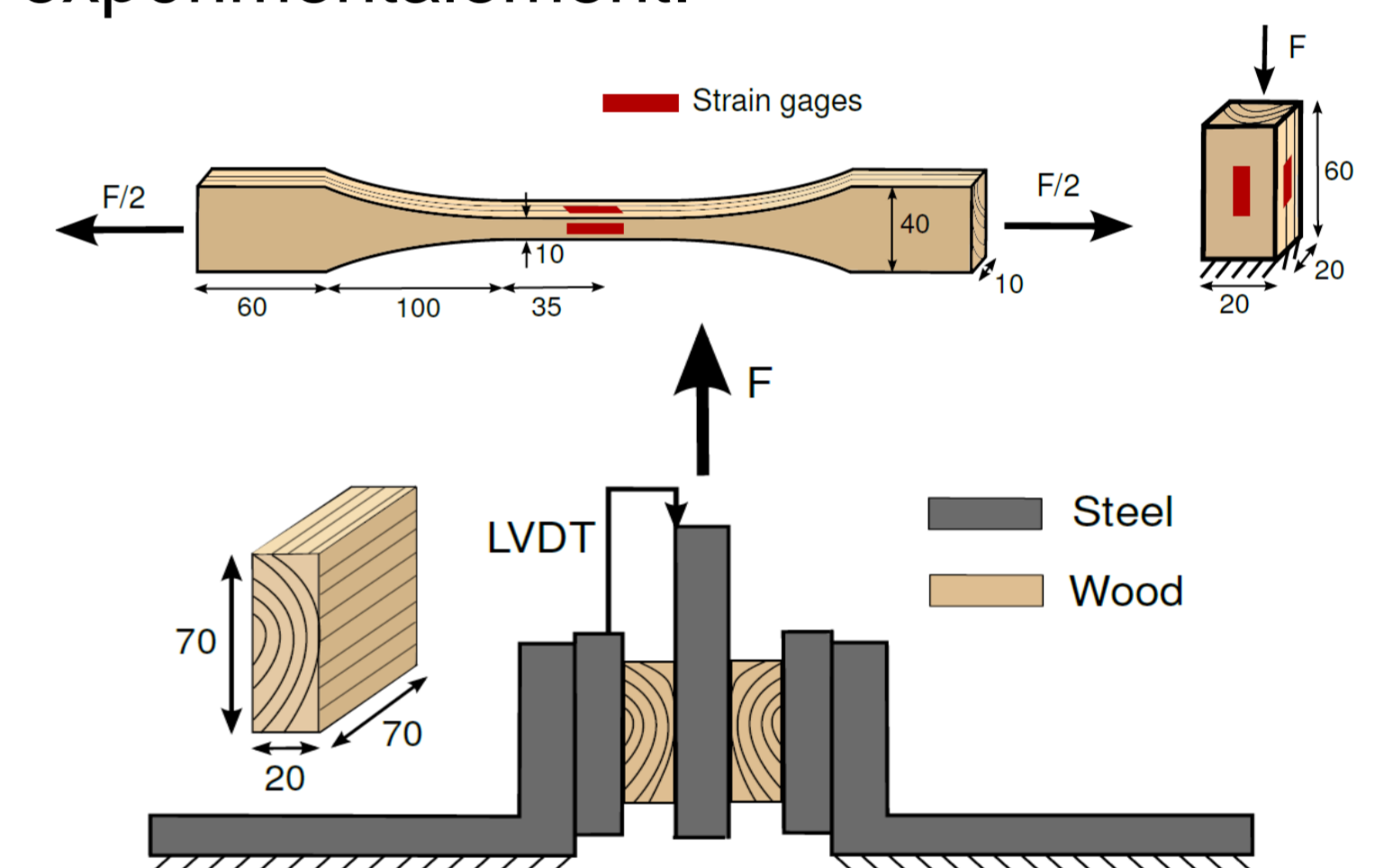
Les panneaux les plus aérés ont montrés des modes de ruine complexes dus aux effets du cisaillement transverse et de la traction perpendiculaire aux fibres.

En augmentant le pourcentage des vides dans le panneau, les effets de flexion baissent et les effets du cisaillement augmentent.

Les constantes élastiques et de la résistance du bois ont été déterminées expérimentalement.



	CLT	Panobloc®	Panobloc®
Slenderness ratio L/h	46.5	28	28
Wood/void ratio	-	2/3	1/3
<b>Total wood volume fraction</b>	<b>1.0</b>	<b>0.4</b>	<b>0.25</b>
Failure load [kN]	75	68	33
Bending Stiffness [kNm <sup>2</sup> ]	875	3400	1950
Shear/Bending deflection [%]	3.6	20	30



### 2. MODÉLISATION

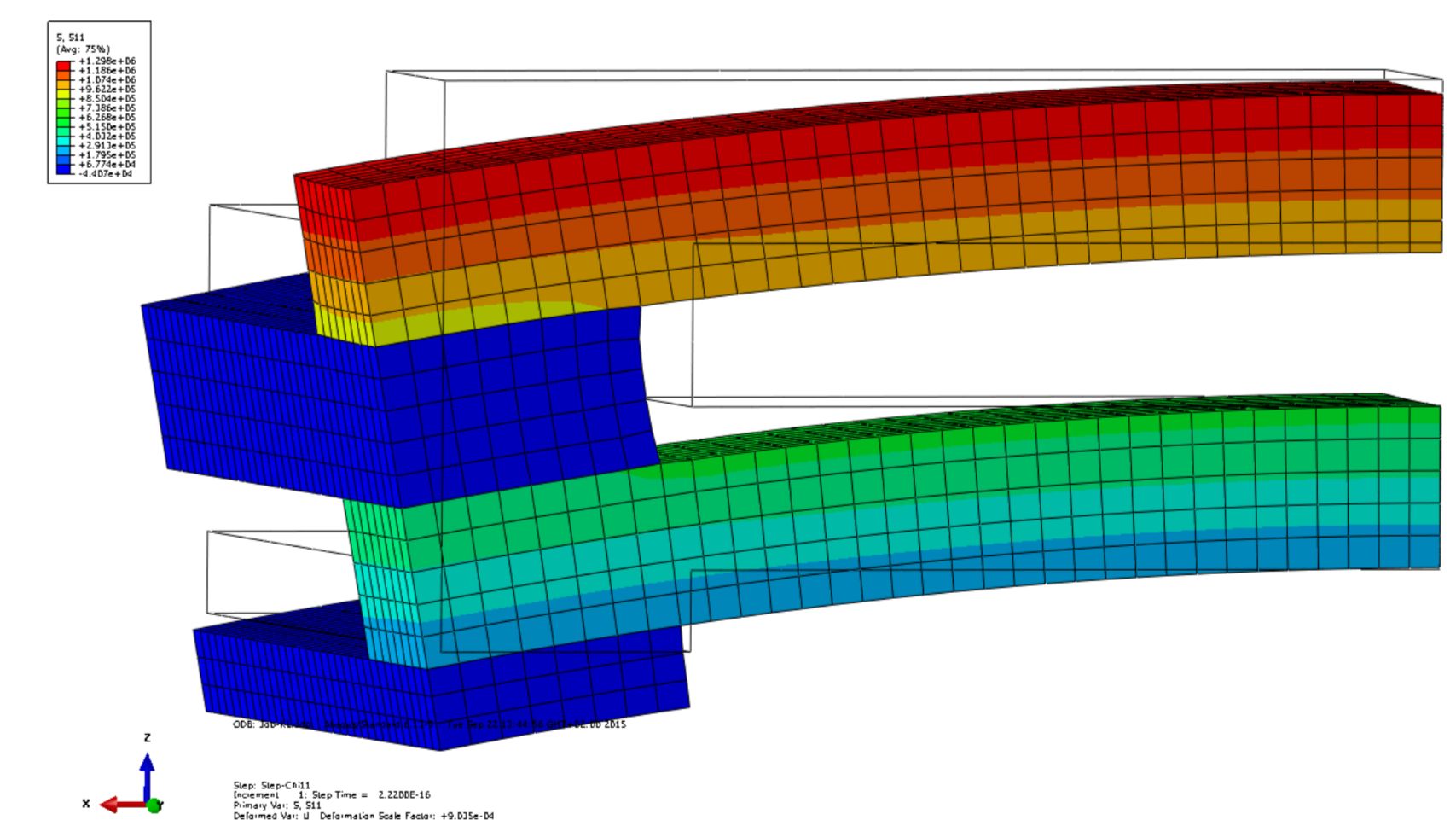
**CLT faiblement hétérogènes.** Une première étude (Franzoni et al., 2015) a pris en compte les écarts entre planches avec des hypothèses simplifiées sur une couche homogène équivalente. Toutefois cette approche simplifiée ne peut pas prévoir les modes de ruine complexes ou les effets dus aux grands espacements.

#### CLT fortement hétérogènes

Méthode simplifiée: utiliser les méthodes pour les CLT massifs (ex. Kreuzinger, 1999 ou Franzoni et al., 2015) en réduisant les propriétés mécaniques du bois par la fraction volumique.

Méthode avancée: les vides périodiques sont modélisés à l'aide d'un schéma d'homogénéisation périodique géré par une théorie de plaque (Lebée et Sab, 2012).

Des déformations de membrane, flexion et cisaillement sont imposées numériquement sur un volume élémentaire représentatif (VER) du panneau. L'énergie stockée dans le VER est ensuite égalisée analytiquement à celle du panneau pour obtenir les raideurs homogénéisées.



Un huitième de VER d'un Panobloc 1/4 7 plis soumis à flexion unitaire

### 3. COMPARAISON

	CLT	Kreuzinger, 1999	Franzoni et al, 2015	Homogenization
Failure load	-	-	+5%	+5%
Bending stiffness	-	-7%	-5%	-5%
Shear/bending deflection	-	+8%	-6%	-6%

	Kreuzinger, 1999 (*)	Franzoni et al, 2015 (*)	Homogenization
Panobloc®2/3 Failure load	-	+40%	In progress
Bending stiffness	+8%	+8%	+6%
Shear/bending deflection	-70%	-60%	In progress

	Kreuzinger, 1999 (*)	Franzoni et al, 2015 (*)	Homogenization
Panobloc®1/3 Failure load	-	+34%	In progress
Bending stiffness	+9%	+9%	+8%
Shear/bending deflection	-80%	-75%	In progress

(\*) = Propriétés mécaniques réduites par la fraction volumique du bois

## Conclusions / Perspectives

- L'approche simplifiée des fractions volumiques ne peut pas prévoir les effets du cisaillement.
- Les méthodes d'homogénéisation et simplifiées donnent une bonne prédiction de la raideur en flexion.

**Perspectives:** le schéma d'homogénéisation sera développé pour prédire les effets du cisaillement et les modes de ruine.

## Références

- Franzoni, L. Lebée, A. Lyon, F. Foret, G. (2015) Influence of layers orientation and number on elastic response and failure modes of CLT floors: modelling and parameter study (soumis)
- Hochreiner, G. Fussl, J. Eberhardsteiner, J. (2013) Cross Laminated Timber panels under concentrated loads. Strain, 50(1):68-71
- Kreuzinger, H. (1999) Platten, Scheiben und Schalen. Ein Berechnungsmodell für gangige Statikprogramme (Allemand). Bauen mit Holz, 1:34-39
- Lebée, A. Sab, K. (2012) Homogenization of thick periodic plates: application of the Bending-Gradient plate theory to a folded core sandwich panel. IJSS, 49: 2778-2792