

Sujet de thèse :

Caractérisation du comportement d'assemblage bois

Lois de similitude et approche expérimentale

Yann SOUSSEAU, doctorant 3^{ème} année



S-M. ELACHACHI (directeur)
M. CHAPLAIN



C. FAYE
T. CATTEROU
P. GARCIA



Densification urbaine et enjeux environnementaux



Développement de bâtiments bois de moyenne et grande hauteur

Sensibilité aux sollicitations dynamiques (vent, séisme...) due à la légèreté du matériau bois



Expérimentation nécessaire mais complexe pour des grandes structures

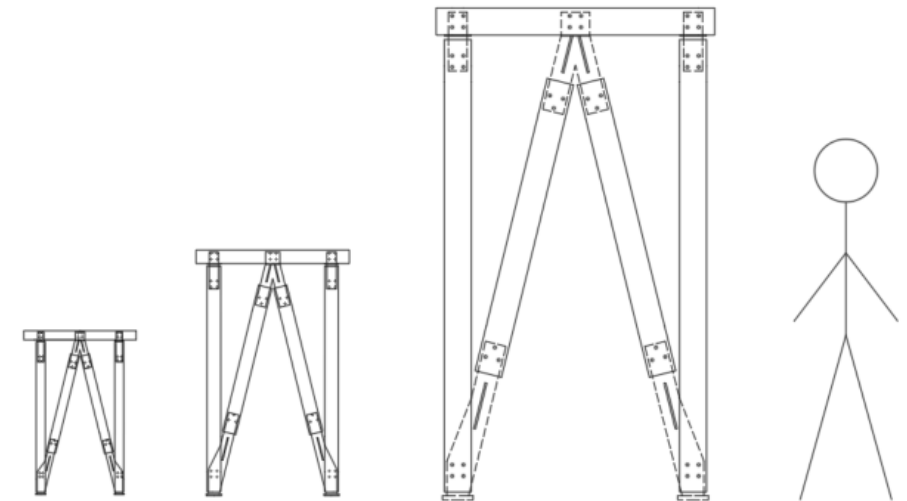
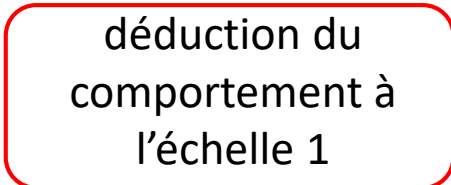
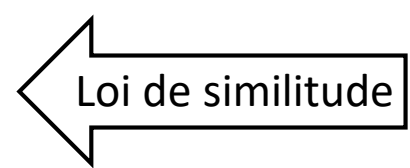
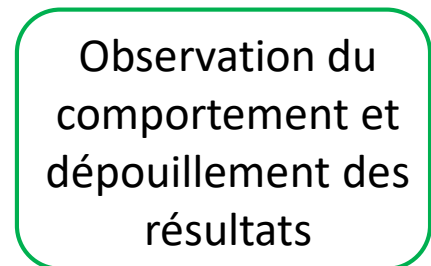
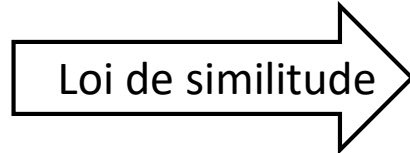
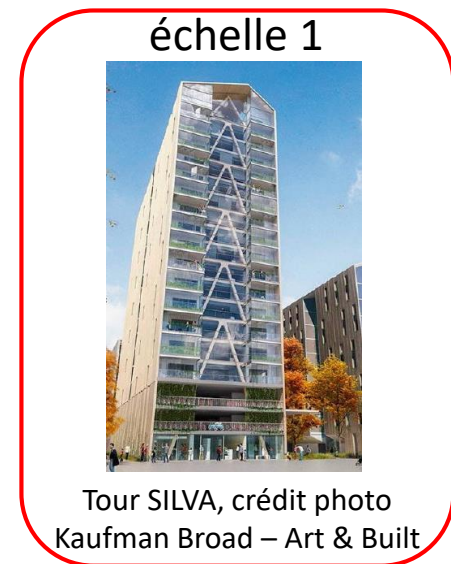
Sujet de thèse :

Caractérisation du comportement d'assemblage bois

Lois de similitude et approche expérimentale

➤ Principe d'une loi de similitude

➤ Objectif : constituer des lois de similitude pour le comportement d'assemblages bois, puis de structures complexes



- Utilisation de méthodes théoriques et numériques
- Evaluation des lois de similitude par des essais expérimentaux

Caractérisation du comportement d'assemblage bois

Lois de similitude et approche expérimentale

Yann SOUSSEAU

Sidi Mohammed ELACHACHI¹ (directeur de thèse), Myriam CHAPLAIN¹
 Thomas CATTEROU², Carole FAYE², Patrice GARCIA²

¹Institut de Mécanique et d'Ingénierie, département Génie Civil et Environnemental, Univ. Bordeaux
²Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement

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)

Contexte

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)

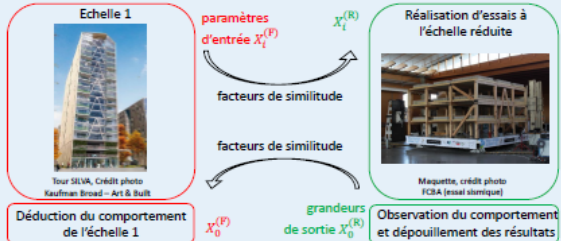


Figure 1 : Principe des lois de similitude

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/m²)
- 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

Relation entre les facteurs de similitude [5] :
 $\begin{cases} \lambda_{K_e} = \lambda_c \lambda_L \\ \lambda_{F_u} = \lambda_c \lambda_L^2 \end{cases}$

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

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

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)

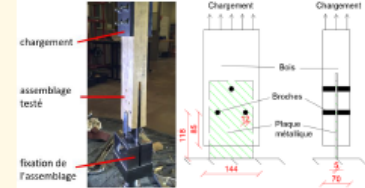


Figure 2 : Essais réalisés (échelle 1)

- Relevé du glissement u (déplacement relatif bois - plaque) et de la force F appliquée (figure 3)
- Calcul des caractéristiques moyennes pour chaque échelle (figure 4)

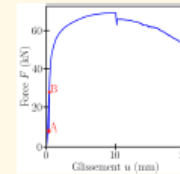


Figure 3 : Comportement d'un assemblage

Calcul des caractéristiques moyennes pour chaque échelle (figure 4)

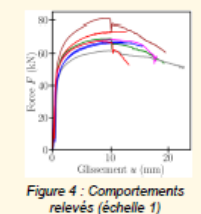


Figure 4 : Comportements relevés (échelle 1)

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.

Evaluation des facteurs de similitude

Facteur de similitude expérimental pour une grandeur x :

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

\bar{x} : moyenne de x
 σ_x : écart-type de x

Raideur			Force maximale		
Expérimental	Analyse		Expérimental	Analyse	
Moyenne : $\bar{\lambda}_{K_e}$	Dimensionnelle : $\lambda_{K_e}^{théo}$		Moyenne : $\bar{\lambda}_{F_u}$	Dimensionnelle : $\lambda_{F_u}^{théo}$	
3,93	27 %	3	7,82	10 %	9

- A partir des données expérimentales, constitution d'un intervalle de confiance [1] pour λ_{K_e} (risque de 5 %) :
- Constitution d'un intervalle de confiance pour λ_{F_u} (risque de 5 %) :

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

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

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

Hypothèse $\lambda_{F_u} = \lambda_{F_u}^{théo}$ rejetée, car $\lambda_{F_u}^{théo}$ 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 λ_{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...

- Causes possibles de l'écart entre λ_{F_u} et $\lambda_{F_u}^{théo}$:
 - distorsions géométriques
 - effet d'échelle matériel (augmentation des contraintes limites avec la réduction de l'échelle) [3]...

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.