



### Contexte

#### ❖ Objectif général :

La finalité est de participer à l'amélioration de la connaissance sur les comportements structurels vibratoires (séisme, vent) des bâtiments bois de moyenne et grande hauteur (structures poteaux-poutres, contreventées par triangulation)

#### ❖ Problématique :

Les moyens d'essais ne permettent pas de réaliser des essais sur des structures à taille réelle.

### Principe des lois de similitude

❖ Principe (figure 1) : Tester une maquette représentative, dont la conception est basée sur une loi de similitude [2]. A partir du comportement observé sur cette structure réduite et de la loi de similitude, déduction du comportement de la structure réelle.

❖ Loi de similitude : définie par des facteurs de similitude, qui sont le rapport, pour chaque grandeur  $x$ ,  $\lambda_x = x^{(F)}/x^{(R)}$  (« F » : Full scale ; « R » : Reduced scale)

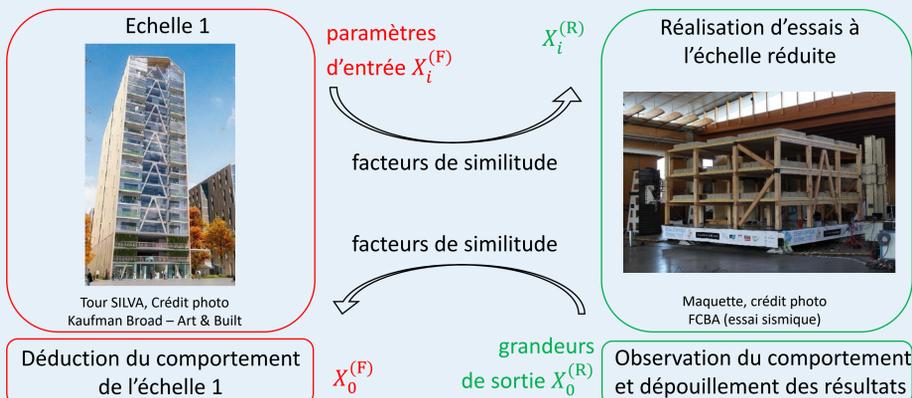


Figure 1 : Principe des lois de similitude

### Constitution d'une loi de similitude pour le comportement mécanique d'assemblages bois

• Définition des paramètres d'entrée : propriétés géométriques  $L$  (m), propriétés mécaniques  $C$  (N/m<sup>2</sup>)

• Définition des grandeurs de sortie : raideur  $K_e$  (N/m), force maximale  $F_u$  (N)

Analyse dimensionnelle :

$$\begin{cases} [K_e] = [C][L] \\ [F_u] = [C][L]^2 \end{cases}$$

avec  $[x]$  : dimension de  $x$

- Matériaux identiques entre échelle 1 et échelle réduite :  $\lambda_C = 1$
- Réduction à l'échelle 1/3 :  $\lambda_L = 3$

Relation entre les facteurs de similitude [5] :

$$\begin{cases} \lambda_{K_e} = \lambda_C \lambda_L \\ \lambda_{F_u} = \lambda_C \lambda_L^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \lambda_{K_e} = 3 \\ \lambda_{F_u} = 9 \end{cases}$$

Facteur de similitude non respecté pour les dimensions de la plaque (*distorsions géométriques*)

Pour les grandeurs de sortie, écart entre facteurs expérimentaux et théoriques

### Caractérisation expérimentale du comportement des assemblages

Essais réalisés selon la norme NF EN 26891 [4] (figure 2)

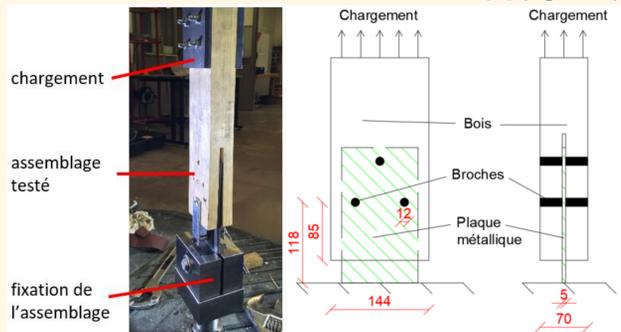


Figure 2 : Essais réalisés (échelle 1)

❖ Relevé du glissement  $u$  (déplacement relatif bois – plaque) et de la force  $F$  appliquée (figure 3)

❖ Calcul des caractéristiques :  
• Raideur élastique  $K_e$  : pente de la courbe entre A et B (figure 3)  
• Force maximale  $F_u$

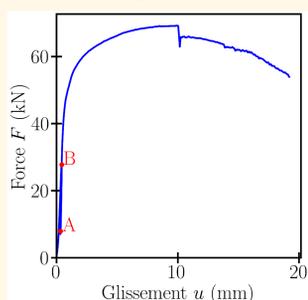


Figure 3 : Comportement d'un assemblage

Calcul des caractéristiques moyennes pour chaque échelle (figure 4)

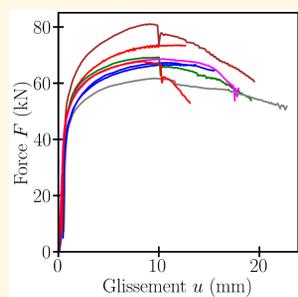


Figure 4 : Comportements relevés (échelle 1)

### Evaluation des facteurs de similitude

Facteur de similitude expérimental pour une grandeur  $x$  :

- moyenne :  $\bar{\lambda}_x = \bar{x}^{(F)}/\bar{x}^{(R)}$
- écart-type :  $(\sigma_{\lambda_x})^2 = \left(\frac{\sigma_{x^{(F)}}}{x^{(R)}}\right)^2 + \left(\sigma_{x^{(R)}} \frac{x^{(F)}}{(x^{(R)})^2}\right)^2$

$\bar{x}$  : moyenne de  $x$   
 $\sigma_x$  : écart-type de  $x$

#### Raideur

Expérimental		Analyse Dimensionnelle : $\lambda_{K_e}^{théo}$	
Moyenne : $\bar{\lambda}_{K_e}$	CV $_{\lambda_{K_e}}$		
3,93	27 %	3	

❖ A partir des données expérimentales, constitution d'un intervalle de confiance [1] pour  $\lambda_{K_e}$  (risque de 5 %) :

$$3,39 \leq \lambda_{K_e} \leq 4,88$$

Hypothèse  $\lambda_{K_e} = \lambda_{K_e}^{théo}$  rejetée, car  $\lambda_{K_e}^{théo}$  non compris dans l'intervalle de confiance.

*Plus le risque est élevé, plus l'intervalle se réduit et plus l'hypothèse est susceptible d'être rejetée*

❖ Causes possibles de l'écart entre  $\lambda_{K_e}$  et  $\lambda_{K_e}^{théo}$  :

- distorsions géométriques (hauteur et épaisseur de la plaque)
- hétérogénéité du bois
- frottements
- jeu entre les broches et le bois...

#### Force maximale

Expérimental		Analyse Dimensionnelle : $\lambda_{F_u}^{théo}$	
Moyenne : $\bar{\lambda}_{F_u}$	CV $_{\lambda_{F_u}}$		
7,82	10 %	9	

❖ Constitution d'un intervalle de confiance pour  $\lambda_{F_u}$  (risque de 5%) :

$$7,34 \leq \mu_{\lambda_{F_u}} \leq 8,39$$

Hypothèse  $\lambda_{F_u} = \lambda_{F_u}^{théo}$  rejetée, car  $\lambda_{F_u}^{théo}$  non compris dans l'intervalle de confiance.

❖ Causes possibles de l'écart entre  $\lambda_{F_u}$  et  $\lambda_{F_u}^{théo}$  :

- distorsions géométriques
- effet d'échelle matériel (augmentation des contraintes limites avec la réduction de l'échelle) [3]...

### Conclusion

Des lois de similitude ont été établies, à l'aide d'une analyse dimensionnelle, pour le comportement d'assemblages bois. Puis des essais de caractérisation ont été réalisés sur ces assemblages : des écarts significatifs ont été constatés entre lois de similitude théoriques et expérimentales, du fait de distorsions géométriques.

Par la suite, des essais seront réalisés sur des portiques avec plusieurs assemblages à plusieurs échelles. Ces essais permettront de construire des lois de similitude relatives au comportement d'un bâtiment bois.

### Références

- [1] Ayyub, Bilal M, et Richard H McCuen (2011). Probability, Statistics, and Reliability for Engineers and Scientists, Third Edition. 663. Chapman & Hall Book.
- [2] Casaburo, Alessandro, Giuseppe Petrone, et Sergio De Rosa (2019). A Review of Similitude Methods for Structural Engineering. Applied Mechanics Reviews 71(3): 32.
- [3] Fryer, Bridget K, Robert M Foster, et Michael H Ramage (2018). Size Effect of Large Scale Timber Columns. World Conference of Timber Engineering. Seoul, Republic of Korea. 7.
- [4] NF EN 26891. (1991). Structures en bois - Assemblages réalisés avec des éléments mécaniques de fixation. AFNOR.
- [5] Potter M., Wiggert D., Ramadan B. (2017) Dimensional Analysis and Similitude. Mechanics of Fluids, Fifth Edition. 816. Cengage learning.