

Proposition d'un sujet de stage

Propagation vibratoire et acoustique dans les bâtiments de construction légère : vers un outil d'aide à la conception pour la réduction de la gêne liée aux basses fréquences – étape 2



Cédric Foy, Chargé de Recherche en Acoustique du Bâtiment, Cerema, Equipe Projet Recherche Acoustique Environnementale (EPR AE), Laboratoire de Strasbourg, Tél. 03 88 77 79 26, Mail cedric.foy@cerema.fr

Nicolas Dauchez, Professeur des Universités, Université de Technologie de Compiègne, Laboratoire Roberval, FRE CNRS 2012, Tél. 03 44 23 45 43, Mail nicolas.dauchez@utc.fr

Catherine Guigou Carter, CSTB, Direction Santé Confort, Tél. 04 76 76 25 25, Mail catherine.guigou@cstb.fr

Sébastien Auchet, Maître de conférence, Ecole Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois, LERMAB, Epinal, Tél. 03 72 74 96 31, Mail sebastien.auchet@univ-lorraine.fr

Le Cerema, Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement, est un établissement public à caractère administratif (EPA), sous la tutelle conjointe du [ministère de la Cohésion des Territoires](#) et du [ministère de la Transition écologique et solidaire](#), le Cerema développe des relations étroites avec les collectivités territoriales qui sont présentes dans ses instances de gouvernance.

L'UMRAE est un laboratoire de recherche commun entre l'IFSTTAR et le CEREMA qui regroupe plus de 30 personnes. Les activités de recherche de l'UMR portent sur la réduction du bruit et de ses impacts dans l'environnement et le bâtiment.

Contexte et état de l'art

Les sources de vibration dans les bâtiments sont un sujet de préoccupation grandissant en termes d'impact environnemental. Ceci est d'autant plus vrai que les constructions tendent à devenir plus légères (constructions bois par exemple). Dans le domaine de la construction, le bois présente des avantages indéniables comme ses performances thermiques, sa facilité de mise en œuvre liée à sa légèreté et la possibilité de préfabriquer des éléments en usine. En 2017, les pouvoirs publics ont donc décidé de lancer la troisième étape du Plan Construction Bois* tournée vers l'accompagnement des besoins de la maîtrise d'ouvrage, en accroissant les connaissances des bureaux d'études et de contrôle (* <https://www.batiactu.com/edito/plan-construction-bois-troisieme-etape-est-lancee-50613.php>). En effet, un certain nombre d'études sociales et scientifiques montrent à ce jour que la réglementation acoustique n'est pas toujours bien adaptée pour décrire la qualité sonore ou quantifier la gêne sonore dans les structures dites "légères", en bois [1-8]. Ceci s'explique par leur sensibilité accrue aux sons basses fréquences en comparaison aux structures dites "lourdes" en béton. Cette gamme de fréquences est souvent pas ou mal considérée par les indicateurs caractérisant la gêne sonore. En particulier, la gêne sonore liée des sources comme le bruit de pas est aujourd'hui mal prise en compte [9]. Ainsi, l'objectif global du stage proposé ici consiste à améliorer les connaissances dans le domaine des basses fréquences en construction bois. Cette thèse s'inscrit au sein de deux projets pour lesquels le Cerema est présent : le projet ADIVBOIS** dans le but est de construire en bois en grande hauteur et le projet TIGA*** dans le but est promouvoir la ressource forestière (** <http://www.adivbois.org/>, *** <http://www.grandnancy.eu/la-metropole/territoires-dinnovation-de-grande-ambition/>).

Objectif

L'objectif de ce stage consiste à trouver une approche permettant de modéliser l'impact de la marche sur le déplacement et le rayonnement des structures bois (planchers bois).

Une première étude portant sur le déplacement libre de plancher bois a déjà été réalisée en excitant ce plancher avec un marteau d'impact [8]. Une mesure et une modélisation avec le logiciel Comsol ont permis de déterminer les pulsations propres et des déformées modales d'un plancher test. Le stage proposé poursuit ses travaux. Dans un premier temps, l'approche précédente sera reprise en supposant une oscillation forcée imposant un déplacement en une position donnée. Cette approche est une manière simplifiée de prendre en compte une source d'excitation de type bruit de pas.

Dans un second temps, le modèle sera alors résolu temporellement par éléments finis en ayant préalablement judicieusement modélisé la force issue de la source d'excitation (bruit de pas) et impactant le plancher bois. Ceci est ici le principal verrou scientifique du stage, la modélisation de cette source sonore devant prendre en compte les spécificités de la marche et du plancher (dureté du pas, poids de l'individu, surface de la zone de contact entre le pas et le plancher, écrasement du plancher...). Pour cela, nous proposons ici de nous inspirer des travaux réalisés pour le cas du piano dont les cordes sont frappées par un marteau [10-13]. Le modèle obtenu reposera sur un système d'équations couplées entre elles, modélisant le mouvement du plancher et celui du pas. Finalement, le modèle obtenu sera alors validé par comparaison avec des mesures.

Encadrement

Ce travail sera co-encadré avec l'Université de Technologie de Compiègne (UTC), dont l'équipe Acoustique et Vibrations du laboratoire Roberval (UMR CNRS 7337) a une longue expérience en vibroacoustique [4]. Ce travail se fera aussi en collaboration avec le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) possédant une bonne expérience des structures bois [14, 15] et l'Ecole Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois.

Moyens matériels

Concernant les moyens numériques, le Cerema dispose du logiciel multi-physiques COMSOL (solveur éléments finis). Concernant les moyens matériels, le Cerema dispose de plusieurs accéléromètres, de centrales d'acquisition, d'un marteau d'impact et de sources de bruit de chocs (machine à chocs et ballon d'impact).

Lieu du stage

Le lieu principal est Strasbourg. Toutefois, un court séjour à l'UTC peut être envisagé.

- [1] F. Ljunggren, S. Simmons, K. Hagberg, Correlation between sound insulation and occupants' perception – Proposal of alternative single number ratings of impact sound, *Applied Acoustics*, Vol.85, pp. 57-68, 2014.
- [2] N. Balanant, C. Guigou, M. Villenave, ACOUBOIS Enquêtes perceptives sur le confort acoustique.
- [3] NF EN 12354 : Acoustique du Bâtiment – Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments, Août 2000.
- [4] Campolina, B., Atalla, N., Dauchez, N., and Neple, P. (2012). Four-pole modelling of vibration isolators: Application to SEA of aircraft double-wall panels subjected to mechanical excitation. *Noise Control Engineering Journal* 60, 158–170.
- [5] O. Floden, *Vibration transmission in lightweight buildings : Numerical models structural mechanics*, Lund University, 2016.
- [6] C. Coguenanff, *Robust design of lightweight wood-based systems in linear vibroacoustics*, Université de Paris-Est, 2016.
- [7] J.-D. Chazot, E. Perrey-Debain et B. Nennig. The Partition of Unity Finite Element Method for the simulation of waves in air and poroelastic media. *J. of the Acoust. Soc. of Am.* 135, 724–733, 2014.
- [8] J. Monnier. Caractérisation et modélisation vibroacoustique de planchers bois. Rapport de stage du Master Acoustique de l'environnement : bâtiment, transports, ville de l'Université du Mans, Année universitaire 2017-2018.
- [9] W.E. Blazier, R.B. Dupree. Investigation of low-frequency footfall noise in wood-frame, multifamily building construction. *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 96, No. 3, 1994.[10] A. Askenfelt, E. V. Jansson. From touch to string vibrations. III : string motion and spectra. *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 93, No. 4, p. 2181-2196, 1993.
- [11] A. Chaigne, A. Askenfelt. Numerical simulations of piano strings. I. A physical model for a struck string using finite difference methods. *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 95, No. 2 p. 1112-1118, 1994.
- [12] A. Chaigne, C. Lambourg. Time-domain simulation of damped impacted plates. I. Theory and experiments. *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 109, No. 4 p. 1422-1432, 2001.
- [13] A. Chaigne. Reconstruction of piano hammer force from string velocity. *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 140, No. 5 p. 3504-3517, 2016.
- [14] N. Balanant, C. Guigou, M. Villenave. ACOUBOIS – Respect des exigences acoustiques dans les bâtiments d'habitation à ossature bois. Mesures acoustiques en laboratoire, 327 pages, Juin 2014.
- [15] N. Balanant, C. Guigou, M. Villenave. ACOUBOIS – Respect des exigences acoustiques dans les bâtiments d'habitation à ossature bois. Méthode de prédiction, 188 pages, Juin 2014.