

Comportement vibratoire et acoustique des planchers bois soumis à la marche

Etude du contexte européen

Carole Faye⁽¹⁾

Catherine Guigou⁽²⁾

Corentin Coguenanff⁽²⁾

Siège social

10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84
www.fcba.fr

Siret 775 680 903 00132
APE 7219Z
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

Institut technologique FCBA :
Forêt, Cellulose, Bois – Construction,
Ameublement

Partenaires

CSTB
le futur en construction

Avec le soutien du

CODIFAB
comité professionnel de développement
des industries françaises de l'ameublement et du bois

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	3
1.1 Contexte.....	3
1.2 Objectifs	4
2. IDENTIFICATION D'UN PARTENARIAT EUROPEEN POUR UN PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LE COMPORTEMENT VIBRO-ACOUSTIQUE DES PLANCHERS BOIS.....	5
2.1 Confort vibratoire - Eurocode 5 - Annexes nationales.....	5
2.2 COST Action FP 1402 [46] sur les Règles de Conception des constructions Bois : De la recherche à la normalisation	7
Groupe de normalisation européenne sur la révision de l'Eurocode 5 (CEN TC 250 /SC5).....	7
2.3 COST Action FP0702 [4] sur la performance acoustique et vibratoire basse fréquence des bâtiments bois.....	8
2.4 AcuWood [2].....	8
2.5 Projet Silent Timber Build [3]	9
2.6 Synthèse	10
3. FINANCEMENT / APPELS A PROJETS EUROPEENS:.....	11
3.1 Forest Value.....	11
3.2 Horizon 2020 - Food security, sustainable agriculture and forestry, marine, maritime and inland water research and the bioeconomy	11
3.3 Horizon 2020 - Nanotechnologies, Advanced Materials, Biotechnology and Advanced Manufacturing and Processing.....	11
3.3.1 DT-NMBP-09-2018: Accelerating the uptake of materials modelling software (IA)	12
3.3.2 DT-NMBP-10-2019: Adopting materials modelling to challenges in manufacturing processes (RIA).....	12
3.3.3 LC-EEB-06-2018-20: ICT enabled, sustainable and affordable residential building construction, design to end of life (IA 50%).....	12
3.4 Horizon 2020 – Building a low-carbon, climate resilient future: Secure, clean and efficient energy	12
4. PROPOSITION D'UNE TRAME DE PROGRAMME EUROPEEN	13
5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	14
6. Annexes	16

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte

Le confort des personnes perçu face aux vibrations mécaniques et au rayonnement acoustique est prépondérant dans la définition de la qualité d'un bâtiment.

En particulier, la marche comme source d'excitation et de mise en mouvement des planchers bois peut générer :

- un inconfort vibratoire pour le marcheur ou une autre personne présente sur le plancher,
- un inconfort acoustique en basses fréquences dans les pièces adjacentes résultant du rayonnement du plancher et des transmissions latérales via les murs et les volumes couplés.

En ce qui concerne le confort vibratoire, selon l'Eurocode 5, les planchers en bois soumis à la marche d'une personne, doivent satisfaire les exigences aux états limites ultimes et de service dont ceux de vibrations (NF EN 1995-1-1 §7.3.3). La vérification des critères de vibrations selon l'EN 1995 pose deux catégories de problèmes pour son application:

- d'une part, les critères d'acceptabilité sont donnés uniquement pour des planchers résidentiels et dont la fréquence est supérieure à 8 Hz. D'autres critères pourraient être définis selon la catégorie d'usage du plancher et sa fréquence fondamentale ;
- d'autre part, les grandeurs physiques utilisées pour ces critères d'acceptabilité sont définies de façon simpliste ce qui réduit considérablement l'applicabilité de cette vérification. Des points posant problème sont:
 - Pour la détermination de la fréquence fondamentale, l'unique méthode normative proposée est limitée au plancher rectangulaire traditionnel dont les quatre cotés sont simplement appuyés. Ceci ne reflète pas tous les cas réels car les conditions limites peuvent être différentes (plancher appuyé sur 3 ou 2 cotés et /ou encastré par endroit, fixation des solives plus ou moins rigide, combles habitables en charpente industrielle, présence de trémie ...) et ne considère pas les systèmes constructifs tels que les dalles CLT, les planchers sur entrants porteurs....
 - Le coefficient d'amortissement modal retenu dans l'Eurocode 5 semble défavorable pour les planchers bois.

En ce qui concerne le confort acoustique en basses fréquences, des projets de recherche nationaux ou internationaux ont été initiés [1-3] pour enrichir les connaissances autour de la construction bois. À l'échelle de l'ouvrage, une méthodologie a été introduite dans le cadre de l'action COST FP0702 [4] pour la prédiction des indices de performance acoustique réglementaires sur la gamme 50-5000 Hz. En revanche, cette approche nécessite d'une part des indices de performance associés aux différents systèmes séparatifs mis en œuvre dans le bâtiment (et donc un autre modèle prédictif à l'échelle du système) non évalués à ce jour, et d'autre part utilise des indices de performance non représentatifs de la gêne résultant d'une excitation de type marche. Ainsi, l'évaluation correcte des premiers modes de résonance globaux du plancher à partir de l'analyse mécanique préalable sera primordiale pour la qualité de la prédiction vibro-acoustique. Par ailleurs, l'information jusqu'alors collectée (niveaux d'énergie par bande, temps de réverbération) s'appuie très majoritairement sur des hypothèses de diffusivité des champs vibratoires et acoustiques qui permettent un traitement statistique des données (Statistical Energy Analysis ou SEA). En dessous de 200 Hz, ces hypothèses ne sont plus valables, une variabilité spatiale importante des champs physiques (pression acoustique, vitesse structurale) est observée et l'information moyenne classiquement mesurée n'est pas suffisante pour décrire finement les phénomènes mis en œuvre. La maîtrise des caractéristiques des volumes acoustiques en présence, et notamment l'amortissement associé, apparaît alors comme critique pour la prédiction des niveaux de pression acoustique aux basses fréquences [5, 6]. Le

temps de réverbération, indicateur classiquement utilisé pour la quantification de l'amortissement acoustique sur la gamme 100-5000 Hz, n'est de plus pas pertinent aux basses fréquences [7].

La question de l'acceptabilité des planchers légers en bois au regard de leur comportement vibratoire et acoustique a été investiguée dans plusieurs études récentes [8-18]. Ces travaux pourront ainsi servir de base bibliographique pour la définition du confort des usagers.

1.2 Objectifs

Dans ce contexte, FCBA a coordonné au niveau national, à partir de mi 2016, le montage d'une étude de recherche (d'acronyme Wood Vibrations) et d'un partenariat scientifique et technique avec pour objectif global de construire une démarche prédictive pour estimer de concert les confort vibratoire et acoustique des planchers bois soumis à la marche.

Le consortium établi pour mener cette étude de recherche correspond à une collaboration effective entre l'UICB, FCBA, le CSTB, le CERQUAL, l'entreprise ITECH, l'entreprise OSSABOIS et le laboratoire de recherche de Modélisation et Simulation Multi-Echelle (MSME) de l'Université Paris-Est. Ce partenariat complémentaire des points de vue scientifique et technique, permettra de développer un modèle de prédiction pour coupler les aspects mécanique et acoustique des structures bois en associant des mesures expérimentales qui permettront notamment d'une part d'alimenter le modèle et d'autre part, de le valider.

La recherche de financement public pour mener l'étude globale est toujours en cours :

- Cette étude (Wood Vibrations) a été déposée à l'appel à projet de l'ANR de l'édition 2017 (phase 1 en octobre 2016, phase 2 en juillet 2017). Bien que la qualité scientifique ait été reconnue par l'ANR (ce qui a permis son passage en étape 2), le projet n'a pas été financé.
- Cette étude a donc été déposée à l'appel à projets Recherche BatResp de l'ADEME en octobre 2017 sur l'axe : usager au cœur des décisions. Les résultats de l'ADEME sont attendus pour février 2018.

En parallèle de cette recherche de financement public national, cette étude financée par le CODIFAB a pour objectif de soutenir le FCBA et le CSTB pour identifier d'une part, les potentiels partenaires européens intéressés pour élaborer un programme européen sur le comportement vibro-acoustique des planchers en bois soumis à la marche et d'autre part, un appel à projet européen adéquat.

Pour identifier les partenariats potentiels et élaborer ce programme européen, le CSTB et FCBA se sont notamment basés sur leurs réseaux scientifiques et sur les investigations ayant permis le dépôt de dossiers au niveau national. Egalement, le CSTB et FCBA étaient partenaires de projets européens (Silent Timber Build ...) sur la thématique des transmissions latérales et du rayonnement dans les constructions bois. FCBA est membre du CEN/TC250/SC5 (groupe européen de normalisation en charge de l'Eurocode 5). FCBA participe actuellement à l'action COST FP1402 sur la thématique *Basis of structural timber design: From Research to Standardization*.

Les verrous scientifiques identifiés pour la thématique visée (comportement vibro-acoustique des planchers bois) ont été décrits dans le cadre des propositions soumises à l'appel à projets ANR et ADEME.

2. IDENTIFICATION D'UN PARTENARIAT EUROPEEN POUR UN PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LE COMPORTEMENT VIBRO-ACOUSTIQUE DES PLANCHERS BOIS

Cette section fait un point sur les différentes actions au niveau européen concernant les performances vibro-acoustiques des bâtiments bois.

2.1 Confort vibratoire - Eurocode 5 - Annexes nationales

L'analyse bibliographique sur le confort vibratoire mécanique montre que certaines études ont abouti à la proposition de seuils de confort en termes de valeurs d'accélération ou de vitesse verticale du plancher en vibration, permettant d'élargir le domaine d'application de l'Eurocode 5 en termes de valeurs de fréquence et de catégorie d'usage du plancher.

Sur la base de travaux allemands menés à partir d'essais sur des planchers bois et du CLT principalement avec une chape lourde (cf. Hamm et al [9]), l'annexe autrichienne [47] propose les classes suivantes avec les exigences associées :

Classe I :

- planchers séparatifs de logements ou de bureaux ou salles de réunion,
- planchers massifs avec chape flottante humide et ajout de masse ($\geq 30\text{kg/m}^2$) ou planchers massifs avec chape flottante sèche et ajout de masse ($\geq 60\text{kg/m}^2$)

La fréquence fondamentale doit être supérieure à 8 Hz et la flèche inférieure à 0,25 mm.

Si aucun des deux critères n'est satisfait, le critère vibratoire n'est pas satisfait.

Si le critère de souplesse est vérifié, mais que le critère de fréquence fondamentale ne l'est pas, on procède à la vérification complémentaire suivante:

- $a_{\text{rms}} < 0,05 \text{ m/s}^2$;
- sinon, le critère n'est pas satisfait.

Classe II :

- planchers au sein du même logement, utilisation usuelle
- planchers massifs avec chape flottante humide,

La fréquence fondamentale doit être supérieure à 6 Hz et la flèche inférieure à 0,50 mm.

Comme pour la classe I : Si aucun des deux critères n'est satisfait, le critère vibratoire n'est pas satisfait.

Si le critère de souplesse est vérifié, mais que le critère de fréquence fondamentale ne l'est pas, on procède à la vérification complémentaire suivante:

- $a_{\text{rms}} < 0,1 \text{ m/s}^2$;
- sinon, le critère n'est pas satisfait.

Des travaux finlandais publiés en 2006 (cf. Toratti et al. [17]) proposent cinq classes (cf. Tableau 1) de confort vibratoire de planchers dont les vérifications diffèrent selon la fréquence du plancher. Pour les planchers de fréquence inférieure à 10 Hz, les critères (cf. tableau 2) sont en accélération. Il n'est pas donné de règles simplifiées pour la détermination des valeurs d'accélération. Pour les planchers de fréquence supérieure à 10 Hz, les exigences relatives aux flèches sont sévères. Cette étude a servi de point de départ à l'annexe finlandaise [48].

Classe A	Exigence normale pour des bâtiments mitoyens Exigence très élevée au sein d'un même bâtiment
Classe B	Exigence basse pour des bâtiments mitoyens Exigence élevée au sein d'un même bâtiment
Classe de référence C	Exigence normale au sein d'un même bâtiment
Classe D	Exigence basse au sein d'un même bâtiment
Classe E	Sans exigence

Tableau 1 : Proposition pour des classes de confort vibratoire pour bureaux et bâtiments résidentiels.

Emphasized for low-frequency floors		Emphasized for high-frequency floors				
Class	Vibration values				Deflection values	
	a_{rms} [m/s ²]	v_{max} [mm/s]	v_{rms} [mm/s]	$ u_{max} $ [mm]	Global deflection ^{a)} δ_0 [mm/kN]	Local deflection ^{b)} δ_l [mm/kN]
A	≤0.03	≤4	≤0.3	≤0.05	≤0.12	≤0.12
B	≤0.05	≤6	≤0.6	≤0.1	≤0.25	≤0.25
C	≤0.075	≤8	≤1.0	≤0.2	≤0.5	≤0.5
D	≤0.12	≤10	≤1.5	≤0.4	≤1.0	≤1.0
E	>0.12	>10	>1.5	>0.4	>1.0	>1.0

a) Deflection of main load bearing floor joists

b) Additional deformation caused by floor tops (measured at a distance of 600 mm, fig. 1) which are either between member deformations of top plate or floating floor deformation.

Tableau 2 : Proposition d'exigences pour les classes de confort présentées au tableau 1.

2.2 COST Action FP 1402 [46] sur les Règles de Conception des constructions Bois : De la recherche à la normalisation

Groupe de normalisation européenne sur la révision de l'Eurocode 5 (CEN TC 250 /SC5)

L'objectif global de ces deux actions européennes est de réviser l'Eurocode 5 afin d'intégrer les résultats scientifiques sur la construction bois disponibles depuis les deux dernières décennies pour améliorer les règles de conception des bâtiments en bois et intégrer les nouveaux matériaux comme le CLT, les planchers mixtes bois-bétons et ainsi, accroître l'acceptation et l'utilisation de structures bois.

La révision de l'Eurocode 5 est organisée en 10 groupes de travail (**Working Group**) (cf. figure 1) et se déroule par tranches temporelles successives. Le groupe de travail WG10 concernant notamment les phénomènes de vibration fait partie de la phase 2 prévue sur la période 2017-2018 (avec 2 réunions annuelles par WG).

Afin d'optimiser le travail de ce groupe de normalisation, les membres de ce groupe sont, pour la plupart, actifs dans l'action COST FP 1402 organisée en 4 groupes de travail (cf. Figure 2). Jusqu'à ce jour, les discussions sur la vibration des planchers concernent essentiellement le WG1 avec les présentations suivantes :

- Un état des lieux de la problématique et des travaux finlandais sur le thème de la vibration des planchers par T. Torratsi [17] : il est proposé un critère en accélération pour les planchers de fréquence inférieure à 10 Hz. Pour les planchers de fréquence supérieure à 10 Hz, les exigences relatives aux flèches sont sévères.
- Mesures in situ de planchers bois anciens par T. Liharco du NCRE (spécialiste portugais de la réhabilitation des bâtiments anciens). Les auteurs montrent que les mesures in-situ s'avèrent significativement plus importantes (de l'ordre de 20% à 25%) que celles données par l'approche de l'Eurocode 5. Une des explications seraient la non prise en compte des réelles conditions d'appui du plancher.
- Une étude bibliographique sur la représentation du pas de marcheur et des niveaux de vitesse ou d'accélération acceptables par l'humain et des mesures de comportement vibratoire sur des planchers en CLT par I. Abeysekera du bureau d'études anglais Arup.

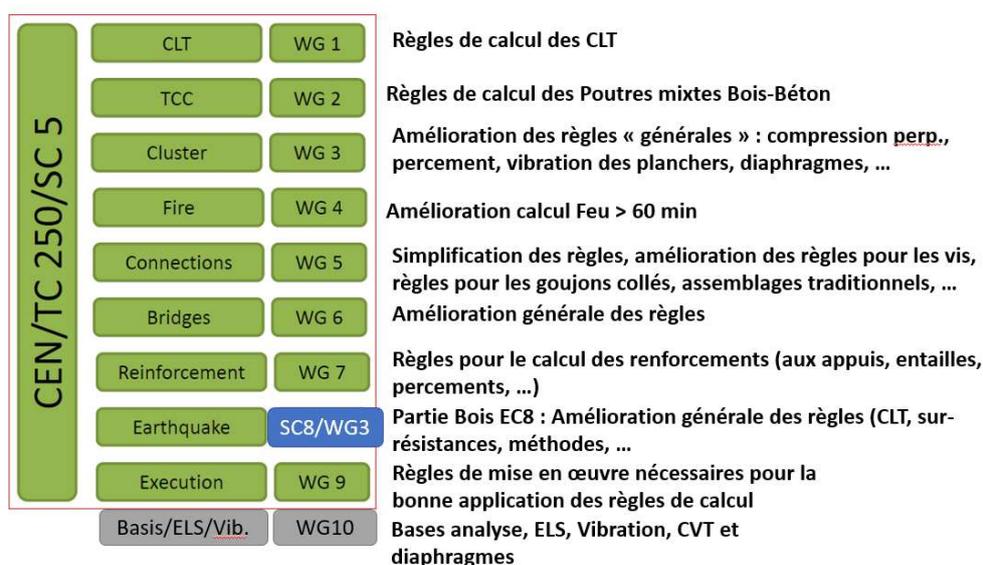


Figure 1 : les 10 groupes de travail du comité de révision européenne (CEN TC 250/ SC5) pour la révision de l'Eurocode 5.

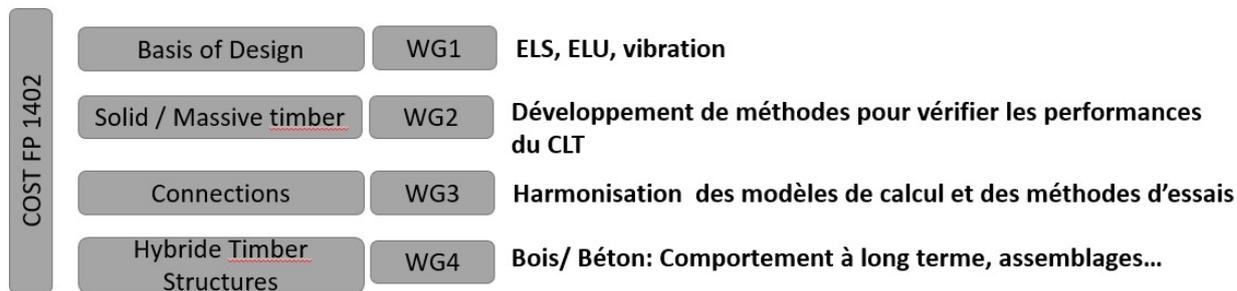


Figure 2 : les 4 groupes de travail de l'action COST FP 1402.

2.3 COST Action FP0702 [4] sur la performance acoustique et vibratoire basse fréquence des bâtiments bois

Cette action financée par l'Union Européenne entre 2008 et 2012 dans le cadre « Forestry and Forest Products », a été coordonné par le CSTB (France, Michel Villot) et le FCBA (France, Jean-Luc Kouyoumji). Quinze pays européens ainsi que la Nouvelle-Zélande ont collaboré sur cette action centrée sur la performance acoustique et vibratoire basse fréquence des bâtiments bois. L'action est construite autour de 4 groupes de travail :

- WG1 : Méthodes de prédiction pour la performance acoustique et vibratoire
- WG2 : Méthodes de mesure pour la performance acoustique et vibratoire
- WG3 : Évaluation du confort acoustique et vibratoire
- WG4 : Conception acoustique du bâtiment

Suite au travail du WG1, une méthodologie a été introduite pour la prédiction des indices de performance acoustique réglementaires, à l'échelle du bâtiment donc, sur la gamme 50-5000 Hz. Cette méthode met en œuvre des indices de performance associés aux composants du bâtiment (murs, planchers) et à leurs jonctions pour remonter à la performance globale. Il reste donc nécessaire d'être capable de disposer des performances de ces composants par le calcul ou la mesure.

Concernant les vibrations, un état de l'art conséquent a été produit par le WG3 sur les valeurs cibles requises, dans une quinzaine de pays européens, pour des critères objectifs associés au confort vibratoire perçu. Dans le cadre du montage d'un projet européen, ce travail bibliographique peut constituer une base pour la définition de classes de confort vibratoire de planchers à l'échelle européenne.

2.4 AcuWood [2]

AcuWood est un programme européen financé par Wood Wisdom-Net, consortium de ministères et autres organismes de financement entre 2010 et 2013, coordonné par SP Wood Technology (Suède, Klas Hagberg). Le projet AkuLite (Suède, Klas Hagberg), s'est déroulé en parallèle avec la même méthodologie et les mêmes objectifs : croiser les résultats de mesures en laboratoire, mesures sur sites, tests d'écoute et questionnaires pour construire des critères objectifs représentatifs de la performance perçue. En particulier, ce travail a été effectué sur l'isolement au bruit aérien et le niveau de bruit d'impact et donc sur une problématique de perception acoustique et non vibratoire. À l'issue de ce projet, des pondérations en fréquence nouvelles ont été proposées pour la construction d'indices présentant une meilleure corrélation avec la perception [12,18]. Il peut être noté que ces indices requièrent des performances acoustiques à

partir de 20 Hz. Suivant ces travaux, une prédiction de qualité de la performance acoustique nécessiterait donc une modélisation du problème vibro-acoustique dès le tiers d'octave centré sur 20 Hz. Dans cette gamme de fréquence, les problématiques associées à la modélisation vibratoire et acoustique sont très proches, nécessitant toutes deux une maîtrise des conditions limites et d'assemblage des systèmes pour la bonne prédiction des premières résonances.

2.5 Projet Silent Timber Build [3]

Financé par Wood Wisdom-Net, le projet européen Silent Timber Build est constitué de 4 lots de travail (work packages) :

- WP 0 : coordination par Klas Hagberg pour SP
- WP 1 (responsable : Delphine Bard de l'Université de Lund, partenaires : InterAc, CSTB, FCBA, Université de Gratz) : modélisation du comportement vibratoire et acoustique en basses fréquences à l'échelle des composants (planchers et murs) par la méthode des éléments finis (Lund, Université de Gratz, CSTB) et par la méthode SEA (CSTB, FCBA, Université de Gratz)
- WP 2 (responsable : Anders Homb de SINTEF, partenaires : tous) : expérimentation et validation des modélisations du WP 1 et optimisation
- WP 3 (responsable : Hansueli Schmid de Lignum, partenaires : tous) : création de base de données vibro-acoustiques dans le but d'une intégration BIM
- WP 4 (responsable : Jean-Luc Kouyoumji de FCBA, quels partenaires : tous) : communication.

Les comparaisons entre la simulation (FEM) et les mesures effectuées dans les WP1 et WP2 ont démontré une bonne capacité prédictive des modèles à partir du tiers d'octave 31.5 Hz. Toutefois, la simulation a systématiquement surestimé le niveau de performance acoustique dans le tiers d'octave centré sur 20 Hz. Les hypothèses fortes effectuées sur les assemblages (rigides) ou les conditions limites (solives simplement appuyées) sont probablement liées à cette dégradation de la qualité de prédiction des modèles numériques.

Une suite est envisagée à ce projet ; par exemple en traitant des sujets suivants :

- de passer de l'échelle des composants (2D) à l'échelle des structures (volumes tridimensionnels) en se concentrant sur les conditions aux limites résultantes sur les systèmes
- et de travailler sur le développement de planchers innovants tels que dalle CLT avec solives BLC intégrées

Il serait ainsi envisageable d'intégrer dans ce futur projet faisant suite à Silent Timber Build les aspects concernant la problématique vibro-acoustique des planchers. Une tâche concernant spécifiquement la caractérisation mécanique vibratoire des planchers et faisant le lien avec les classes de confort, serait certainement la bonne solution.

Lors de la conférence internationale Wood Rise 2017 à Bordeaux, les résultats du projet Silent Timber Build ont été présentés ; une réunion avec les partenaires suédois notamment a permis de valider l'intégration de cette thématique au futur projet envisagé et le principe d'une tâche concernant spécifiquement cette problématique des planchers.

2.6 Synthèse

Du point de vue acoustique, les travaux européens effectués ont permis à ce jour de définir un modèle prédictif pour les indices de performance acoustique réglementaires à l'échelle du bâtiment. Ce modèle nécessite des performances de systèmes (murs ou planchers) mesurés ou simulés. D'autre part, de nouveaux indices de performance ont été proposés afin de mieux correspondre au confort perçu par les habitants retranscrit au travers de questionnaires. Ces indices utilisent des quantités acoustiques mesurées à partir de 20 Hz. Ces travaux ont également mis en avant que sur cette gamme de fréquence, les modèles vibro-acoustiques nécessitent d'être enrichis par une information portant sur les conditions limites et d'assemblage. Ce niveau d'information est par ailleurs indispensable à la bonne prédiction des quantités représentatives du confort vibratoire. Les deux problématiques se rejoignent donc.

Pour ce qui concerne le confort vibratoire, il est également à noter que la norme ISO 10 137 [49] propose des courbes en accélérations et en vitesses indiquant les amplitudes de vibrations acceptables pour des planchers en zones sensibles (tels que les salles d'opération), les résidences, les bureaux... Ces niveaux d'accélérations ou de vitesses correspondent à des amplitudes à partir desquelles des commentaires de gêne peuvent être enregistrés.

Les partenaires potentiels identifiés sont listés au Tableau 3 ci-dessous avec leurs compétences associées. Le FCBA et le CSTB ne sont pas listés dans le Tableau 3.

Nom	Organisme	Compétence
Christophe Desceliers [19-21]	Université de Paris Est (France)	Modélisation probabiliste Modélisation des incertitudes
Klas Hagberg [12,22-24]	WSP (Suède)	Partenaires industriels Normalisation
Delphine Bard [24-28]	Université de Lund (Suède)	Modélisation FEM (mécanique et acoustique) Mesures
Ulrich Schanda Andreas Mayr [29-32]	University of Applied Sciences Rosenheim (Allemagne)	Modélisation / Mesures Bonne connaissance du bois
Luca Barbaresi Federica Morandi [33-34]	Université de Bologne (Espagne)	Acoustique et vibration des bâtiments en bois
Valtteri Hongisto [33-37]	Université de Turku (Finlande)	Acoustique et confort
Anders Homb [41-45]	SINTEF (Norvège)	Vibration – Bruit d'impact Modélisation / Mesures
Marta Fuentes Gonzales [38-40]	Technalia (Espagne)	Acoustique
Patricia Hamm [9]	Biberach University of Applied Sciences (Allemagne)	Vibration mécanique / mesures

Tableau 3 : Liste des partenaires potentiels identifiés.

Afin de s'adapter au mieux aux spécificités d'un appel à projets donné, une recherche d'autres partenaires pourrait s'avérer nécessaire.

3. FINANCEMENT / APPELS A PROJETS EUROPEENS:

Plusieurs appels à projets européens ont pu être identifiés ; ils sont listés ci-dessous. Les liens vers les appels d'offre sont donnés en Annexe A.

Il est à noter que la plupart des appels à projets identifiés portent sur des thématiques bien plus larges que le comportement vibro-acoustique des planchers bois. **Forest Value** excepté, la présente thématique ne pourrait donc représenter qu'une tâche ou une sous-tâche d'un futur projet et ne permettrait donc pas de mener à bien les travaux attendus.

3.1 Forest Value

Cet appel à projet est sorti au mois d'octobre 2017. Une pré-proposition (moins de 10 pages) est attendue pour le 23 janvier 2018 ; les propositions complètes seront à remettre pour le 14 août 2018.

Deux axes sont donnés :

- A : Innovative sustainable management of multifunctional forests
- B : Innovative industrial production and processing technologies, products, concepts and services focusing

Le projet pourrait s'inscrire dans l'axe B à la thématique « Value-added use of forest-based products for dynamically changing societal needs (e.g. new materials or systems for timber constructions) ». En particulier, des projets de niveaux de maturité technologique 1 à 7 sont éligibles sur ce sous-thème. Les travaux envisagés s'y inscrivent donc bien.

Le financement français passe soit par l'ANR soit par l'ADEME avec un financement maximum par projet de 200 k€ ; pour l'axe B un partenaire industriel privé est obligatoire et est financé (pour l'ADEME 50% allant jusqu'à 70% pour une SME). La durée maximale du projet est de 36 mois. Le projet ne doit pas être jugé similaire à un projet déjà financé par l'ADEME et l'ANR ou soumis à un appel à projets de l'ADEME ou de l'ANR.

3.2 Horizon 2020 - Food security, sustainable agriculture and forestry, marine, maritime and inland water research and the bioeconomy

La version de cet appel à projet sortie en octobre 2017 n'est pas encore définitive. L'axe « Rural Renaissance » et la thématique « Organising sustainable food and non-food value chains under changing conditions » propose le sujet « LC-RUR-11-2019-2020: Sustainable wood value chains » avec l'objectif A Building with wood.

Cet appel à projets sera ouvert le 16 octobre 2018 et la proposition complète doit être remise pour le 23 janvier 2019. Le budget total de cet appel à projets est de 20 M€.

3.3 Horizon 2020 - Nanotechnologies, Advanced Materials, Biotechnology and Advanced Manufacturing and Processing

La version de cet appel à projet n'est pas encore définitive. Trois appels à projets pourraient éventuellement être intéressants.

3.3.1 DT-NMBP-09-2018: Accelerating the uptake of materials modelling software (IA)

Cet appel à projets devrait être ouvert le 31 octobre 2017. La soumission se passe en deux phases : Phase 1 pour le 23 janvier 2018 et Phase 2 pour 28 juin 2018. Le budget total de cet appel à projets est de 44 M€. Le sujet est décrit succinctement en anglais ci-dessous.

European modellers have created a large set of materials modelling software of which a major part remains an untapped and unused source of information while having a large potential for exploitation.

Development and adaption of existing models and interoperability software developed by academics and SMEs should provide industry-ready integrated, standardised, interoperable software solutions.

3.3.2 DT-NMBP-10-2019: Adopting materials modelling to challenges in manufacturing processes (RIA)

Cet appel à projets devrait être ouvert le 16 octobre 2018. La soumission se passe en deux phases : Phase 1 pour le 22 janvier 2018 et Phase 2 pour 3 septembre 2018. Le budget total de cet appel à projets est de 37.8 M€. Le sujet est décrit succinctement en anglais ci-dessous.

Improved decision making for materials producers and product manufacturers needs an environment that gives fast access to information and thereby allows reacting to changing feedstock, markets and regulatory demands. This would need an open translation environment that translates a specific manufacturing challenge into a materials modelling workflow that provides knowledge to support optimal material and process design.

The translation environment should be one coherent and seamless system for optimised development of novel materials and products.

3.3.3 LC-EEB-06-2018-20: ICT enabled, sustainable and affordable residential building construction, design to end of life (IA 50%)

Cet appel à projets devrait être ouvert le 31 octobre 2017. La soumission se passe en une seule phase ; la date limite de soumission étant le 22 février 2018. Le sujet est décrit succinctement en anglais ci-dessous.

The poor energy performance features that buildings may exhibit can be due not only to the characteristics of the building materials used, but also to the use of traditional or unsuitable construction processes.

Existing generic software tools have limited flexibility and lack interoperability concerning models and design cultures. Vertically integrated life cycle design is still missing, mainly due to a fragmented design culture across the various disciplines. ICT tools should be provided for energy and environmental performance related design, analysis and decision making in early planning phases for new buildings or renovation of buildings.

3.4 Horizon 2020 – Building a low-carbon, climate resilient future: Secure, clean and efficient energy

La version de cet appel à projet est sortie en octobre 2017. L'axe « Energy efficiency » propose le sujet « LC-SC3-EE-1-2018-2019-2020: Decarbonisation of the EU building stock: innovative approaches and affordable solutions changing the market for buildings renovation » (IA).

Cet appel à projets devrait être ouvert le 25 janvier 2018. La soumission se passe en une seule phase ; la date limite de soumission étant le 4 septembre 2018. Le sujet est décrit succinctement en anglais ci-dessous.

Proposals should demonstrate solutions addressing building fabric and/or technical systems that ensure faster and more cost-effective deep renovations that result in high energy performance.

Solutions should ensure high levels of occupant comfort (thermal, visual and acoustic) and indoor environmental quality (e.g. air quality, humidity) if possible based on bio-based materials, as well as low risk of moisture-related problems, summer overheating and other harmful unintended consequences, and should address the multiple benefits of energy efficiency. Proposals should demonstrate solutions that aim for large scale roll-out according to defined business models and financial schemes for owners.

The Commission considers that proposals requesting a contribution from the EU of between EUR 3 and 4 million would allow this specific challenge to be addressed appropriately.

4. PROPOSITION D'UNE TRAME DE PROGRAMME EUROPEEN

Comme introduit précédemment, le programme pourrait s'articuler autour

- du passage de l'échelle des composants (2D) à l'échelle des structures/bâtiment (3D) en basses fréquences pour le comportement à la fois acoustique et vibratoire
- du développement de planchers innovants tels que dalle CLT avec solives BLC intégrées, potentiellement continu entre différents espaces de vie,

en intégrant les effets des conditions aux limites sur le comportement de ces éléments et une excitation de type « marche » en plus des excitations structurales normalisées (machine à choc et ballon mou). L'objectif étant de pouvoir définir des classes de confort vibratoire sur la base de paramètres prédictibles, mesurables et facilement vérifiables.

La mise au point des modèles et la validation des solutions devront passer par des essais/mesurages à minima sur une maquette de bâtiment comportant 4 pièces réparties sur 2 étages (2 pièces par niveau).

Des sollicitations de type « vent » à l'extérieur du bâtiment pourraient aussi être incluses comme elles peuvent aussi contribuer à la problématique du confort aux basses fréquences (mouvement de tout le bâtiment dans ce cas). La modélisation de l'ensemble du bâtiment en incluant tous les éléments porteurs et de contreventement serait alors nécessaire.

Le financement français par l'ADEME ou l'ANR de l'appel à projet **Forest Value** nécessite un partenaire industriel privé ; il semble important que ce partenaire ait des activités dans la construction bois ou dans la fabrication de composants en bois. Ce partenaire devra pouvoir fournir les éléments pour la maquette de bâtiment puis intégrer les solutions développées dans le cadre du projet dans sa production. Ce partenaire pourrait être WOODEUM.

5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Acoubois : performance acoustique des constructions à ossature bois, partenaires: FCBA, QUALITEL, CSTB, financement : DHUP, ADEME, CODIFAB (2009-2014).
- [2] AcuWood : acoustics in wooden constructions, partenaires: SP, Lund University, IBP Fraunhofer, Lignum, Ministry of Environment Finland, acuwood.com, Wood Wisdom-Net Research program (2010-2013).
- [3] Silent Timber Build: Développement de modèles prédictifs basses fréquences pour les constructions bois, partenaires : SP, LTH, TU Graz, CSTB, FCBA, InterAC, IBP Fraunhofer, SINTEF, Lignum, Norgeshus, Bauer Holzbau, Wood Wisdom-Net Research program, (2014-2017).
- [4] M. Villot, J.-L. Kouyoumji, E. Gerretsen, D. Bard, B. Zhang, B., B. Rasmussen, B. Ingelaere, C. Hopkins, U. Schanda, F. Schopfer, C. Guigou-Carter, A. Homb, N. Labonnote, S. Lentzen, A. Koopman, A. Jorissen, A. Harte, WG1 : Prediction Methods for Sound and Vibration Performances, Including Low Frequencies, COST ACTION FP0702, (2012).
- [5] Maluski, S. & Gibbs, B.M., 2000. Application of a finite-element model to low-frequency sound insulation in dwellings. *Journal of the Acoustical Society of America*, 108(4), pp.1741–1751.
- [6] Maluski, S. & Gibbs, B.M., 2004. The effect of construction material, contents and room geometry on the sound field in dwellings at low frequencies. *Applied Acoustics*, 65(1), pp.31–44.
- [7] Davy, J.L., 1988. The variance of decay rates at low frequencies. *Applied Acoustics*, 23(1), pp.63–79.
- [8] Guigou-Carter, C. & Balanant, N., 2015. Acoustic comfort evaluation in lightweight wood-based and heavyweight concrete-based buildings. In *Proceedings Internoise*.
- [9] Hamm P., Richter A., Winter S., Floor vibrations-new results, *World Conference on Timber Engineering*, Italy, 2010.
- [10] O. Hechler, M. Feldmann, C. Heinemeyer, F. Galanti, *Design guide for floor vibrations*, EUROSTEEL 2008, Austria, (2008).
- [11] ISO 10137 – Bases du calcul des constructions – Aptitude au service des bâtiments et passerelles sous vibrations, International Organization for Standardization, 2007
- [12] Ljunggren, F., Simmons, C. & Hagberg, K., 2013. Findings from the AkuLite project : Correlation between measured vibro-acoustic parameters and subjective perception in lightweight buildings. In *Proceedings Internoise*.
- [13] J. Negreira, A. Trollé, K. Jarnerö, L.-G. Sjökvist, D. Bard, Psycho-vibratory evaluation of timber floors – Towards the determination of design indicators of vibration acceptability and vibration annoyance, *Journal of Sound and Vibration* 340 (2015) 383-408.
- [14] K. Jarnerö, D. Bard, C. Simmons, *Vibration Performance of Apartments Buildings with Wooden Framework—Residents' Survey and Field Measurements*, AkuLite Report6, SP Report 2013.
- [15] F. Ljunggren, *Floor Vibration – Dynamic Properties and Subjective Perception*, PhD Thesis, Luleå University of Technology, Sweden, 2006.
- [16] D.M. Onysko, *Performance and Acceptability of Wood Floors – Forintek Studies*, National Research Council of Canada, Publication 28822, Forintek Canada Corp., Ottawa, 1988.
- [17] T.Toratti, A.Talja, Classification of human induced floor vibrations, *Building Acoustics* vol 13(n°3) (2006) 211–221.
- [18] F. Ljunggren, *Evaluation of impact sound insulation from 20 Hz*, ICSV24, Londres, United Kingdom, 2017.
- [19] R. Capillon, C. Desceliers, C. Soize, Uncertainty quantification in computational linear structural dynamics for viscoelastic composite structures. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Elsevier, 2016, 305, pp.154-172.

- [20] C. Desceliers, R. Ghanem, and C. Soize, "Maximum likelihood estimation of stochastic chaos representations from experimental data," *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, vol. 66, no. 6, pp. 978–1001, 2006.
- [21] C. Coguenanff, C. Desceliers, C. Guigou-Carter and P. Jean, Acoustic performance optimization under parameter and model uncertainties of a wood based floor. In *Proceedings Internoise*, 2013.
- [22] A. Homb, C. Guigou-Carter, K. Hagberg, H. Schmid, "Impact sound insulation of wooden joist constructions: Collection of laboratory measurements and trend analysis", *Building Acoustics* 23(2), 73–91 (2016).
- [23] K. Hagberg, P. Thorsson, A. Golger, D. Bard, SEAP – Acoustic design tool for Stora Enso Building Solutions. In *Proceedings ICA*, 2016.
- [24] D. Bard, K. Hagberg, T. Augustsson, Modelling various floor and wall assemblies and comparisons to measured values. In *Proceedings ICA*, 2016.
- [25] J. Negreira, D. Bard, Modelling of the tapping machine for finite element prediction tools – Preliminary parametric studies. In *Proceedings ICA*, 2016.
- [26] D. Bard, G. Borello, C. Guigou, J. Negreira, J.L. Kouyoumji, "Challenges for acoustic calculation models in "Silent Timber Build"", ICSV 21, Beijing, China, July 2014.
- [27] D. Bard, J. Negreira, J.L. Kouyoumji, G. Borello, C. Guigou, "Challenges for acoustic calculation models in "Silent Timber Build" , Part 1 – FEM", *Internoise 2014*, Melbourne, Australia, November 2014.
- [28] J.L. Kouyoumji, D. Bard, G. Borello, C. Guigou , "Challenges for acoustic calculation models in "Silent Timber Build", Part 2", *Internoise 2014*, Melbourne, Australia, November 2014.
- [29] S. Mecking, M. Scheibengraber, T. Kruse, U. Schanda & U. Wellisch, Experimentally based statistical analysis of the vibrational energy of CLT building elements. In *Proceedings ICSV24*, 2016.
- [30] A. Timpote, S. Mecking, U. Schanda & A. Rabold, Vibration reduction indices of CLT junctions. In *Proceedings ICSV24*, 2016.
- [31] Fabian Schöpfer, Andreas R. Mayr and Ulrich Schanda, Carl Hopkins, Prediction of noise from machinery in timber-frame buildings using transmission functions. In *Proceedings ICSV24*, 2016.
- [32] F. Schöpfer, C. Hopkins, A.R. Mayr, U. Schanda, Measured transfer functions from structure-borne sound sources in a timber-frame construction. In *Proceedings Eurnoise*, 2015.
- [33] L. Barbaresi, F. Morandi, J. Belcari, A. Zucchelli, A. Speranza, Optimising the mechanical characterisation of a resilient interlayer for the use in timber construction, in: 24th International Congress on Sound and Vibration, In *Proceedings ICSV24*, 2017.
- [34] A. Speranza, L. Barbaresi, F. Morandi, Experimental analysis of flanking transmission of different connection systems for CLT panels. In *Proceedings WCTE*, 2016.
- [35] V. Hongisto, J. Keränen, D. Oliva, Indoor noise annoyance due to 3-5 MW wind turbines - an exposure-response relationship, *The Journal of the Acoustical Society of America* 142(4), 2017, pp. 2185-2196.
- [36] D. Oliva, V. Hongisto, A. Haapakangas. Annoyance of low-level tonal sounds - factors affecting the penalty, *Building and Environment*, 123, 2017, pp. 404-414.
- [37] M. Kylliäinen, V. Hongisto, D. Oliva, L. Rekola, Subjective and objective rating of impact sound insulation of a concrete floor with various coverings - a laboratory listening experiment, *Acta Acustica united with Acustica*, 103, 2017, pp. 236-251.
- [38] M. Perez, M. Fuente, Acoustic design through predictive methods in Cross Laminated Timber (CLT) panel structures in buildings, In *Proceedings of Internoise et NoiseCon*, 2013.
- [39] M. Perez, M. Fuente, C. Guigou-Carter, Predicting and measuring the acoustic performances of lightweight based buildings, In *Proceedings CFA*, 2012.

- [40] M. Fuente, Industrialized lightweight floors for multi-storey dwellings in Spain, In Proceedings of Forum Acusticum, 2011.
- [41] Homb, A. Low frequency sound and vibrations from impacts on timber floor constructions. Doctoral thesis at NTNU, 2006:132. IME Faculty, Dep. of Electronics and Telecommunications. Trondheim, Norway 2006.
- [42] Homb A. *Vibrasjonsegenskaper til dekker av massivtre* (Vibration properties of cross-laminated timber floors). Project report SINTEF Building and Infrastructure, no. 24. Oslo, 2008, <http://www.sintefbok.no/>(in Norwegian).
- [43] Homb A. Flanking transmission measurements in a cross-laminated timber element building. In: *Proceedings of 9th European conference on noise control: Euronoise*, Prague, 10–13 June 2012.
- [44] A. Homb, C. Guigou-Carter, K. Hagberg, H. Schmid, “Impact sound insulation of wooden joist constructions: Collection of laboratory measurements and trend analysis”, *Building Acoustics* 23(2), 73–91 (2016).
- [45] A. Homb, C. Guigou-Carter, A. Rabold, “Impact sound insulation of cross-laminated timber/massive wood floor construction: Collection of laboratory measurements and result analysis”, *Building Acoustics* 24(1), 35–52 (2017).
- [46] COST ACTION FP1402 "Basis of Structural Timber Design" - from research to standards, coordinated by Technical University of Munich, <https://www.costfp1402.tum.de/en/home/>.
- [47] Annexe Nationale ÖNORM B 1995-1-1 : 2013-12, «Nationale Festlegungen, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen zur ÖNORM EN 1995-1-1,» Austrian Standard Institute, Autriche.
- [48] Analyse comparative de divers critères vibratoires pour les planchers bois, Rapport d'étude, C4Ci, 2016.
- [49] ISO 10 137 - 2007: Bases du calcul des constructions –Aptitude au service des bâtiments et des passerelles sous vibrations.
- [50] Guide pour le contrôle vibratoire des planchers bois, ArcelorMittal, 1996.

6. Annexes

Forest Value

https://www.sumforest.org/wp-content/uploads/2017/06/ForestValue_Pre-announcement_170628.pdf

Horizon 2020 - Nanotechnologies, Advanced Materials, Biotechnology and Advanced Manufacturing and Processing

https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/h2020-leit-nmbp-2018-2020_pre-publ.pdf

Horizon 2020 - Secure, clean and efficient energy

http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2018-2020/main/h2020-wp1820-energy_en.pdf