

Comportement vibratoire et acoustique de planchers bois

Etude préliminaire basée sur des mesures in-situ

25 janvier 2018

Coordination : Carole Faye

Equipe projet de FCBA:

- Carole Faye et Jean-Luc Kouyoumji de l'équipe Etudes et Recherche,
- Renan Lacroze, Patrice Garcia, Jean-Charles Duccini et Laurent Munier du Laboratoire de Mécanique
- Romain Brot et Clément Vern du Laboratoire de Physique,
- Laurent Le Magorou de l'équipe Conseil Innovation Appui Technique.

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

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 général de la problématique vibro-acoustique | 3 | |
| 1.2 Objectifs et programme de travail de l'étude globale sur le comportement vibro-acoustique des planchers bois | 4 | |
| 1.3 Objectifs et programme de travail de l'étude CODIFAB 2016-2017 | 5 | |
| 2. Cas d'un plancher sur entrants porteurs | 6 | |
| 2.1 Confort mécanique vibratoire..... | 6 | |
| 2.1.1 Description du chantier | 6 | |
| 2.1.2 Résultats expérimentaux | 10 | |
| 2.1.3 Approche calculatoire selon l'Eurocode 5 | 19 | |
| 2.1.4 Critère de confort vibratoire basé sur l'accélération | 21 | |
| 2.1.5 Synthèse | 22 | |
| 2.2 Comportement acoustique d'un plancher en œuvre | 24 | |
| 2.2.1 Résultats expérimentaux relatifs au bruit de choc..... | 24 | |
| 2.2.2 Résultats expérimentaux sur les coefficients de transmission latérale | 29 | |
| 3. Cas d'un plancher traditionnel..... | 36 | |
| 3.1 Description du plancher | 36 | |
| 3.2 Confort mécanique vibratoire..... | 38 | |
| 3.2.1 Résultats expérimentaux | 38 | |
| 3.2.2 Approche calculatoire selon l'Eurocode 5 | 47 | |
| 3.2.3 Critère de confort vibratoire basé sur l'accélération | 48 | |
| 3.2.4 Synthèse | 49 | |
| Annexe 1 | Isolation acoustique - Rappels de notions | 50 |
| Annexe 2 | Plans du chantier de Barentin..... | 55 |

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte général de la problématique vibro-acoustique

Le confort des personnes perçu face aux vibrations mécaniques et au rayonnement acoustique est prépondérant dans la définition de la qualité d'un bâtiment. Les enquêtes de confort réalisées dans la phase 4 de l'étude ACOUBOIS ont mis en avant que les phénomènes vibratoires et acoustiques étaient une source importante d'inconfort. Ce phénomène peut présenter un frein au développement de la construction bois du fait notamment d'un manque d'outils de prédiction, et donc de conception, pour les phases d'avant-projet.

Les solutions constructives bois présentent des performances acoustiques supérieures à la construction lourde traditionnelle sur les gammes des moyennes et hautes fréquences. Cependant, si non-traitées, leurs faiblesses dans les basses fréquences (quelques dizaines de Hz et donc associées aux premiers modes de résonance du plancher) résultent le plus souvent en une perception sensorielle (ressenti physique des vibrations) ou acoustique gênante pour l'occupant.

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 (nommé aussi vibro-acoustique) 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). Cette 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, 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, la prédiction de la performance acoustique nécessite des caractéristiques non évaluées à ce jour tels que :

- l'amortissement des volumes où la gêne acoustique est ressentie,
- les coefficients des transmissions latérales entre le plancher soumis à la marche et les parois verticales du volume situé en-dessous du plancher source.

Ainsi, par manque de méthodes de vérification, certaines configurations de planchers peuvent être soit rejetées, surdimensionnées ou être source d'inconfort.

1.2 Objectifs et programme de travail de l'étude globale sur le comportement vibro-acoustique des planchers bois

Dans ce contexte, FCBA a coordonné, à partir de mi 2016, le montage d'une étude de recherche (d'acronyme Wood Vibrations et d'une durée d'environ 3 ans) 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. Pour cela, le programme de travail envisagé se décompose en 3 étapes principales:

- Etape 1 : Estimer le comportement mécanique (flèche et/ou vitesse et/ou accélération...) des planchers bois et le comportement acoustique en basse fréquence engendré dans le volume situé en-dessous (niveau sonore). Cela nécessite le développement d'un modèle numérique vibro-acoustique du plancher bois soumis à la marche ainsi que de la pièce située en-dessous. Un tel modèle permettra d'étudier, pour un même type de planchers, différents cas de conditions limites, d'entraxes, de longueurs... Des essais vibratoires et acoustiques seront menés sur plusieurs planchers pour déterminer d'une part, les paramètres d'entrée du modèle (telles que la raideur statique des planchers, l'amortissement des planchers et le coefficient de transmission latérale entre le plancher et les parois verticales...) et d'autre part, pour disposer de valeurs expérimentales telles que l'accélération verticale du plancher soumis à la marche ou le niveau sonore dans la pièce située en-dessous du plancher, à des fins de validation du modèle.
- Etape 2 : Faire le lien entre les classes de confort vibratoire-acoustique et le comportement mécanique et acoustique étudié en Etape 1. Une pré-étude bibliographique (de FCBA réalisée en 2015) a permis d'identifier la norme ISO 10 137 faisant le lien entre l'accélération (ou la vitesse) et des classes de confort. Pour notre problématique sur les planchers, ce lien est à transposer pour établir la correspondance entre les grandeurs physiques du plancher et les classes de confort. Cela nécessite également le développement du modèle numérique indiqué en Etape 1.
- Etape 3 : Proposer une approche pour établir des méthodes de vérification simplifiées. Toutefois, le développement en un outil applicatif pour les concepteurs nécessitera une étude supplémentaire.

Le programme de travail décrit ci-dessus brièvement en trois étapes est similaire à celui utilisé pour établir notamment le guide pour le contrôle vibratoire des planchers d'Arcelor Mittal (2007) ainsi que le guide pour les passerelles du SETRA (2006).

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) avec des mesures effectuées sur des planchers traditionnels et en combles habitables avec l'association du SCIBO. 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 montants de financement étant moindre que ceux de l'ANR, nous avons dû réduire le programme et après échanges avec l'UICB, le

programme d'étude a été limité aux seuls planchers traditionnels. Les résultats de l'ADEME sont attendus pour février 2018.

En parallèle de cette recherche de financement public national, le CODIFAB a soutenu en 2017 le FCBA et le CSTB (via l'étude CODIFAB 2017 B6-45) 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.

1.3 Objectifs et programme de travail de l'étude CODIFAB 2016-2017

La présente étude CODIFAB menée en 2016 et 2017 constitue une étape préliminaire au programme de travail de l'étude globale présentée au paragraphe 1.2 dans la mesure où elle a permis :

- d'apporter des données de grandeurs mécaniques et acoustiques des planchers bois et des volumes environnants, qui pourraient être utilisées comme paramètres d'entrée ou de sortie (raideur statique du plancher, les coefficients de transmission latérale entre la plancher et les parois verticales, fréquence et amortissement du plancher, amplitudes d'accélération verticales induites par la marche, niveau sonore incluant les basses fréquences de la pièce située en-dessous du plancher...) du modèle numérique indiqué en Etape 1 de l'étude globale,
- d'illustrer le lien entre des grandeurs physiques (obtenues expérimentalement pour cette présente étude) et les classes de confort vibratoire et acoustique. Ceci correspond au travail de l'Etape 2 qui sera à généraliser à différentes configurations de planchers grâce à l'utilisation de modèle prédictif développé en Etape 1.

La présente étude CODIFAB permettra donc d'illustrer la démarche proposée aux étapes 1&2 du programme global en se basant sur une approche expérimentale et de montrer la pertinence des moyens mis en œuvre. Les mesures mécaniques et acoustiques ont été menées in situ sur deux types de planchers :

- un plancher sur entrants porteurs d'une maison d'habitation maçonnée à deux niveaux située à Barentin près de Rouen. Ce chantier a fait l'objet de trois séries de mesures : en avril 2017, après la pose du plancher de l'étage, puis en juillet 2017 après la pose des éléments de second œuvre mais sans le recouvrement du plancher. Les résultats relatifs à ce chantier sont présentés en paragraphe 2 (respectivement en 2.1 et 2.2 pour les parties mécanique et acoustique).
- un plancher de type traditionnel, sur solivages en poutres massives avec panneaux OSB, d'une maison à ossature bois à deux niveaux située à La Teste près de Bordeaux. Les résultats relatifs à ce chantier sont présentés en paragraphe 3.

Ce travail a été mené par les équipes de FCBA à Bordeaux suivantes:

- Carole Faye et Jean-Luc Kouyoumji, de l'équipe Etudes et Recherche,
- Renan Lacroze, Patrice Garcia, Jean-Charles Duccini et Laurent Munier du Laboratoire de Mécanique
- Romain Brot et Clément Vern du Laboratoire de Physique,
- Laurent Le Magorou du CIAT.

2. Cas d'un plancher sur entrants porteurs

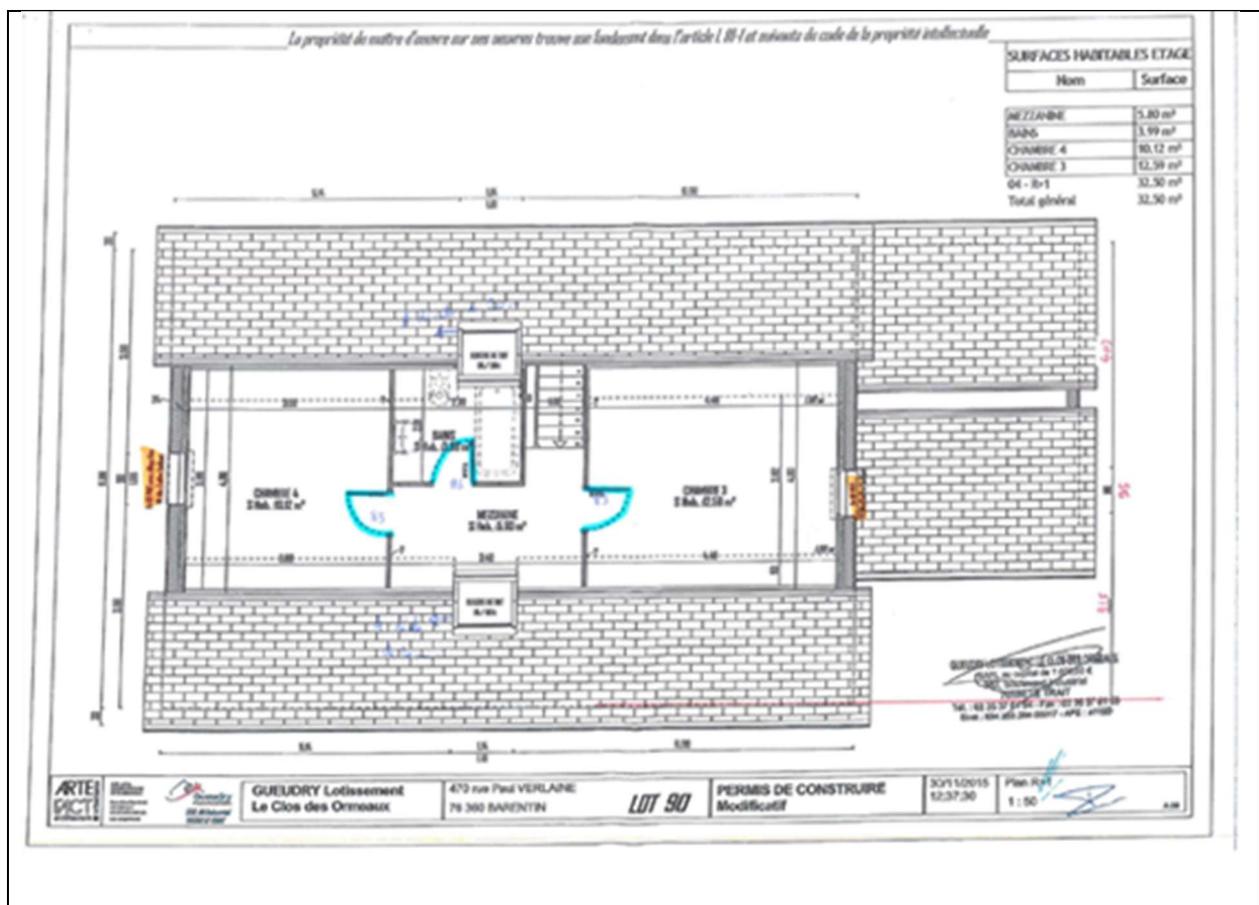
Les mesures ont été réalisées sur une maison maçonnée à deux niveaux (située à Barentin, près de Rouen), avec une charpente à combles habitables en charpente industrialisée en bois. Les mesures vibratoires et acoustiques sont respectivement présentées en paragraphe 2.1 et 2.2. Les plans d'implantation de la maison ainsi que de détails constructifs sont présentés en annexe.

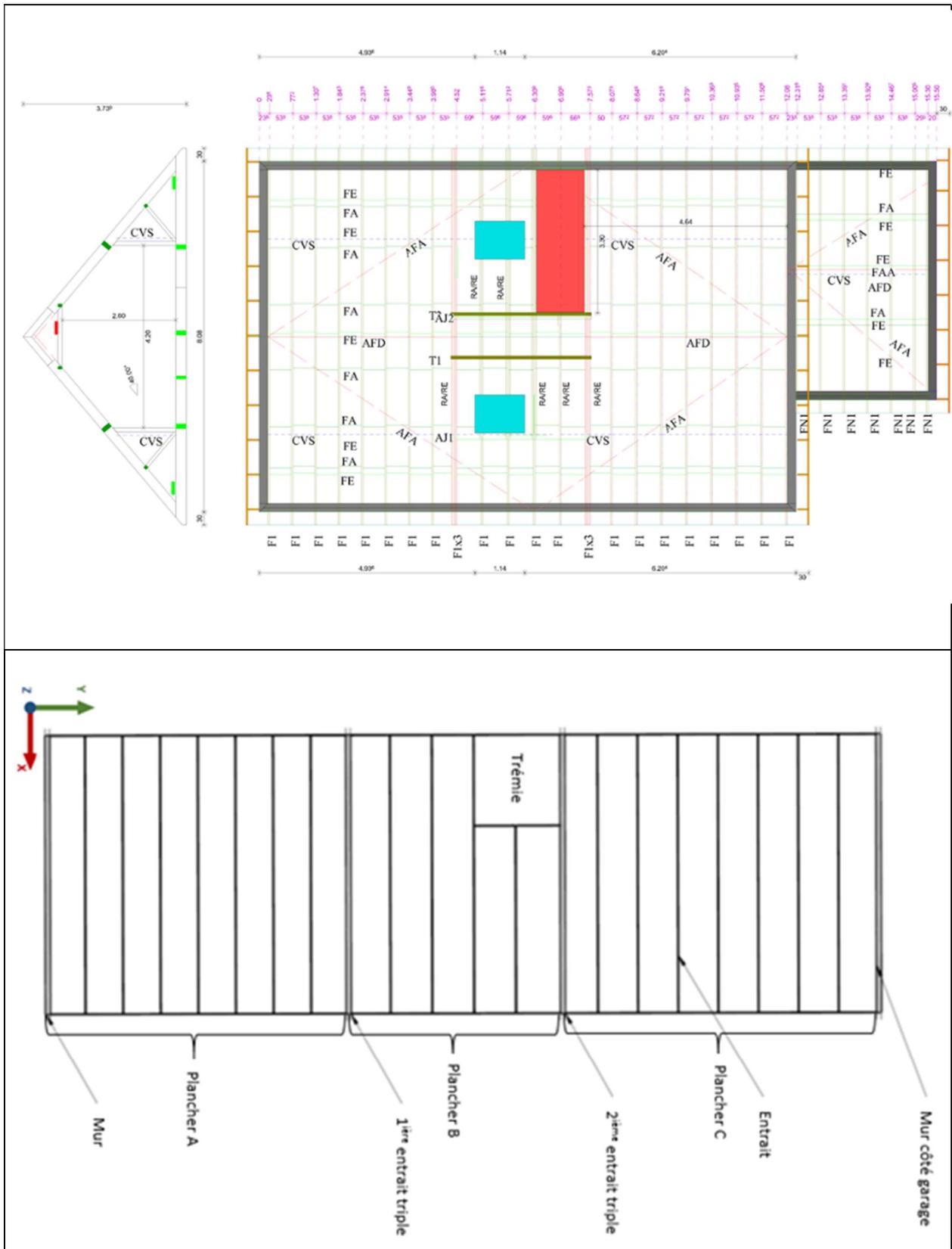
Nous tenons à remercier Gilles de Zutter de l'entreprise MiTek et Alexandre Petit et Julien Canu de l'entreprise Gueudry qui nous ont permis d'organiser et de réaliser nos mesures sur ce chantier.

2.1 Confort mécanique vibratoire

2.1.1 Description du chantier

Les mesures portent sur le plancher soutenu par les entrants porteurs. Les plans détaillés de la maison et du plancher sont présentés en annexe. Le plancher peut être schématisé en le décomposant en trois zones (planchers A, B et C) comme indiqué sur la Figures 1. Les trois planchers sont délimités par la présence d'un mur ou d'un entrant triple. On note la présence d'une trémie sur le plancher B.





Figures 1 : plans du plancher testé et schématisation de la décomposition en trois parties.

Ce chantier a fait l'objet de trois séries de mesures :

- Phase 1 : en avril 2017, après la pose du plancher de l'étage, 1^{ière} série de mesures mécaniques
- Phase 2 : en juillet 2017 après la pose des éléments de second œuvre mais sans le recouvrement du plancher, 2^{nde} série de mesures mécaniques et 1^{ière} série de mesures acoustiques.

Composition du plancher lors de la phase 1 (cf. Figure 2)

Le plancher est composé de 26 fermes dont la portée est de 8 080mm. Les entrails sont en C24 de sections 36×247mm². L'entraxe entre les entrails est de :

- 536 mm pour le plancher A
- 596 mm pour le plancher B
- 572 mm pour le plancher C.

Le plancher est composé de panneaux de particules (CTB-H) d'épaisseur 25 mm. Les panneaux sont positionnés sur une largeur de 4,2 m centrés sur les entrails porteurs. Ils sont fixés à l'aide de vis.

Les références des produits utilisés pour la construction du plancher sont :

- Les vis utilisées pour fixer le plancher sur les entrails sont des vis double filetage 4 x 60 (marque WURTH)
- Les panneaux des planchers sont des panneaux de particules (CTB-H) d'épaisseur 25mm
- Une bande résiliente est située entre le plancher et les entrails : Tramiband 70 (marque TRAMICO).

Les fiches techniques des produits sont disponibles en annexe.

Deux fermes délimitant le plancher B présentent des entrails triples.



Figure 2 : Plancher sur entrails porteurs lors de la phase 1

Composition du plancher lors de la phase 2 (cf. Figure 3)

Lors de la phase 2, les cloisons en plaque de plâtre ainsi que l'isolant et le plafond sous le plancher étaient posés. Leurs références sont :

- Le plafond en dessous : Placo BA13 sur suspente avec 300mm de laine de verre avec bandes.
- Cloisons des combles : Placo BA13 sur rail avec 275mm de laine de verre.
- Doublages du RDC : Placo BA13 sur rail avec 120 mm de laine de verre (épaisseur doublage 140 mm).



Figure 3 : Plancher sur entrants porteurs lors de la phase 2.

2.1.2 Résultats expérimentaux

✓ Mesure de raideur statique

Une mesure de flèche sous charge ponctuelle a été réalisée sur différents entrants afin d'en extraire la raideur statique. Pour chaque mesure, une charge de 300 kg fut appliquée à l'aide de sac de plomb, la surface d'application était de 50 cm². La charge est appliquée à mi-portée. Le schéma en Figure 4 indique :

- par un point rouge, les 4 localisations des charges représentées. Les mesures 2 et 3 sont réalisées sur des entrants triples.
- par des points bleus, les localisations des comparateurs, pour la première série de mesures de flèches de l'entrant chargé et des entrants adjacents. Les comparateurs sont nommés a b c d (selon l'ordre croissant des y), le même principe de mesure est reproduit pour les 4 entrants chargés.

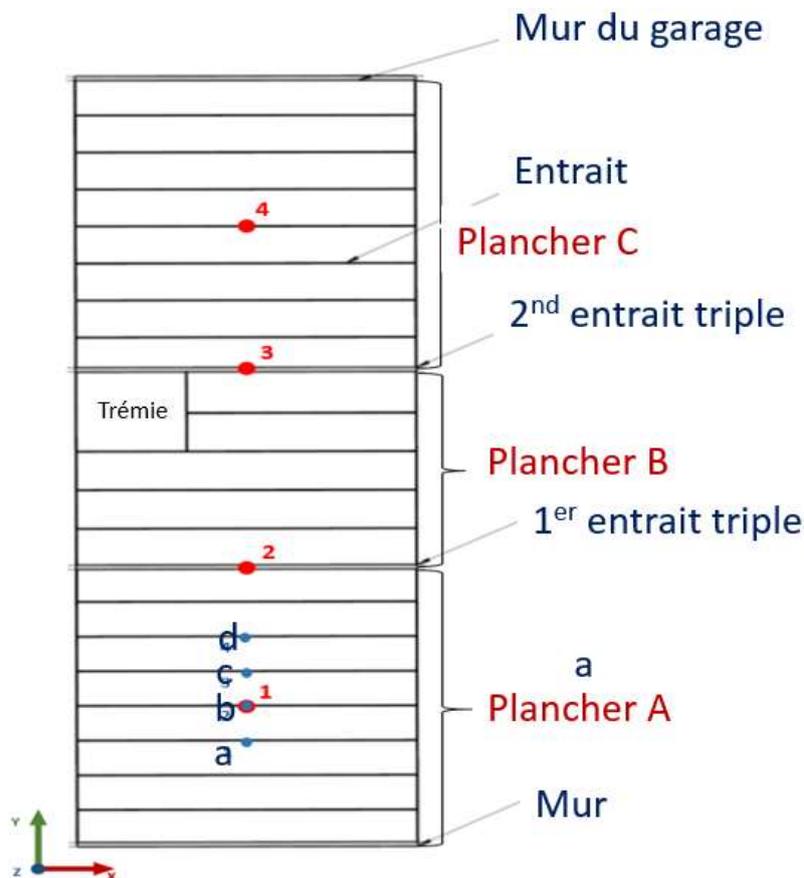


Figure 4 : Position des 4 points de chargement (en rouge) et des endroits de mesures pour la flèche statique (correspondants aux endroits a b c d pour une position de la charge au point 1 sur la figure).

Une pige est fixée sur l'entrait à mi portée, le comparateur est fixé à l'autre extrémité de la pige en contact avec le sol (cf. Figure 5). Tous les comparateurs sont mis à zéro, la charge est appliquée, on relève la flèche, on enlève la charge et l'on note la flèche résiduelle.



Figure 5 : photos de la charge de 300 kg et des piges instrumentées de comparateur pour la mesure de la flèche des entrails.

Le Tableau 1 synthétise pour chaque mesure et par capteur les résultats expérimentaux.

| Capteur | Position de la charge de 300 kg | | | | | | | |
|---------|---------------------------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| | Flèche (mm) | | | | | | | |
| | Sous charge | Résiduelle | Sous charge | Résiduelle | Sous charge | Résiduelle | Sous charge | Résiduelle |
| a | 1,56 | 0,22 | 1,33 | 0,73 | 1,17 | / | 2,24 | 0,44 |
| b | 3,86 | 0 | 2,37 | -0,04 | 2,34 | / | 4,11 | 0,14 |
| c | 1,98 | 0,13 | 1,54 | 0,03 | 1,34 | -0,11 | 2,92 | 0,59 |
| d | 1,19 | 0,11 | 1,00 | 0,57 | 0,49 | -0,28 | 1,83 | 0,57 |

Tableau 1 : valeurs des flèches statiques mesurées pour une charge de 300 kg.

On constate que les valeurs de flèche au droit des capteurs b (situés au droit de la charge) sont proches d'une part, pour les mesures 1 et 4 correspondantes aux entrails simples et d'autre part, pour les mesures 2 et 3 correspondantes aux entrails triples.

Egalement, on constate que pour chacune des mesures, les flèches mesurées pour chaque entrail adjacent (capteurs a et c) à l'entrait chargé sont proches et représentent environ 50% de la flèche de l'entrait chargé (capteurs b).

De plus, on peut remarquer que les flèches relatives au plancher C (soit la mesure 4) sont plus importantes que celles mesurées pour les flèches du plancher A (soit la mesure 1), comme attendu pour un entraxe entre entrails plus important.

Ces données expérimentales permettraient une comparaison avec des valeurs de flèche simulées par un modèle prédictif du comportement mécanique du plancher en vue de sa validation.

✓ **Analyse modale expérimentale**

Les analyses modales expérimentales (AME) permettent la détermination des fréquences propres, amortissements et déformées modales associées.

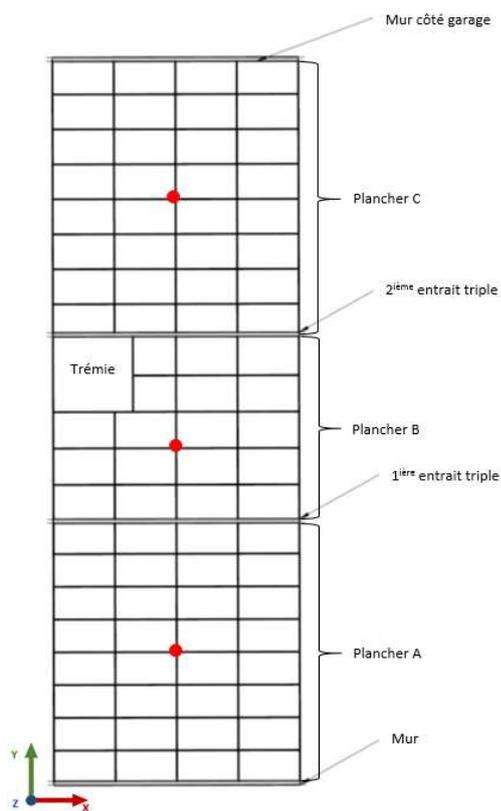
Le plancher est maillé et des accéléromètres sont positionnés à chaque nœud du modèle. La figure 6 représente le maillage réalisé et les points d'impact (en rouge). Chaque nœud du maillage est un point de mesure. Les mailles horizontales correspondent à tous les entrails et les mailles verticales sont espacées d'un 1 mètre entre elles.

A l'aide d'un marteau d'impact, la structure est excitée. La valeur de la force injectée ainsi que les accélérations aux différents nœuds de la structure sont enregistrées. Le système de conditionnement Bruël & Kjaer Lan XI disposant de 12 voies d'acquisition (ce qui n'est pas suffisant pour enregistrer les accélérations de tous les points simultanément), des séquences de mesures ont donc été réalisées.

L'AME est réalisée en post traitement par calcul des fonctions de réponse en fréquence (FRF), celle-ci est comparable au quotient dans le domaine fréquentiel, de l'accélération en un point sur la force injectée à la structure.

Ces FRF sont condensées en une courbe caractérisant le comportement dynamique de la structure. Enfin par ajustement d'un modèle mathématique sur le CMIF (Complex Mode Indicator Function), les modes propres et leurs caractéristiques sont affichés.

Les points d'impacts sont positionnés au niveau des entrails et non entre deux entrails afin de pouvoir exciter la structure et de ne pas mettre en évidence un mode local du panneau.



Figures 6 : à gauche, schéma représentant le maillage réalisé pour l'AME, les points d'impact au marteau étant en rouge. A droite, impact au marteau.

Les paramètres d'extraction modale communs aux phases 1 et 2 sont les suivants :

- Algorithme : Rational Fraction Polynomial –Z (RFP-Z)
- Extraction modale sur la base des 3 CMIFs
- Plage fréquence : [5 – 40] Hz
- Ordre du polynôme : 40

Résultats phase 1

Les valeurs des fréquences des modes propres ainsi que l'amortissement modal associé sont présentées dans le Tableau 2.

| N° Mode | Fréquence (Hz) | Amortissement (%) |
|---------|----------------|-------------------|
| 1 | 10,8 | 3,1 |
| 2 | 11,6 | 2,5 |
| 3 | 12,1 | 2,5 |
| 4 | 14,1 | 1,7 |
| 5 | 15,1 | 1,7 |
| 6 | 17,9 | 1,8 |
| 7 | 19,4 | 1,7 |
| 8 | 20,0 | 1,5 |

Tableau 2 : valeurs des fréquences et amortissement associés, déterminées par AME, en phase 1.

Les déformées modales pour chaque mode sont présentées en Figure 7.

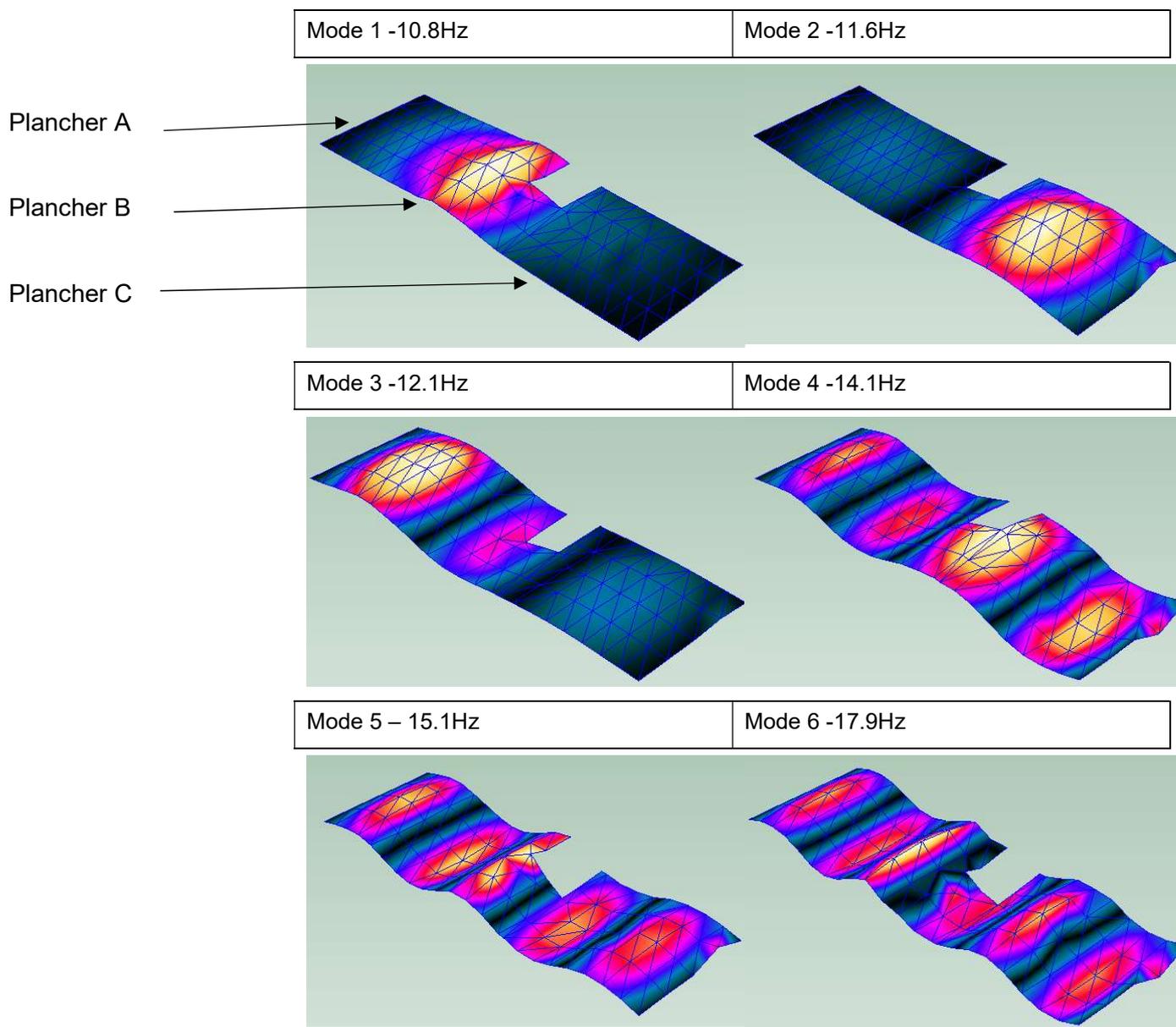


Figure 7 : déformée modale pour les 6 premiers modes propres de la phase 1.

Pour ce chantier, on constate que :

- les valeurs d'amortissement (en moyenne de 2,7% sur les 3 premiers modes) sont significativement supérieures à la valeur de 1% proposée par l'Eurocode 5 (cf. paragraphe 7.3.1 de l'EC5),
- les trois premières fréquences 10,8 Hz, 11,6 Hz et 12,1 Hz correspondent respectivement aux planchers B, C et A. Il s'avère que le premier mode apparait pour le plancher B dont l'entraxe est le plus important. Les valeurs des trois premières fréquences restent toutefois semblables,
- la présence de trémie ne semble pas perturber le comportement modal,

- au vu des déformées modales, le plancher tend à se comporter dynamiquement comme une plaque allongée.

Il est à noter que (cf. Tableau 3):

- **une analyse modale de la ferme entière** menée avec le logiciel Accord (*en considérant une charge de tuiles de 50 kg/m^2 , le poids propre de la structure et une charge répartie de 16 kg/m^2 sur la zone de plancher de $4,2 \text{ m}$ de large représentant le poids des panneaux du plancher) aboutit à une valeur de $11,6 \text{ Hz}$ pour un entraxe de 536 mm , ce qui correspond bien à la valeur expérimentale de $12,1 \text{ Hz}$ obtenue pour le plancher A,
- à partir d'une **analyse modale de poutre sur appuis simples** menée avec le logiciel Accord, la longueur d'une poutre sur appuis permettant d'aboutir à la fréquence expérimentale ($12,1 \text{ Hz}$) du plancher A, est de 5 m , soit environ $1,2$ fois la longueur entre potelets de la ferme,
- la valeur de la fréquence calculée par la formule de l'Eurocode 5 pour cette longueur de 5 m et une charge de 22 kg/m^2 (représentant le poids propre de la poutre et la charge du panneau de 16 kg/m^2) donne $12,9 \text{ Hz}$ pour le plancher A.

| | Fréquence propre de l'entrait déterminée selon les différentes approches | | | |
|--|---|---|--|-------------------|
| | *Analyse modale menée avec Accord avec une charge répartie de 16 kg/m^2 | | Fréquence calculée selon l'EC5 avec une longueur de 5 m avec une charge de 22 kg/m^2 | Mesure au marteau |
| | sur la ferme (avec la charge répartie uniquement sur $4,2 \text{ m}$) | sur une poutre sur appuis de longueur 5 m | | |
| Plancher A : entraxe de 536 mm | $11,6 \text{ Hz}$ | $12,3 \text{ Hz}$ | $12,9 \text{ Hz}$ | $12,1 \text{ Hz}$ |
| Plancher B : entraxe de 596 mm | $11,1 \text{ Hz}$ | $11,9 \text{ Hz}$ | $12,2 \text{ Hz}$ | $10,8 \text{ Hz}$ |

Tableau 3 : valeurs de fréquence déterminées selon les approches calculatoires et expérimentale pour le cas de charge de la phase 1, pour les planchers A et B.

Résultats phase 2

Les valeurs des fréquences des modes propres ainsi que l'amortissement modal associé sont présentées dans le Tableau 4.

| N° Mode | Fréquence (Hz) | Amortissement (%) |
|---------|----------------|-------------------|
| 1 | $11,3$ | $3,7$ |
| 2 | $11,9$ | $4,5$ |
| 3 | $13,1$ | $2,3$ |
| 4 | $13,8$ | $4,8$ |
| 5 | $14,3$ | $3,5$ |
| 6 | $15,1$ | $3,1$ |
| 7 | $18,0$ | $3,6$ |
| 8 | $18,7$ | $3,0$ |

Tableau 4 : valeurs des fréquences et amortissement associés, déterminées par AME en phase 2.

Les déformées modales pour chaque mode sont présentées en Figure 8.

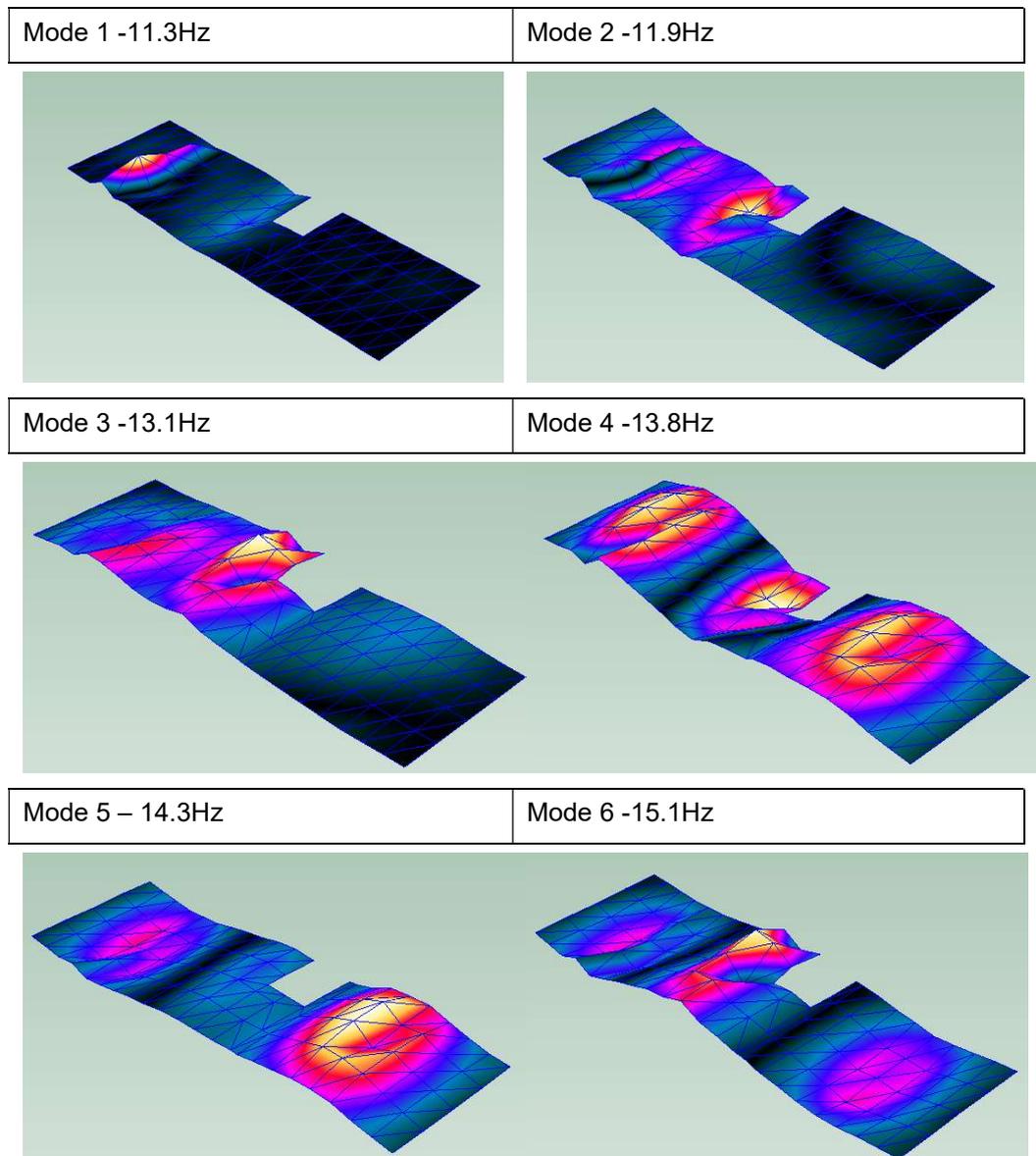


Figure 8 : déformée modale pour les 6 premiers modes propres de la phase 2.

En comparaison avec les valeurs obtenues en phase 1, on constate que les valeurs des fréquences propres sont légèrement supérieures en phase 2. Il semble donc que, dans ce cas, la présence des cloisons et du plafond a induit une augmentation de la rigidité de la structure globalement plus importante que l'augmentation de sa masse.

En revanche, les valeurs d'amortissement augmentent significativement du fait de la présence du plafond et des cloisons.

✓ Marche

L'essai de marche consiste à positionner des accéléromètres mesurant l'accélération verticale sur un plancher soumis à la marche. Deux personnes de gabarits différents marchent sur le plancher de façon habituelle, l'accélération que subit le plancher est relevée en différents points. Les marcheurs effectuent un aller-retour sur la totalité du plancher selon l'axe Y à mi-portée des entrants (cf. Figure 9). Quatre séries de mesures, correspondant à quatre séries de positionnement des neuf accéléromètres, ont été effectuées. En Figure 9, la localisation des capteurs est présentée en bleu pour la série de mesures 1.

Les données sont filtrées en post traitement par un passe-bas dont la fréquence de coupure est de 100Hz.

Le gabarit des marcheurs est récapitulé dans le tableau suivant :

| Marcheur | 1 | 2 |
|------------|----|----|
| Masse (Kg) | 75 | 85 |

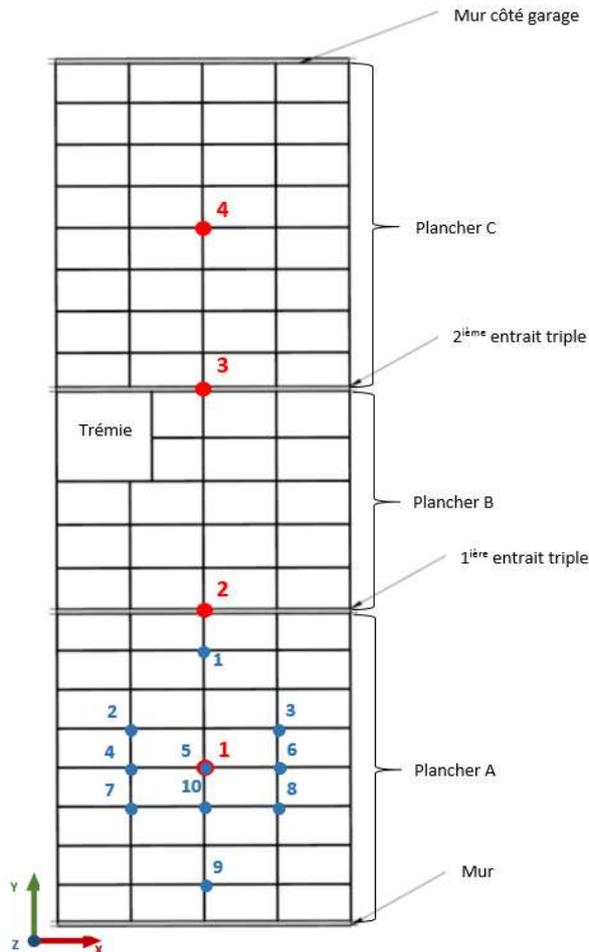


Figure 9 : localisations et numérotations des accéléromètres pour les 4 séries de mesures.

La Figure 10 présente pour les planchers A, B et C les valeurs expérimentales de l'accélération verticale générée par la marche des deux personnes. Ces valeurs maximales correspondent au milieu des solives centrales de chacun des planchers, soit :

- pour le plancher A : le point 5 de la mesure 1,

- pour le plancher B : le point 9 de la mesure 3,
- pour le plancher C : le point 5 de la mesure 4.

Le graphe est présenté en valeurs d'accélération RMS obtenues par filtrage numérique par bandes en tiers d'octave ce qui aboutit à déterminer les valeurs maximales d'accélération par fréquence. Cette présentation permettra, en paragraphe 2.1.4 de ce rapport, de mener des comparaisons avec les courbes d'accélération acceptables par l'humain dans des bâtiments de la norme ISO 10 137, également établies par bandes en tiers d'octave.

On constate que :

- les accélérations générées par le marcheur de 85 kg sont plus importantes que celles générées par le marcheur de 75 kg.
- le marcheur de 85 kg a généré des accélérations proches pour les trois planchers: à 12,5 Hz, la valeur d'accélération est de 0,0575 m/s², 0,0445 m/s² et 0,04m/s² à 12,5 Hz respectivement pour les planchers B, C et A.
- le marcheur de 75 kg a généré des accélérations plus importantes pour le plancher A (par rapport aux planchers B et C): la valeur maximale d'accélération est de 0,034 m/s² à 12,5 Hz pour ce plancher.

Il est à noter que les conditions de marche n'étaient pas identiques pour chaque mesure.

- La présence de la trémie ne génère pas d'effet mesurable sur l'accélération des planchers.
- Pour ces spectres en bandes de tiers d'octave, il existe des pics d'accélération à la fréquence d'environ 2Hz, du au rythme des marcheurs, et à 12,5Hz et 25 Hz qui correspondent aux harmoniques des fréquences du plancher.

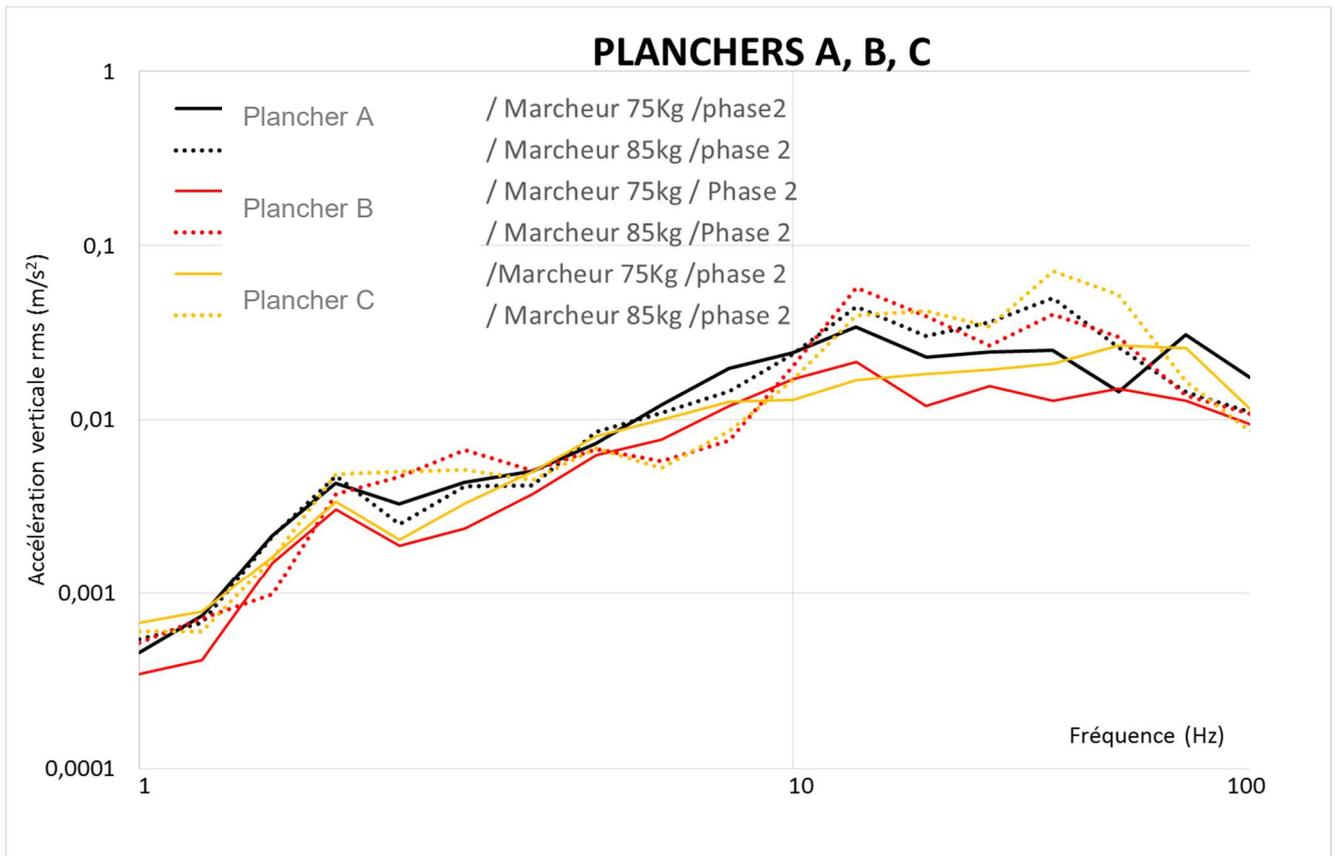


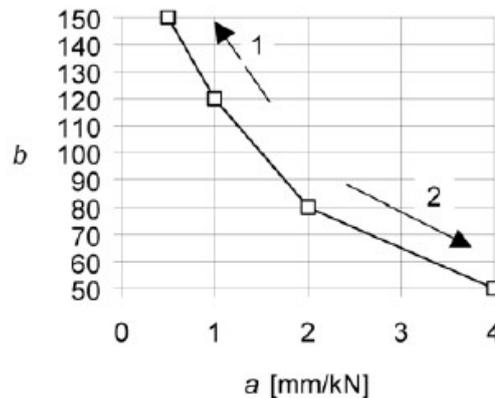
Figure 10 : valeurs maximales expérimentales des accélérations verticales obtenues pour les planchers A, B et C soumis à la marche de 2 personnes de poids différents.

2.1.3 Approche calculatoire selon l'Eurocode 5

✓ Exigences de l'Eurocode 5

En ce qui concerne les vibrations, l'Eurocode 5 indique, pour les planchers résidentiels dont la fréquence propre est supérieure à 8 Hz, les exigences suivantes à satisfaire :

- $w_{1kN} \leq a$ mm/kN où w_{1kN} est la flèche verticale maximale instantanée causée par un effort concentré vertical statique de 1 kN et où la valeur de a recommandée par l'annexe nationale française est comprise entre 1 et 1,6 pour un plancher de confort standard.
- $v_{1kN} \leq b(f_1 \zeta^{-1}) m/(Ns^2)$ où v est la réponse en vitesse vibratoire verticale à une impulsion unitaire, f_1 la fréquence propre du plancher, ζ le coefficient d'amortissement modal et b est donné sur la Figure 11.



- (1) meilleure performance
(2) performance plus faible

Figure 11 : valeurs et ratios recommandés pour a et b par l'Eurocode 5.

La valeur calculée de la vitesse impulsionnelle v , selon l'Eurocode 5, est donnée par :

$$v = \frac{4 \times (0.4 + 0.6 \times n_{40})}{m \times b \times l + 200}$$

où :

- m (kg/m²) est la masse du plancher,
- l (m) est la portée du plancher,
- b (m) la largeur du plancher,
- n_{40} est le nombre de modes propres à moins de 40 Hz calculé comme suit :

$$n_{40} = \left\{ \left[\left(\frac{40}{f_1} \right)^2 - 1 \right] \times \left(\frac{b}{l} \right)^4 \times \frac{(EI)_l}{(EI)_b} \right\}^{0.25}$$

Egalement, l'Eurocode 5 propose la formule suivante pour estimer la fréquence propre d'un plancher rectangulaire appuyé sur ses quatre bords :

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \times l^2} \sqrt{\frac{(EI)_l}{m}}$$

où :

- m (kg/m^2) est la masse par unité de surface,
- l (m) est la portée du plancher,
- $(EI)_l$ est la rigidité équivalente en flexion de plaque du plancher selon un axe perpendiculaire à la direction des solives.

✓ Application au plancher testé

Pour le cas du plancher sur entrants porteurs décrit en paragraphe 2.1.1, la détermination de la fréquence pour la vérification selon l'Eurocode 5 du confort vibratoire du plancher est présentée ci-après sur la base d'une longueur de 5 m estimée par le logiciel Accord (cf. Tableau 3) comme étant la longueur d'un entrant sur appuis permettant de retrouver la fréquence mesurée expérimentalement en phase 1.

- La fréquence propre d'un entrant de longueur 5 m du plancher B (d'entraxe 0,596 m) est obtenue par la formule suivante :

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \times l^2} \sqrt{\frac{(EI)_l}{m}} = \frac{\pi}{2 \times 5^2} \sqrt{\frac{0,834 \cdot 10^6}{90}} = 6,1 \text{ et } 7,3 \text{ Hz} \text{ respectivement pour l'entrant seul et en considérant le panneau.}$$

En considérant les masses suivantes :

- masse des entrants + panneaux de particules de 22 kg/m^2 ,
- masse du plafond de 17 kg/m^2 ,
- masse 6 kg/m^2 d'autres composants (revêtements, ...),
- part quasi-permanente des charges d'exploitation soit $45 \text{ kg/m}^2 = (30\% \times 150)$.

Il est à noter que les valeurs de fréquence pour cette masse, obtenues par le logiciel Accord (avec une charge répartie et le poids propre des éléments de structure) sont proches, à savoir :

- pour la ferme: 7,2 Hz
- et pour une poutre de 5 m posée sur appuis: 5,9 Hz.

Pour cette gamme de fréquences (inférieures à 8Hz), l'Eurocode 5 ne donne pas de méthode de vérification au confort du plancher. L'estimation de la flèche est toutefois présentée à des fins de comparaison entre l'approche expérimentale et le calcul avec le logiciel accord.

La valeur de la flèche pour une charge de 1 kN est estimée à 1,32 mm à partir des valeurs mesurées expérimentalement avec une charge de 300 kg (cf. Tableau 1).

Il est à noter que la valeur de la flèche calculée pour la ferme entière avec le logiciel Accord (avec un entraxe de 0,596 m) est de 1,4 mm donc semblable à la flèche mesurée.*

**on a supposé une charge ponctuelle de 0,5 kN en supposant l'effet de répartition des panneaux de particules.*

2.1.4 Critère de confort vibratoire basé sur l'accélération

L'analyse bibliographique sur le confort vibratoire tactile montre que certaines études (cf. normes ISO 10 137, annexe nationale autrichienne de l'Eurocode 5, travaux de T. Toratti) 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 terme de valeurs de fréquence et de type de planchers.

L'annexe autrichienne 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:

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

Classe II :

- plancher 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:

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

La norme ISO 10 137 propose des courbes en accélérations indiquant les amplitudes de vibrations acceptables pour des bâtiments sensibles (tels que les salles d'opération), les résidences, les bureaux... Ces niveaux d'accélérations correspondent à des amplitudes à partir desquelles des commentaires de gêne peuvent être enregistrés.

La Figure 12 présente une comparaison entre les courbes expérimentales d'accélération des planchers A, B et C sur entrants porteurs (décrit en Figure 10) et les seuils de confort issus de la bibliographie présentée ci-dessus. A ce stade de l'étude, la comparaison n'est présentée qu'à des fins d'explication d'une nouvelle méthodologie de qualification de confort car les courbes expérimentales ont été obtenues par un seul marcheur de 75 kg non représentatif d'un pas de marche normatif et que la détermination de l'accélération "critique" du plancher est à mener.

A titre illustratif, on constate que les valeurs expérimentales des accélérations des planchers A, B et C sur entrants porteurs soumis à la marche non normative d'une personne de 75 kg

remplissent l'exigence en accélération de la classe I autrichienne requise pour un plancher séparatif de logements ainsi que celle des planchers avec exigence basse de la norme ISO 10 137.

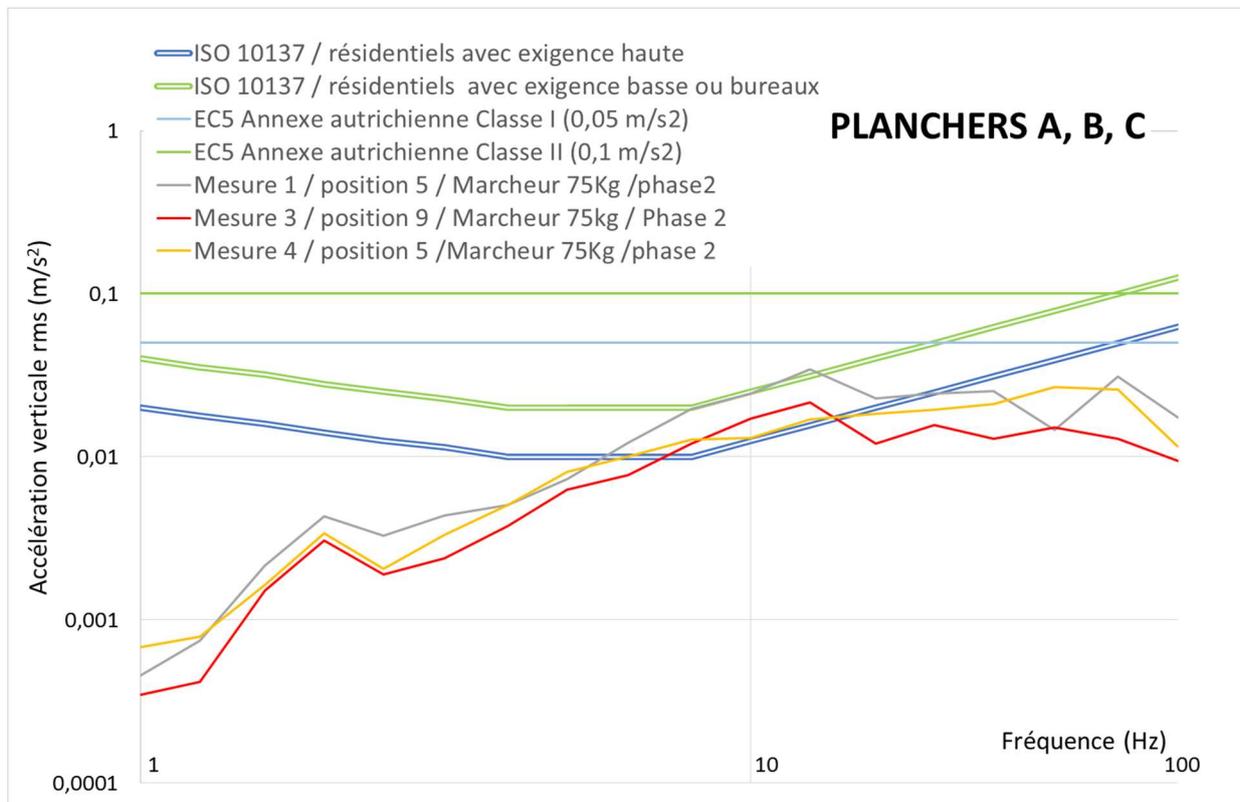


Figure 12 : valeurs expérimentales des accélérations verticales RMS obtenues pour les planchers A, B et C soumis à la marche d'une personne de 75kg et courbes en accélérations RMS issues de la bibliographie (Annexe autrichienne et ISO 10 137) pour différents niveaux de confort.

2.1.5 Synthèse

Le travail expérimental mené sur ce plancher a permis de constater que les mesures mises en œuvre (telles que les mesures de réponse à l'impact ou à la marche avec accéléromètres, les mesures de flèches statiques) ont bien permis de fournir des données de la structure sur plancher telles que :

- l'amortissement qui s'avère fortement supérieur à la valeur de 1% proposée par l'Eurocode 5 (cf. paragraphe 7.3.1 de l'EC5),
- la première fréquence propre; à partir d'une analyse modale comparative d'une poutre sur appuis simples et d'une ferme modélisée avec le logiciel Accord, la longueur d'une poutre sur appuis équivalente à celle de l'entrait a été évaluée à environ 1,2 fois la longueur entre potelets de l'entrait,
- les accélérations verticales du plancher soumis à la marche.

Ces valeurs expérimentales pourront, ultérieurement, être utilisées pour la validation d'un modèle numérique à établir dans un programme de recherche plus global.

Pour ce plancher, la fréquence calculée dans le cadre d'une vérification au confort selon l'Eurocode 5 est inférieure à 8 Hz. Il n'existe donc pas de règles simplifiées de vérification dans l'EC5.

Sur la base des valeurs expérimentales d'accélération du plancher, **une illustration** pour le classement du confort vibratoire a été proposée sur la base de la norme ISO 10137 et des valeurs de l'annexe autrichienne de l'Eurocode 5 (cf. 2.1.4) : les valeurs expérimentales des accélérations des planchers soumis à la marche non normative d'une personne de 75 kg remplissent l'exigence en accélération de la classe I autrichienne requise pour un plancher au sein d'un même logement ainsi que celle des planchers avec exigence basse de la norme ISO 10 137. Cette approche serait à mener d'une part, avec un pas de marche normalisé comme proposé dans la norme ISO 10 137 et d'autre part, avec l'accélération "critique" du plancher. Ceci pourrait être mené via le développement d'un modèle numérique du comportement mécanique dynamique temporel du plancher.

2.2 Comportement acoustique d'un plancher en œuvre

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats de mesures acoustiques in situ sur le chantier de maisons individuelles de Barentin (76).

En paragraphe 2.2.1, nous présentons la campagne d'essais acoustiques in-situ concernant le comportement du plancher au bruit de choc (L'_n). Ainsi, nous avons produit une mesure du comportement au bruit d'impact du plancher sur entrain, en basse, moyenne et haute fréquences.

Dans une phase de conception, la détermination de la variable (L'_n) peut se faire par calcul si l'on connaît la performance du plancher en laboratoire et ses facteurs de réduction vibratoire $D_{v,ij,n}$ dus aux jonctions entre le plancher et les murs.

En paragraphe 2.2.2, nous présentons donc des mesures vibro-acoustiques qui ont pour but la détermination des facteurs de réduction vibratoire $D_{v,ij,n}$ nécessaires au calcul des transmissions latérales selon la méthode normalisée EN12354. Cette démarche s'inscrit dans la création d'une base de connaissance nécessaire à développer dans de futurs projets. Aussi, dans la suite du travail entrepris, il sera nécessaire de créer un outil simple pour calculer les transmissions latérales pour des constructions bois. Enfin, il faudra intégrer, outil et base de données de jonctions bois dans le logiciel Acoubat développé par le CSTB.

Pour plus de clarté, nous détaillons l'acoustique des constructions bois ainsi que la réglementation acoustique en **Annexe 1**.

2.2.1 Résultats expérimentaux relatifs au bruit de choc

Les mesures acoustiques présentées dans ce paragraphe ont pour but la détermination de l'isolement acoustique au bruit de chocs $L'_{nT,w}$ et du coefficient correctif $C_{1,50-2500}$ pour les basses fréquences (entre 50 et 2500 Hz) entre deux pièces superposées et séparées par un plancher à entrains porteurs d'un projet de construction. Ces deux indices sont déterminés simultanément à partir de la mesure acoustique par tiers d'octave.

✓ **Testes et norme de référence**

- **NF EN ISO 16283-2 Février 2016** Acoustique - Mesurage in situ de l'isolation acoustique des bâtiments et des éléments de construction - Partie 2 : isolation des bruits d'impacts.
- **NF EN ISO 717-2 Mai 2013** Acoustique - Évaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction - Partie 2 : protection contre le bruit de choc.

✓ **Méthodologie**

La méthodologie utilisée est celle indiquée dans la norme NF EN ISO 16283-2 (méthode d'expertise).

Pour le mode opératoire par défaut, six positions de machine à chocs ont été utilisées dans la pièce d'émission (R+1) et six positions de microphones dans la salle de réception (Rdc) pour les mesures des niveaux de réception et de bruit de fond.

Les durées de réverbération de la salle de réception ont été évaluées par la méthode de la réponse impulsionnelle intégrée avec six positions de microphones et deux positions de sources.

L'indice global a été calculé selon les conditions de calcul des normes NF EN ISO 16283-2, à savoir :

- durée de réverbération de référence $T_0 = 0,5$ s,
- pas de plafonnement mini ou maxi des durées de réverbération,
- application d'une correction du niveau de réception en fonction du niveau de bruit de fond.

Pour le mode opératoire pour les basses fréquences, six positions de machine à chocs ont été utilisés dans la salle d'émission et quatre positions de microphones situées dans les angles de la pièce (2 coins hauts et 2 coins bas) ont été utilisées pour les mesures des niveaux de réception et de bruit de fond.

Dans cette campagne de mesure, il n'a pas été possible de mesurer l'isolement R pour des raisons de transmission de bruits parasites, les chemins de passages parasites, par les portes intérieures et par la trémie ayant invalidé la mesure.

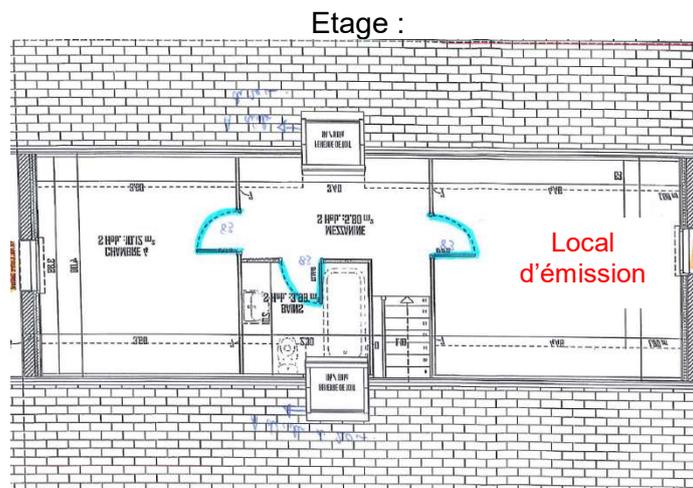
✓ **Matériel de mesure**

Les mesures acoustiques ont été réalisées au moyen du matériel suivant :

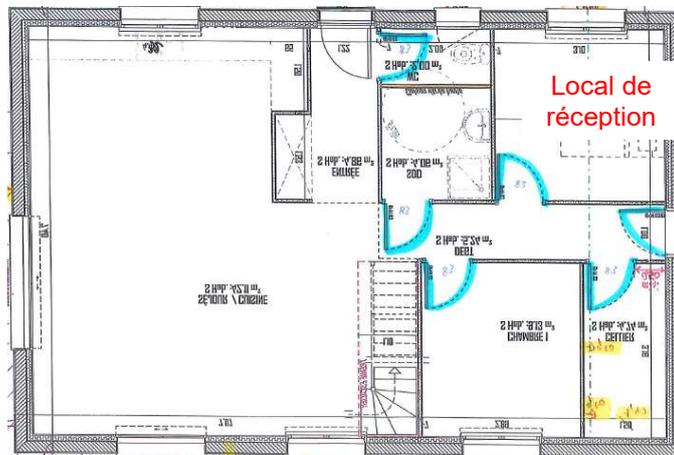
- Sonomètres intégrateurs de classe 1 NORSONIC type Nor140 (1 voie) et Nor150 (2 voies) équipés de préamplificateurs NORSONIC type Nor1209 et de microphones Nor1225 ;
- Calibreur acoustique classe 1 Nor1251 ;
- Machine à chocs Nor277 ;
- Source impulsionnelle de bruit ;
- PC portable ;
- Logiciel d'acquisition et de traitement des données NORSONIC Nor850.

✓ **Localisation des mesures**

Les mesures ont été réalisées le 20/06/17 entre les deux locaux superposés ci-dessous (en quinconces et non meublés) :



Rez de chaussée :



Le plancher séparatif est constitué de la structure à entrants porteurs sur laquelle sont vissés des panneaux CTBH. On note l'absence de revêtement de sol.

Sous ce plancher est suspendu un faux-plafond en plaques de plâtres avec à l'intérieur du plénum un matelas de laine minérale. L'ensemble du plancher fait 520 mm de hauteur.

Dans le local de réception, la façade et le séparatif avec le garage sont doublés intérieurement et le reste des cloisonnements intérieurs de la pièce sont réalisés en cloison plaques de plâtre.

✓ **Résultats sur les isolements au bruit de choc entre locaux**

Le résultat des mesures acoustiques de niveaux de bruit de chocs est le suivant :

| | $L'_{nT,w}$ | $C_{1,50-2500}$ |
|-----------------------------|-------------|-----------------|
| Chambre 3 / Chambre 2 | 59,1 dB | +6 dB |

La fiche de résultats est présentée en Figure 13.

✓ **Commentaires**

En France, aucune exigence réglementaire de niveau de bruit de chocs n'est applicable entre deux pièces situées à l'intérieur d'un même logement. Tel est le cas pour toute l'Europe, mis à part la Belgique.

Toutefois, à titre de comparaison, l'objectif réglementaire visé entre deux logements séparés est $L'_{nT,w} \leq 58$ dB (et 55 dB dans le cadre d'une certification Qualitel). A cette valeur limite s'applique en général une tolérance de 3 dB pour tenir compte des incertitudes de mesures.

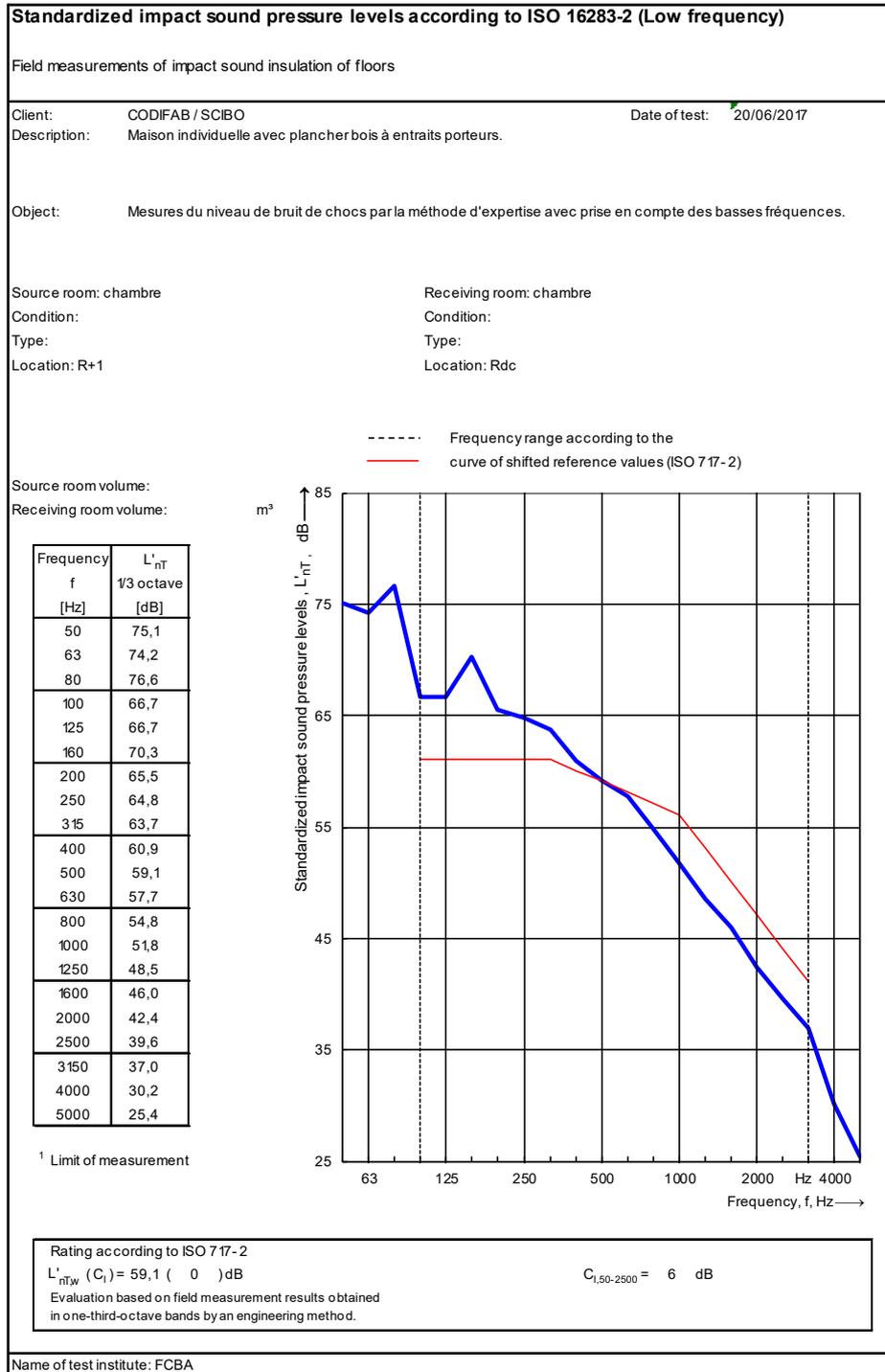
Dans le cas présent, la valeur obtenue $L'_{nT,w}$ de 59,1 dB serait conforme avec l'application de la tolérance de mesure.

Concernant le terme d'adaptation (pour tenir compte des basses fréquences) $C_{1,50-2500}$, celui-ci est introduit pour tenir compte des pics de niveaux à des fréquences isolées (basses), par exemple dans le cas des planchers à solives en bois, ou de planchers nus en béton.

Ce terme est défini de sorte que sa valeur soit environ zéro pour des planchers massifs avec revêtements efficaces, tandis qu'elle sera légèrement positive pour les planchers à solives en bois à dominante de pics en basses fréquences, ce qui est vérifié ici avec une valeur de + 6 dB.

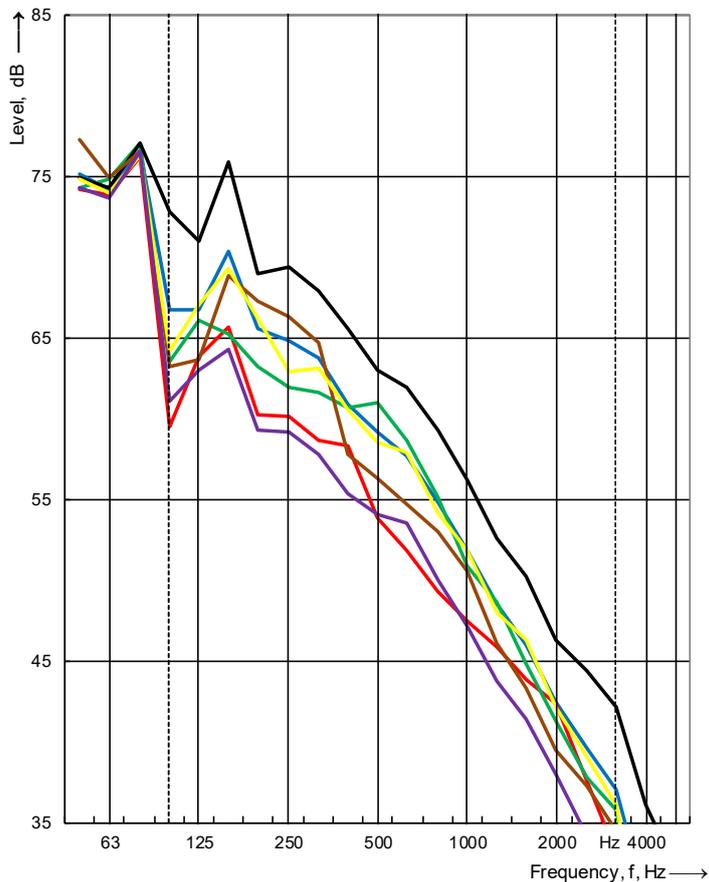
Pour les planchers en béton sans revêtement ou avec un revêtement moins efficace, elle sera comprise entre -15 et 0 dB.

Si ces effets doivent être pris en compte dans des exigences, ceux-ci peuvent être écrits comme la somme de $L'_{nT,w}$ et $C_{150-2500}$. Dans le cas testé, cela serait défavorable au résultat car augmentant le résultat de + 6 dB.



Multi Rating

Description: Niveaux de bruit de chocs moyen et par position de machine à chocs



1 (ISO 16283-2 Corner)

| | | | | |
|----|------------|---|------|----|
| #1 | L'nT,w | = | 59,1 | dB |
| #2 | #A: L'nT,w | = | 54,5 | dB |
| #3 | #B: L'nT,w | = | 57,6 | dB |
| #4 | #C: L'nT,w | = | 63,8 | dB |
| #5 | #D: L'nT,w | = | 58,3 | dB |
| #6 | #E: L'nT,w | = | 58,4 | dB |
| #7 | #F: L'nT,w | = | 53,8 | dB |

Figure 13 : fiches de résultats.

2.2.2 Résultats expérimentaux sur les coefficients de transmission latérale

✓ Prise en compte des liaisons structurales dans la transmission acoustique

L'indice d'affaiblissement mesuré en laboratoire caractérise la partie courante d'une paroi vis-à-vis de la performance acoustique. In-situ, l'isolement de la même paroi est diminué d'environ 3 à 8 dB. Cette diminution est en grande partie due à la mise en structure du séparateur. L'ensemble des parois soumises au bruit vibrent dans le local émission, les vibrations sont alors véhiculées dans les parois, puis dans les assemblages, pour être réémises dans le local réception par les parois séparatives et latérales.

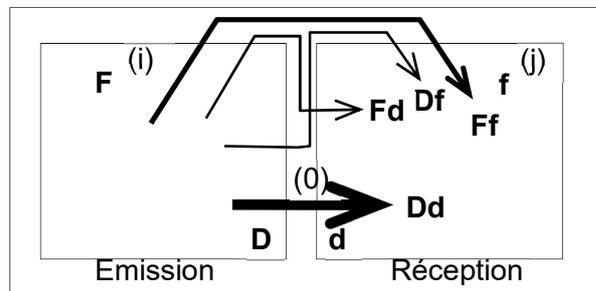


Figure 14 : Illustration des transmissions Directes et Indirectes, nomenclature Conventionnelle

L'influence des transmissions latérales est d'autant plus importante que l'isolation aux bruits aériens et solidiens des éléments de parois est élevée. Pour des indices d'affaiblissement très élevés, l'influence des transmissions indirectes est si forte qu'elles deviennent déterminantes pour la protection contre le bruit entre deux locaux voisins. Le niveau limite dont il est question dépend essentiellement du mode de construction ; il s'établit aux environs de 55 dB pour la construction traditionnelle, et proche de 60 dB pour la construction à ossature bois. Pour obtenir, dans des cas particuliers, des indices d'affaiblissement supérieurs, il faut se protéger de toutes les transmissions indirectes par des joints de séparation ou des doublages de protection.

Le calcul acoustique prédictif d'une construction doit tenir compte de ce phénomène de transmission latérale qui participe pour moitié à l'isolement. De plus, pour lutter efficacement et pour proposer des solutions constructives, le concepteur doit maîtriser la compréhension des phénomènes de transmission vibratoire aux liaisons.

✓ Calcul des Transmissions Latérales, Méthode dite de Gerretsen EN12354-1

Parois Homogènes et liaisons parfaites

En 1986, E. Gerretsen propose un modèle pour prédire les transmissions latérales pour des parois en béton banché (homogènes et parfaitement assemblées). Pour ce modèle il utilise la SEA, Statistical Energy Analysis. Le modèle utilise une décomposition en 5 sous-systèmes, liaison en T de 3 murs, pouvant être résolu à la main.

$$R_{ij} = \frac{R_i}{2} + \frac{R_j}{2} + \frac{D_{ij} + D_{ji}}{2} + 10 \log \frac{S_0}{\sqrt{S_i S_j}} \quad \text{éq. 1}$$

Où R_{ij} est l'indice d'affaiblissement acoustique selon le chemin de passage de i vers j,

R_i et R_j sont respectivement l'indice d'affaiblissement acoustique des parois i et j ,
 D_{ij} et D_{ji} sont les facteurs de réduction vibratoire des chemins de i vers j et de j vers i ,
 S_0 est la surface de référence (10 m^2),
 Et S_i et S_j , surfaces des parois i et j .

Dans le cas de transmission de vibrations via des parois doubles et doublages, la situation change

- les courbes d'affaiblissement acoustique en fonction de la fréquence diffèrent fortement de celles des parois lourdes homogènes,
- les niveaux de vibrations dépendent de la fréquence.

En 2000, la norme EN12354 est publiée, elle contient un modèle de calcul d'estimation du bruit aérien entre pièces dans les bâtiments. Le modèle utilise des valeurs mesurées caractérisant les transmissions directes et indirectes des éléments mis en jeu.

Les caractéristiques pour nourrir le modèle sont :

- R , l'indice d'affaiblissement acoustique des différentes parois,
- ΔR , l'amélioration de l'affaiblissement acoustique apporté par un élément de doublage,
- T_s , le temps de réverbération structural mesuré en laboratoire,
- l_{ij} , la longueur de liaison entre i et j ,
- K_{ij} , l'indice de réduction de Vibration entre i et j pour chaque chemin,

La norme EN12354 donne des expressions de K_{ij} en fonction du type de structure, pour une liaison de parois légères en parois doubles fortement amorties la norme propose les formules de K_{ij} suivantes :

$$D_{v,ij,n} = K_{ij}'' = \frac{D_{ij} + D_{ji}}{2} + 10 \log \frac{l_{ij} l_0}{\sqrt{S_i S_j}} \quad \text{éq. 2}$$

et

$$R_{ij} = \frac{R_i}{2} + \frac{R_j}{2} + K_{ij}'' + 10 \log \frac{S_0}{l_{ij} l_0} \quad \text{éq. 3}$$

✓ Mesures nécessaires : les $D_{v,ij}$

Les niveaux de différences de vibration sont mesurés in-situ sur les jonctions. La méthode de mesure est dérivée de la norme EN10848. L'excitation mécanique est uniformément distribuée en utilisant plusieurs positions de machine à choc, au sol, et plusieurs positions de choc au marteau sur les murs. Les niveaux de vibrations sont mesurés avec 12 positions d'accéléromètres.



Calcul de l'isolement

Avec l'équation 1, on calcule l'indice d'affaiblissement R_{ij} de chaque chemin, puis on calcule l'affaiblissement acoustique global par :

$$R' = -10 \log \left[10^{-\frac{R}{10}} + \sum_{ij} 10^{-\frac{R_{ij}}{10}} \right] \quad \text{éq. 4}$$

A partir de R' on calcule l'isolement acoustique normalisé :

$$D_{nT} = R' - 10 \log \frac{V}{6T_0 S_s} \quad \text{éq. 5}$$

Force de la méthode :

- calcul simplifié,
- codage possible dans Acoubat, lié à une base de données.

Faiblesse de la méthode :

- hypothèses difficiles à respecter,
- domaine d'applicabilité restreint,
- mesures systématiques à réaliser par typologie de jonction, $D_{v,ij}$
- impossible de modifier les composants et géométries des jonctions ou parois.

✓ *Testes et norme de référence*

- **NF EN ISO 12354-1** Acoustique du bâtiment - Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments – Partie 1: Isolement acoustique aux bruits aériens entre des locaux
- **NF EN ISO 12354-2** Acoustique du bâtiment - Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments – Partie 2 : isolement acoustique au bruit de choc entre des locaux
- **NF EN ISO 10848-1 Novembre 2006** Acoustique - Mesurage en laboratoire des transmissions latérales du bruit aérien et des bruits de choc entre des pièces adjacentes - Partie 1 : document cadre
- **NF EN ISO 10848-2 Novembre 2006** Acoustique - Mesurage en laboratoire des transmissions latérales du bruit aérien et des bruits de choc entre pièces adjacentes - Partie 2 : application aux éléments légers lorsque la jonction a une faible influence

✓ *Méthodologie appliquée sur le chantier de Barentin*

Les mesures ont été réalisées entre deux pièces superposées et séparées par un plancher à entrants porteurs (cf. Figure 15).

La méthodologie de mesure utilisée est basée sur la norme EN 12 354 mais présente des spécificités développées par FCBA dans le cadre de projets de recherche :

- nous commençons par définir la zone structurale sur laquelle nous pouvons mesurer,
- nous identifions les jonctions entre les éléments de surface (plaques de plâtre des doublages ou des plafonds, panneaux de sol etc.
- nous sollicitons au marteau à choc, les parties de la structure tour à tour en balayant l'ensemble de la surface de façon statistique,
- l'ensemble des niveaux vibratoires des surfaces est enregistré à l'aide d'un outil d'acquisition ad-hoc développé spécifiquement,

- les mesures sont réduites au tiers d'octave et les niveaux vibratoires quadratiques moyens sont calculés,
- enfin, les niveaux de réductions vibratoires $D_{v,ij,n} (=K_{ij})$ sont déterminés

Pour le mode opératoire par défaut, 20 positions de chocs ont été utilisées pour chaque parie de la structure étudiée.

Cette méthodologie est plus rapide tout en permettant de stocker toutes les données intermédiaires.

✓ Localisation des mesures

Les mesures ont été réalisées le 20/06/17 entre les deux locaux superposés ci-dessous (en quinconces et non meublés) formant une jonction :

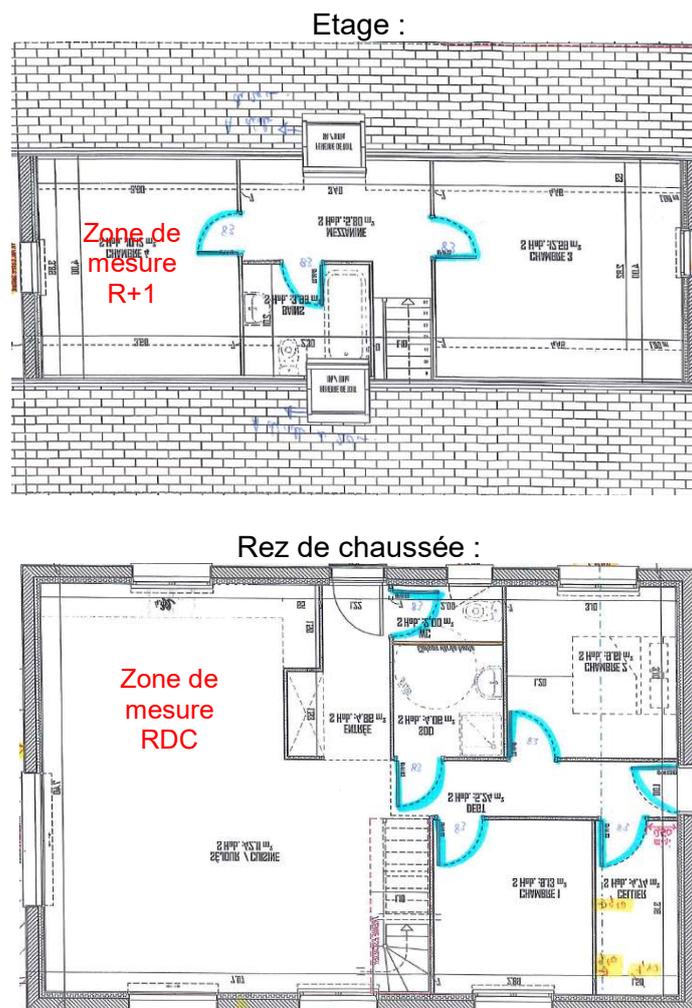


Figure 15 : description des locaux où les mesures ont eu lieu.

Le plancher séparatif est constitué de la structure à entrants porteurs sur laquelle sont vissés des panneaux CTBH. La mesure a été réalisée en l'absence de revêtement de sol.

Sous ce plancher est suspendu un faux-plafond en plaques de plâtres avec à l'intérieur du plénum un matelas de laine minérale. L'ensemble du plancher fait 520 mm de hauteur.

Dans le local de réception, la façade et le séparatif avec le garage sont doublés par l'intérieur et le reste des cloisonnements intérieurs de la pièce sont réalisés en cloison plaques de plâtre sur ossature métallique standard.

✓ **Décomposition de la structure en sous-systèmes**

- Sous-système 1 le doublage RDC
- Sous-système 2 le plafond BA13
- Sous-système 3 le sol en CTBH 25
- Sous-système 4 le doublage R+1

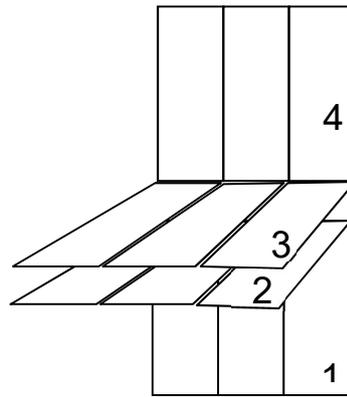


Figure 16 : acquisition des données acoustiques

✓ **Calculs intermédiaires**

Réduction des données par la méthode de la SEA inverse : pour chaque choc, la puissance injectée est calculée, les niveaux d'énergie sont déduits des niveaux vibratoires mesurés. En écrivant l'équilibre des flux pour chaque sous-système, nous pouvons déduire les couplages et les amortissements. Enfin, nous calculons les niveaux vibratoires en sollicitant tour à tour chaque sous-système. Ainsi, nous en déduisons les facteurs de réduction vibratoire $D_{v,ij,n}$.

✓ **Résultats sur les facteurs de réduction vibratoire pour les trois chemins de passages latéraux**

Le plancher à entrants porteurs est testé au niveau des pinons de la maison. A cet endroit, la charpente n'est pas en contact avec le mur. En termes acoustiques, on dit que le plancher est découplé de la structure porteuse. Cela dit, la mesure est nécessaire pour identifier le niveau de découplage.

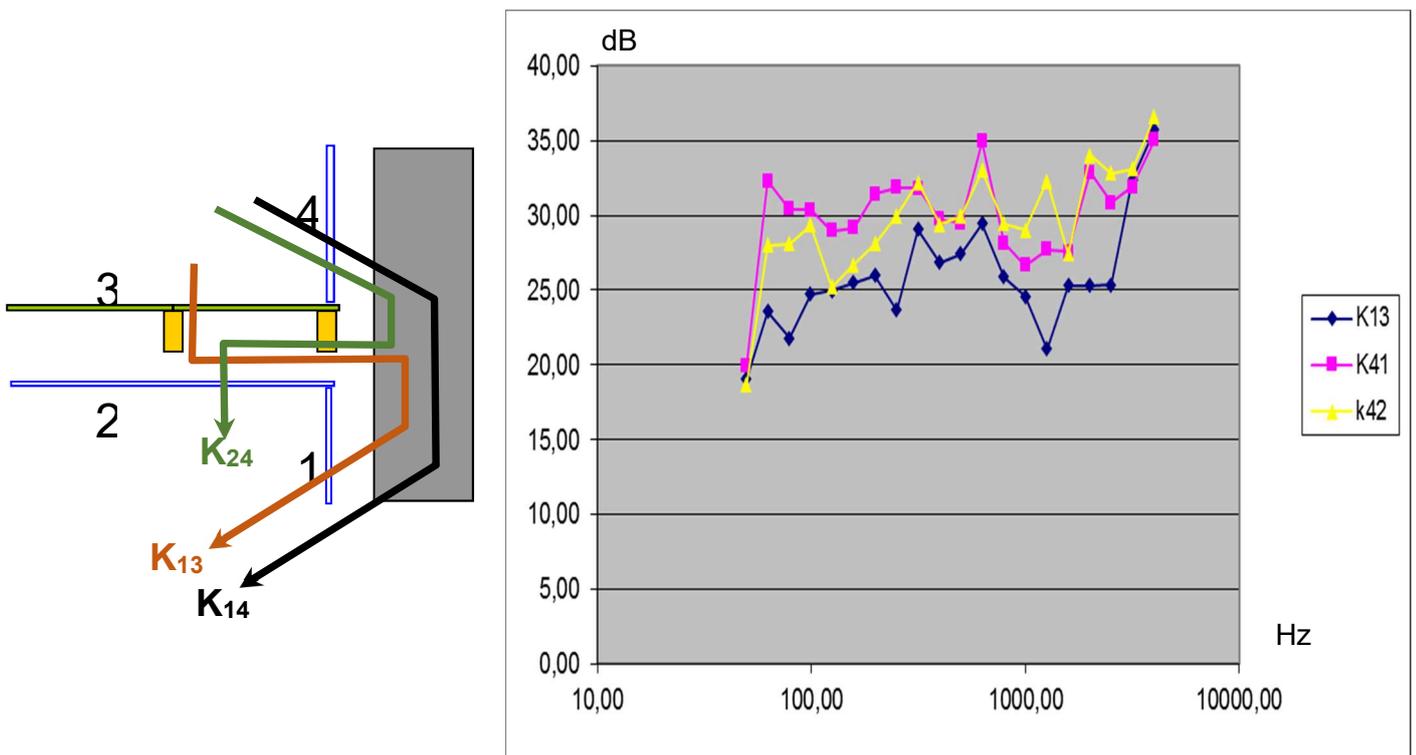


Figure 17 : courbes expérimentales des $K_{ij} = D_{v,ij,n}$, facteur de réduction vibratoire pour les trois chemins de passages latéraux.

✓ **Commentaires**

Les facteurs de réduction vibratoire K_{ij} pour les trois chemins de passages latéraux sont assez élevés. Si on reporte ces valeurs dans les équations 8, 9 puis 10 qui permettent de calculer l'isolement aérien D_n (éq 11), l'influence des transmissions latérales sera négligeable.

La structure étudiée n'est pas représentative d'une construction à ossature bois, ici la structure porteuse est en parpaings doublés en plâtre sur ossature métallique indépendante. La charpente est posée sur une sablière en appuis sur les murs de façade et libre sur les murs pinions. Il est donc normal que les transmissions latérales soient très faibles.

Avec les valeurs par tiers d'octave des K_{ij} , pour chacun des 11 chemins de passage vibratoire et la mesure en laboratoire (non prévue dans cette étude) R et L_n , il serait possible de déterminer les courbes de l'indice d'affaiblissement acoustique aérien D_n et de l'indice d'isolement acoustique à l'impact in situ L'_n par les équations 8, 9 et 10. De ces valeurs, il est possible de déterminer l'isolement acoustique au bruit de chocs $L'_{nT,w}$ et du coefficient correctif $C_{1,50-2500}$ pour les basses fréquences (entre 50 et 2500 Hz).

Cette méthode de calcul basée sur la connaissance des K_{ij} et des performances acoustiques du plancher, proposée par la norme EN 12354 permet, en phase de conception, de calculer le comportement acoustique aérien et à l'impact d'un plancher tenant compte de ses liaisons mécaniques (transmissions latérales).

Cette mesure est, à notre connaissance, la première sur une structure mixte Bois / Maçonnerie. Elle vient renforcer nos connaissances et notre besoin en caractéristiques des jonctions pour fournir des paramètres d'entrée des modèles acoustiques.

3. Cas d'un plancher traditionnel

3.1 Description du plancher

Les mesures ont été réalisées sur une maison à ossature bois à deux niveaux (cf. Figure 18). Elle comporte trois planchers :

- Un plancher principal à l'étage « couvert ».
- Deux toits terrasses situés de part et d'autre du plancher principal.

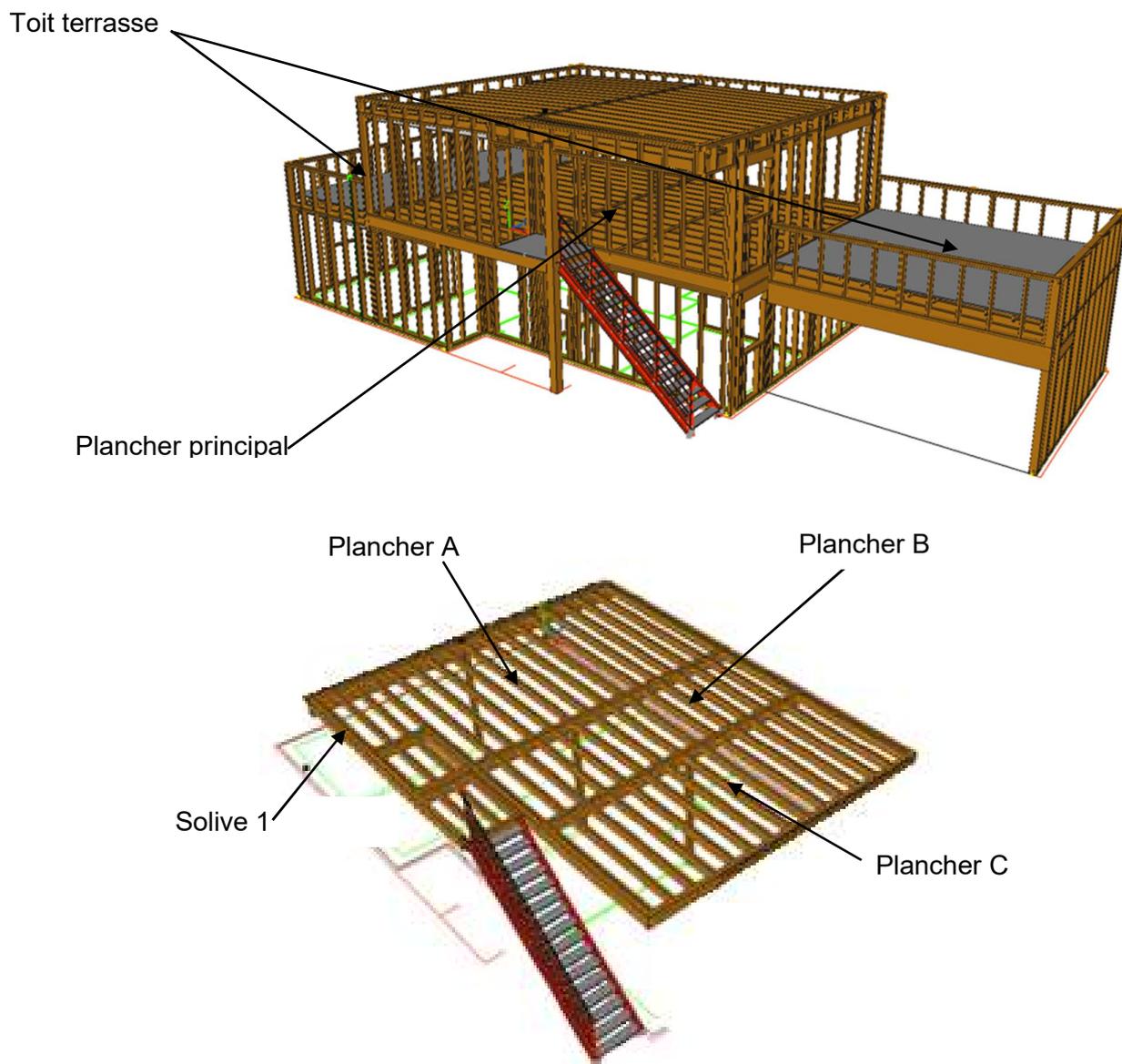


Figure 18 : description de la maison à ossature bois et du plancher intérieur étudié, composé des planchers A, B et C.

Seul le plancher principal est étudié. C'est un plancher traditionnel composé de panneaux d'OSB, de solives et de poutres porteuses en lamellé-collé. On peut scinder le plancher principal selon

la portée des solives en trois parties distinctes que l'on nommera : Plancher A, Plancher B et Plancher C.

Afin de faciliter les mesures, un maillage du plancher (cf. Figure 19) a été réalisé à l'aide de ruban adhésif et suit, verticalement, le positionnement des solives en ne considérant qu'une solive sur deux (sauf les deux premières à gauche sur le schéma). La numérotation des solives est croissante selon l'axe des X. Selon l'axe des Y, le plancher B a été discrétisé en 3 zones alors que les planchers A et C ont été discrétisés en 4 zones.

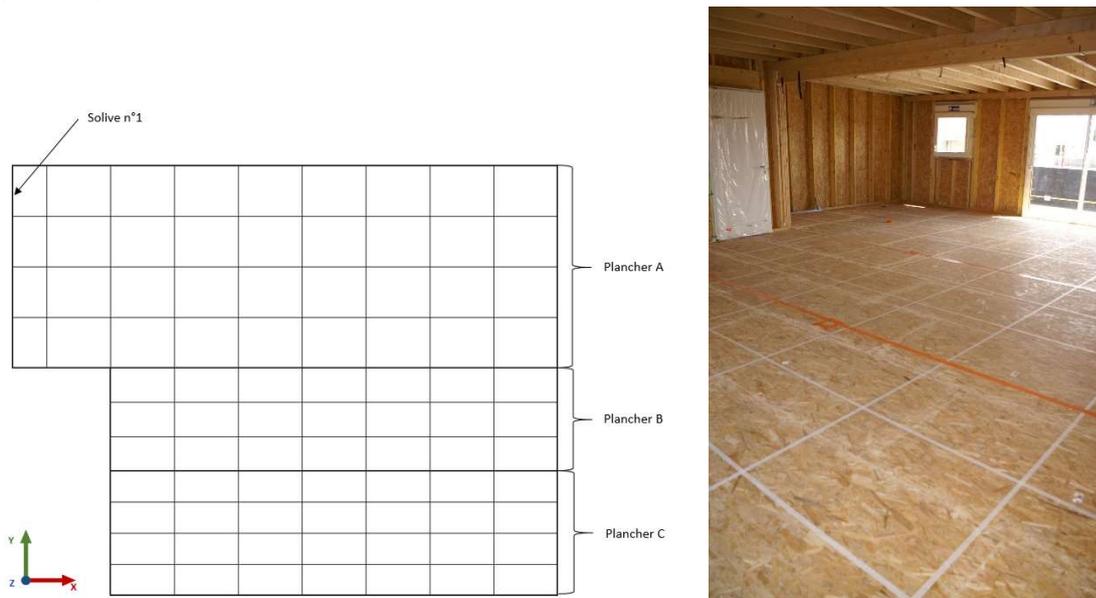


Figure 19 : Schéma (à gauche) et photo (à droite) du maillage des planchers intérieurs A, B et C. Les solives sont représentées par les traits verticaux sur le schéma.

L'ensemble du plancher évalué, composé des planchers A, B et C, est constitué de solives, de poutres porteuses en lamellé-collé, de sabots de fixation et de panneaux OSB (cf. Figure 20).

Les solives sont classées C24 et ont une section de $80 \times 220 \text{ mm}^2$. Leur longueur est de 4 445mm pour le plancher A, de 2 415mm pour le plancher B et de 3 135mm pour le plancher C.



Figure 20 : photo du solivage des planchers étudiés.

Les poutres porteuses en BLC, classées GL24H, ont des sections différentes selon leurs emplacements. La première supportant le plancher A et la toiture terrasse a pour dimensions : 120 x 440 x 8 630 mm³. La seconde, soutenant les solives des planchers A et B, a pour dimensions : 120 x 320 x 8 510 mm³. La poutre BLC entre les planchers B et C a pour dimensions : 120 x 320 x 7 300 mm³. La quatrième poutre BLC, à l'extrémité du plancher C et du second toit terrasse, a pour dimensions : 120 x 280 x 7300mm³.

Les poutres BLC perpendiculaires aux éléments précédents sont de section 120 x 280mm et de longueurs propres aux largeurs de chacun des planchers A, B et C.

Les panneaux OSB recouvrant la totalité du plancher sont d'une épaisseur de 18 mm et de dimensions de 910 x 2 060 mm². Les panneaux sont fixés par des vis Panelvit PF tx INOX A2 5x50mm fil. 30mm. Un joint silicone bâtiment DeltaPro a été posé entre les solives et les panneaux d'épaisseur 18mm.

3.2 Confort mécanique vibratoire

3.2.1 Résultats expérimentaux

✓ **Mesure de raideur statique**

Une mesure de flèche sous charge ponctuelle a été réalisée sur différentes solives afin d'en extraire la raideur statique. Pour chaque mesure, la charge de 300kg fut appliquée à l'aide de sacs de plomb, la surface d'application était de 50 cm².

Le Tableau 5 récapitule les différentes mesures effectuées.

| N° mesure | Charge | Localisation mesure |
|-----------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1 | Solive 11 (point 3) mi-portée | Solive 11 (point 3) mi-portée |
| 2 | Solive 11 (point 3) mi-portée | Solive 9 (point 1) mi-portée |
| 3 | Solive 11 (point 3) - mi portée | Solive 10 (point 2) - mi portée |
| 4 | Solive 14 (point 4) - mi portée | Solive 14 (point 4) - mi portée |

Tableau 5 : emplacements pour les mesures de flèches statiques.

Le schéma présenté en Figure 21 montre, en rouge, les zones d'application de la charge et, en bleu, les localisations des mesures :

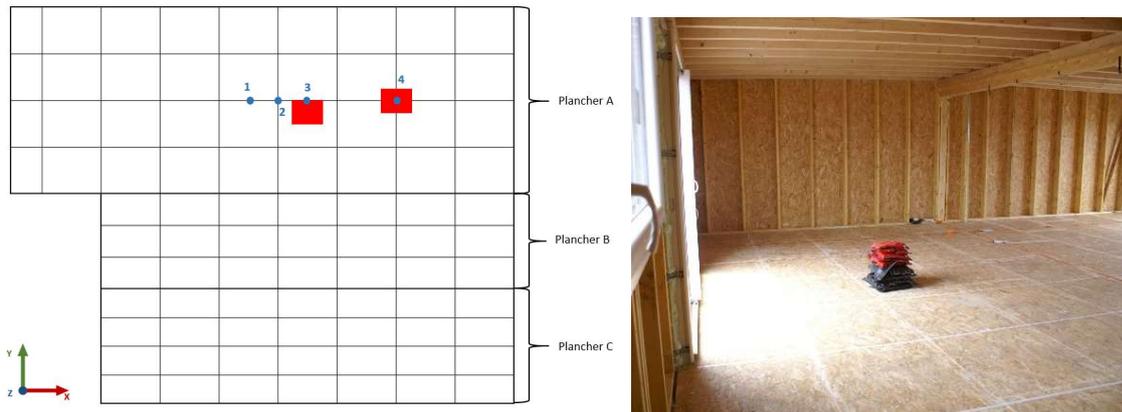


Figure 21 : schéma de localisation (à gauche) des zones d'application de la charge et photo du mode d'application de la charge (à droite).

Afin de mesurer les flèches statiques, une pige est fixée à mi portée de chaque entrain concerné. Un comparateur est fixé à l'autre extrémité de la pige en contact avec le sol. Tous les comparateurs sont mis à zéro, la charge est appliquée, on relève la flèche, on enlève la charge et l'on note la flèche résiduelle (cf. Figure 22).



Figure 22 : comparateur en bout de pige fixée à l'aplomb des entrains pour la mesure de la flèche.

Le Tableau 6 synthétise les résultats obtenus pour les deux emplacements de la charge de 300 kg. On constate que les mesures N° 1 et 4, correspondantes à la mesure de flèche à mi-portée de solives directement chargées sont sensiblement différentes (coefficient de variation de 30%) : 3,53 et 2,31 mm respectivement pour les solives 11 et 14. Cela s'explique par la variabilité des propriétés intrinsèques des solives mais également par le jeu qui peut être différent entre les appuis de chacune des solives et le reste de la structure.

| N° mesure | Epaisseur 18 mm | |
|----------------------------|------------------|------------------------|
| | Flèche (mm) | Flèche résiduelle (mm) |
| 1 | 3,53 | 0,5 |
| 2 | 0,33 | 0 |
| 3 | 0,82 | 0,25 |
| 4 | 2,31 | 0,3 |
| Moyenne des mesures 1 et 4 | 2,93 (CV=30%) | |

Tableau 6 : valeurs des flèches statiques mesurées pour une charge de 300 kg.

Il est à noter que la valeur de calcul de la flèche w_{1kN} d'une solive représentative du plancher testé (C24, section de 80x220 mm² et une longueur de 4 445mm) posée sur appuis et soumise à une charge ponctuelle de 300 kg en son milieu, obtenue par une approche RdM, surestime fortement la valeur obtenue de façon expérimentale :

$$w_{1kN} = \frac{F \times l^3}{48 \times (EI)_l \times entraxe} = 6,9 \text{ mm et } 5,7 \text{ mm respectivement pour la solive seule et en prenant en compte la rigidité du panneau.}$$

Ceci s'explique par la non prise en compte de la participation des solives adjacentes sollicitées par la rigidité du panneau dans le sens perpendiculaire aux solives. Cette participation peut atteindre jusqu'à 50% selon le type et l'épaisseur des panneaux.

✓ Analyse modale expérimentale

Les analyses modales expérimentales (AME) permettent la détermination des fréquences propres, amortissements et déformées modales associées.

Le plancher principal est maillé et des accéléromètres sont positionnés à chaque nœud du modèle. A l'aide d'un marteau d'impact, la structure est sollicitée en différents points pour la mettre en vibration. La valeur de la force injectée ainsi que les accélérations aux différents nœuds de la structure sont enregistrés. Comme pour le chantier précédent, des séquences de mesures successives ont été réalisées pour des mêmes points d'impact.

Le schéma présenté en Figure 23 présente le maillage réalisé, les points d'impact en noir et un exemple de point de positionnement d'accéléromètre en bleu. Chaque nœud du maillage sera un point de mesure d'accélération.

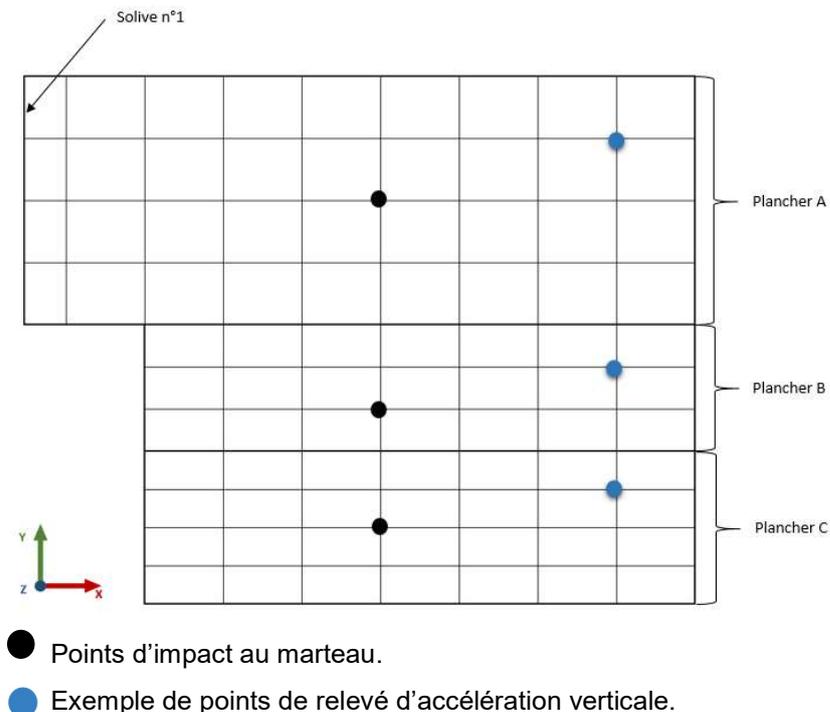


Figure 23 : schéma représentant le maillage réalisé pour l'AME, les points d'impact étant en noir et un exemple de point de positionnement d'accéléromètre en bleu.

Les points d'impacts sont positionnés au niveau des solives et non entre deux solives afin de pouvoir exciter la structure et de ne pas mettre en évidence un mode local du panneau.

Les valeurs des fréquences des modes propres ainsi que l'amortissement modal associé sont présentés en Tableau 7. Les déformées modales pour chaque mode sont présentées en Figure 24.

| N° Mode | Epaisseur 18 mm | |
|---------|-----------------|-------------------|
| | Fréquence (Hz) | Amortissement (%) |
| 1 | 15,0 | 6,4 |
| 2 | 22,0 | 7,2 |
| 3 | 24,0 | 5,2 |
| 4 | 25,4 | 3,6 |

Tableau 7 : valeurs des fréquences et amortissement associés, déterminées par AME.

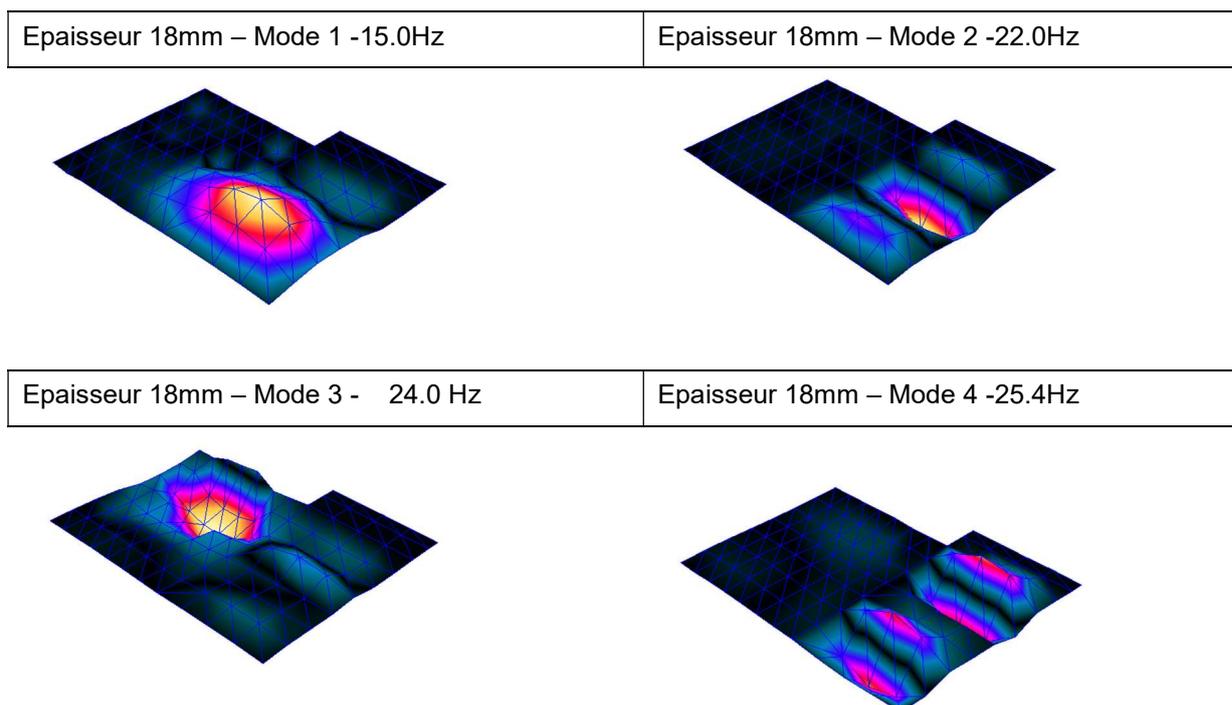


Figure 24 : déformée modale pour chacun des modes propres déterminés (cf. Tableau 7) pour le plancher composé (A, B et C).

On constate que :

- les valeurs d'amortissement (en moyenne de 5,6% sur les 4 premiers modes) sont significativement supérieures à la valeur de 1% proposée par l'Eurocode 5 (cf. paragraphe 7.3.1),
- le premier mode (à 15 Hz) se situe au niveau du plancher A qui correspond aux solives avec la portée la plus importante (en comparaison aux planchers B et C). Les autres planchers ayant des portées plus courtes, leurs fréquences propres sont plus élevées.

Il est à noter que la formule de la fréquence proposée par l'Eurocode 5 (cf. formule (7.5) du paragraphe 7.3.3 de l'Eurocode 5) aboutit à une valeur de 19,6 Hz (avec les mêmes hypothèses de charge surfacique soit 26 kg/m²) ce qui surestime fortement la valeur déterminée expérimentalement de 15 Hz. Or, une analyse modale menée avec le logiciel Accord d'une solive sur appuis aboutit à une valeur identique à la fréquence expérimentale de 15 Hz. Il semble donc que, pour cette configuration géométrique de plancher, combinée au cas d'une charge faible (soit 26 kg/m² représentant les seuls poids propre de la solive et des panneaux OSB présente lors de la mesure au lieu de 90 kg/m² habituellement utilisé lors d'un dimensionnement selon l'Eurocode 5), cette formule de la fréquence propre ne soit pas applicable.

- Le premier mode apparaissant au niveau des planchers B et C est de 24 Hz.

✓ **Charge suspendue**

Cet essai consiste à suspendre une charge de 300kg au bout d'un crochet de largage en-dessous d'une solive, à mi-portée et mi-longueur de la travée et ensuite de larguer la charge (cf. Figure 25). L'ensemble de la structure est mis en vibration de façon homogène.



Figure 25 : dispositif de mise en place de la charge suspendue.

Des accéléromètres sont disposés sur le plancher afin de mesurer l'accélération verticale résultante de la sollicitation. Le schéma de la Figure 26 présente, en rouge, le point d'application de la charge suspendue et, en bleu, les localisations des accéléromètres (ceux-ci sont disposés autour du point d'application de la charge).

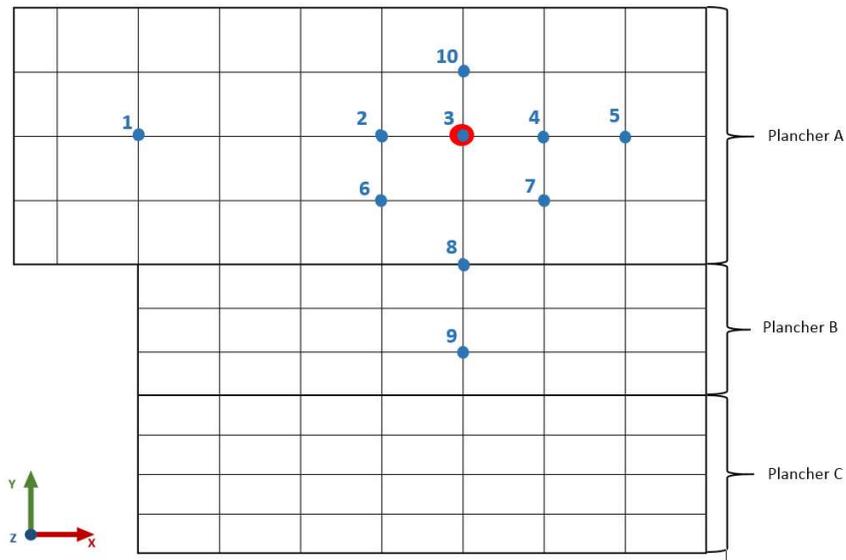


Figure 26 : description du point d'application de la charge et du positionnement des accéléromètres.

Afin d'avoir de la répétabilité, l'essai a été réalisé 3 fois.

Le traitement présenté ici, ne prend en compte que l'accéléromètre au droit de la charge.

Une transformée de Fourier est réalisée sur l'accélération temporelle résultante du choc consécutif à la relaxation rapide de l'entrait. Le contenu fréquentiel fait apparaître des modes propres de structure. Aucun fenêtrage temporel n'est appliqué au signal.

La Figure 27 présente les transformées de Fourier de l'accélération au droit de la charge pour les 3 essais.

Les résultats obtenus sont en concordance avec ceux de l'analyse modale expérimentale. En effet, on retrouve :

- le mode 1 du plancher A à 15Hz,
- l'anti résonance vers 22,5Hz, plus ou moins marqué selon l'essai, représentative du mode 2. En effet, le capteur traité se situait dans le nœud,
- le mode 4 aux alentours de 25Hz.

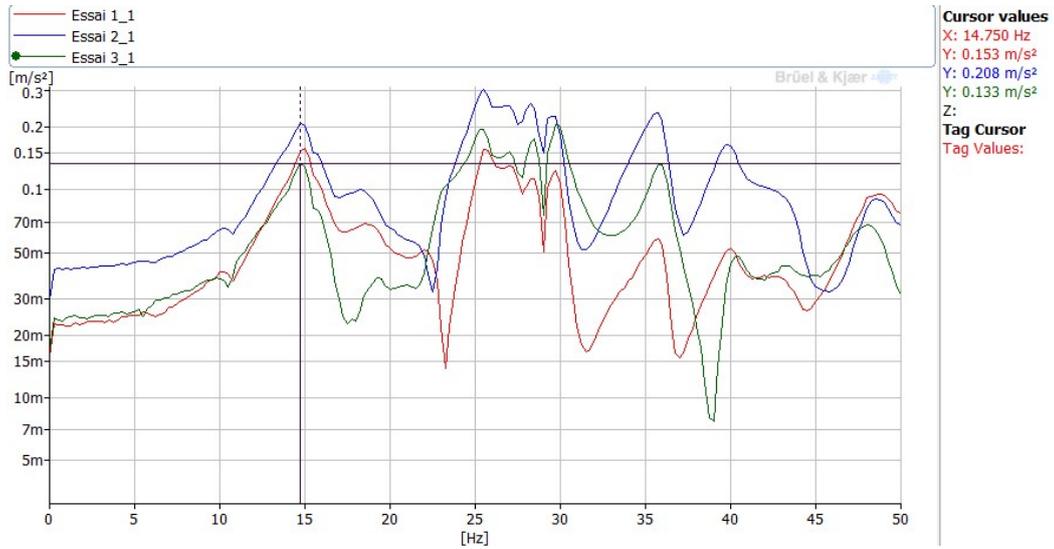


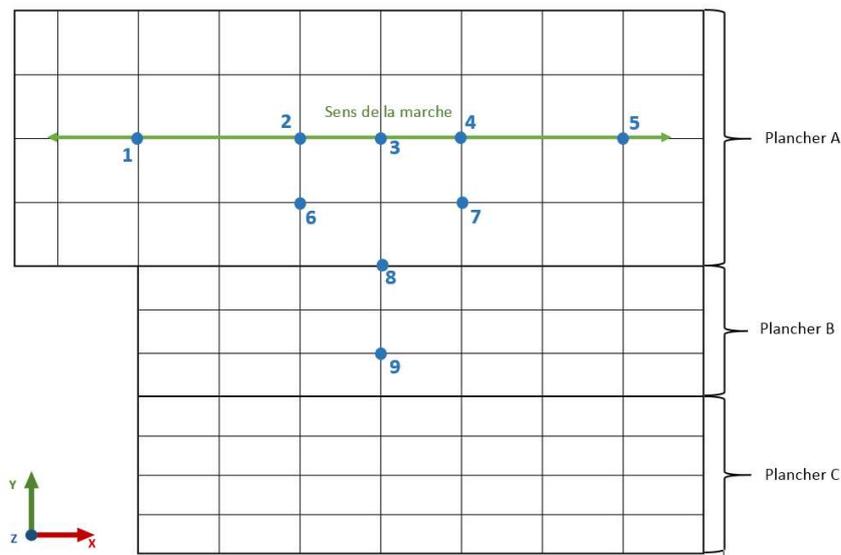
Figure 27 : les transformées de Fourier de l'accélération au droit de la charge pour les 3 essais.

✓ Marche

Des accéléromètres mesurant l'accélération verticale sont disposés sur les planchers A, B et C. Deux personnes de gabarit différent marchent sur le plancher en effectuant un aller-retour à mi-portée des solives selon l'axe de X (cf. Figure 28). Le gabarit des marcheurs est récapitulé dans le tableau suivant :

| | | |
|------------|----|----|
| Marcheur | 1 | 2 |
| Masse (Kg) | 75 | 85 |

La Figure 28 présente les localisations des accéléromètres ainsi que leurs numérotations pour les planchers A et B.



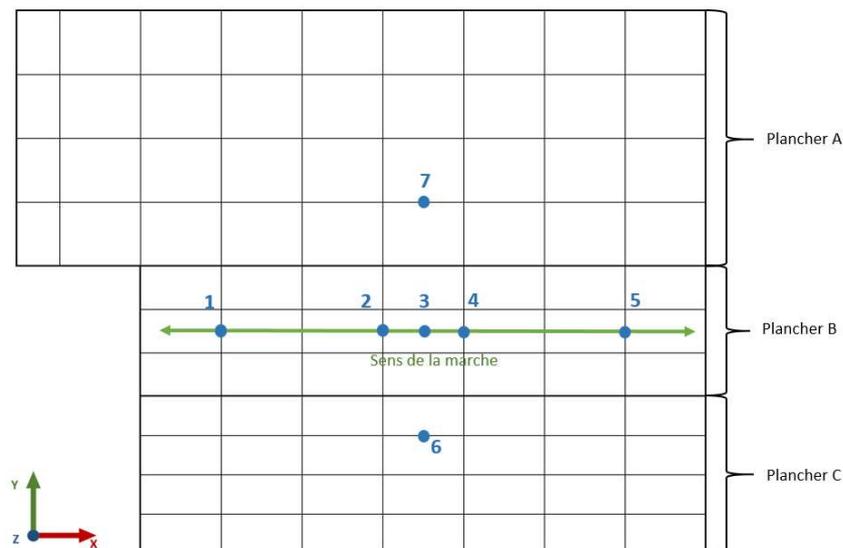


Figure 28 : localisations et numérotations des accéléromètres pour les planchers A et B.

Les données sont filtrées en post traitement par un passe-bas dont la fréquence de coupure est de 100Hz.

Les Figure 29 et Figure 30 présentent respectivement pour les planchers A et B les valeurs expérimentales de l'accélération verticale générée par la marche des deux personnes. Ces graphes sont présentées en valeurs d'accélération RMS obtenues par filtrage numérique par bandes en tiers d'octave afin de pouvoir mener des comparaisons avec les courbes d'accélération acceptables par l'humain dans des bâtiments selon la norme ISO 10 137 (présentées en paragraphe 3.2.3 de ce rapport).

Pour le cas du plancher A (cf. Figure 29), on constate que :

- les accélérations générées par le marcheur de 85 kg sont significativement plus importantes que celles générées par le marcheur de 75 kg : à 25Hz, la valeur d'accélération est de 0,15 m/s^2 et 0,07 m/s^2 respectivement pour les marcheurs de 85 et 75 kg.
- les accélérations relevées au point 1 de ce plancher sont sensiblement plus faibles que celles mesurées au niveau des autres points du plancher A. Ceci peut s'expliquer par la présence du renfort de trémie sur cette solive où est positionné l'accéléromètre noté 1.

En ce qui concerne le plancher B (cf. Figure 30), on constate que :

- les accélérations mesurées sont moins importantes que celles mesurées sur le plancher A. Ceci est dû au fait que la portée des solives du plancher est significativement plus faibles : à 25 Hz, la valeur maximale d'accélération est de 0,029 m/s^2 et 0,017 m/s^2 respectivement pour les marcheurs de 85 et 75 kg.
- pour un même marcheur, les accélérations mesurées sont similaires quel que soit le point de relevé des mesures,
- l'influence du poids du marcheur est beaucoup moins importante pour ce plancher B plus rigide que le plancher A.

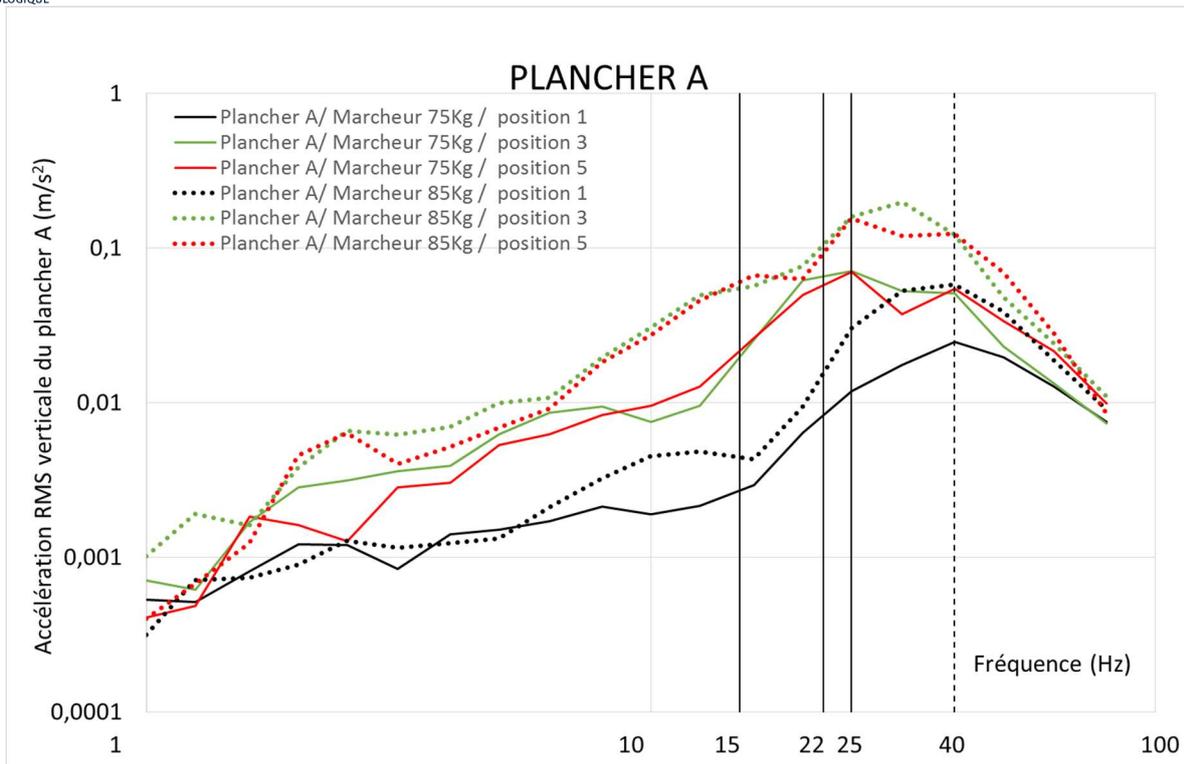


Figure 29 : valeurs expérimentales des accélérations verticales obtenues pour le plancher A soumis à la marche de 2 personnes de poids différents.

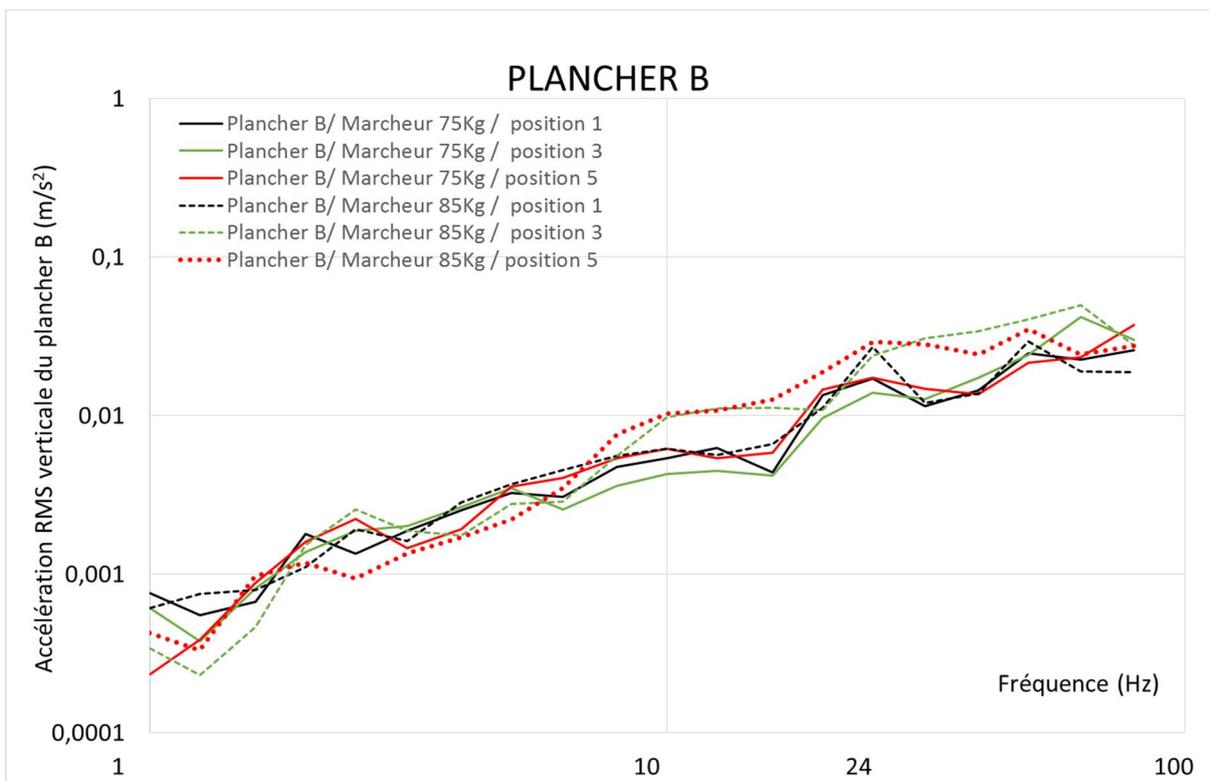


Figure 30 : valeurs expérimentales des accélérations verticales obtenues pour le plancher B soumis à la marche de 2 personnes de poids différents.

3.2.2 Approche calculatoire selon l'Eurocode 5

✓ Exigences de l'Eurocode 5

Les exigences de l'Eurocode 5 vis-à-vis du critère de confort vibratoire est explicité au paragraphe 2.1.3.

✓ Application au plancher testé

Pour le cas du plancher traditionnel décrit en paragraphe 3.1, la détermination des grandeurs pour la vérification selon l'Eurocode 5 du confort vibratoire du plancher est présentée ci-après.

La fréquence propre d'une solive (seule, sans considérer l'apport du panneau OSB) du plancher A est obtenue par la formule suivante :

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \times l^2} \sqrt{\frac{(EI)_l}{m}} = \frac{\pi}{2 \times 4,445^2} \sqrt{\frac{1,58 \cdot 10^6}{90}} = 10,5 \text{ Hz}.$$

Il est à noter que la valeur obtenue par le logiciel Accord d'une solive sur appuis est de 9,32 Hz, est proche de la valeur donnée par la formulation de l'EC 5.

La valeur de la flèche pour une charge de 1 kN est estimée entre 0,78 mm et 1,2 mm à partir des valeurs mesurées expérimentalement avec une charge de 300 kg (cf. Tableau 6), ce qui reste inférieure à la valeur maximale recommandée par l'annexe française de l'Eurocode 5.

Le calcul de la vitesse impulsionnelle est donnée par :

$$v = \frac{4 \times (0,4 + 0,6 \times n_{40})}{m \times b \times l + 200} = 0,0128 \text{ m/Ns}^2$$

Où :

- m masse du plancher (kg/m²)
- l la portée du plancher (m)
- b largeur du plancher (m)
- n_{40} nombre de modes propres à moins de 40 Hz calculé comme suit :

$$n_{40} = \left\{ \left[\left(\frac{40}{f_1} \right)^2 - 1 \right] \times \left(\frac{b}{l} \right)^4 \times \frac{(EI)_l}{(EI)_b} \right\}^{0.25} = \left\{ \left[\left(\frac{40}{10,5} \right)^2 - 1 \right] \times \left(\frac{9,95}{4,445} \right)^4 \times \frac{1,58 \cdot 10^6}{2,4 \cdot 10^3} \right\}^{0.25} = 21,8$$

Or $b(f_1^{\zeta-1}) = 0,0138 \text{ m/Ns}^2$ si l'on considère $b = 120$ (valeur obtenue à partir de la relation présentée en figure avec $a=1$).

On constate que la valeur calculée de la vitesse impulsionnelle de $0,0128 \text{ m/Ns}^2$ respecte l'exigence de $0,0138 \text{ m/Ns}^2$ de l'Eurocode 5.

En conclusion, pour le cas de ce plancher, nous constatons que :

- les règles proposées par l'Eurocode 5 sont applicables car la fréquence du plancher est supérieure à 8 Hz,
- ce plancher respecte les exigences (en flèche et en vitesse impulsionnelle) préconisées par l'Eurocode 5 pour un plancher résidentiel confortable.

3.2.3 Critère de confort vibratoire basé sur l'accélération

La Figure 31 présente une comparaison entre les courbes expérimentales d'accélération du plancher A traditionnel décrit en paragraphe 3.1 et les courbes issues de l'analyse bibliographique présentées ci-dessus. A ce stade de l'étude, la comparaison n'est présentée qu'à des fins d'explication d'une nouvelle méthodologie de qualification de confort car d'une part les courbes expérimentales correspondent à un plancher testé non chargé et d'autre part ces courbes ont été obtenues par un seul marcheur de 75 kg non représentatif d'un pas de marcheur normatif.

A titre illustratif, on constate que les valeurs expérimentales des accélérations du plancher traditionnel soumis à la marche non normative pour une personne de 70 kg remplissent l'exigence en accélération de la classe II autrichienne requise pour un plancher au sein d'un même logement ainsi que celle des planchers avec exigence basse de la norme ISO 10 137.

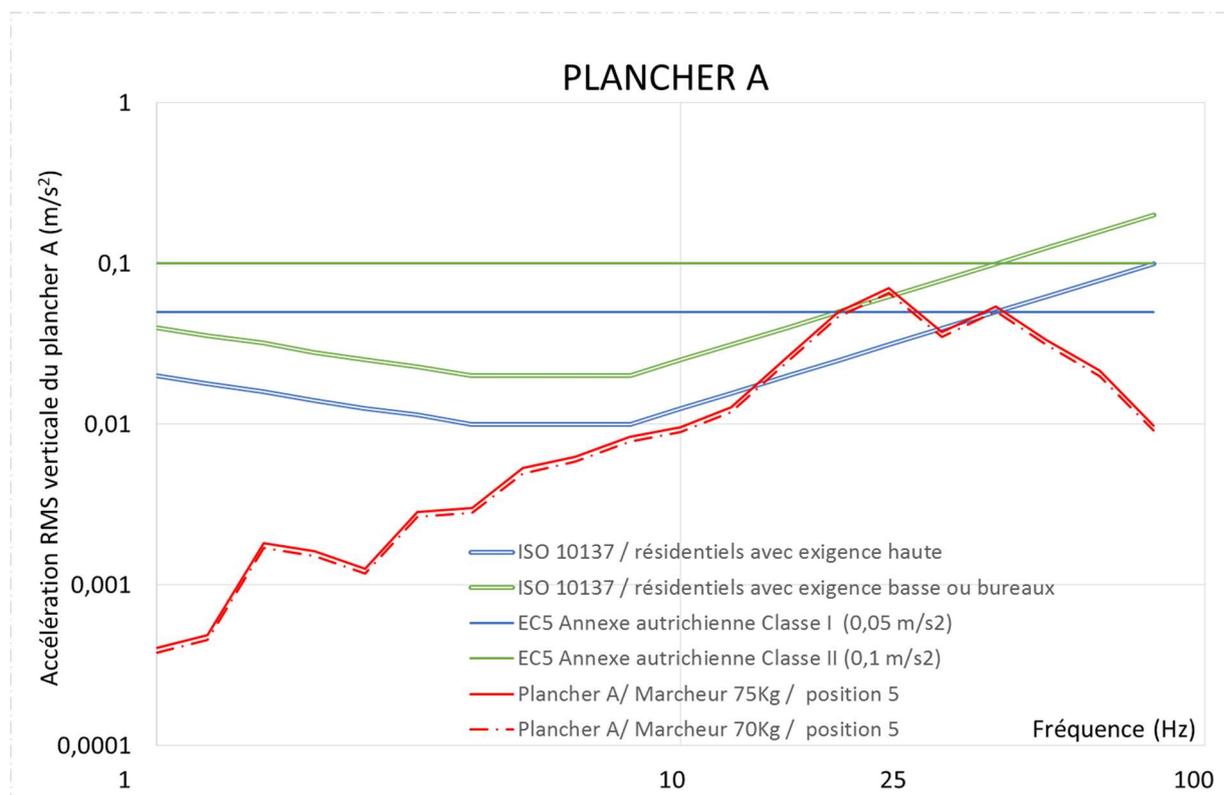


Figure 31 : valeurs expérimentales des accélérations verticales RMS obtenues pour le plancher A soumis à la marche de personnes de 70kg et 75kg et courbes en accélérations RMS issues de la bibliographie (Annexe autrichienne et ISO 10 137) pour différents niveaux de confort. Les valeurs relatives à la personne de 70kg ont été estimées à partir des valeurs mesurées pour la personne de 75kg à partir d'un ratio de poids.

3.2.4 Synthèse

En conclusion, pour le cas de ce plancher, nous constatons que (cf. 3.2.2) :

- les règles proposées par l'Eurocode 5 sont applicables car la fréquence du plancher est supérieure à 8 Hz,
- ce plancher respecte les exigences (en flèche et en vitesse impulsionnelle) préconisées par l'Eurocode 5 pour un plancher résidentiel confortable.

Sur la base des valeurs expérimentales d'accélération du plancher, une illustration pour le classement du confort vibratoire a été proposée sur la base de la norme ISO 10137 d'une part et de l'annexe autrichienne de l'Eurocode 5 (cf. 3.2.3) : les valeurs expérimentales des accélérations du plancher traditionnel soumis à la marche non normative pour une personne de 70 kg remplissent l'exigence de la classe II autrichienne requises pour un plancher au sein d'un même logement ainsi que celle des planchers avec exigence basse de la norme ISO 10 137. Cependant, cette approche serait à mener dans le cas d'un pas de marcheur normalisé comme proposé dans la norme ISO 10 137. Ceci pourrait être mené via le développement d'un modèle numérique du comportement mécanique dynamique temporel du plancher.

Annexe 1 Isolation acoustique - Rappels de notions

La fonction d'isolation acoustique permet de diminuer les bruits indésirables. Les connaissances de la source d'un bruit et de sa nature ainsi que de son mode de transmission, sont nécessaires à l'application d'une solution pour le réduire.

Les bruits gênants peuvent se classer en deux grandes catégories :

- les bruits transmis par voie aérienne, bruits extérieurs : trafic, agitation urbaine, etc. ainsi que les bruits intérieurs : télévision, radio, instruments de musique, parole, etc.
- les bruits transmis par voie solidienne, par exemple les bruits de pas et bruits d'équipements collectifs : ascenseurs, chauffage, etc.

Lorsqu'une source sonore transmet directement toute sa puissance à l'air environnant, nous sommes en présence de sons aériens. Au contraire, lorsqu'une partie de l'énergie sonore est transmise à des corps solides, nous nous trouvons en présence de sons se propageant par voie solide, appelés sons solidiens. Ces deux types de sons existent dans les bâtiments. La perception auditive n'est en mesure de capter que des sons aériens. Les sons qui se propagent par voie solide sont transformés par déformation des parois, des tuyauteries puis rayonnés en sons aériens que nous pouvons percevoir.

Il est important pour l'isolation acoustique de distinguer les bruits aériens des bruits solidiens qui exigent des mesures de protection assez différentes.

✓ **Isolation aux bruits aériens des éléments de construction**

Les éléments de construction, notamment les murs, les cloisons, les plafonds, les portes et fenêtres sont classés selon leurs performances acoustiques.

✓ **Le niveau de pression sonore**

Pour exprimer l'ordre de grandeur de la force sonore d'une pression et d'une intensité les acousticiens utilisent une conversion logarithmique. Les unités classiques de pression sont d'un emploi peu commode dans l'échelle des sons audibles. L'oreille est sensible à des valeurs comprises entre $2 \cdot 10^{-5}$ Pa et 20 Pa.

Physiologiquement, selon la loi de Weber-Fechner, les signaux sonores qui sont ressentis varient selon une progression arithmétique lorsque les excitations physiques qui en sont la cause varient selon une progression géométrique. On définit ainsi des niveaux de pression, d'intensité et de puissance acoustiques :

$$\text{Le niveau de pression, } L_p = 10 \lg \frac{p_e^2}{p_0^2} = 20 \lg \frac{p_e}{p_0} \quad (\text{dB}) \quad \text{éq. 6}$$

Avec, $\lg()$ le logarithme décimal ; p la pression efficace du son considéré, $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa, la pression efficace de référence par convention.

On constate que doubler une pression revient à majorer le niveau de 6 dB, et doubler une intensité ou une puissance revient à majorer le niveau de 3 dB.

✓ **Coefficient de transmission et indice d'affaiblissement**

Le coefficient de transmission est le rapport entre les énergies des ondes situées de part et d'autre de la paroi, c'est-à-dire : en amont (côté source) et en aval (côté mesure) de celle-ci.

L'indice d'affaiblissement d'une paroi est, par définition :

$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau} \quad (\text{dB}) \quad \text{éq. 7}$$

$$R = 10 \lg \left(\frac{\langle p_1^2 \rangle}{\langle p_2^2 \rangle} \right) - 10 \lg \left(\frac{A_2}{S_{1/2}} \right) \quad \text{éq. 8}$$

Avec, S, la surface de l'élément et A2 l'aire d'absorption équivalente de la salle réception.

$$R = 10 \lg L_{P_1} - 10 \lg L_{P_2} - 10 \lg \left(\frac{A_2}{S_{1/2}} \right) \quad \text{éq. 9}$$

R caractérise l'isolement acoustique d'une paroi. En acoustique du bâtiment, la grandeur utilisée est l'isolement normalisé D_n entre deux salles tenant compte de tous les chemins de transmission du bruit :

$$D = R + 10 \lg \left(\frac{A_2}{S_{1/2}} \right) - C \quad \text{éq. 10}$$

Avec C les transmissions parasites par des chemins indirects.

✓ **Comportement au bruit de choc**

Les impacts, les chocs et plus généralement les bruits dus au contact d'une structure sont transmis et réémis dans les locaux. Ils sont convertis en bruit aériens. Cette source de bruit est particulièrement importante. Ainsi, pour caractériser les planchers et les sols vis-à-vis du bruit de choc on utilise un bruit de référence, celle d'une masse lourde en chute libre sur le sol à une cadence de 10 coups par seconde : la machine à chocs.

✓ **Niveau de bruit d'impact en réception**

Pour reproduire les bruits de chocs sur les planchers on utilise une machine à chocs normalisée répondant aux spécifications de la norme NF EN ISO 10140-5. On mesure le niveau acoustique produit dans un autre local (généralement le local en dessous). Cet essai est pratiqué en laboratoire (Figure 32), et in situ (Figure 33).

La différence entre la mesure en laboratoire et in situ provient principalement de la prise en compte des transmissions latérales et parasites. Le bruit mesuré est le résultat du rayonnement du plancher et des autres parois.

Désignations :

- L_n : le niveau de pression acoustique en dB dans le local réception, il est mesuré en laboratoire selon la norme NF EN ISO 10140-1 et 3 par tiers d'octaves de 100 à 5000 Hz.
- $L_{n,w}$ en dB est le niveau global calculé selon la norme NF EN ISO 717-2 à partir du spectre L_n mesuré en laboratoire en tiers d'octaves.
- ΔL en dB est l'amélioration (ou efficacité) d'un parquet ou revêtement de sol au bruit d'impact. Il est obtenu en faisant la différence du niveau en réception avec le revêtement et avec la dalle nue.
- ΔL_w en dB est l'efficacité pondérée calculée selon la méthode européenne NF EN ISO 717-2.

Normes :

NF EN ISO 10140-1 Novembre 2016, Acoustique - Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction - Partie 1 : règles d'application pour produits particuliers
 NF EN ISO 10140-3 Mars 2013 /A1 Août 2015, Acoustique - Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction- Partie 3: mesurage de l'isolation au bruit de choc- Amendement 1

NF EN ISO 10140-5 Mars 2013 Acoustique - Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction - Partie 5 : exigences relatives aux installations et appareillage d'essai

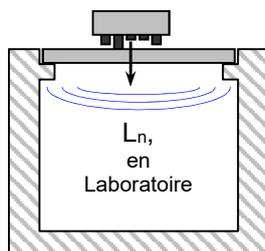


Figure 32 : Essai en laboratoire de détermination des performances au bruit d'impact

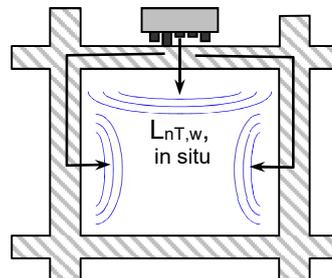


Figure 33 : Essai in situ de détermination des performances au bruit d'impact

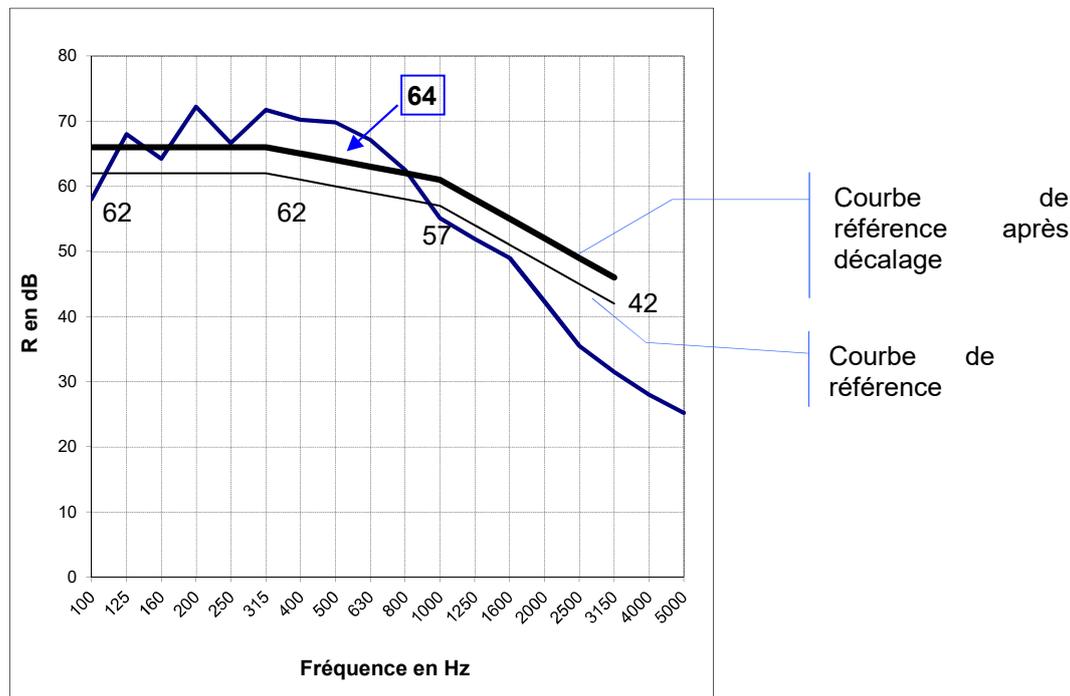


Figure 34 : Calcul de l'indice d'évaluation $L_{n,w}$ pour un parquet collé sur une sous-couche, sur une dalle de 140mm, $L_{n,w} = 64$ dB, valeur à 500 Hz sur la courbe de référence après déplacement.

A savoir : le niveau de bruit de choc, sous un plancher lourd et homogène, s'abaisse de 10 dB chaque fois que l'épaisseur de ce plancher est doublée. Il ne s'abaisse que de 4 dB si on double la densité, et de 2,3 dB si on double le module d'Young.

✓ La Réglementation Acoustique des Constructions

La Nouvelle Réglementation Acoustique (NRA) entrée en application en janvier 1996 a fixé des seuils de performance acoustique stricts. Dans le projet Acoubois, FCBA a mesuré de façon exhaustive les systèmes constructifs bois. Ainsi, pour chaque paroi bois, il est possible d'associer des configurations respectant la réglementation acoustique.

La protection contre le bruit s'intéresse aux bruits de différentes origines parmi lesquels :

- Les bruits aériens extérieurs et/ou intérieurs,
- Les bruits solidiens, bruits d'impact,
- Les bruits d'équipements.

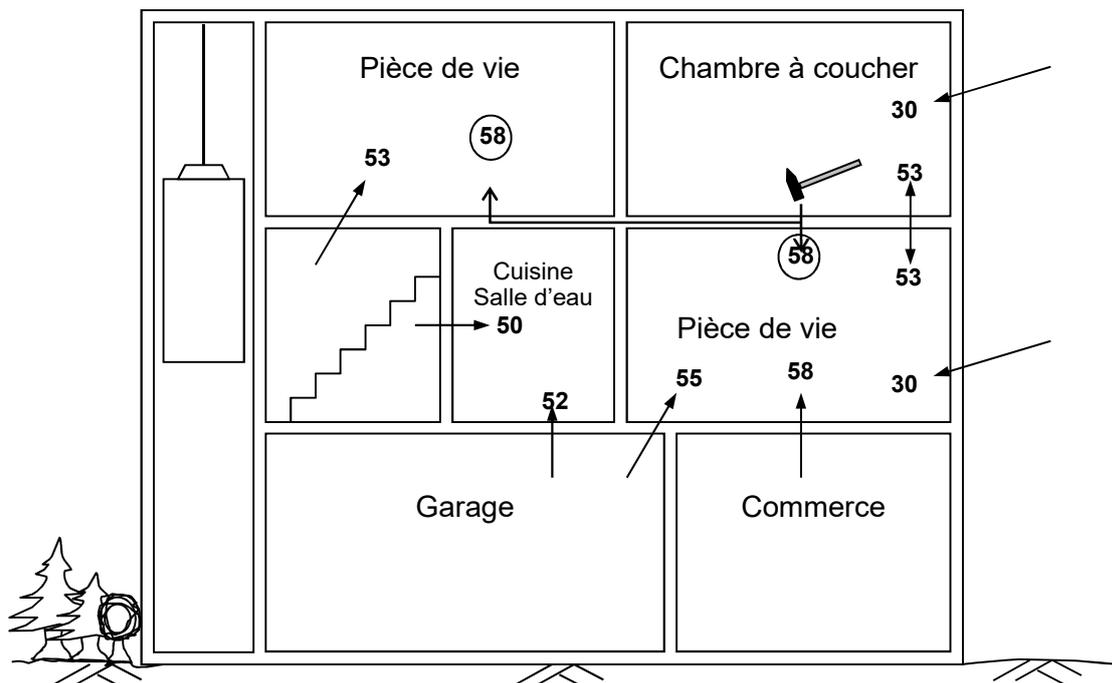


Figure 35 : Nouvelles exigences acoustiques dans les constructions.
Indices d'évaluation Européens, Isolement acoustique standardisé pondéré $D_{nT,A}$ en dB et niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé $L'_{nT,w}$ en dB [JO 99]

Différents labels existent en matière d'acoustique. Ainsi, le label Qualitel attribué aux logements neufs, devenu la Certification Qualitel, a toujours exigé dans son référentiel des caractéristiques acoustiques supérieures à celles réglementaires. Comme le montre le tableau récapitulatif suivant, Qualitel propose également un Label Qualitel Confort Acoustique (LQCA).

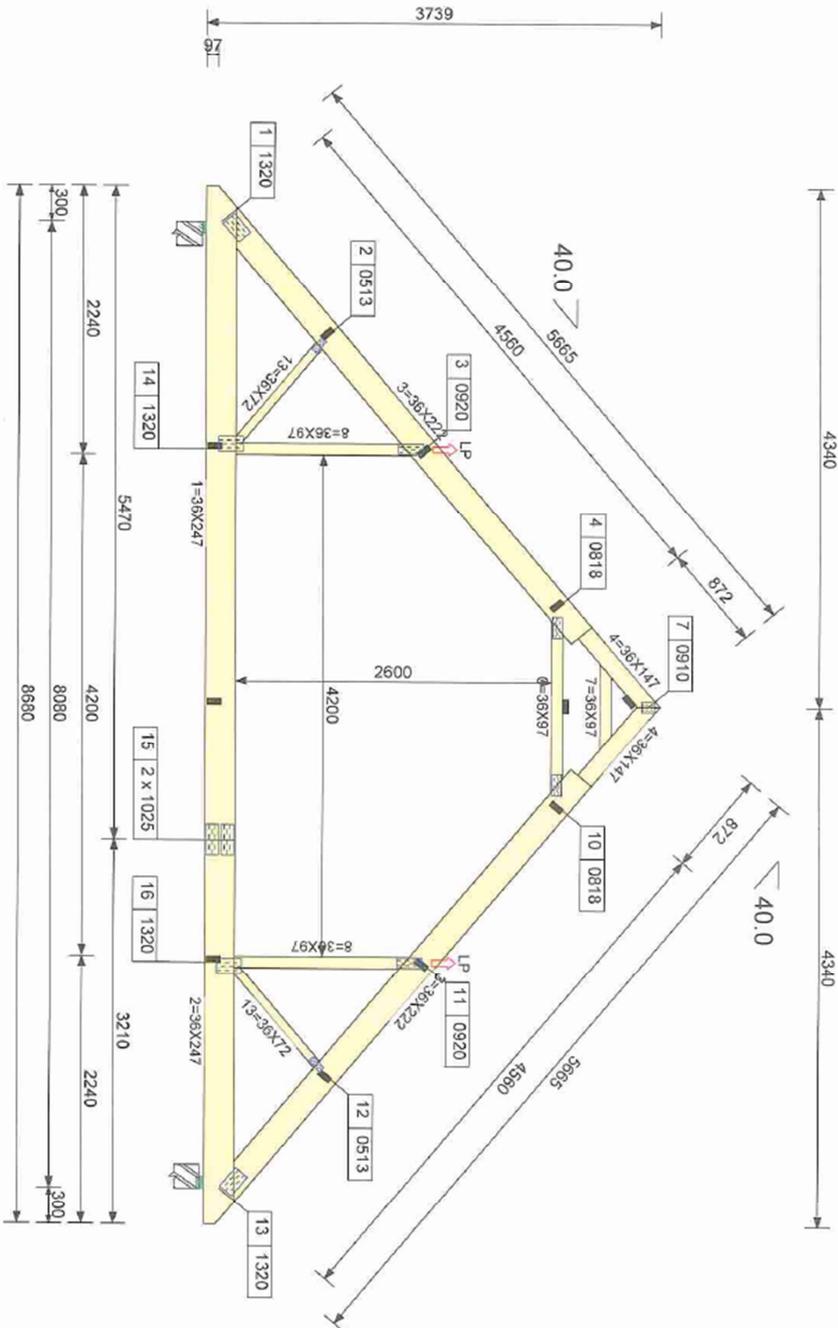
| | NRA ⁽⁴⁾ $D_{nT,A}$ (en dB) | Certification Qualitel $D_{nT,A}$ (en dB) | LQCA ⁽⁵⁾ $D_{nT,A}$ (en dB) |
|---|---|---|--|
| Isolation au bruit aérien extérieur Tout bâtiment de logement | $\geq 30 - 45$ ⁽¹⁾ | $\geq 30 - 45$ ⁽¹⁾ | $\geq 30 - 45$ ⁽¹⁾ |
| Isolation au bruit aérien intérieur ⁽²⁾ Maison individuelle isolée Maison individuelle non isolée Logement collectif | Aucune ≥ 53 | Aucune ≥ 53 | Aucune ≥ 55 |
| Isolation au bruit choc $L'_{nT,w}$ ⁽³⁾ Maison individuelle isolée Maison individuelle non isolée Logement collectif | Aucune ≤ 58 | Aucune ≤ 55 | Aucune ≤ 52 |

Tableau 4 : Comparaison des exigences entre la NRA, la Certification Qualitel et le Label Qualitel Confort Acoustique.

- (1) En fonction des niveaux sonores engendrés par les infrastructures
- (2) Entre deux pièces principales de deux logements différents
- (3) Niveau de bruit dans le local de réception
- (4) Nouvelle Réglementation Acoustique
- (5) Label Qualitel Confort Acoustique

Annexe 2 Plans du chantier de Barentin.





Echelle 1:50

Ce dessin doit être accompagné de la note de calcul.

Liste d'assemblage

© Copyright 1992 - 2016 MITTEK Holdings, Inc. Tous droits réservés.

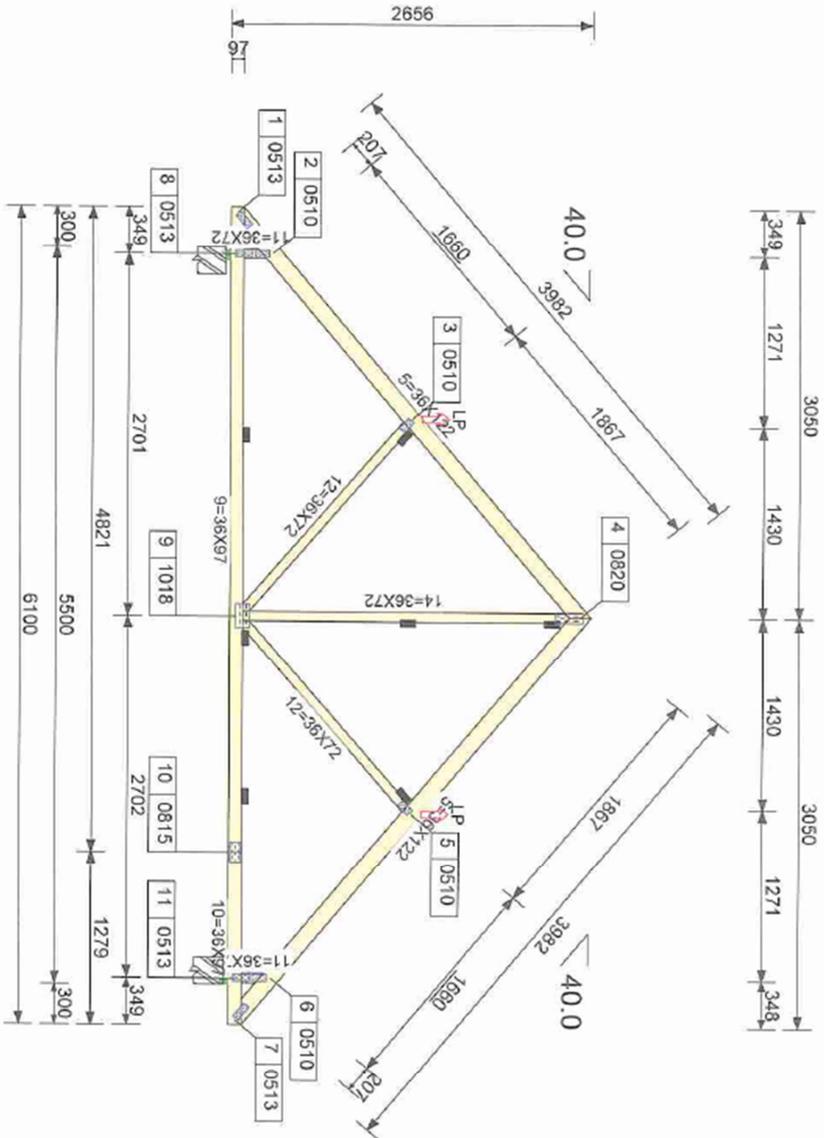
1:ADMMX

| Quantité Fermes: 26 | | Charges (kN/m2) | |
|---------------------|--------|-----------------|--------------|
| Entraxe Fermes: | 572 mm | Arbalétrier | Entraxe: |
| Entraxe Lattes: | 515 mm | Couverture: | 0,470 |
| Altitude: | 200 m | Platond: | 0,170 |
| Site Vent: | Normal | Néige: | 0,250 |
| Poids Ferme: | 77 kg | Planch/Ciels: | 0,650 |
| | | Vent: | 0,600 |
| | | Platond: | 0,130 |
| | | Planch: | 1,500 |
| | | Fiches: | 38X97 C24 SE |

| Sections | |
|---------------|---------------|
| Arbalétrier | 36X147 C24 SE |
| Platond: | 36X222 C24 SE |
| Arbalétrier | 36X247 C24 SE |
| Entraxe: | 36X247 C24 SE |
| Planch/Ciels: | 36X22 C24 SE |
| Fiches: | 38X97 C24 SE |

| Plaquages | |
|--------------------|-------------------------------|
| Surf. total (dm2): | M20 48,00 |
| Surf. total (m2): | Nd Ver(N) C Hor(E) C Sou(E) C |
| Cube Nail (m3): | 1 5,483 1 -0,803 15 |
| Cube Nail (m3): | 13 5,483 1 0,000 21 |
| Cube Nail (m3): | 0,182 |
| Cube Nail (m3): | 0,201 |

| Réaction Appui Maxi (kN) | |
|-------------------------------|--|
| Nd Ver(N) C Hor(E) C Sou(E) C | |
| 1 5,483 1 -0,803 15 | |
| 13 5,483 1 0,000 21 | |
| 0,182 | |
| 0,201 | |



Echelle 1:50

Ce dessin doit être accompagné de la note de calcul

 Lisé Quantitativement

Copyright 1992 - 2010 Mittek Holdings, Inc. Tous droits réservés.

:1AAMAX

 Quantité Fermes: 8
 Entraxe Fermes: 538 mm
 Entraxe Lattes: 540 mm
 Altitude: 200 m
 Site Vent: Normal
 Poids Ferme: 31 kg

Charges (kN/m²)
 Abîmâtier
 Couverture: 0.470
 Neige: 0.250 Région A1
 Vent: 0.900 Zone 2

Sections
 Entrait
 0.170 Entrait
 Fiches
 Abîmâtier: 36X122 C24 SE
 Entrait: 36X87 C24 SE
 Fiches: 36X72 C24 SE

Plaqués
 Surf. total (dm²): M20 18.32
Bois
 Cube Net (m³): 0.073
 Cube Brut (m³): 0.080

Réaction Appui Maxi (kN)

| Nd | Ver(N) | C | Hor(E) | C | Sou(E) | C |
|----|--------|---|--------|----|--------|----|
| 8 | 1.817 | 1 | 0.553 | 13 | -0.302 | 15 |
| 11 | 1.817 | 1 | 0.000 | 1 | -0.302 | 13 |

La propriété du maître d'œuvre sur ses analyses trouve son fondement dans l'article L. M1 et suivants du code de la propriété intellectuelle



SITUATION de la PARCELLE par rapport au CENTRE BOURG (distance environ 1 Km)

ARTE
FACT
 Architecture
 222 Rue de la République
 33000 BORDEAUX

GUÉUDRY Lotissement
 Le Clos des Ormeaux

470 rue PAUL VERLAINE
 76 360 BARENTIN

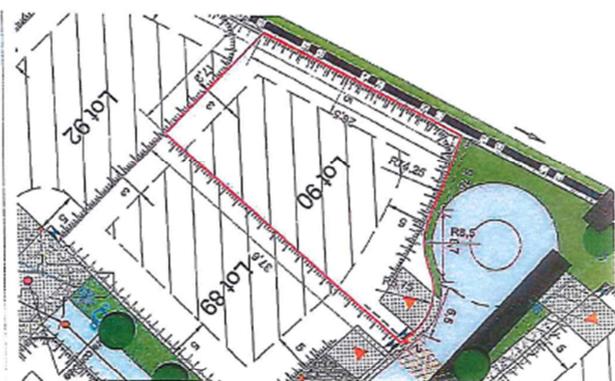
LOT 90

PERMIS DE CONSTRUIRE
 Modificatif

30/11/2015
 12.37/09

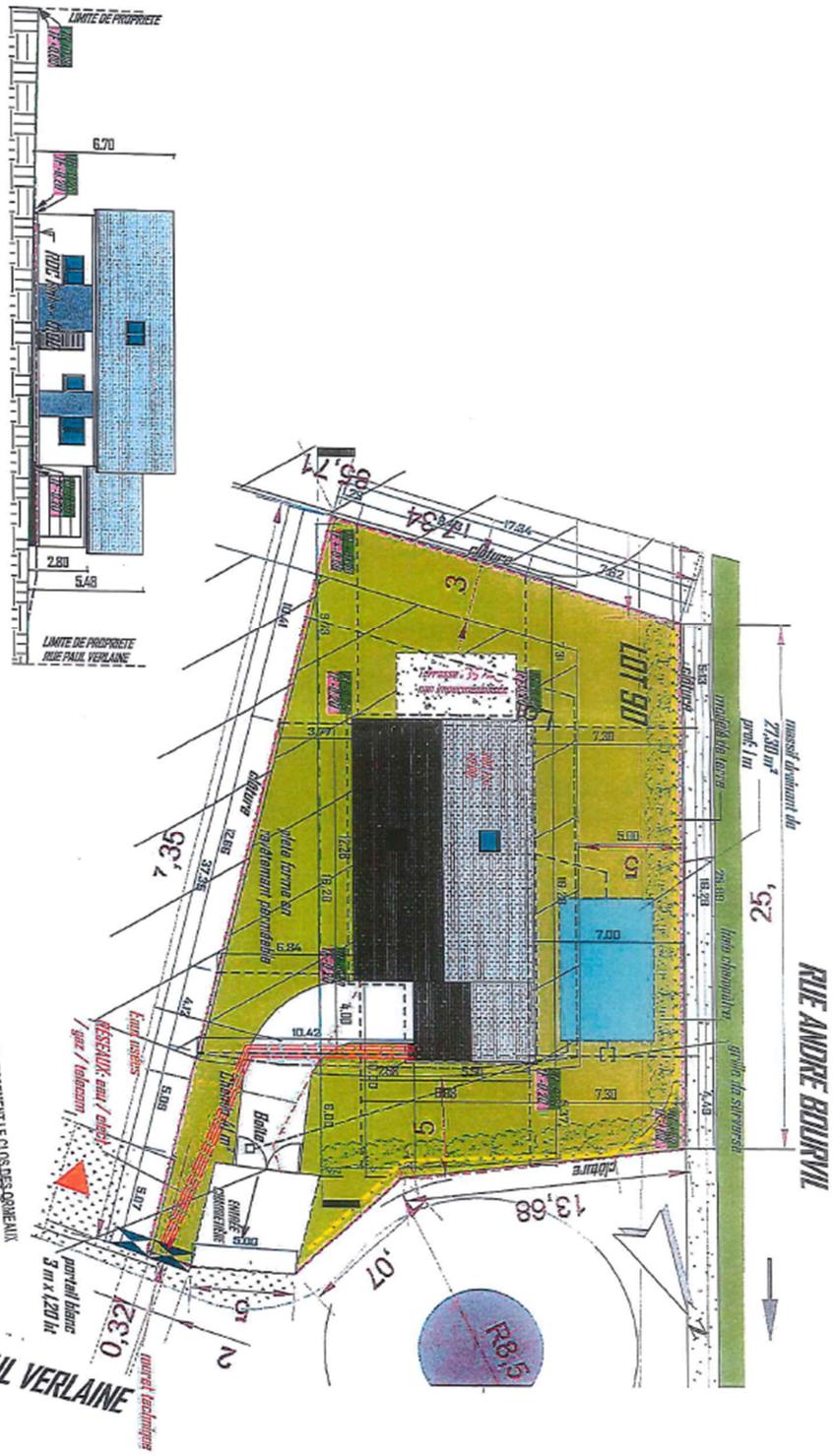
PCMI 01 SITUATION

A 02

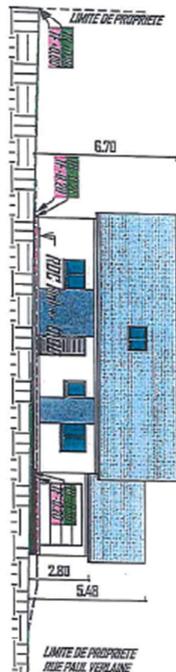


GUÉUDRY LOTISSEMENT LE CLOS DES ORMEAUX
 SAISON 2015
 3100 - L'ORMEAU - ST-BART
 33000 BORDEAUX
 Tél : 02 33 57 54 04 0001 - AGE : 41100
 Site : 534 355 284 0001

La propriété du maître d'œuvre sur ses œuvres trouve son fondement dans l'article L.111-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle

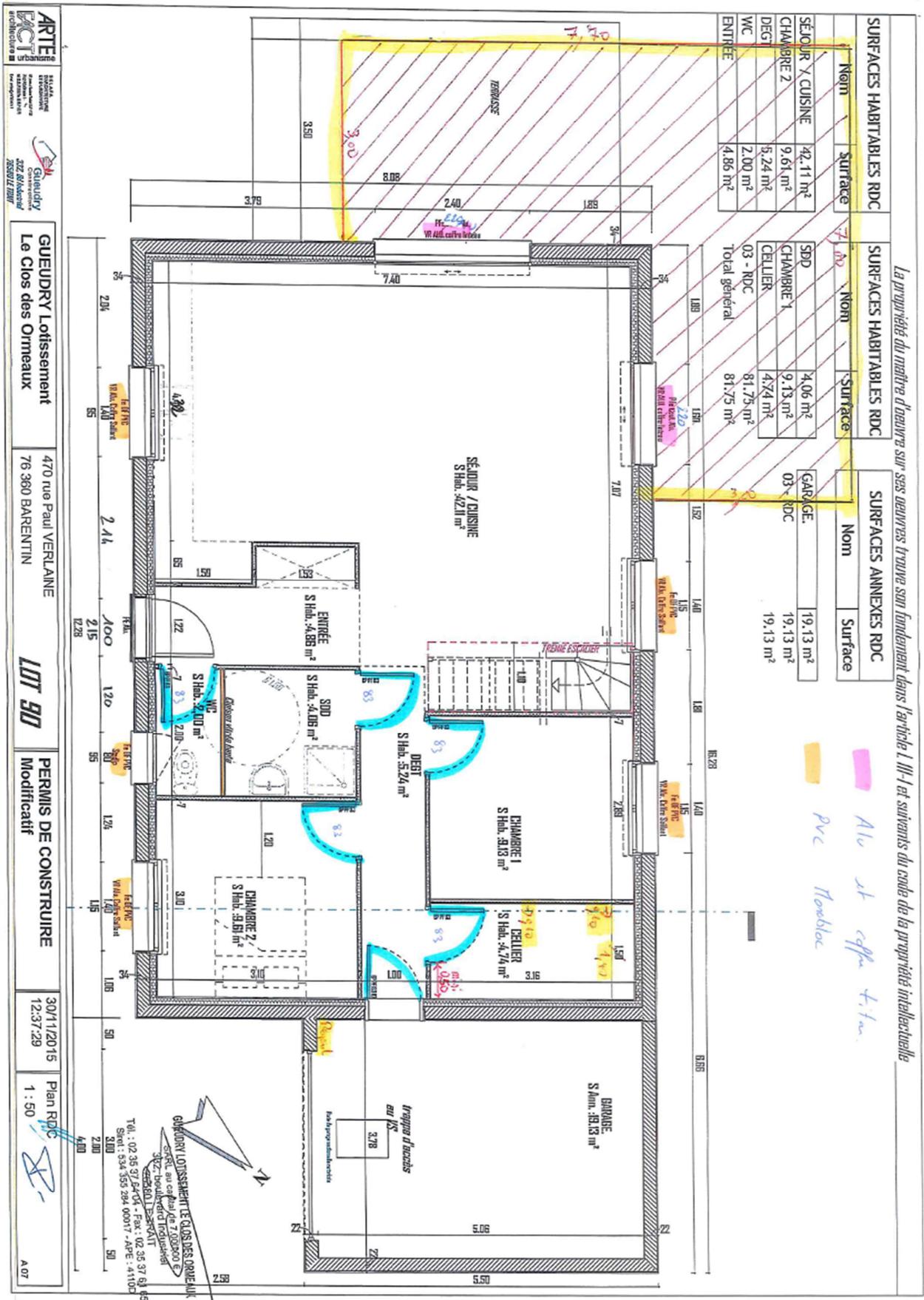


2 Coupe sur Terrain
Ech : 1 : 200

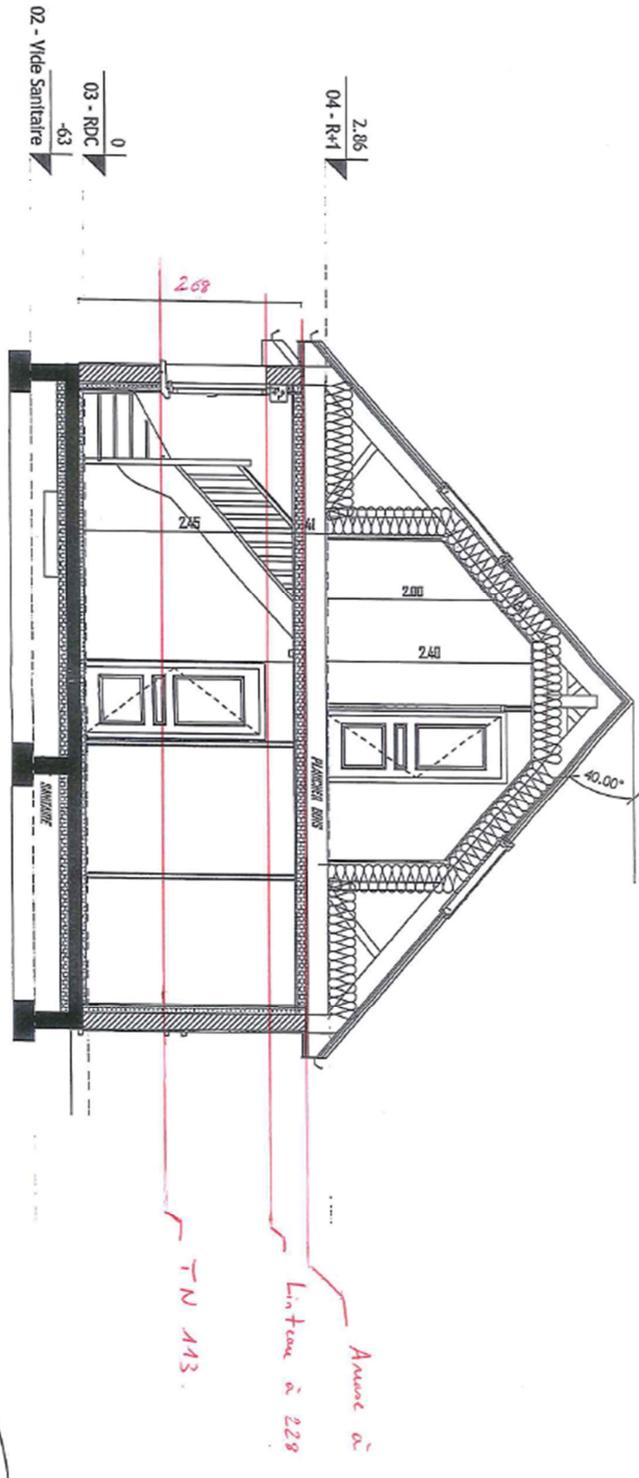


| | | | | |
|---|--|--|--------------------------------|--|
| <p>ARTES Architecture Urbanisme Environnement</p> <p>FCBA Fédération Française des Architectes Urbanistes et Paysagistes</p> <p>Guendry Associés 202 Rue de la Libération 93007 St Denis</p> | <p>Le Clos des Ormeaux</p> <p>470 rue Paul VERLAINE 76 360 BARENTIN</p> | <p>LOT 90</p> <p>PERMIS DE CONSTRUIRE Modificatif</p> | <p>30/11/2015 12:37:12</p> | <p>PCMI 2 - PLAN MASSE PCMA3 - COUPE LONGITUDINALE</p> <p>A.08</p> |
|---|--|--|--------------------------------|--|

GUENDRY LOTISSEMENT LE CLOS DES ORMEAUX
Surface cadastrale de 7.000,00 €
332 - RUE DU LE TREUIL
Tél. : 06.49.53.14.04 - Fax : 02.35.37.61.66
Site : 094.395.791.0007 - APE : 4110D



La propriété de maître d'œuvre sur ses œuvres trouve son fondement dans l'article L.111-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle



GUEUDRY LOTISSEMENT LE CLOS DES ORMEAUX
 OFFICE AU CAPITAL DE 7.000.000 €
 332, ANTOINETTE HENRI
 43000 LE FRAY
 Tél. : 02 35 37 64 04 - Fax : 02 35 37 61 66
 Site : 594 365 294 000017 - APE : 41100

| | | | | | | | |
|---|---|--|--------|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|-----|
| ARTE 100% FRANÇAIS 100% INDEPENDANT 100% TRANSPARENT 100% SÉRIeux | Gueudry Lotissement Le Clos des Ormeaux | 470 rue Paul VERLAINE 76 360 BARENTIN | LOT 90 | PERMIS DE CONSTRUIRE Modificatif | 30/11/2016 12:37:31 | Plan de coupes 1 : 50 | A09 |
|---|---|--|--------|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|-----|

Domaines d'utilisation

Les dalles de plancher Kronodal peuvent être utilisées dans de nombreuses utilisations en conformité avec le DTU 51.3

- Planchers sur solives milieu sec ou humide,
- Planchers sur vide sanitaire,
- Planchers de doublage ou flottant.

Choix de la bonne dalle au bon endroit

Pour sélectionner la dalle de plancher adaptée à sa fonction future, il est nécessaire de valider les quatre points suivants :

1- L'environnement d'utilisation

- Milieu sec (Classe Service 1)
- Milieu humide (classe Service 2)

2- Les sollicitations

- Type : Charges d'exploitation et/ou permanente (chape de béton, complexe acoustique...)
- Valeurs de ces charges (Ex : habitation 150daN/m², ...)

3- Type de revêtement de sol final

- Charges par m²
- Contraintes mise en œuvre (suivant DTU du produit ou AT)

4- Entraxe des supports :

- Solivage existant -> recherche de l'entraxe courant
- Solivage à créer -> Entraxe dicté par le format utile des dalles

Format et colisage Kronodal RL 4

| Utilisation | Type | Référence normative | Formats | | épaisseurs | | | | |
|---------------|--------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|------------|----|----|----|----|
| | | | Hors tout | Formats utiles | 12 | 16 | 19 | 22 | 25 |
| Milieu sec | Standard (*) | EN 312 P2 | 2050 x 610 | 2043 x 603 | / | / | 50 | 45 | / |
| | CTBS | EN 312 P4 | 2050 x 925 | 2043 x 918 | / | 60 | 50 | 45 | / |
| Milieu humide | CTBH | EN 312 P5 | 2050 x 925 | 2043 x 918 | 80 | 60 | 50 | 45 | 40 |
| | MH (*) | EN 312 P3 | 2050 x 610 2050 x 925 | 2043 x 603 2043 x 918 | / | / | 50 | 45 | / |

(*) Non structural - utilisable en plancher non porteur

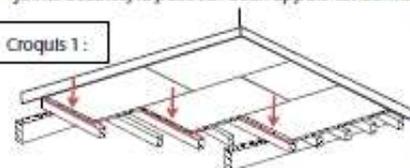
Mise en œuvre

- Les dalles avant leurs mises en œuvre doivent être conditionnées dans l'environnement d'utilisation finale afin d'atteindre l'humidité d'équilibre, (9 ±3%).
- Le positionnement des dalles s'effectuent avec le marquage jet d'encre en sous face.
- Ménager un jeu de 10 mm à la périphérie de la pièce pour d'éventuelles variations dimensionnelles
- Pose à joints décalés, dite à coupe de pierre et sur trois appuis au minimum (du fait de la pose à joints décalés, la pose sur deux appuis est admise sur de petites surfaces).



Retournez les dalles pour la mise en œuvre, marquage face inférieure.

Croquis 1 :



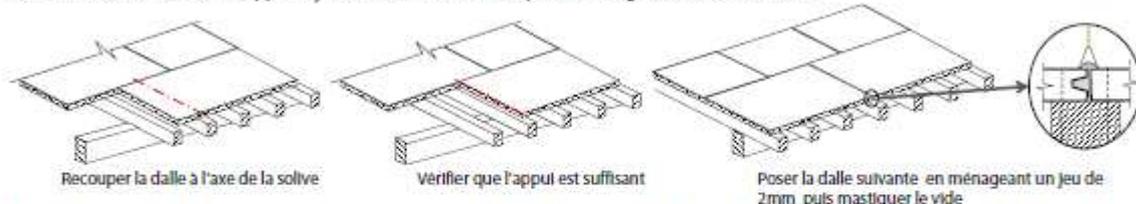
- Rives parallèles aux appuis (généralement les petites) obligatoirement supportées (croquis 1)
- Le recouvrement sur les appuis doit être de 18 mm au minimum (XP ENV 12872) recommandé 20 mm.
- En ambiance humide, la ventilation de la sous-face est obligatoire (minimum 5 cm).
- Pose avec jeu entre dalles, laisser un jeu de 1,5 mm par mètre de dalles dans les deux sens.

Dans tous les cas il convient de consulter la réglementation en vigueur, le DTU 51-3 planchers en bois ou panneaux dérivés du bois et 53-2 revêtements de sol plastiques collés, ainsi qu'aux prescriptions des fabricants.

Avertissement :

Les renseignements contenus dans la présente fiche technique, sont donnés en toute bonne foi dans l'état actuel de nos connaissances. Ils n'engagent en rien la responsabilité de la société Kronofrance qui se réserve le droit de les modifier sans préavis en fonction de l'évolution des matériaux, des méthodes de calcul ou de mise en œuvre et de la réglementation.

- Pose en Rénovation ou sur support ayant un entraxe non multiple de la longueur (utile) de la dalle

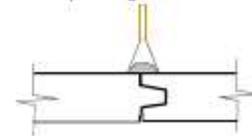
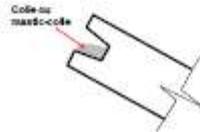
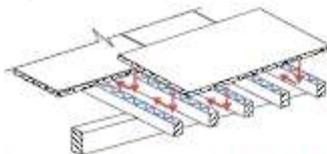


- Fixation par vis (longueur = 2.5 x épaisseur du panneau) tous les 150mm sur les appuis périphériques et 300mm en partie courante. (consommation environ 14 vis /m²) ou Fixation par pointes crantées pour solives en bois tendre et pointes torsadées pour bois dur (longueur = 3.5 x épaisseur du panneau) tous les 150mm sur les appuis périphériques et 300mm en partie courante. La fixation doit être renforcée par des vis disposées aux 4 angles et à mi-longueur du panneau.
- L'axe des fixations sera à 8 mm au moins des rives (XP ENV 12872) recommandé 10 mm.
- Dans certains cas, le plancher peut jouer le rôle diaphragme. Il convient de coller les assemblages pour constituer un platelage homogène et de vérifier que les efforts horizontaux sont correctement transmis à la structure verticale. La surface d'un seul tenant est limitée à 30 m², le plus grand côté n'excédant pas 6 m. avec en périphérie un jeu de 10 mm.

Etape 1 : Mastic colle sur solives

Etape 2 – Dépose de la colle dans la rainure

Etape 3 : Egalisation du surplus



- Conseil pour éliminer tout risque de grincement, il convient d'effectuer une pose collée comme expliqué ci-dessus.
- En cas de doute sur le type de revêtement de sol ultérieur mais également pour améliorer la rigidité globale du plancher, il est conseillé d'utiliser une dalle CTBH et de coller les assemblages.

Avvertissement : La variation dimensionnelle des panneaux de particules est comprise entre 0,030 et 0,050 % pour une reprise d'humidité de 1 %. Dans le cas où la mise en œuvre doit se faire en atmosphère très humide, il est conseillé d'effectuer la fixation des dalles en deux temps.

À la pose, fixer provisoirement les dalles par 4 ou 6 pointes par dalle. Après stabilisation, effectuer la fixation définitive des dalles.

Abaques de performance

Les tableaux de charge ci-dessous indiquent les entraxes entre appuis en fonction de la charge d'exploitation uniformément répartie et de l'épaisseur du panneau. Flèche 1/400^e, charges permanentes = 20%, poids propre inclus et vérification sous charge concentrée de 200kg.

Abaque de performance

| Charges Permanentes daN/m ² | Milieu sec (classe de service 1) EN 312 P4 - CTBS | | | Milieu humide (classe de service 2) EN 312 P5 - CTBH | | |
|--|---|----|----|--|----|----|
| | 19 | 22 | 25 | 19 | 22 | 25 |
| 150 | 46 | 51 | 58 | 50 | 57 | 65 |
| 200 | 43 | 49 | 55 | 47 | 55 | 62 |
| 250 | 40 | 45 | 52 | 44 | 51 | 58 |
| 350 | 36 | 40 | 46 | 39 | 45 | 52 |
| 400 | 35 | 39 | 45 | 38 | 44 | 50 |
| 500 | 32 | 36 | 40 | 35 | 40 | 45 |

Abaque optimisé (en fonction de nos longueurs utiles)

| Entraxe. Optimisé en cm | Milieu sec CTBS | | | Milieu humide CTBH | | |
|----------------------------|-----------------|-------|-----|--------------------|-----|-------|
| | 19 | 22 | 25 | 19 | 22 | 25 |
| 51,1 (2043 /6) | 100 | 150 | 250 | 130 | 250 | 350 |
| 40,9 (2042 /5) | 230 | 300 | 400 | 300 | 500 | + 500 |
| 34,1 (2042 /6) | 370 | + 500 | - | + 500 | - | - |

Mise en garde : Ces abaques ne sont utilisables que dans les cas correspondant aux hypothèses de calculs citées ci-dessus et pour les charges d'exploitation correspondantes. Ils ne sont pas adaptés pour les surfaces de stockage, une présence de charges roulantes et dans le cas de charges permanentes supplémentaires (revêtements de sol, carrelages etc.)



Dans tous les cas il convient de consulter la réglementation en vigueur, le DTU 51-3 planchers en bois ou panneaux dérivés du bois et 53-2 revêtements de sol plastiques collés, ainsi qu'aux prescriptions des fabricants.

Avvertissement :

Les renseignements contenus dans la présente fiche technique, sont donnés en toute bonne foi dans l'état actuel de nos connaissances. Ils n'engagent en rien la responsabilité de la société Kronofrance qui se réserve le droit de les modifier sans préavis en fonction de l'évolution des matériaux, des méthodes de calcul ou de mise en œuvre et de la réglementation.

| | | |
|--|--|---------------|
| www.kronofrance.fr | Route de Cerdon 45600 Sully Sur Loire Tél : 02 38 37 37 78 Fax : 02 38 37 37 80 assistance.technique@kronofrance.fr | Page 2 / 2 |
| | | |

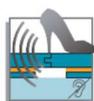


TRAMIBAND

Bande de mousse autocollante pour l'acoustique et l'étanchéité



- Désolidarisation entre les solives et le plancher bois ou les lames de parquet traditionnel, entre lambourdes et les lames de plancher
- Étanchéité sous les rails métalliques de cloison



Supprime les grincements



Faible écrasement



Facilité de pose



Isolation phonique

- Supprime les grincements
- Isole des bruits de pas sur les planchers bois
- Traite l'acoustique sous les rails de cloison
- Pose facile : déroulez, c'est posé

| | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Résistance à la compression à 30% | 30 kPa |
| Résistance à la compression à 50% | 85 kPa |
| Résistance à la compression à 70% | 190 kPa |
| Conductivité thermique | 0,035 W/mK |
| Température d'utilisation | -80 °C jusqu'à + 100 °C |
| Densité | 30 kg / m ³ |

| Code article | Désignation produit | Section | Longueur par rouleau (en m) | Conditionnement / Présentation |
|--------------|-------------------------------|---------|-----------------------------|--------------------------------|
| 2936200000 | TRAMIBAND ANT 50*3*30M C0540M | 50 x 3 | 30 | Colis de 540 m - 18 Rouleaux |
| 2936590000 | TRAMIBAND ANT 70*3*30M C0360M | 70 x 3 | 30 | Colis de 360 m - 12 Rouleaux |



TRAMIBAND

LES PRODUITS PRATIQUES

Applications

Arguments clés

Caractéristiques

Colisage

Vis de fixation des dalles de plancher

Vis plancher 4x60 :



Domaines d'application :

Pour tous types de bois et dérivés : bois massif, mélaminés, OSB, 3plis, multiplis, contreplaqués, panneaux à particules, etc.
Pour les agenceurs, poseurs, menuisiers, ébénistes, constructeurs de Maison à Ossature Bois.

Caractéristiques :

Vis en 3 parties :

Tête autofraisante avec fraiseur à facettes :

- travail propre, peu d'éclat sur la surface.

Filetage sous tête avec un \varnothing plus important et un pas différent + fût lisse :

- permet le rapprochement et le serrage optimum.

Filetage asymétrique large avec une pointe effilée :

- permet une amorce plus importante et une capacité d'ancrage dans le chant du panneau.

Empreinte AW :

- centrage optimum.

Acier zingué.

Revêtement téflon :

- pénétration rapide.