

COMPORTEMENT VIBRATOIRE DE PLANCHER BOIS ET CONFORT LIE A LA MARCHÉ - PROJET VIBOIS

Le confort des personnes face aux vibrations mécaniques et au rayonnement acoustique est prépondérant dans la définition de la qualité d'un bâtiment. Dans ce contexte, le projet VIBOIS vise à analyser le comportement vibratoire des planchers sous différentes sollicitations, expérimentalement et numériquement, en fonction des dispositions constructives mises en œuvre. La compréhension des phénomènes physiques intervenant dans le processus ainsi que les résultats expérimentaux permettront d'aboutir à des règles de dimensionnement.

Contexte de l'étude

Les planchers bois sont plus légers que leur homologue acier et béton, et sont donc plus sensibles aux problèmes vibratoires et acoustiques. Lors de la marche, la sollicitation dynamique imposée par l'utilisateur est susceptible d'induire des accélérations qui pourraient être nuisibles au confort de l'utilisateur lui-même ou des autres occupants du bâtiment. La norme ISO 10137 [1] définit des seuils d'accélération acceptables.

Les planchers en bois doivent donc intégrer dans leur dimensionnement la problématique vibratoire, qui s'ajoute aux critères statiques sur la rigidité. Le projet VIBOIS vise à donner une méthodologie pour déterminer les propriétés d'un plancher lors de sa phase de conception et d'estimer les accélérations qui pourraient être induites par la marche.



Figure 1 - Plancher solives-OSB testé

Travaux réalisés

Déroulé du projet

Le projet s'est déroulé suivant trois aspects distincts. Des planchers CLT et solive-OSB (Figure 1) de différentes dimensions ont été conçus pour des essais en laboratoire. Un modèle numérique a été développé et a été validé à l'aide des essais. Enfin, des formules ont pu être établies sous la base de considérations analytiques et du modèle numérique pour permettre de calculer simplement les propriétés du plancher et définir une méthodologie de dimensionnement.

Aspect expérimental

✓ Analyse modale

L'analyse modale permet d'identifier les déformées principales du plancher et les fréquences pour lequel le plancher est susceptible d'entrer en résonance. L'essai est réalisé à l'aide d'accéléromètres collés aux différents points d'un maillage dessiné sur le plancher. Grâce à ces essais, il est possible d'identifier les fréquences et la forme des premiers modes de la structure (Figure 2).

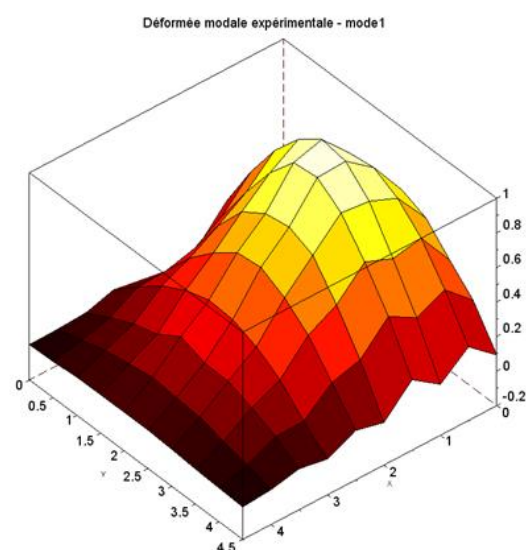


Figure 2 - Déformée modale expérimentale du plancher solives-OSB pour le mode fondamentale à 17.4Hz

✓ Essais de marche

Environ 70 personnes au total ont marché sur les deux planchers instrumentés et les accélérations induites par leurs pas ont pu être mesurées (Figure 3). Ces essais donnent un échantillon statistique d'individu qui ont sollicité plus ou moins le plancher suivant leur démarche. L'objectif est d'aboutir à un critère qui permette d'obtenir des accélérations conservatrices vis-à-vis de la majorité des essais.



Figure 3 - Essai de marche sur un plancher CLT

Modélisation numérique

Des modélisations numériques de chacun des planchers ont été réalisées pour bien appréhender leur comportement dynamique, et notamment les effets des conditions aux limites. Le modèle numérique permet de reproduire finement les fréquences et déformées modales relevés expérimentalement.

Des calculs dynamiques temporels ont été réalisés en chargeant le plancher avec un chargement représentatif de la marche préconisé par le guide HIVOSS [2] (Figure 4).

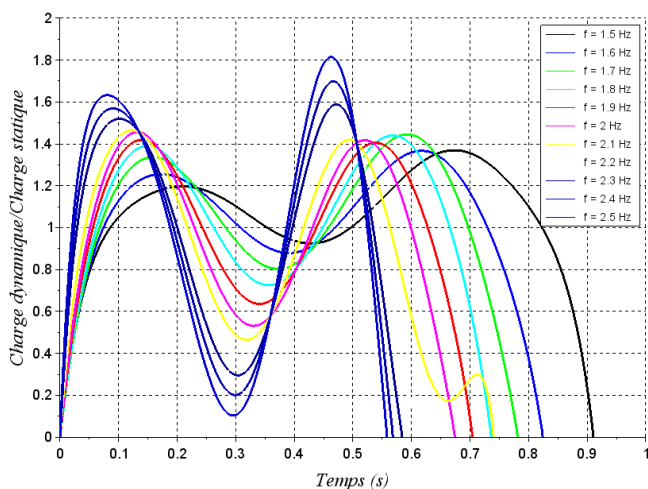


Figure 4 - Chargement à un pas suivant la fréquence de marche. Les deux pics correspondent respectivement à l'appui du talon et à celle de l'avant du pied

Résultats

Une analyse statistique numérique et expérimental a pu être réalisée (Figure 5). On observe une grande dispersion des résultats qui est le reflet de la diversité des participants à l'expérience.

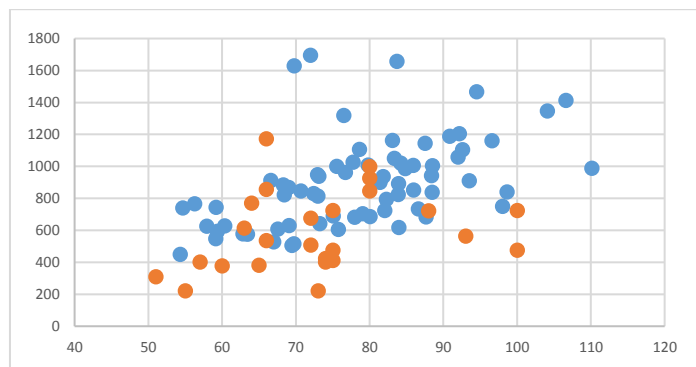


Figure 5 - Accélération effective (m/s²) sur le plancher en fonction du poids des individus (kg) expérimentaux (orange) et numérique (bleu)

Les résultats numérique et expérimentaux sont du même ordre de grandeur, même si les résultats numériques sont globalement supérieurs, du fait des hypothèses conservatrices qui ont été faites.

Construction d'une méthodologie de dimensionnement

Les essais et la modélisation ont permis d'identifier les phénomènes physiques influents sur la réponse dynamique du plancher.

Détermination de la fréquence de vibration

Pour pouvoir estimer la réponse du plancher, il est nécessaire de connaître au moins les caractéristiques de son 1^{er} mode qui va guider en grande partie son déplacement. Le plancher peut être assimilé à une plaque, pour lequel des formules théoriques existent, mais avec quelques particularités supplémentaires qu'il est nécessaire de prendre en compte. Une formule incluant tous ces phénomènes est proposée et permet d'approximer la fréquence propre du plancher dans le cas de géométrie modérément complexe.

✓ Orthotropie

Les solutions bois sont en générales fortement orthotropes, ce qui va avoir tendance à diminuer plus ou moins la fréquence de vibration du plancher en fonction de sa géométrie.

✓ Continuité du plancher

Les propriétés dynamiques d'un plancher entre deux voiles va différer de celui d'un plancher continu reposant sur un ou plusieurs appuis intermédiaires souples ou rigides.

✓ Influence des voiles posés sur le plancher

Les voiles appuyés sur le plancher vont en parti empêcher sa déformation. La rigidité dynamique équivalente sera donc légèrement plus grande et les fréquences des modes vont augmenter si des charges importantes sont appliquées sur ces bords.

Estimation de l'accélération induite par la marche

Deux types de planchers sont à distinguer : les planchers ayant une fréquence basse et susceptible de résonner sous l'effet de la marche et les planchers ayant une haute fréquence se déformant de manière transitoire. Ces catégories n'augurent en rien du confort du plancher mais les méthodes de calcul diffèrent.

Dans le cas des planchers basses fréquences, une formulation est proposée dans la version à venir de l'Eurocode 5. Pour les planchers hautes fréquences, une nouvelle formulation est proposée dépendante de la fréquence de la marche, de la fréquence du plancher et de son amortissement.

La Figure 6 présente la réponse d'un système simple à un degré de liberté représentatif d'un plancher à l'action de la marche défini dans le guide HIVOSS. En rouge et vert sont indiqués les critères d'accélération basses fréquences et hautes fréquences. Les critères semblent envelopper tout en limitant la marge, ce qui est intéressant économiquement. Une analyse plus poussée à partir de mesures in situ sera nécessaire.

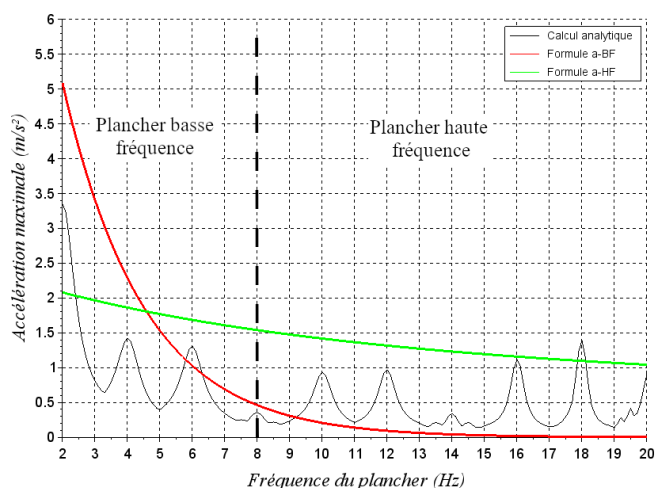


Figure 6 - Réponse d'un plancher idéalisé à l'effet de la marche en noir. Critère basse fréquence en rouge, critère haute fréquence en vert.

Conclusions et perspectives

Ce projet a permis le développement d'une méthodologie simplifiée pour estimer les accélérations induites par la marche sur les planchers. En parallèle du projet, nous avons développé nos compétences d'analyse expérimentale sur ce type de système et sur la compréhension des phénomènes dynamiques les plus importants.

Ce projet initie un développement à plus long terme sur le confort des planchers bois. Il est prévu de poursuivre ces études en étendant la problématique à d'autres types de chargement, notamment des chargements de groupe effectuant différentes activités. Ensuite, le rapport entre grandeurs physiques (accélération, fréquence) et sensation de confort sera étudié. Enfin, nous chercherons des dispositions constructives ou des systèmes actifs/passifs afin de mitiger les vibrations dans les planchers, soit en amont lors du dimensionnement, soit en aval pour palier à des plaintes, soit dans le cadre de réhabilitation avec changement d'usage.

Bibliographie

[1] ISO, « ISO 10137:2007 - Bases du calcul des constructions, aptitude au service des bâtiments et des passerelles sous vibrations ». 2007.

[2] M. Felmann, S. J. Hicks, et C. Heinemeyer, « Human-Induced Vibration of Steel Structures (HIVOSS) ». European Commission, 2010.

Avec le soutien financier de



Contact

Thomas CATTEROU ● thomas.catterou@fcba.fr
Tél. 05 56 43 63 13



Laboratoire de mécanique
Labos bois
Allée du Boutaut, 33028 Bordeaux