Table des matières

Résumé IV
Table des matières VI
Liste des figures XI
Liste des tableaux XIV
Liste des annexes XV
Introduction générale 16
Chapitre 1 : L'ACOUSTIQUE DU BÂTIMENT. 18
1.1 Introduction 19
1.2 Nécessité de l'isolation Acoustique des bâtiments 19
1.3 Principe généraux d'acoustique 19
1.3.1 Définition de l'acoustique 19
1.3.2 Caractéristique du son 20
1.3.3 Quelle est la différence entre le son et le bruit ? 28
1.4 Isolation acoustique des parois 29
1.4.1 Indice d'affaiblissement RW 29
1.4.2 Réverbération 29
1.4.3 La loi de masse 33
1.4.4 La loi masse-ressort-masse 33
1.4.5 La loi de l'étanchéité 33
1.4.6 Propagation du bruit 33
1.4.7 Transmission du son 35
1.4.8 LES DIFFERENTS BRUITS DANS LE BATIMENT 37
1.5 Isolation intérieure 39
1.5.1 Principe de l'isolation acoustique 39
1.5.2 Qu'est-ce que le confort acoustique ? 44
1.6 Isolation acoustique extérieur 46
1.7 Isolation intégré aux matériaux porteurs 48
1.7.1 Qu'est-ce que l'isolation phonique répartie ? 48
1.7.2 Le principe de la brique à isolation intégrée 49
1.8 Conclusion 50
Chapitre 2 : Traitement d'un bâtiment près d'une voie ferrée. 51
2.1 Introduction 52
2.2 Présentation de la société² 52

2.3 Etude détaillée d'impact vibratoire d'un bâtiment 54
2.3.1 Problématique des vibrations dans le bâtiment 54
2.4 Solutions utilisées pour l'isolation de la structure d'un bâtiment 56
2.5 Etude de cas : PROJET DE CONSTRUCTION DE LOGEMENTS AU 16- 20 AVENUE DE LA DEFENSE DU BOURGET AU BLANC-MESNIL (93) 57
2.5.1 Objet 57
2.5.2 Présentation du site 57
2.5.3 Les indicateurs de vibrations 58
2.5.4 Exposition des individus – perception tactile des vibrations 59
2.5.5 Exposition des individus – perception auditive des vibrations 59
2.5.6 Objectifs spécifiques au projet 61
2.6 Etude d'impact vibratoire 62
2.6.1 Méthodologie générale de l'étude d'impact 62
2.6.2 Données d'entrée 63
2.6.3 Evaluation du risque vibratoire dans les futurs bâtiments 65
2.6.4 Evaluation du risque de perception du bruit solidien dans les futurs bâtiments 66
2.6.5 Traitement anti-vibratiles 67
2.6.6 Résultats de calculs << Projet sans traitement >> 68
2.7 Analyse des résultats 73
2.8 Description des matériaux CDM utilisés pour ce projet 75
2.8.1 Description du matériau CDM-SEB 75
2.8.2 Description du matériau CDM-VHS 76
2.8.3 CDM 83-Fiche technique matériaux 77
2.9 Calculs nécessaires au dimensionnement des matériaux 77
2.10 Photos du chantier 78
2.11 Conclusion 79
Chapitre 3 : Traitement d'une SALLE DE FITNESS BASIC FIT. 81
3.1 Introduction 82
3.2 Plancher flottant 82
3.3 Les trois fonctions d'un plancher flottant. 82
3.3.1 Construction typique d'un plancher flottant 83
3.3.2 Les isolants résilients élastomères 84
3.4 Etude de cas : Traitement d'une SALLE DE SPORT BASIC FIT. 84
3.4.1 Objet. 84
3.4.2 Présentation du site 86
3.4.3 Résultats en situation réelle dans un logement mitoyen 88

3.4.4 Résultats avec lâchers de poids 90
3.5 Mesures après travaux –Bruits équipements 95
3.5.1 Bruits d'équipement émis vers l'extérieur 95
3.6 Analyse des résultats 97
3.7 Description des produits CDM utilisés pour ce projet 98
3.7.1 Description du produit CDM-GYM-HP 98
3.7.2 Description du produit CDM-GYM-XP 101
3.7.3 Sous couches amortissantes MTX 104
3.8 Calculs nécessaires au dimensionnement des matériaux 105
3.9 Conclusion 107
Conclusion générale 108
Références Bibliographies 110

Listes des ACRONYMES ET SYMBOLES

Acronymes :

T : Transmission du son

TD : Transmission directe

TL : Transmission latérale

Symboles :

Λ : Longueur d'onde

Δ : Amélioration

ΔR : Indice d'affaiblissement acoustique par un doublage

ΔL : Réduction du bruit de choc par la pose d'un revêtement de sol sur un plancher

Π : Pi

Hz : Hertz

M : Mètre

S : Seconde

dB : Décibel

C : Célérité ou vitesse de la lumière

F : Fréquence

T : Période

I : Intensité acoustique

W : Watt

Lw : Puissance acoustique

Lp : Pression acoustique

PA : Pascal

Rw : Indice d'affaiblissement

Aw : Coefficient d'absorption

Tr : Durée de réverbération

V **:** Volume du local considéré en m3

A **:** Aire d'absorption équivalente

Si **:** Surface des différents matériaux observés dans le local en m2

Stot **:** Surface totale des parois en m2

dBv : Décibel vibratoire

dB(A) : Décibel pondéré

αw : Indice d'absorption acoustique pondéré

RA : Indice d'affaiblissement acoustique pondéré

D : Symbole d'un isolement

Dnt : Isolement standardisé

L : Symbole d'un niveau acoustique exprimé en décibels.

LAeq,t : Niveau acoustique équivalent

LnT. : Niveau de bruit de choc standardisé

Ln : Niveau de bruit de choc normalisé

W : Pondéré

Liste des figures

CHAPITRE 1 **N° de Page**

Figure 1-1 : Ondes sonores perceptibles par l'homme. ---------- 20
Figure 1-2 : Variation de la vitesse du son par rapport au milieu. ---------- 21
Figure 1-3 : Comparaison du niveau de puissance acoustique et de la puissance acoustique. ---------- 23
Figure 1-4 : Comparaison du niveau de puissance acoustique et de la puissance acoustique. ---------- 24
Figure 1-5 : Différence entre puissance et pression acoustique. ---------- 25
Figure 1-6 : Echelle des décibels (dB) ---------- 26
Figure 1-7 : Représentation fréquentielle en octave (1/1) et en tiers d'octave (1/3). 27
Figure 1-8 : L'effet de masquage ---------- 27
Figure 1-9 : Addition des niveaux sonores ---------- 28
Figure 1-10 : Réverbération d'une onde sonore. ---------- 30
Figure 1-11 : Temps de réverbération par type de pièce. ---------- 31
Figure 1-12 : Cas d'une source sonore ponctuelle (usine, discothèque,…) ---------- 34
Figure 1-13 : Cas d'une source linéaire (infrastructures routières et ferroviaires) ---- 34
Figure 1-14 : Transmission du son dans un local ---------- 36
Figure 1-15 : Transmission des ondes sonores dans un local ---------- 40
Figure 1-16 : Fenêtres en verre contenant des films (PVB ou polybutyral) ---------- 42
Figure 1-17 : Porte pleine très bien isolée ---------- 43
Figure 1-18 : Différence entre isolation et correction acoustique. ---------- 45
Figure 1-19 : Différence entre isolation et correction acoustique. ---------- 45

CHAPTRE 2 **N° de page**

Figure 2-1 : Quelques projets réalisés par CDM ---------- 53
Figure 2-2 : Vibration continues : sans interruption. ---------- 54
Figure 2-3 : Vibration continues : sans interruption. ---------- 55
Figure 2-4 : Vibration intermittentes ---------- 55

Figure 2-5 : Emprise du projet et son positionnement par rapport à la source vibratoire---------- 58

Figure 2-6 : Seuil en fréquence de risque de plaintes relatives à la perception auditive du bruit solidien Niveau acoustique non pondéré en dB ---------- 61

Figure 2-7 : Seuil en fréquence de risque de plaintes relatives à la perception auditive du bruit solidien Niveau acoustique non pondéré en dB ---------- 62

Figure 2-8 : Spectre de densité de force, fournis par SGP sur radier issu des essais à 60 km/h pour un métro souterrain de grande capacité et une voie anti-vibratile courante ----- 63

Figure 2-9 : Bâtiments A et B : exemple de cartographie du comportement vibratoire à 100Hz. ---------- 66

Figure 2-10 : Zone de coupure pour mise en place de traitements anti-vibratiles. --- 68

Figure 2-11 : Niveaux vibratoires en milieu de plancher (à gauche) et niveaux de bruit solidien non pondérés (à droite) maximaux par étage. ---------- 69

Figure 2-12 : Visualisation de la réponse du bâtiment A à 70 Hz et exemple de mode à éviter ---------- 69

Figure 2-13 : Niveaux vibratoires en milieu de plancher (à gauche) et niveaux de bruit solidien non pondérés (à droite) maximaux par étage. ---------- 70

Figure 2-14 : Niveaux vibratoires en milieu de plancher (à gauche) et niveaux de bruit solidien non pondérés (à droite) maximaux par étage. ---------- 72

Figure 2-15 : Exemple de portée de dalle trop importante ---------- 73

Figure 2-16 : CDM-SEB---------- 76

Figure 2-17 : CDM-VHS ---------- 77

Figure 2-18 : Image montrant les bâtiments en construction. ---------- 78

Figure 2-19 : Plot CDM-VHS et CDM-SEB sur chantier.---------- 79

CHAPTRE 3 **N° de page**

Figure 3-1 : Construction typique d'un plancher flottant.---------- 83

Figure 3-2 : Plan d'aménagement du club au RDC ----------Bat 1, 2 et 3 : habitations superposées et impactées 85

Figure 3-3 : Les zones avec risques de lâchers de poids. ---------- 86

Figure 3-4 : sous couches amortissantes MTX 25/7 et MTA20 (en 2xMTA10).--------- 86

Figure 3-5 : sous couches amortissante ---------- 87

Rapport-Gratuit.com

Figure 3-6 : Racks comprimant au maximum les joints périphériques. ---------- 87
Figure 3-7 : Mesures réalisées au point 1, dans une chambre de l'appartement de Mme KANOUTE ---------- 88
Figure 3-8 : Evolution temporelle au point 1 – Après travaux ---------- 89
Figure 3-9 : Evolution temporelle au point 1 – Avant travaux (pour mémoire – même emplacement) ---------- 89
Figure 3-10 : Les deux types de lâchers de poids. ---------- 91
Figure 3-11 : Résultats avec lâchers de 25 KG ---------- 92
Figure 3-12 : Résultats avec lâchers de 80 KG. ---------- 93
Figure 3-13 : relevé les bruits d'équipements émis vers le voisinage ---------- 95
Figure 3-14 : Evolution temporelle pour bruits d'équipements émis vers le voisinage ---------- 96
Figure 3-15 : CDM-GYM HP ---------- 98
Figure 3-16 : Résultat acoustique pour CDM-GYM ---------- 100
Figure 3-17 : Isolation acoustique avec CDM-GYM HP ---------- 100
Figure 3-18 : Montage typique d'un CDM-GYM HP ---------- 101
Figure 3-19 : Produit CDM-GYM XP ---------- 101
Figure 3-20 : Produit CDM-GYM XP ---------- 103
Figure 3-21 : Isolation acoustique avec CDM-GYM XP ---------- 103
Figure 3-22 : Isolation acoustique avec CDM-GYM XP ---------- 104
Figure 3-23 : Sous couches amortissantes MTX ---------- 104
Figure 3-24 : Résultats acoustique pour la sous couches amortissante MTX --------- 104

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Liste des tableaux

CHAPITRE 1 **N° de page**

Tableau 1-1 : Addition de plusieurs bruits en dB ---------- 28

Tableau 1-2 : Coefficient d'absorption en fonction des matériaux. ---------- 29

CHAPITRE 2 **N° de page**

Tableau 2-1 : Définition des seuils de perception tactile ---------- 59

Tableau 2-2 : Définition des seuils de perception auditive ---------- 60

Tableau 2-3 : Seuil de risque de perception auditive et tactile des vibrations en dB ---------- 61

Tableau 2-4 : Les propriétés mécaniques des couches de sol déterminées. ---------- 64

Tableau 2-5 : Résultats de calculs pour le bâtiment A ---------- 69

Tableau 2-6 : Résultats de calculs pour le bâtiment B ---------- 71

Tableau 2-7 : Résultats de calculs pour le bâtiment C ---------- 72

Tableau 2-8 : L'ensemble des résultats pour les bâtiments A, B et C ---------- 74

CHAPITRE 3 **N° de page**

Tableau 3-1 : émergences suivantes à respecter par bandes d'octaves ---------- 91

Tableau 3-2 : Résultats au R+1 pour les lâchers de 25 KG. ---------- 92

Tableau 3-3 : Résultats au R+1 pour les lâchers de 80 KG. ---------- 94

Tableau 3-4 : les émergences au point 2 en période diurne avec CTA et VMC ---------- 96

Tableau 3-5 : les émergences mesurées AVANT TRAVAUX ---------- 96

Tableau 3-6 : TABLEAU DESCENTE DES CHARGES ---------- 106

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Liste des annexes

Annexe 1 : FICHE TECHNIQUE MATERIAU : CDM-82

Annexe 2 : FICHE TECHNIQUE MATERIAU : CDM-80

Annexe 3 : FICHE TECHNIQUE MATERIAU : CDM-83

Annexe 4 : FICHE TECHNIQUE MATERIAU : CDM-17

Annexe 5 : FICHE TECHNIQUE MATERIAU : CDM-MTA

Annexe 6 : FICHE TECHNIQUE MATERIAU : CDM-MTX

Introduction générale

Les nuisances sonores telles que le bruit du transport, le bruit des habitations et le bruit des équipements sont la source des désagréments, qui vont de la dégradation de la qualité de vie à l'impact direct sur la santé des riverains. Surtout en plein nuit, car cela réduira la qualité du sommeil.

Les infrastructures de transports ferroviaires posent problème et engendrent des nuisances pour les riverains exposés et les vibrations font l'objet de nombreuses plaintes.

Vibrations générées par les trains, salle de fitness liée aux bruits basse fréquences et touchent certains logements et habitants.

Les bruits de basses fréquences sont des sons graves, par opposition aux sons aigus. Leur fréquence est généralement comprise entre 20 et 100 Hertz (Hz). Ces bruits peuvent être générés naturellement, tel que le tonnerre d'un orage ou un tremblement de terre, liés aux transports ferroviaires, par exemple, qui produisent des vibrations en basses fréquences, ou encore émis par des équipements tels que des transformateurs ou des ascenseurs.

On entend les basses fréquences dans toutes les constructions, s'il s'agit d'un immeuble ou une maison, mais aussi quels que soient les types de structures : béton, bois, etc.

La diminution des nuisances sonores est possible grâce à l'isolation phonique du bâtiment. Il existe de nombreux moyens pour isoler un logement. Selon la nature du bruit, certains bruits conviennent mieux que d'autres. Par conséquent, il est important de déterminer s'il s'agit de bruit aérien ou de bruit d'impact. L'isolant va permettre l'atténuation de la gêne grâce à l'absorption des bruits pour un meilleur confort acoustique. L'objectif étant de chercher la fréquence de coupure très basse qui est de l'ordre de 8 à 12 Hz.

Dimensionner les matériaux choisis en fonction de la charge et de la fréquence de résonance.

Parmi les problèmes les plus fréquemment rencontrés, on distingue :

-Comprendre pourquoi les sons à basse fréquence sont-ils particulièrement désagréables ?

-Le dérangement subjectif pour les personnes : la gêne acoustique reste connue mais celle engendré par des vibrations dans les bâtiments reste très complexe.

-Risque d'endommagement du bâtiment, à savoir les fissures.

Pour atteindre cet objectif, le manuscrit est composé de trois chapitres :

Le premier Chapitre, concerne les notions liés à acoustique tel que les définitions du son, fréquence, bruit, pression acoustique…

Ensuite faudra connaitre les principes d'isolation acoustique du bâtiment, matériaux à choisir, pour permettre de comprendre et résoudre les problèmes d'isolation pour ce projet.

Le deuxième chapitre est dédié au traitement d'un bâtiment près d'une voie ferrée, Il s'agit d'une étude de cas pour la construction de plusieurs bâtiments situés au-dessus de la future ligne de métro.

Finalement, le troisième chapitre est consacré au traitement d'une salle de sport en activité.

Ce club est inséré au RDC d'un bâtiment récent en structure béton. Des logements sont situés aux étages et sont impactés.

Une conclusion générale et des perspectives sont présentées à la fin de ce mémoire.

Chapitre 1 :

L’ACOUSTIQUE DU BÂTIMENT

1.1 Introduction

L’amélioration du confort acoustique dans le bâtiment est souvent considérée comme un sujet complexe.

Tout d’abord on doit connaitre les bases de l’acoustique du bâtiment, ensuite maitriser les différents phénomènes indices acoustique et solution techniques, et enfin comprendre et appliquer la réglementation.

Ces quelques définitions permettent de mieux appréhender les valeurs et unités utilisées pour caractériser les produits, systèmes et exigences réglementaires.

1.2 Nécessité de l'isolation Acoustique des bâtiments

Notre milieu de vie devient de plus en plus bruyant. Au-delà de protéger les bâtiments des sources de bruits externes, il est également nécessaire de protéger aussi des bruits internes car les activités des occupants d’un bâtiment étant de plus en plus perçues comme une nuisance perturbant le bien-être des résidents et suscitant des plaintes.[1]

1.3 Principe généraux d'acoustique

1.3.1 Définition de l’acoustique

C'est le domaine de la physique qui étudie le son, donc tout phénomène sonore implique des phénomènes ondulatoires et des mécanismes vibratoires. [2]

Il s'agit de l'étude des phénomènes qui affectent l'audition, ces phénomènes sont appelés «bruit» ou son.[2]

1. Définition du son :

Le son est une sensation auditive, consistant à une variation de pression, cette variation de pression est sinusoïdale. Le son donc est un phénomène physique d'origine mécanique.[3]

Tout objet susceptible de vibrer peut produire un son créant ainsi une onde sonore longitudinale produite par une vibration des molécules qui se transmet de proche en proche autour de leur position d'équilibre et qui se propage à la suite de la perturbation du milieu. Le son ne se propage pas dans le vide : il

faut de la matière pour que sa vibration puisse se propager en ondes sonores. ... Dans les fluides, l'onde sonore est longitudinale, c'est-à-dire que les particules vibrent parallèlement à la direction de déplacement de l'onde. Il peut par contre se propager dans les liquides ou les solides, le son est ensuite perçu par des récepteurs situés dans l'oreille (humaine ou animale) puis transmise au cerveau et déchiffrée par celui-ci.[3]

La fréquence du son se mesure et s'exprime en hertz (Hz). Son intensité, quant à elle, s'exprime en décibels.[3]

1.3.2 Caractéristique du son

Le son se caractérise par :

1. **Fréquence :**

Nombre de fluctuation de pression d'air par seconde, elle est exprimée en hertz (HZ)

1 Hertz correspond à une vibration par seconde, 2 hertz, 2 vibrations, ainsi de suite... 10 hertz 10 vibrations. [4]

Plus la fréquence est faible plus le son est grave, plus elle est élevée plus le son est aigue.[4]

Les fréquences entre 20 et 20.000 Hz sont celles que l'oreille humaine peut entendre. En dessous, ce sont les infra-sons, au-delà, les ultra-sons, tous deux inaudibles pour l'homme.[4]

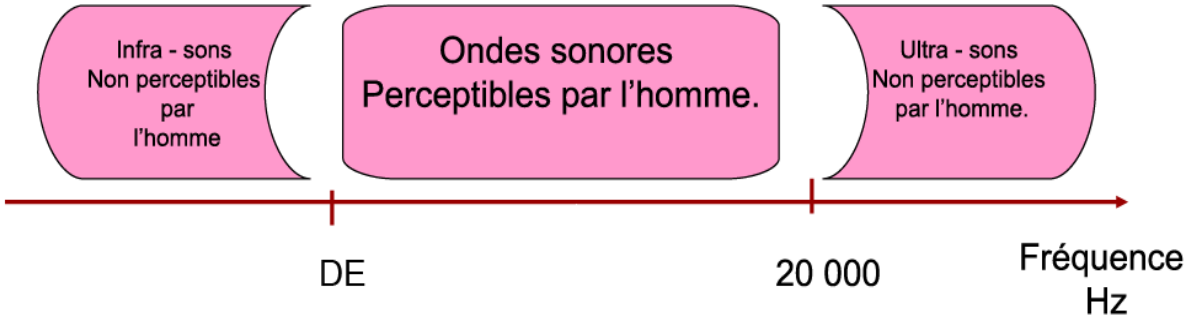


Figure 1-1 : Ondes sonores perceptibles par l'homme. [4]

2. **La célérité :**

Les ondes sonores se propagent à 340 m/s dans l'air, 1500 m/s dans l'eau et à des vitesses plus élevées dans des matériaux plus denses (3500 m/s dans l'os, jusqu'à 6000 SP). M / s d'acier !). [5]

Par exemple : si la source sonore est placée sous la cloche, nous entendrons le son. Par ailleurs, si on crée un vide sous la cloche, le son est rompu car il n'y a plus de molécules pour le véhiculer. D'autres facteurs tels que l'humidité et la température peuvent également affecter la vitesse de propagation des ondes.[5]

Milieu	Vitesse (m/s)
Vide	0
Air	340
Plomb	1300
Eau	1500
Tissu mou	1540
Os	3000
Béton	3100
Glace	3200
Granit	3950
Acier	5050
Bois	5100
Verre	5400
Aluminium	6400
Péridotite	7700

Figure 1-2 : Variation de la vitesse du son par rapport au milieu.[5]

3. La durée :

La durée dépend du temps pendant lequel le milieu est perturbé. L'unité utilisée est la seconde.[5]

4. Niveau sonore :

Le niveau sonore est l'amplitude du son, exprimé en décibel (DB). L'oreille humaine perçoit des sons de 0 à 130 dB, c'est le seuil de la douleur.[5]

L'amplitude et le son ont une relation directe, plus l'amplitude est faible, plus le son est faible et inversement.[4]

5. La longueur d'onde :

La longueur d'onde est la distance séparant deux molécules consécutives dans le même état de vibration (même pression et vitesse du son), ou la distance parcourue par l'onde dans une période.[6]

Dans un milieu donné, la fréquence et la longueur d'onde sont liées par la formule suivante :

$$\mathbf{1\text{-}1}\ \boldsymbol{\lambda} = \frac{\boldsymbol{c}}{\boldsymbol{f}} = \boldsymbol{c} * \boldsymbol{T}$$

Où λ est la longueur d'onde en mètres (m), et la célérité de propagation de l'onde en mètre par seconde (m.s-1),

f la fréquence (Hz)

Et T la période (s).

Plus la longueur d'onde est grande, plus la fréquence est basse. Inversement, plus elle est faible, plus la fréquence est élevée.[6]

6. Intensité acoustique :

L'intensité est similaire au niveau sonore : plus le décibel est élevé, plus le son est "fort". Par conséquent, l'oreille percevra un son de 20 dB (chuchotement), subira des dommages de 90 dB (moto, marteau-piqueur) et atteindra le seuil de douleur de 120 dB (moteur d'avion).[7]

L'intensité est calculée à l'aide d'un sonomètre G.[7]

7. Niveaux d'intensité acoustique :

La source se caractérise par sa puissance acoustique (noté W).[7]

L'énergie de l'onde acoustique produite est caractérisée par l'intensité acoustique (notée I, unité W / m2).[7]

$$\boldsymbol{I} = \frac{\boldsymbol{w}}{\boldsymbol{s}} = \frac{\boldsymbol{w}}{\boldsymbol{4\pi r^2}} \quad (\mathbf{1\text{-}2})$$

Le niveau d'intensité acoustique permet de prendre en compte la variation de la sensation auditive avec l'intensité, il se d´définit comme :

$$\mathbf{LI = 10 \times \log\left(\frac{I}{10-12}\right)} \quad (\mathbf{1\text{-}3})$$

La source se caractérise par son niveau de puissance :

$$\mathbf{LW = 10 \times \log\left(\frac{w}{10-12}\right)} \quad (\mathbf{1\text{-}4})$$

8. Puissance acoustique LW :

C'est la puissance émise et identique pour chaque source sonore (machine, haut-parleur…), elle est exprimée en (WATTS).[7]

Cette puissance est transmise sous forme de bruit aérien au milieu environnant. C'est-à-dire la quantité d'énergie transférée par seconde de la source de bruit à l'air.[7]

Rapport-Gratuit.com

Tout comme la pression acoustique, la puissance acoustique (en W) est habituellement exprimée sous forme d'un niveau de puissance acoustique en dB. La figure suivante illustre des exemples de calcul de niveau de puissance acoustique.[7]

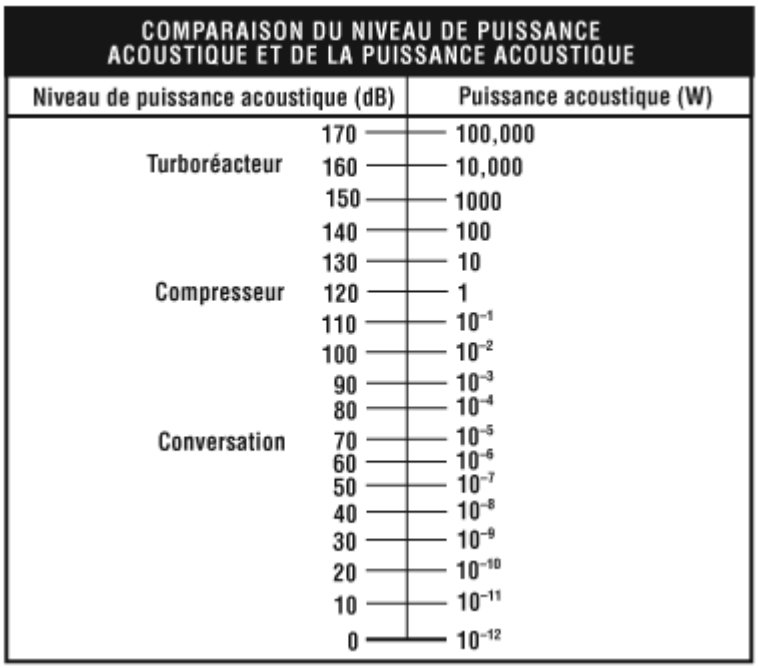


Figure 1-3 : Comparaison du niveau de puissance acoustique et de la puissance acoustique.[7]

9. Pression acoustique LP :

C'est la variation de pression de l'air produite par une source de bruit. La pression acoustique dépend de l'environnement dans lequel la source est placée et de la distance ou la personne se trouve.[7]

Un son perçu dans une salle de bain n'est pas le même que dans un terrain de foot, la perception de l'intensité change, en général plus on s'éloigne plus le son s'affaiblit.[7]

Les surfaces dures peuvent également influencer la perception du son en le réfléchissant La pression acoustique s'exprime en PA.[7]

Une jeune personne en bonne santé peut percevoir des pressions acoustiques aussi faibles que 0,00002 Pa, par conséquent, les sons courants que nous entendons ont des pressions acoustiques couvrant une gamme étendue (0,00002 Pa à 20 Pa).[4]

10. Niveau de pression acoustique :

Comme il est difficile de calculer et de traiter les niveaux de pression acoustique en raison de large plage de valeur, ils se situent entre 0,00002 Pa à 20 Pa. Afin de simplifier le résultat, le décibel est utilisé I.[7]

Le terme décibel a été choisi en l'honneur d'Alexander Graham Bell, le Canadien qui a inventé le téléphone et qui s'est grandement intéressé aux difficultés des personnes En déficience auditive ou en perte d'audition La figure suivante décrit une comparaison entre les pressions acoustiques (PA) et le niveau de pression acoustique exprimé en décibel (DB).

Figure 1-4 : Comparaison du niveau de puissance acoustique et du niveau de pression acoustique[7]

11. Différence entre puissance et pression acoustique :

Le niveau de puissance acoustique est propre à chaque source sonore, c'est la signature acoustique de l'équipement, tandis que le niveau de la pression acoustique varie en fonction de l'emplacement de la source sonore et des caractéristiques de réverbération de la pièce.[8]

Plus on s'éloigne de la source, plus le niveau de pression sonore diminue, et plus on est dans une petite salle plus le niveau de pression acoustique est élevé et dépend également de l'indice d'absorption de la paroi.[8]

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

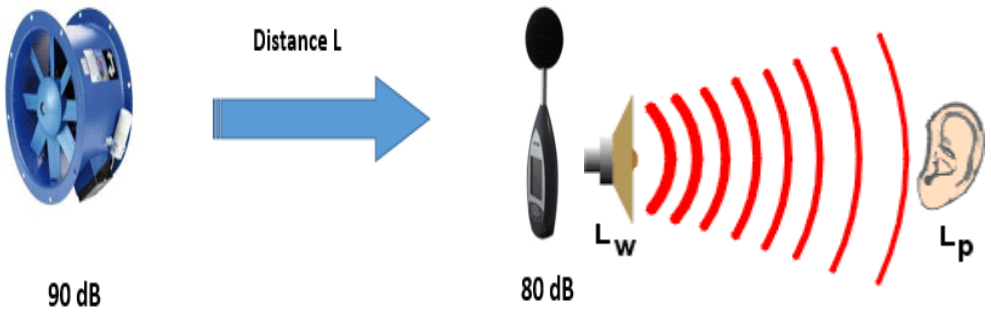


Figure 1-5 : Différence entre puissance et pression acoustique.[8]

12. LE DECIBEL (dB) :

Le décibel (dB) est une unité utilisée pour mesurer l'intensité des sons et celle d'autres grandeurs physiques. Un décibel équivaut à un dixième de bel (B). [9]

Nous mesurons l'intensité sonore (également appelée puissance sonore ou pression acoustique) en décibels. Le décibel (dB) porte le nom d'Alexander Graham Bell, l'inventeur du téléphone et de l'audiomètre. Un audiomètre est un appareil utilisé pour mesurer la capacité d'une personne à entendre certains sons.[7]

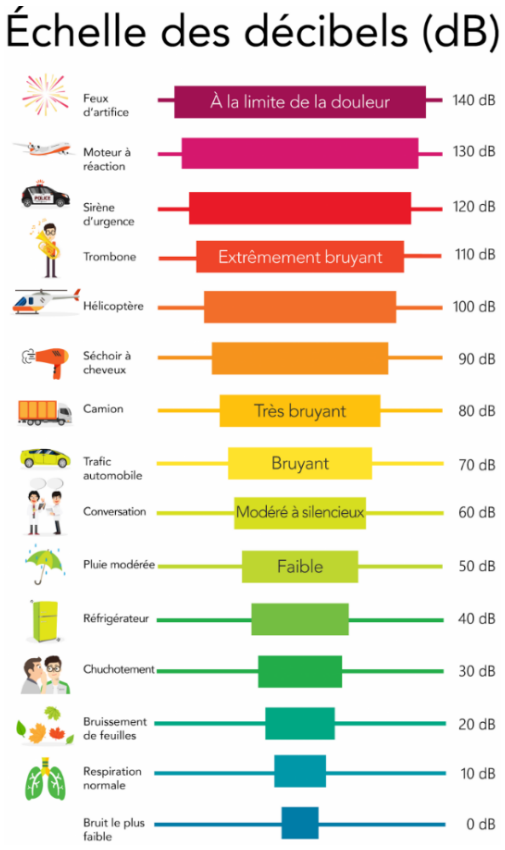


Figure 1-6 : Echelle des décibels (dB) [9]

13. Bande d'octave et tiers d'octave sur un sonomètre :

Quand on veut obtenir des informations sur un son complexe, la gamme de produit de 20 à 20.000 Hz peut être divisée en bandes grâce à un sonomètre. Ces bandes ont une largeur d'une octave ou d'un tiers d'octave.[10]

Une bande d'octave est une bande de fréquence où celle la plus élevée correspond à deux fois la fréquence la plus basse. [10]

Par exemple, un filtre par octave avec une fréquence centrale de 1kHz a une basse fréquence de 707Hz et une haute fréquence de 1,414 kHz. Les fréquences en dessous et au-dessus de ces limites sont rejetées. Un tiers d'octave a une largeur correspondant à 1/3 de la largeur d'une bande d'octave. [10]

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

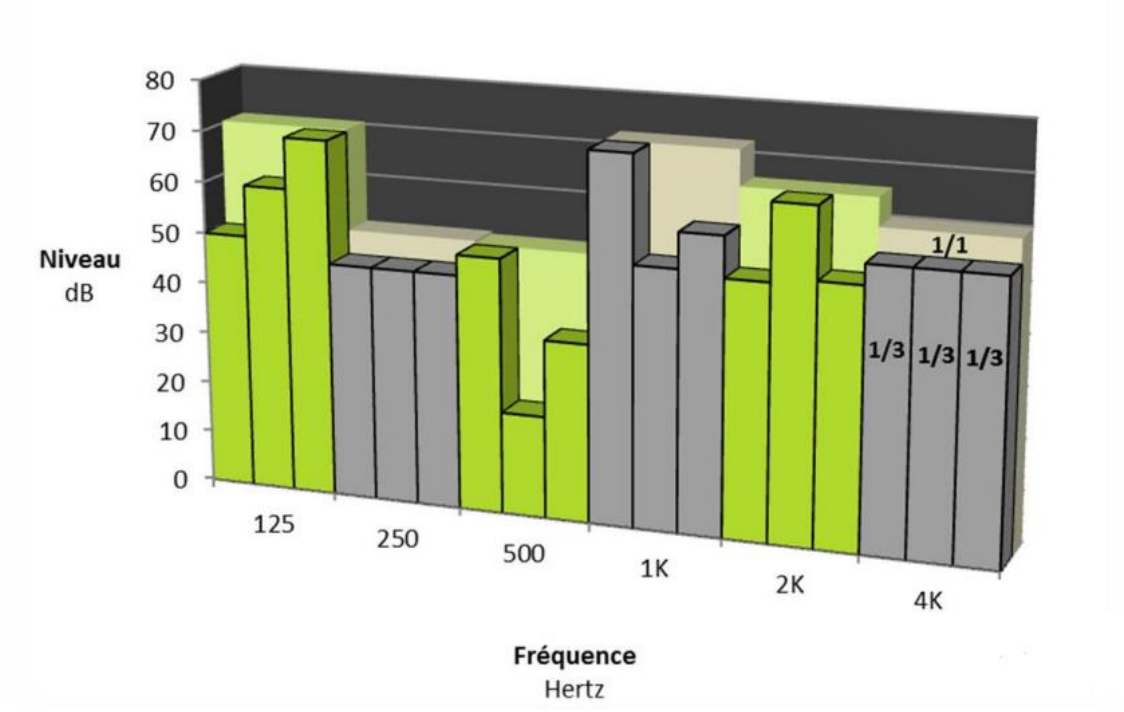


Figure 1-7 : Représentation fréquentielle en octave (1/1) et en tiers d'octave (1/3). [10]

14. Addition des niveaux de bruits :

Plusieurs niveaux de son sont généralement composés entre eux. Ils ne s'additionnent pas linéairement. (75 dB) + (75 dB) ne donnera pas 150 mais 78 décibels. [11]

Si la différence de niveau de bruit est supérieure à 10 dB, le plus grand bruit masquera le bruit le plus faible. Quand un son est inaudible par un autre, c'est l'effet de "masquage".[11]

Figure 1-8 : L'effet de masquage. [11]

Si les niveaux de bruit sont similaires, l'évaluation du niveau de bruit résultant se fait par addition au niveau de bruit le plus fort d'une valeur donnée dans le tableau suivant :

Tableau 1-1 : Addition de plusieurs bruits en dBN. [11]

Différence entre 2 niveaux de bruits en dB	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ajout de dB	3	2.5	2.1	1.8	1.5	1.2	1	0.8	0.6	0.5	0.4

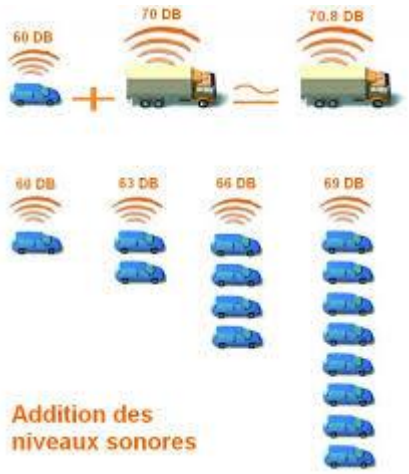


Figure 1-9 : Addition des niveaux sonores. [11]

1.3.3 Quelle est la différence entre le son et le bruit ?

Si on imagine qu'on est en train d'étudier dans la salle. Dehors, le chien du voisin n'arrête pas d'aboyer. Il est difficile de se concentrer sur la prise de notes. Après un certain temps, cela commence à devenir gênant. On peut considérer cet aboiement comme du bruit. Qui est dérangeant.[12]

Scientifiquement parlant, le son et le bruit sont techniquement les mêmes - ce sont des vibrations dans l'air (ou l'eau) que nous captons avec nos oreilles. Plus l'onde (amplitude) est grande, plus la vibration est forte et plus le son est fort. Cependant, le son fait référence au son que nous entendons habituellement. Le bruit est ce que nous entendons, mais il n'a pas besoin d'être entendu. [12]

1.4 Isolation acoustique des parois

1.4.1 Indice d'affaiblissement RW

L'indice d'affaiblissement Rw représente le niveau d'insonorisation des murs ou des matériaux isolants (en dB).[13]

Par exemple, lorsque 65 dB de son sont émis dans une pièce et que l'indice Rw du mur est de 35 dB, la perception dans la pièce voisine sera de 30 dB. [13]

Si on souhaite simplement éviter la réverbération du bruit, on doit recouvrir le mur d'une couche de matériau très absorbant (le coefficient d'absorption alpha est proche de 1 et le coefficient de réflexion de surface R est proche de 0). [13]

Par exemple, en termes de bruit aérien, l'indice d'affaiblissement de bruit Rw (C, Ctr) représente la quantité de bruit neutralisé par les murs du bâtiment (murs, sols, sols, plafonds, fenêtres, portes, etc.). Il est mesuré en laboratoire et ne considère que la propagation directe du bruit (propagation à travers le mur sans tenir compte de la propagation à travers les parois latérales). Plus le Rw est grand, plus l'isolation du mur est meilleure.[14]

Tableau 1-2 : Coefficient d'absorption en fonction des matériaux. [14]

Matériau	αw	Matériau	αw
Béton	0,04	Bois peint	0,05
Plâtre	0,05	Briques peinte	0,01
Marbre	0,1	Briques brutes	0,04
parquet	0,11	vitre	0,02
Surface occupée par des spectateurs assis	0,74	Tôle perforée sur laine minérale d'épaisseur 30 mm	0,33

1.4.2 Réverbération

Le son est ce que l'oreille ressent de cette fluctuation. Si l'onde générée par la source sonore passe directement à travers le support pour atteindre le public, alors on dira son direct ou son sec. Cependant, dans la plupart des cas, l'onde sonore ne se propage pas directement vers le public, en fait elle sera réfléchie par

différents murs (murs, sols, plafonds, objets, etc.). Ce phénomène est appelé écho. De plus, si les ondes sonores sont réfléchies plusieurs fois, nous parlerons de réverbération avant d'atteindre les oreilles. Une partie de l'énergie sonore est absorbée et le reste est réfléchi.[15]

Les ondes sonores émises à l'intérieur se propagent dans toutes les directions à une vitesse de

340 m / s.E

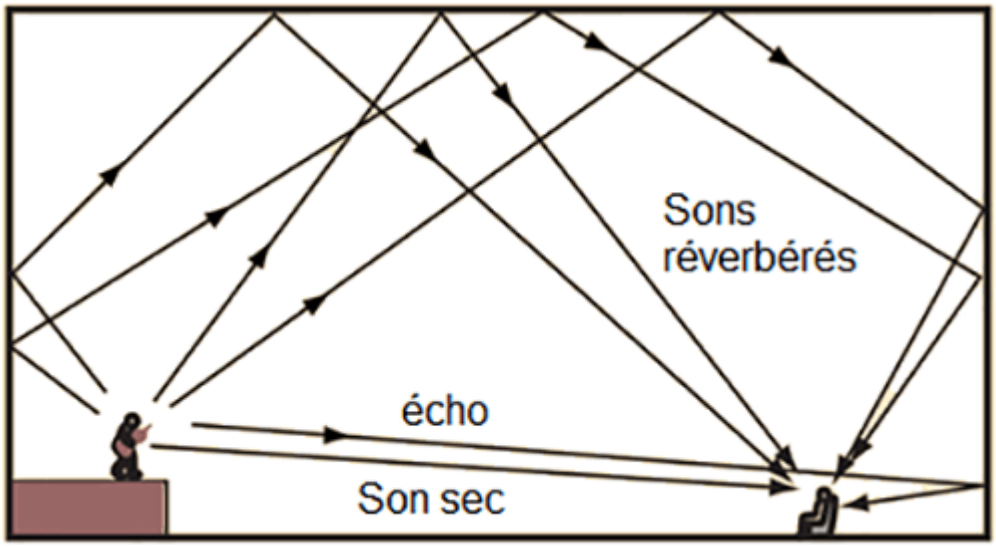


Figure 1-10 : Réverbération d'une onde sonore. [15]

1. Réverbération d'une salle :

Généralement, l'absorption est plus faible pour les sons graves (il faut beaucoup de masse pour atténuer les graves, et un morceau de tissu comme des ailes suffit pour les aigus). [15]

Plus la salle est réverbérante, plus le niveau sonore des sons réfléchis est élevé par rapport à celui provenant de la source. Plus près de la source sonore (par exemple, les haut-parleurs), le son direct domine, tandis que plus loin, le son réfléchi le devient. Le champ sonore se propage alors, avec une intelligibilité médiocre ou mauvaise. [15]

Dans une petite pièce, la différence de temps entre l'onde directe et l'onde réfléchie est très faible et la compréhension de la parole ne sera pas affectée. En revanche, dans une grande pièce, ce décalage horaire peut être important. [15]

2. La réverbération et la parole :

La réverbération n'est pas toujours souhaitée pour un orateur, sauf effets spéciaux. Elle doit être courte pour avoir une bonne compréhension du texte, au maximum 0,8 seconde. Au-delà, les syllabes se chevauchent et l'intelligibilité est réduite.[16]

3. La durée de Réverbération Tr :

Le temps de réverbération de la pièce Tr également appelé T60, va permettre à caractériser la réverbération et il est exprimé en secondes.[17]

Ceci est défini comme le temps nécessaire à une interruption soudaine du son pour diminuer de 60 dB (A). [17]

Il peut également être calculé sur la base de la formule Sabine et des caractéristiques d'absorption des matériaux α. [17]

Formule de Sabine :

$$\mathbf{T60 = 0{,}161 * \left(\frac{V}{A}\right)} \quad (1\text{-}5)$$

Avec :

V : volume du local considéré en m3

A : Aire d'absorption équivalente A= ∑ (αi*si)

Avec **αsi :** coefficient d'absorption relative à la surface Si

Si : surface des différents matériaux observés dans le local en m2

Stot : surface totale des parois en m2

Type de pièce	Temps de réverbération en secondes
Grand bureau	0.4–0.6
Classe scolaire	0.5–0.7
Bureau	0.6–1.0
Restaurant, pièce de séjour	0.6–1.0
Salle de conférence	0.9–1.2
Nef (église)	1.5–3.0

Figure 1-11 : Temps de réverbération par type de pièce. [17]

Attention, la formule de Sabine n'est pas toujours applicable pour les grands volumes.

- **Cas pratique : comment calculer le Temps de Réverbération (T60) ?**

On suppose qu'on doit devoir investir dans un local ou la résonance excessive qui crée une confusion généralisée.

❖ **Le plan du local est constitué comme suit :**

-20 x 8 mètres et une hauteur de 4 mètres.

-un volume total de 640 mètres cube.

-160 mètres carrés de sol, 160 mètres carrés de plafonds et 224 mètres carrés de parois.

❖ **Matériaux utilisés :**

Sol en grès porcelaine, matériau très résistant généralement indiqué pour les sols dans les espaces publics, mais qui est acoustiquement très réfléchissant.

Coefficient d'absorption α = 0,02

Murs et le plafond sont revêtus d'un enduit au plâtre et peints

α = 0,05

Pour faciliter le calcul, nous n'avons pris en compte aucune surface en verre (elles sont également très réfléchissantes).

La première étape consiste à déterminer le temps de réverbération actuel (T60) en utilisant la formule de Sabine :

T60 = 0,161 x (V/A)

Avec V = 640 m3

Et A = (sol : 160 m2 * 0,02) + (plafond : 160 m2 * 0,05) + (murs : 224 m2 x 0,05) =22,4

Nous obtenons alors un T60 égal à 4,6 secondes

Nous voulons réduire le temps de réverbération de 4,6 secondes actuelles à 1 / 1,2 seconde, ce que nous pensons être une valeur de qualité. Ensuite, nous allons essayer d'installer environ 90 mètres carrés de matériau phono-absorbants au plafond et au mur, avec un coefficient d'absorption acoustique α = 0,8 : Maintenant, nous recalculons la surface d'absorption acoustique équivalente :

A = 22,4 + (90 * 0,8) = 94,4

Appliquons à nouveau la Formule de Sabine en utilisant l'aire équivalente d'absorption acoustique A que nous venons de calculer

T60 = 0,161 * (640/94,4) = 1,09 secondes.

Rapport-Gratuit.com

On obtient donc un T60 de 1,09 seconde, ce qui correspond à l'objectif fixé, dans le but d'améliorer le confort sonore de la pièce.

Bref, en installant 90 mètres carrés de panneaux phono-absorbants avec un coefficient α = 0,8, nous avons réduit le temps de réverbération de 4,6 secondes à 1

1.4.3 La loi de masse

La loi de masse stipule que plus le matériau est dense, plus la capacité d'atténuer les ondes sonores est grande. Par conséquent, un seul mur de béton empêchera mieux les bruits aériens qu'un mur de même épaisseur constitué, par exemple, de briques creuses ou de briques de plâtre. Dans le cadre de l'isolation phonique de la maison, en doublant l'épaisseur d'une telle paroi, la nuisance sonore peut être réduite de 5 à 6 dB. Cependant, étant donné que tous les types de matériaux lourds peuvent entraîner de surcharges élevées, il pourrait donc être impossible d'appliquer cette loi scientifique dans tous les bâtiments.

1.4.4 La loi masse-ressort-masse

Il s'agit d'une technique pour la rénovation intérieure et travaux neufs, car elle permet de réduire efficacement le bruit sans surcharger la structure.[18]

Cela implique de séparer les deux murs avec une nouvelle texture, puis d'absorber le bruit, filtrant ainsi une partie. [18]

1.4.5 La loi de l'étanchéité

Un principe très simple qui nous rappelle que là où passe l'air, le bruit passera. Assurer l'étanchéité des fenêtres ou des fonds de portes signifie une meilleure isolation de la maison.[19]

1.4.6 Propagation du bruit

Lorsqu'une onde acoustique se propage en direction d'un mur, deux phénomènes sont observés :

La propagation du bruit se produit principalement selon un ou plusieurs modes de propagation suivants :

1. **Par dispersion :**

   Dans l'espace libre, on observe la dispersion de l'énergie Acoustique, niveau sonore selon distance.[20]

L'atténuation spatiale du bruit aérien peut être quantifiée en fonction de la source de bruit. [20]

-Cas d'une source sonore ponctuelle (usine, discothèque,…)

En champ libre, le niveau sonore est réduit de 6 dB chaque fois que la distance de la source sonore est doublée. [20]

Remarque : dans une pièce fermée, cette valeur ne peut être atteinte que lorsque le mur de la pièce l'absorbe complètement. [20]

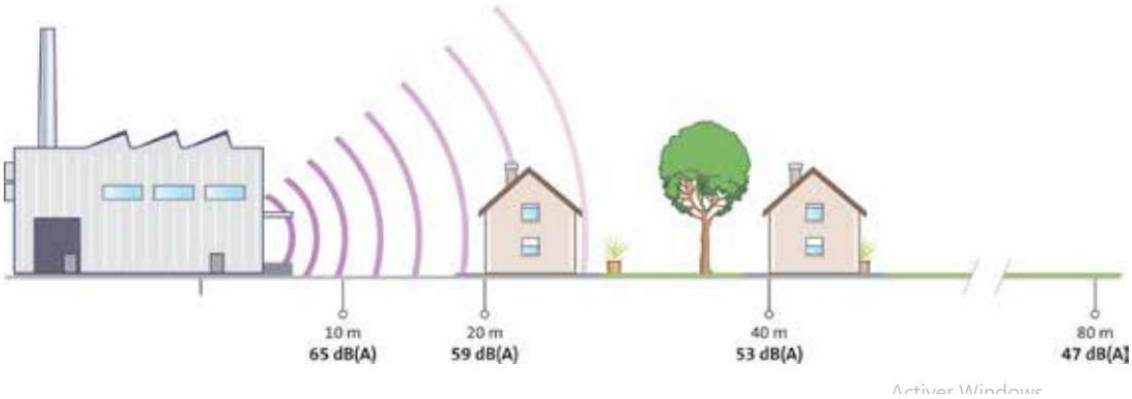


Figure 1-12 : Cas d'une source sonore ponctuelle (usine, discothèque,…). [20]

Sans masque, chaque fois que la distance de la source sonore est doublée, le niveau sonore diminue de 3 dB. [20]

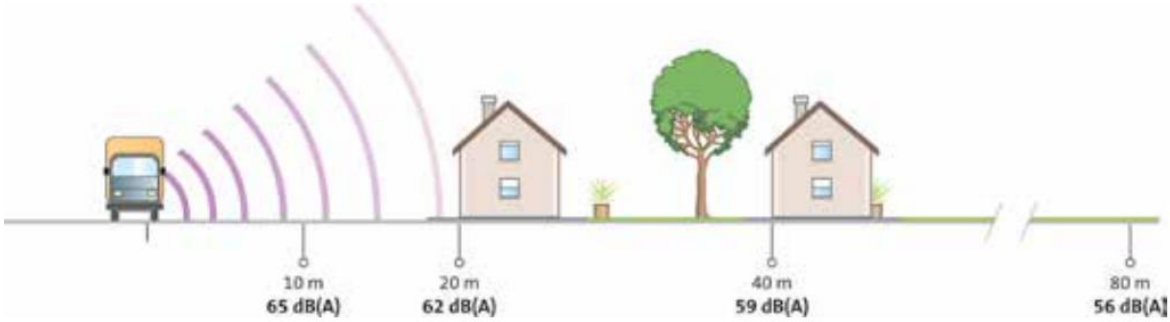


Figure 1-13 : Cas d'une source linéaire (infrastructures routières et ferroviaires). [20]

2. La réflexion :

Les ondes sonores frappant une surface lisse et non déformée rebondissent comme des boules de billard. L'onde incidente est réfléchie et produit une nouvelle onde, l'onde réfléchie, similaire mais de direction différente. [20]

Par exemple, si une onde revient à son point de départ par réflexion continue, le phénomène bien connu d'écho se produit. Dans une pièce nue, les murs sont lisses et les réflexions multiples produiront non

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

seulement des échos excessifs, mais rendront également le son exagéré et persistera de manière désagréable. Ce phénomène est appelé réverbération. [20]

3. Absorption :

L'absorption acoustique peut influencer l’audition de l'utilisateur de la pièce. Il contrôle le niveau sonore ambiant, évite l'écho et ses effets secondaires et améliore la clarté de la parole. La qualité de l'absorption acoustique dépend de la configuration de la pièce et de la nature des matériaux utilisés. [20]

L'absorption acoustique empêchera l'écho. L'écho est causé par des réflexions répétées du son sur la surface et les objets de la pièce, et peut provoquer les phénomènes suivants :

Le but de l'absorption ou de la correction du son est de :

-Limiter la réverbération.

-Réduire le niveau des ondes sonores.

-Améliorez la clarté de la parole dans la salle.

Lorsqu'une onde sonore se déplace sans rencontrer d'obstacle (on dit qu'elle se trouve dans un champ libre), son niveau sonore diminue à mesure qu'elle s'éloigne de la source sonore. Chaque fois que la distance source-récepteur est doublée, ce phénomène appelé divergence géométrique entraînera une perte de 6 dB. [20]

L'air est aussi le «matériau» absorbant.

En effet, lors du trajet entre la source sonore et le récepteur, l'air absorbe une partie de l'énergie, donc le niveau sonore diminue avec la distance entre la source sonore et le récepteur. L'humidité de l'air augmentera cette absorption. [20]

1.4.7 Transmission du son

Le son est une succession de variations très petites et très rapides de la pression atmosphérique, c'est une onde de pression. Sous l'effet de cette pression variable sur sa surface, le mur va se déformer, se déplacer et vibrer. On comprend que la masse du mur s'oppose au phénomène : il est plus difficile de déplacer quelque chose de lourd.[21]

Ces déformations se propagent dans le matériau constituant la paroi, dans l'épaisseur, mais aussi dans les autres sens, d'une manière qui dépend principalement de la rigidité du matériau, des liaisons internes, de la cohésion de petits éléments de matériau. Toute pièce (quelque peu) élastique limitera la propagation des déformations à l'intérieur du mur. Les liaisons ou fixations de la paroi à sa périphérie jouent également un rôle, en la maintenant plus ou moins fermement. [21]

Ces phénomènes ne représentent qu'une très petite quantité d'énergie, ils sont donc très faibles et presque invisibles (parfois ces vibrations sont visibles au toucher). [21]

L'autre surface de la paroi (dans la chambre de réception (éventuellement plus loin)) se déformera et vibrera, déplaçant l'air en contact avec elle, ce qui est à l'origine du changement de pression d'air. Et la source sonore de cette pièce. [21]

Plusieurs modes ou voies de transmission du son : le bruit se propage d'une pièce à l'autre.

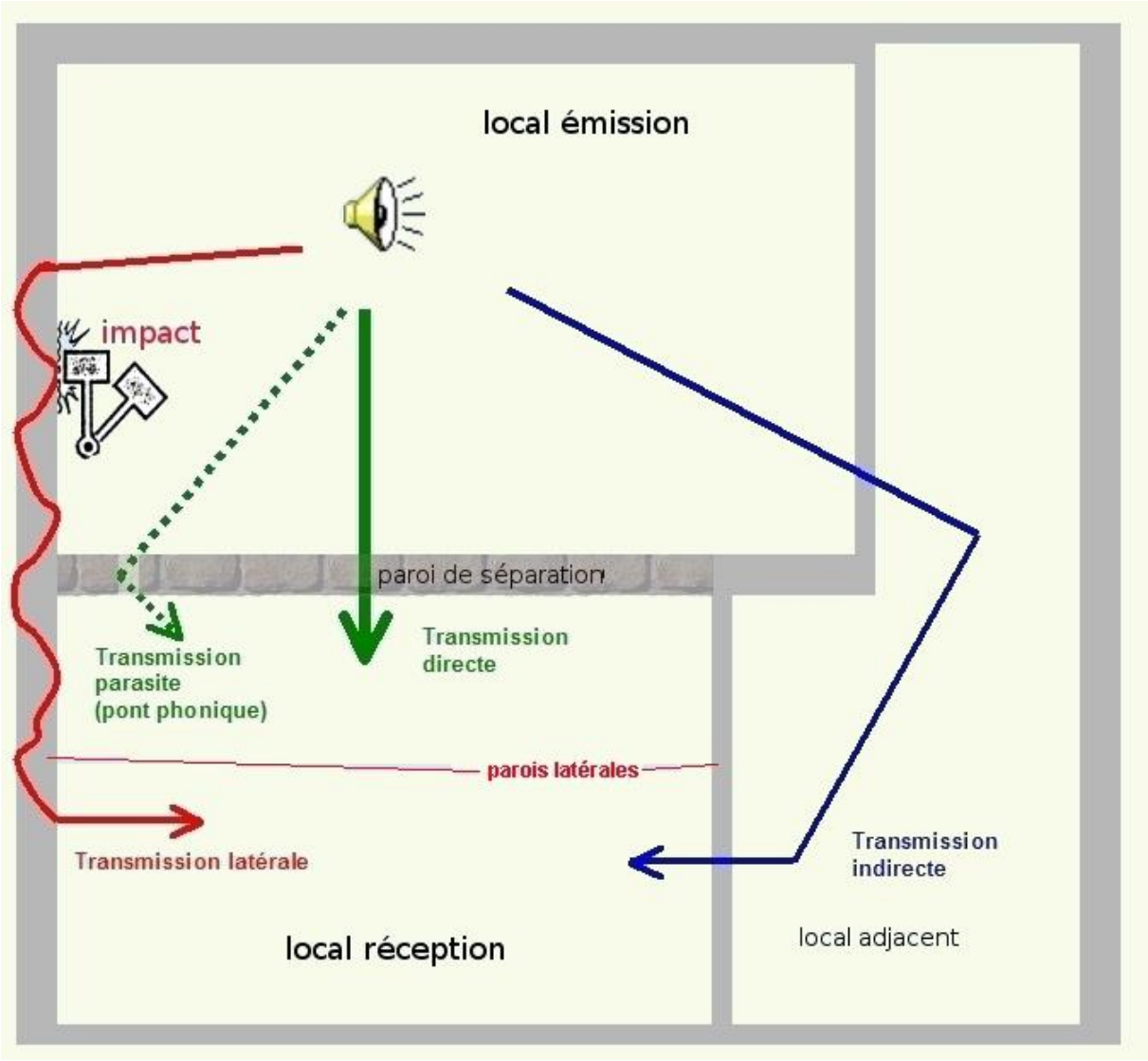


Figure 1-14 : Transmission du son dans un local. [21]

1. Transmission directe :

À travers le mur dit de «mur de séparation» : c'est la transmission directe ;

Le mur peut être simple ou double, avec plusieurs matériaux ou éléments architecturaux en surface. [21]

2. Transmission parasites :

Il existe souvent des transmissions parasites communément nommées ponts phoniques, telles que fuites, passages d'air, mauvaise étanchéité, etc…. les repérer n'est pas toujours facile ; elles peuvent avoir une influence (négative) énorme même si leur surface est très petite. [21]

3. Transmission indirecte :

En suivant un chemin de transmission via une autre pièce adjacente, il s'agit d'une transmission indirecte. [21]

4. Transmission latérale :

En mettant en vibration des structures continues communes, d'où une transmission latérale. [21]

1.4.8 LES DIFFERENTS BRUITS DANS LE BATIMENT

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

1. Bruit d'impact :

Il s'agit d'un bruit qui provient d'un choc sur une paroi. Typiquement le bruit d'impact regroupe les bruits de pas, de déplacement de meubles, de chute d'objet, enfoncement d'un clou dans un mur…[22]

2. Bruit aérien :

Les bruits aériens sont des bruits qui sont générés par des sources qui n'ont aucun contact avec la structure du bâtiment. Les vibrations sonores naissent dans l'air et se propagent par voie aérienne (en utilisant l'air comme support) : ce sont les bruits de voix, télévision, téléphone, les bruits de trafic routier, etc... [22]

3. Le bruit solidien :

Il s'agit du bruit qui se propage dans un environnement à l'état solide, y compris (bruit d'impact, bruit des équipements (chaufferie, ascenseur, etc.). [22]

4. Bruit rose :

Le bruit rose est un bruit normalisé, il a la même énergie dans la bande d'octave de 125 à 4000 Hz. Le bruit rose est une référence pour caractériser la qualité structurelle des bâtiments. Pour des fréquences croissantes, le niveau diminue à un taux de 3 dB / octave. [22]

5. Bruit de fond :

Le bruit de fond est le bruit total qui existe à un certain moment à une certaine période de temps. Il contient tous les sons émis par la source sonore qui affectent le point de mesure : dialogue, bruit de ventilation, bruit de machine ou d'équipement, bruits de couloir, autres bruits de pièce ou bruit de trafic. [22]

6. Bruit routier :

C'est la référence pour le bruit du trafic routier et ferroviaire. Comparé au bruit rose, Son spectre est enrichi en basses fréquences et appauvri dans les aiguës par rapport à un bruit rose. [22]

7. Bruit ambiant :

Bruit total existant dans une situation donnée pendant un intervalle de temps donné.

Il est composé de l'ensemble des bruits émis par toutes les sources proches et éloignées. [22]

8. Bruit particulier :

Composante du bruit ambiant qui peut être identifiée spécifiquement et que l'on désire distinguer du bruit ambiant notamment parce qu'il est l'objet d'une requête. [22]

Nota : au sens du décret, le bruit particulier est constitué de l’ensemble des bruits émis par le projet considéré. [22]

9. Bruit résiduel :

Bruit mesuré, en l'absence du bruit particulier. [22]

Pour une carrière, le bruit particulier correspond au bruit émis par tous les équipements de la carrière, et l’élaboration des matériaux. Par exemple :

Du matériel d'extraction dans la carrière proprement dite : chargeurs, pelles...

Du matériel fixe d'élaboration : concasseurs, cribles...

Équipements mobiles : chargeurs, camions bennes. Le bruit des avertisseurs de recul des engins font bien partie du bruit particulier. [22]

1.5 Isolation intérieure

1.5.1 Principe de l’isolation acoustique

1. **L’Acoustique architecturale :**

L'acoustique architecturale étudie la transmission du son à l'intérieur du bâtiment afin de bien entendre les sons et se protéger des bruits gênants.[23]

2. **Isolation acoustique :**

Il s'agit d'une série de mesures prises afin de réduire le transfert d'énergie entre la source et le lieu à protéger. [23]

En d'autres termes, la correction concerne la pièce où le bruit est émis, et le matériau d'isolation concerne la pièce où le bruit est reçu. [23]

La solution à mettre en œuvre doit être parfaitement adaptée au type de problème ou à l’exigence fixée (peut varier selon le type d'utilisation de la pièce, les performances, les exigences d'intégration ou les choix esthétiques). [23]

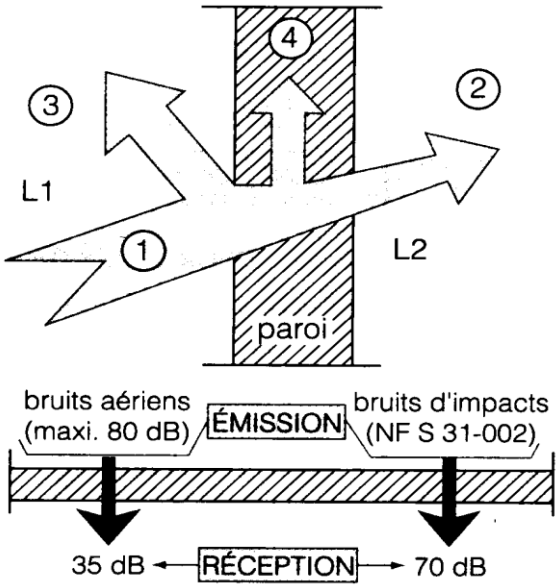
Les aspects concernés par l'isolation acoustique peuvent être de deux types : l'isolation aux bruits aériens, et l'isolation aux bruits solidiens (ou bruits de choc). Pour chacun, une solution existe, qui peut être choisie à la conception, ou a posteriori, mais dans ce dernier cas, l'intervention est souvent plus complexe. [23]

Pour être efficace, cela doit être pris en considération :

Le contexte architectural du local à isoler (la jonction entre les murs et les matériaux de structure) ;

Produits et systèmes d'isolation thermique avec des propriétés acoustiques pour atteindre l'objectif souhaité ;

Une mise en œuvre minutieuse est essentielle pour atteindre les performances attendues de la solution acoustique.



Isolement brut = L1 - L2

L1 : niveau sonore du local d'émission.

L2 : niveau sonore du local de réception.

1 onde incidente

2 ondes transmises

3 ondes réfléchies

4 ondes absorbées

Figure 1-15 : Transmission des ondes sonores dans un local. [23]

LES SOLUTIONS D'ISOLATION ACOUSTIQUE :

Quelles surfaces isoler pour améliorer l'isolation phonique ?

1. **Isolation phonique des murs et des cloisons :**

Pour insonoriser un mur ou une cloison, plusieurs possibilités sont envisagées.

- **Installation de panneaux sandwich :**

Le panneau sandwich est un panneau composé de matériau d'isolant phonique. Chaque côté du matériau d'isolation acoustique est recouvert de plaques de plâtre, d'où l'appellation «panneau sandwich». Elle est facile à installer et efficace. [18]

- **Installer le panneau sur une ossature métallique (ou en bois) :**

C'est la solution la plus efficace. La plaque de plâtre est vissée sur une ossature en métal ou en bois, lui-même fixé au plafond et au sol. L'espace entre le montant et le cadre est comblé d'un isolant phonique. Afin d'améliorer ces performances d'isolation phonique, des plaques de plâtre «acoustique» peuvent être utilisées, qui ont un effet d'isolation acoustique beaucoup plus important que les plaques standard (BA13). [18]

- **La pose d'une contre-cloison insonorisant :**

Une couche de matériau d'isolation phonique est insérée entre la cloison à insonoriser et la nouvelle cloison en plâtre ou en brique. [18]

2. Isolation phonique du plafond :

- **Le faux plafond est suspendu à une ossature métallique :**

C'est le moyen le plus efficace d'isoler le plafond. En fixant des plaques de plâtre à la structure métallique suspendue au plafond existant, et en intégrant le matériau isolant en fibre dans plénum ainsi formé, les performances acoustiques du plafond seront immédiatement améliorées. Si le bruit d'impact est encore trop fort, il est possible de choisir des suspentes anti-vibratiles, voir même des ossatures longue portée, fixées de mur à mur. [18]

3. Isolation phonique du sol :

L'isolation phonique du sol ou du plancher vise généralement à limiter les bruits d'impact (bruits de pas, chaises, etc.) et / ou les bruits aériens (musique, télévision, son, etc.). En fonction de la nuisance sonore des étages inférieurs, l'une des solutions suivantes sera retenue :

- **Installation de tapis ou de moquette :**

Un tapis ou une moquette plus épaisse peut réduire le bruit d'impact, mais ne peut pas résoudre le problème causé par le bruit aérien. [18]

- **Pose de chape flottante :**

Cette technique consiste à poser une couche d'isolant surmontée d'un revêtement de sol (parquet par exemple), ce dernier ne touchant pas les murs. La couche isolante peut mesurer quelques millimètres à quelques centimètres. S'il fait plusieurs centimètres d'épaisseur, il diminuera le niveau sonore du bruit aérien. [18]

4. Isolation phonique des fenêtres :

Le choix du niveau d'isolation acoustique des fenêtres doit tenir compte du volume du bruit extérieur. [18]

Afin d'aider à trouver le verre qui répond aux besoins d'isolation phonique, le label CEKAL classe le verre en 6 catégories en fonction de sa capacité à limiter le bruit, de AR1 à AR6. Le type AR1 peut réduire le bruit d'au moins 25 dB, tandis que le type AR6 peut réduire le bruit d'au moins 37 dB. [18]

Par conséquent, si l'environnement extérieur d'une maison est très bruyant (trafic aérien, voies ferrées, autoroutes, etc.) - c'est-à-dire 80 à 110 dB de son externe - un vitrage de type AR6 10/18/44.2 (10 mm de verre, 18 mm d'air ou de gaz argon, 2 verres de 4 mm d'épaisseur, 2 films PVB) pour obtenir un confort acoustique correct. [18]

A l'inverse, si une maison est située dans un quartier très calme avec un niveau sonore extérieur maximum de 45 dB, il faut prévoir au moins un verre de type AR1 4/6/4 (verre 4 mm, 6 mm air ou argon et verre 4 mm). [18]

Comme mentionné ci-dessus, veuillez noter que certaines fenêtres en verre contiennent des films (PVB ou polybutyral), qui peuvent améliorer la résistance et l'isolation phonique des fenêtres en verre. [18]

Figure 1-16 : Fenêtres en verre contenant des films (PVB ou polybutyral) [18]

5. Isolation phonique des portes :

Afin de garantir une bonne isolation phonique d'une pièce, veuillez ne pas ignorer la porte ! En effet, sachant si l'air passe à travers la porte, le bruit passera aussi ... Par conséquent, il est préférable d'utiliser une porte pleine (donc pas de verre) et de s'assurer que le joint extérieur de la porte (notamment le bas de la porte) soit suffisamment étanche. De plus, la qualité de la porte joue également un rôle important dans l'isolation acoustique : plus la porte est lourde, plus elle peut limiter les vibrations sonores. Enfin, la qualité de l'installation de la porte joue également un rôle déterminant : si la porte est mal installée, l'étanchéité à l'air et le bruit seront réduits. [18]

Rapport-Gratuit.com

Figure 1-17 : Porte pleine très bien isolée. [18]

Différentes solutions d'isolation phonique existent en fonction du type de porte concerné :

- **Pour les portes d'entrée :**

Pour obtenir la meilleure isolation phonique, veuillez choisir des portes blindées hautes performances, qui assureront l'isolation phonique et thermique. Cependant, les portes en bois doivent être évitées car elles sont moins efficaces pour l'isolation phonique. Une autre possibilité est de fixer une couche de matériau isolant sur la surface intérieure de la porte existante (par exemple, feuille de liège), ou d'utiliser un système de capitonnage. Si le budget est limité, la solution la moins chère est de mettre un rail coulissant avec des rideaux isolés devant la porte. [18]

- **Pour les portes intérieures :**

Choisissez des portes acoustiques. En fait, ce type de porte possède un joint complètement étanche. En règle générale, choisissez une porte avec une isolation phonique d'au moins 28 dB. [18]

6. Isolation phonique des équipements :

Les équipements d'une maison ou de d'un immeuble résidentiel engendreront des nuisances sonores et pollueront notre quotidien. Cela concerne non seulement le bruit émis par les appareils ménagers tels que les machines à laver, mais également le bruit émis par les tuyaux, les chaudières, les équipements de ventilation et même les ascenseurs. En fonctionnement, cet appareil fera vibrer le sol et les murs du bâtiment. Afin d'isoler acoustiquement les dispositifs et donc de réduire le bruit qu'ils émettent, ils doivent être séparés de la structure du châssis. [18]

Afin d'isoler acoustiquement le lave-linge, il est généralement satisfaisant de placer un bloc de caoutchouc ou un fositif anti-vibration entre le sol et l'équipement. S'il s'agit d'un appareil mural (tel qu'un chauffe-eau), le matériau isolant doit être placé entre le chauffe-eau et le mur où le chauffe-eau est installé. Concernant les canalisations, nous pouvons utiliser des gaines ou manchons insonorisés pour limiter le bruit d'écoulement de l'eau. [18]

1.5.2 Qu'est-ce que le confort acoustique ?

Les corrections acoustiques dans les espaces de travail ou de loisirs sont conçues pour fournir la meilleure qualité d'écoute et de compréhension du message verbale. L'intrusion de bruits nuisibles est une source d'inconfort et de gêne.[24]

Le traitement acoustique interne à ces endroits consiste à réduire le temps de réverbération sonore en utilisant des matériaux absorbants au plus près de la source sonore. C'est ce qu'on appelle l'absorption acoustique. [24]

Le confort acoustique idéal dépend des matériaux utilisés, des surfaces requises et de leur emplacement dans la structure de la pièce. [24]

1. **Isolation et absorption :**

Il ne faut pas confondre correction acoustique et isolation acoustique :

En réduisant la transmission du bruit entre l'intérieur et l'extérieur de la pièce, la pièce sera isolée. Lorsqu'une onde frappe un mur, elle sera partiellement absorbée, partiellement réfléchie et partiellement transmise. Le matériau absorbant augmente la partie absorbée et réduit la réflexion du bruit dans la pièce où il est placé. Par conséquent, un observateur situé dans la pièce où le bruit est émis sera moins conscient de la réflexion des ondes sonores et trouvera la pièce plus «sourde». Cependant, une partie du bruit transmis du mur à la pièce adjacente ne sera pas modifiée par le matériau absorbant. Par conséquent, les matériaux absorbants ne peuvent pas améliorer l'isolation.[25]

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

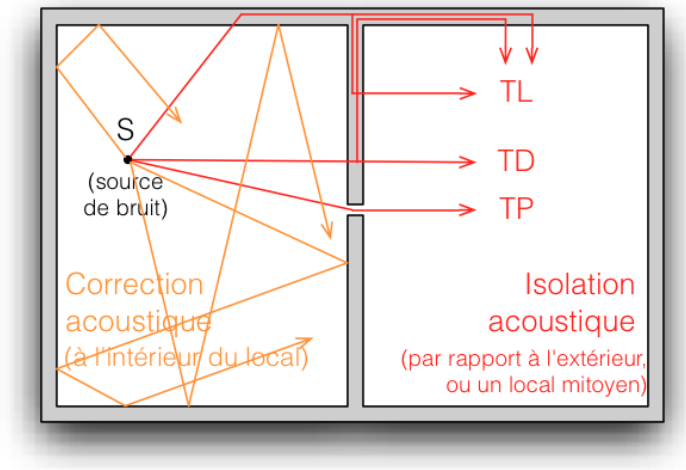


Figure 1-18 : Différence entre isolation et correction acoustique. [25]

2. Définition du coefficient d'absorption :

Le coefficient d'absorption acoustique définit le rapport entre le bruit absorbé et le bruit entrant. Cela varie avec la fréquence du son.[26]

Le coefficient d'absorption (αw) est compris entre 0 et 1 : [26]

Coefficient d'absorption = 0 : le matériau n'absorbe aucun bruit, le bruit est donc complètement réfléchi. [26]

Coefficient d'absorption = 1 : Le matériau absorbe tout le bruit, donc un matériau avec un coefficient d'absorption αw = 0,8 signifie qu'il absorbe 80% du bruit entrant. [26]

En d'autres termes, plus le coefficient est proche de 1, plus l'absorbance du matériau est élevée. [26]

Figure 1-19 : Différence entre isolation et correction acoustique. [26]

3. L'isolement acoustique (mesure sur chantier) :

DnT mesure la quantité de bruit arrêtée entre deux pièces, en prenant en compte l'ensemble des transmissions (directes, latérales, parasites).[27]

L'isolement DnT varie en fonction de la fréquence f (en Hz). [27]

La valeur globale de l'isolement acoustique est donné par l'indice DnT,w(C; Ctr). [27]

Plus le DnT,w est grand, plus l'isolement entre les deux locaux est efficace. [27]

1.6 Isolation acoustique extérieur

Si on est constamment dérangé par les bruits extérieurs, il y a une explication simple à cela : l'insonorisation des murs de façade n'existe pas ou est inefficace. Comment faire une bonne isolation acoustique des murs de façade ?

1. Pourquoi utiliser un isolant phonique en extérieur ?

La grande majorité de l'isolation acoustique produite aujourd'hui concerne les environnements intérieurs, tels que les salles de concert, les espaces ouverts, les studios d'enregistrement, les restaurants ou l'isolation acoustique des machines-outils bruyantes. Cependant, dans certains cas très particuliers, il peut être nécessaire d'isoler l'extérieur, ce qui pose bien entendu un problème de conditions climatiques (froid, chaleur) et de précipitations (neige, pluie, glace) .[28]

Nous avons listé ci-dessous les trois cas les plus fréquemment rencontrés :

2. Ventilation industrielle :

L'industrie utilise souvent des systèmes de soufflerie pour ventiler ses locaux ou créer des échanges de chaleur pour le bon fonctionnement de ses machines. Des systèmes de soufflerie, parfois puissants, sont installés sur le toit, ce qui génère automatiquement du bruit dans la zone. Les services de santé et de sécurité sont souvent invités à trouver des solutions aux plaintes légitimes des personnes vivant à proximité. Il sera nécessaire de placer des mousses acoustiques sur les écrans acoustiques, qui devront être résistantes aux conditions extérieures.[29]

3. Pompe à chaleur :

Les pompes à chaleur (PAC) ont envahi notre vie quotidienne. Ils permettent la production d'énergie thermique avec un excellent rendement, c'est-à-dire en utilisant moins d'électricité que dans d'autres systèmes plus conventionnels. Leur nombre a augmenté depuis l'existence de l'aide gouvernementale et depuis qu'elle a été reconnue comme respectueuse de l'environnement. [29]

. Le cycle thermique utilisé dans ces pompes à chaleur nécessite beaucoup de circulation d'air, avec des ventilateurs efficaces, et donc…. Bruyants. [29]

La première solution est de capitonner les faces internes du capotage de la machine avec de la mousse acoustique afin de réduire les nuisances à la source (principalement le bruit du compresseur). [29]

4. Mousses Polyuréthane partiellement utilisables en extérieur :

La mousse acoustique, également appelée face lisse, est une mousse de polyuréthane dont les cellules ouvertes permettent une excellente absorption des ondes sonores. D'un côté, il est recouvert d'un film 100% étanche qui permet une utilisation en extérieur (mais est protégé des intempéries, par exemple sous une bâche ou un auvent). [29]

5. Mousse phonique agglomérée pour extérieur :

La mousse composite est une mousse de polyuréthane agglomérée, très dense (150 kg / m3), qui se caractérise par des performances acoustiques élevées et une grande polyvalence : solide, imputrescible et protégée d'un côté par un film étanche. C'est la référence parfaite pour l'isolation extérieure. Il peut être posé directement quand c'est mauvais temps, mais il est conseillé de recouvrir les bords des carreaux avec un mastic silicone pour éviter que trop d'eau ne pénètre à l'intérieur de la mousse (et détériore la capacité phonique…).[29]

6. Mousse caoutchouc étanche spéciale extérieur :

La mousse de caoutchouc est une mousse 100% étanche, car constituée d'une multitude de cellules fermées. Obtenue à partir d'un mélange de caoutchouc néoprène et EPDM, elle pourra être utilisée en extérieur et soumise aux rayons du soleil sans avoir à craindre de vieillissement prématuré. Du fait de sa constitution intérieure, elle sera sans doute un peu moins efficace sur le plan acoustique qu'une mousse composite, mais elle aura l'énorme avantage d'être totalement insensible aux intempéries, avec des propriétés constantes au cours du temps. De nombreux clients l'utilisent en combinaison de panneaux bois ou de grillage comme matériau acoustique pour créer des écrans anti-bruit entre deux propriétés. [29]

7. Panneau acoustique extérieur :

Le panneau acoustique extérieur est un panneau résistant aux intempéries qui nous permet d'augmenter l'isolation contre le bruit ambiant, surtout si on est à proximité de routes à fort trafic. [29]

- **Fixation :**

Le panneau acoustique externe est placé directement sur la paroi isolée, sur la poutre préalablement fixée à la console et entre les deux «poteaux» porteurs assurant rigidité et résistance mécanique.

En revanche, il ne participe pas à la structure porteuse. [29]

1.7 Isolation intégré aux matériaux porteurs

Pour améliorer les performances énergétiques d'une habitation, l'isolation par l'intérieur ou par l'extérieur est nécessaire. Ou bien prévoir dès la construction une isolation répartie où les murs eux-mêmes sont isolants. Comment les matériaux à isolation intégrée fonctionnent-ils ?

1.7.1 Qu'est-ce que l'isolation phonique répartie ?

L'isolation interne (ITI) ou externe (ITE) n'est pas la seule solution pour obtenir de bonnes performances thermiques. En effet, dès la phase de construction, on peut choisir des matériaux «isolants intégrés» à plus haute performance acoustique. C'est ce qu'on appelle l'isolation distribuée (ITR) ou mur simple, car il n'est pas nécessaire de recouvrir le mur porteur d'une couche supplémentaire d'isolation. Ce matériau est notamment utilisé dans la construction de bâtiments BBC ou BEPOS.[30]

1. Comment fonctionnent ces matériaux à isolation intégrée ?

Afin de réaliser l'ITR, il existe différents matériaux monomur existe : des briques en terre cuite, des blocs de béton légers ou du béton cellulaire. Ces matériaux épais sont particuliers : ils sont généralement pleins d'alvéoles et donc pleins d'air. Ils utilisent ainsi les propriétés naturellement isolantes de l'air. Cela limite le passage de la chaleur, du froid, de l'air et du son. [30]

Certains blocs ou briques monomur incorporent même des matériaux isolants au lieu de l'air pour améliorer les performances d'isolation. Par exemple, certaines briques sont remplies de pâte ou de sciure de bois. De même, certains blocs de béton contiennent une couche isolante comprimée en leur centre - par exemple, du polystyrène expansé. [30]

Selon le type de matériau à partir duquel ils sont fabriqués, les briques ou les blocs ont des caractéristiques variables. Ils sont plus ou moins légers, résistants au feu, ont une capacité d'inertie plus ou moins marquée ou plus ou moins de résistance phonique. [30]

Les fabricants innovent et produisent des matériaux de plus en plus performants en termes d'isolation, ainsi que d'autres atouts. Pour cela, ils sélectionnent avec soin les matières premières composant leurs matériaux en fonction de leurs propriétés. La conception de ces matériaux affecte également leur efficacité acoustique. [30]

2. Quels sont les avantages de l'isolation intégrée ?

L'isolation distribuée présente plusieurs avantages. D'une part, ce type isolant étant directement intégré aux gros œuvres, il n'est pas nécessaire de prévoir des travaux supplémentaires après la construction. De plus, en choisissant une isolation répartie, on limite le risque de mauvaise étanchéité à l'air qui existe lors de l'ajout d'un isolant sur un mur : les performances d'isolation thermique peuvent être assurées de manière plus sûre. [30]

3. Blocs hybrides :

De leur côté, les blocs à isolation répartie se font hybrides, le plus souvent en intégrant un isolant (polystyrène expansé, laine de roche, perlite, laine de bois) dans les alvéoles. [30]

1.7.2 Le principe de la brique à isolation intégrée

1. La brique à isolation intégrée, une véritable innovation :

Ce type de brique est entièrement constitué de matières premières naturelles inoffensives pour la santé. C'est donc un matériau écologique et économique. Les briques à isolation intégrée sont en terre cuite entièrement en Argile. Son utilisation remontant à plusieurs siècles, elle constitue un matériau ancestral. Les briques apparaissent sous la forme de nombreuses unités. Ceux-ci sont de laine de roche, qui est également un minéral naturel. Il est connu pour ses propriétés acoustique et thermique, il est souvent utilisé dans le domaine de la construction. [31]

2. Les avantages de l'utilisation d'une brique à isolation intégrée :

Grâce à sa construction solide, cette brique est robuste. La terre cuite a l'avantage d'être incombustible tout en offrant une bonne résistance aux parasites et à l'humidité. Les caractéristiques de ce matériau ont également un impact sur le fonctionnement de la brique avec isolation intégrée. Il est donc certain qu'il offre une bonne durabilité pour la postérité. Quant à la laine de roche, elle est emprisonnée dans les cellules de la brique. C'est un isolant thermique puissant, assurant la fonctionnalité de la brique isolante intégrée. Cela aide à maintenir une température ambiante dans toutes les pièces de la maison et également contre les nuisances sonores de l'environnement extérieur. La brique avec isolation intégrée atténue ainsi le bruit afin d'offrir un maximum de confort aux occupants de la maison. [31]

3. Les différentes utilisations de la brique à isolation intégrée

Ce matériau se retrouve facilement sur les chantiers. Pour les nouveaux bâtiments, il peut être utilisé pour tous les murs. D'autant plus qu'il est disponible en plusieurs tailles différentes pour répondre aux besoins et exigences individuels. Par conséquent, les briques peuvent être utilisées pour créer des murs porteurs. Il est également possible de l'utiliser pour la conformité énergétique ou la rénovation. Pour cela, il est possible d'utiliser la brique avec isolant intégrée pour chauffer la maison en hiver et l'aérer en été. Il fonctionne efficacement comme un climatiseur mais est respectueux de l'environnement. [31]

1.8 Conclusion

Le son est un élément indispensable de la vie quotidienne, et c'est aussi un élément qui doit être protégé car à faible comme à forte dose il peut entrainer un danger, et pour une isolation phonique d'une pièce, il faut d'abord choisir les bons matériaux à utiliser, les solutions techniques et ainsi assurer la réglementation.

L’hors de la construction ou rénovation d’un bâtiment ou maison, le confort acoustique doit être pris en compte.

L’isolation et la correction acoustique sont des éléments qui limite les effets négatif des nuisances sonores et permette le bien être des occupants.

Chapitre 2 :
TRAITEMENT D’UN BATIMENT PRES D’UNE VOIE FEREE

2.1 Introduction

Les vibrations constituent souvent un problème, dans les bâtiments. Les riverains peuvent se plaindre du désagrément ou des dommages qu'elles causent. Il y a aussi le risque d'effets néfastes des vibrations, à long terme, sur la structure, en particulier ceux qui sont fragiles. Les vibrations peuvent aussi nuire aux activités sensibles.

L'évolution de l'état de l'Art a rendu possible, depuis une cinquantaine d'années, l'isolement vibratoire des constructions vis-à-vis des sources vibratoires qui sont essentiellement ferroviaires.

En effet, isoler les voies ferrées au moment de leur construction sert à absorber l'énergie vibratoire de la voie ferrée dans la structure

Le bâtiment est isolé en intégrant des matériaux antivibratoires sous la structure porteuse des pièces à isoler pendant le processus de construction. Les solutions antivibratoires utilisées sont déterminées en fonction de la fréquence de coupure spécifiée par le bureau d'étude acoustique. Ils sont divisés en 2 familles : les élastomères (fréquence de coupure 6 à 12 Hz) et ressorts métalliques (fréquence de coupure 3 à 5 Hz).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

2.2 Présentation de la société

- **Qui est CDM ?**

Lorsque CDM a été fondée en 1951, elle fabriquait exclusivement des matériaux en liège plastique ; cependant, à la suite d'investissements dans la recherche, le développement et les tests, elle a rapidement étendu ses activités pour offrir des solutions d'ingénierie complètes.

Au début des années 60, CDM était pionniers dans le domaine de «l'isolation des structures bâtiment» et avait présenté le Conservatoire royal d'Anvers comme son premier grand projet de construction multifonctionnel de ce type.

Dans les années 90, CDM a développé une nouvelle gamme de matériaux élastomères qui lui ont permis d'offrir un portefeuille de produits beaucoup plus large et lui ont ouvert de nouveaux marchés passionnants - y compris le marché ferroviaire.

- **Recherches et développement.**

Les nombreuses années d'expérience de CDM sur le marché du bâtiment, l'équipe d'ingénieurs hautement qualifiée, les logiciels d'analyse informatiques sophistiqués et les connaissances approfondie des matériaux lui permettent de rechercher, de concevoir et de fournir la solution optimale pour toute spécification de bruit et de vibration.

- **Références.**

Chez CDM, c'est plus de 10 000 projets achevés depuis 1951. Une liste diversifiée de projets comprend des bâtiments commerciaux et résidentiels, des usines de fabrication, des installations médicales, des écoles, des hôtels, des gymnases et plus encore.

- **Quelques projets réalisés par CDM :**

-MediaCityU Studio Block Salford (UK).

-La Joliette EuropaCorp Marseille (FR).

-Kodály Center Pécs (HU)

-Grand Hyatt Hôtel Kuala Lumpur (MY).

-MYRIAD by SANA Hôtels Lisbonne (PT).

Figure 2-1 : Quelques projets réalisés par CDM

2.3 Etude détaillée d'impact vibratoire d'un bâtiment

2.3.1 Problématique des vibrations dans le bâtiment

Ces dernières années, en raison du développement continu de technologies de pointe et de différents domaines (mécanique, transport, machinerie ...), acoustique, optique, transmission, etc.

Le calcul dynamique de la structure, comme prolongement de la résistance des matériaux et de la mécanique des milieux continus S'il est possible dans les cas simples, c'est-à-dire pour un nombre restreint de problèmes, de calculer le comportement de celles-ci et leur isolation pour limiter les nuisances, dans la majorité des cas, les méthodes analytiques deviennent insuffisantes pour obtenir, par exemple, les fréquences de résonance d'ordre élevé de systèmes continus.[32]

Il est absolument nécessaire de connaître ces fréquences, car pour des raisons d'économie de matière, de plus en plus de bâtiments ont besoin de lumière pour vibrer à de basses fréquences, généralement dans des zones dangereuses. Structure ou son environnement. [32]

- **Vibrations continues : sans interruption**

Exemples :

- Installations Industrielles, Équipements, techniques (groupes frigo, groupe électrogène, ventilateurs…)

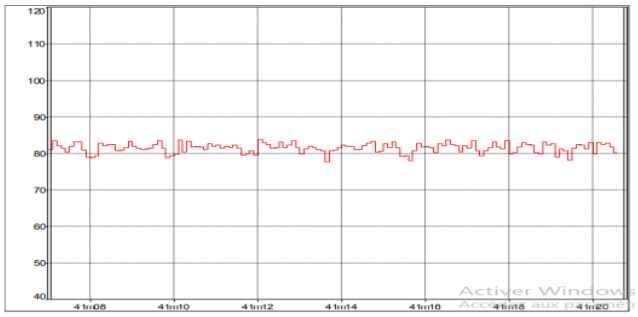


Figure 2-2 : Vibration continues : sans interruption. [32]

- **Evolutions temporelles :**

Vibrations impulsives : soudaines, de courtes durées • Exemple : • Explosions • Chocs • Chutes d'objet • Bruit de pas

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

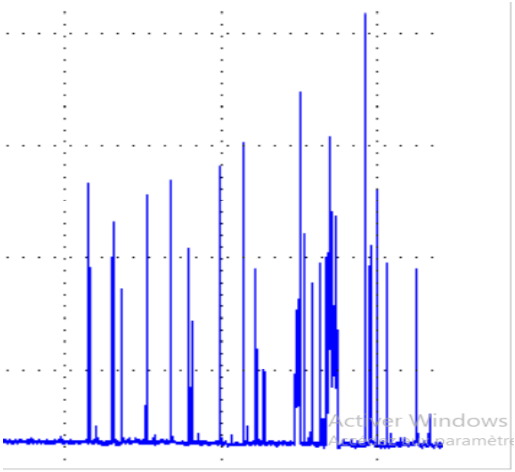


Figure 2-3 : Vibration impulsives : soudaine, de courtes durées. [32]

- **Vibrations intermittentes :**

Succession discontinues de vibrations continues

• Exemple : • Circulations de trains, métros, tramways… • Travaux • Activité

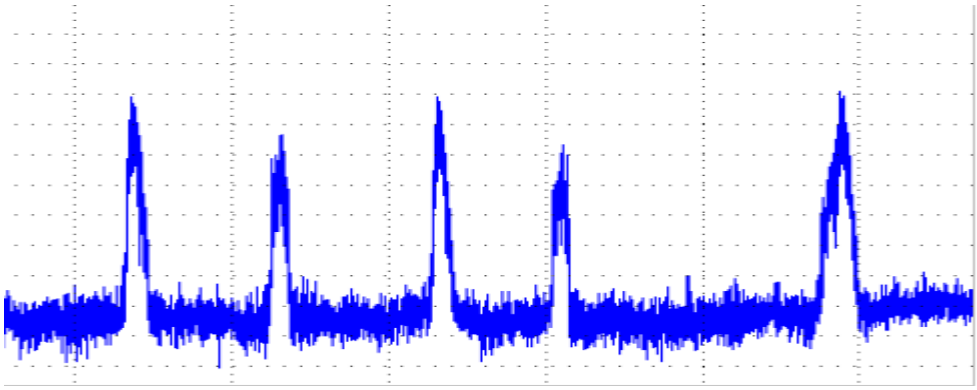


Figure 2-4 : Vibration intermittentes : succession discontinues de vibrations continues. [32]

- **Pourquoi traiter les vibrations ?**

▪ Gêne structurelle→ grandes et moyennes amplitudes (sismique)

- basses fréquences (< 10 Hz)

▪ Gêne tactile → sensation (basses fréquence, entre 8 et 80 Hz)

▪ Gêne auditive → La vibration de la structure est transmise à l'air

(Ondes longitudinales) : rayonnement des structures (fréquence

Au-dessus de 20 Hz).

2.4 Solutions utilisées pour l'isolation de la structure d'un bâtiment

- **Comment bloquer les vibrations ?**

Fondations, sols, plafonds, murs, machines, équipements ... le panorama des solutions de découplage élastique dépend de la fréquence à bloquer, de la charge à supporter et de la structure à isoler.

Un train, un compresseur ou les simples pas d'une personne provoquent des fréquences qui sont transmises via des liaisons solides. Pour les éliminer, il s'agit donc de connaître précisément l'origine des vibrations, la fréquence propre à combattre, la descente de charge supportée par le système et d'éviter le piège de résonance et d'amplification, si la fréquence d'excitation est proche de la fréquence propre de la structure concernée. Plusieurs techniques sont alors disponibles.[33]

- **Les boîtes à ressorts :**

Inventés par CDM, la boite à ressorts règne en maître sur les très basses fréquences comprises entre 0,85 Hz et 7-8 Hz, le gros du marché se situant autour de 3 Hz.[34]

Ces boites méca-soudés accueillent des ressorts aux performances adaptées à la charge exercée par les fondations du bâtiment, des planchers flottants (ressorts intégrés dans l'épaisseur) ou des équipements vibrants lourds. «Cette technologie s'ajuste à des cahiers des charges très précis en choisissant la rigidité verticale et horizontale des ressorts. [34]

L'altimétrie réglable des boites à ressorts précontraints en fin de chantier est particulièrement adaptée aux bâtiments dont la structure complexe présente des difficultés pour calculer avec précision les descentes de charges réelles. »Les charges supportées atteignent 220 tonnes avec des limites élastiques de 120 à 140 kg / mm². Dans certains cas, des amortisseurs visqueux sont utilisés pour limiter l'amplitude des ressorts. [34]

- **Solution active : Traitement à la source**

La solution est d'introduire des éléments élastiques dans l'un des composants de la voie ferrée (TGV, métro, RER, etc.), selon le cas de figure.[35]

Malgré ses performances élevées, la technologie n'est pas toujours réalisable car des chemins de fer est souvent antérieure à une nouvelle construction (principe d'antériorité). En revanche, il est systématiquement utilisé lors de la construction de nouvelles voies ferrées. [35]

- **Solution passive : Traitement à la réception**

Cette solution consiste à introduire un élément élastique dans la structure de la future construction au niveau bas des locaux à protéger. [35]

2.5 Etude de cas : PROJET DE CONSTRUCTION DE LOGEMENTS AU 16- 20 AVENUE DE LA DEFENSE DU BOURGET AU BLANC-MESNIL (93)

2.5.1 Objet

Dans le cadre du projet de construction d'immeubles de logements et de locaux situés 16-20 avenue de La Défense du Bourget au Blanc-Mesnil (93), Notre but est de réaliser une étude d'impact vibratoire en raison de la proximité d'une futur ligne de métro.

Cette étude vibratoire correspond à la phase 1 et 2 (analyse des données d'entrée et étude d'impact et principe de solutions). Il détaille :

- Les données d'entrée
- La méthodologie et les hypothèses de calcul
- Le détail des résultats permettant d'évaluer la potentialité de nuisances pour les futurs occupants des bâtiments et de statuer sur la nécessité ou non de prévoir un traitement anti-vibratile.

Notre étude est basée sur les données en état actuel du projet. La définition précise des solutions techniques devra faire l'objet d'un dimensionnement détaillé. De plus toute modification de la structure entraine une modification des résultats.

2.5.2 Présentation du site

Le projet de construction de bâtiments de logements, objet du présent rapport, est situé au 16-20 avenue de La Défense du Bourget au Blanc-Mesnil (93).

Le projet est constitué de 3 bâtiments de logements situés au-dessus de la future ligne de métro.

Les vues aériennes suivantes permettent de localiser le projet et de le situer par rapport aux infrastructures ferroviaires alentours :

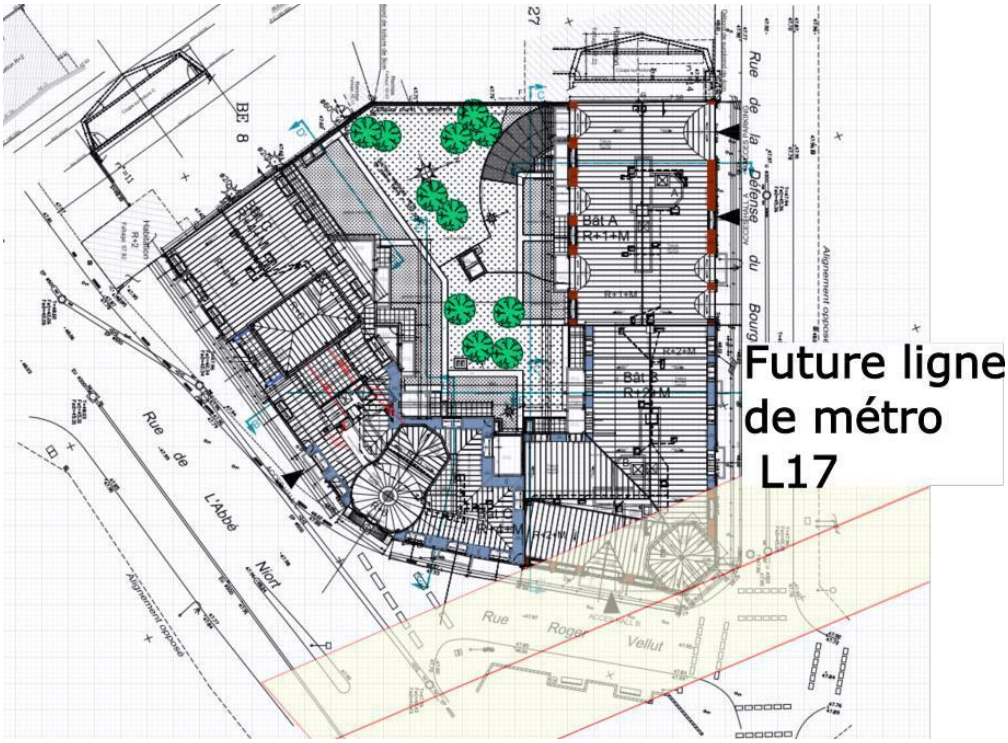


Figure 2-5 : Emprise du projet et son positionnement par rapport à la source vibratoire.

Les voies ferroviaires sont caractérisées par un trafic dense de plus de 70 trains par jour, avec des trains de type Metro. La ligne passe sous le bâtiment A à une profondeur de 11 m. D'après la SGP, la vitesse des trains est de 100 Km/h.

2.5.3 Les indicateurs de vibrations

Tout d'abord, il convient de rappeler qu'une vibration est définie par sa (ses) fréquence(s) exprimée(s) en **Hz** et les amplitudes correspondantes exprimées en **mm/s ou dBv**. Le **dBv** correspond au décibel vibratoire[36], cette unité sert à exprimer un niveau vibratoire avec la référence de vitesse suivante :

$$\mathbf{Vref = 5.\ 10^{-8}\ m.\ s^{-1}.} \qquad (2\text{-}1)$$

Ainsi, les principaux termes utilisés dans ce rapport sont décrits ci-après :

- Niveau vibratoire maximal (exprimé en dBv), mesuré entre 8 et 80 Hz avec une résolution temporelle de 1s durant un évènement (passage d'un train par exemple). Cet indicateur permet de statuer sur la probabilité de perception tactile des vibrations. [37]

2.5.4 Exposition des individus – perception tactile des vibrations

Les vibrations générées par le passage d'un train et perçues tactilement dans un bâtiment sont principalement significatives entre 8 et 80 Hz. Il convient alors d'indiquer la fréquence (1/3 octave) qui correspond au niveau maximum susceptible d'être relevé en milieu de plancher dans les bâtiments, où l'effet des vibrations est considéré comme le plus gênant selon les termes de la norme ISO 2631-2 version 2003 qui fournit des principes directeurs concernant l'exposition des individus à des vibrations dans les bâtiments. Les seuils de perception tactile sont indiqués par la norme 2631-2, version de 1989, ainsi que par le guide FTA.

Les valeurs des seuils exprimés en (dBv entre 8 et 80 Hz) sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 2-1 : Définition des seuils de perception tactile

Locaux		**Lvsmax (dBv)** **Réf = 5. 10^{-8} m. s $^{-1}$.**
Habitations	Jour	**72,0 dBv - 0.25mm/s**
	Nuit	**69,0 dBv - 0.15mm/s**
Santé, bâtiments culturels	Quelle que soit la période	**66,0dBv - 0.10mm/s**
Bureaux	Jour	**78,0 dBv - 0.40mm/s**

2.5.5 Exposition des individus – perception auditive des vibrations

Le bruit audible des vibrations induites par un passage de matériel roulant ferroviaire est dû au bruit rayonné par les parois avec une prédominance par le plancher : il s'agit du « **bruit solidien** » caractérisé entre 16 et 250 Hz. Il apparaît lorsqu'il dépasse le bruit de fond dans le logement et procure un ressenti sonore de type « grondement » audible par transmission dans l'air des locaux avec un ressenti sonore basse fréquence.

Selon la norme ferroviaire NF ISO 14837-1, les recommandations de la FTA en termes de bruit à l'intérieur d'une pièce de vie, ainsi que les orientations des directives de l'OMS, la perception auditive des vibrations peut être caractérisée par l'indicateur bruit solidien :

- **Niveau de bruit solidien maximal (exprimé en dB)**, entre 16 et 250 Hz avec une résolution temporelle de 1s durant un évènement (passage d'un train par exemple). Cet indicateur permet de statuer sur la probabilité de perception auditive des vibrations.

- **Niveau de bruit solidien global pondéré A** rayonné durant un évènement bien défini (passage de trains) dans l'intervalle fréquentiel 16 - 250 Hz.

Sur la base des textes et normes rappelés ci-dessus et selon notre expérience, nous proposons les objectifs en termes de bruit solidien, pondérés pour différentes situations, résumés dans le tableau ci-après :

Tableau 2-2 : Définition des seuils de perception auditive

Type de locaux	Perception auditive au passage		
	Plus de 70 passages de trains / période	Entre 30 et 70 passages trains / période	Moins de 30 passages de trains / période
Salle de spectacles	30 dB(A)	30 dB(A)	38 dB(A)
Logements nuit	**35 dB(A)**	38 dB(A)	43 dB(A)
Logements jour	40 dB(A)	43 dB(A)	48 dB(A)
Bureaux	45 dB(A)	48 dB(A)	48 dB(A)

En complément, le niveau acoustique du bruit solidien sera comparé aux seuils de référence par bandes de fréquences « risque de plaintes » donné Figure 2. Ce seuil a été établi par la RATP en corrélant les niveaux de bruit dans les logements et les plaintes des occupants vis à vis des nuisances engendrées par du matériel ferroviaire.

Il s'agit donc d'un indicateur complémentaire, tenant compte de l'aspect fréquentiel de la gêne, pour consolider le référentiel de risque (ou non) de plaintes de la part des futurs occupants.

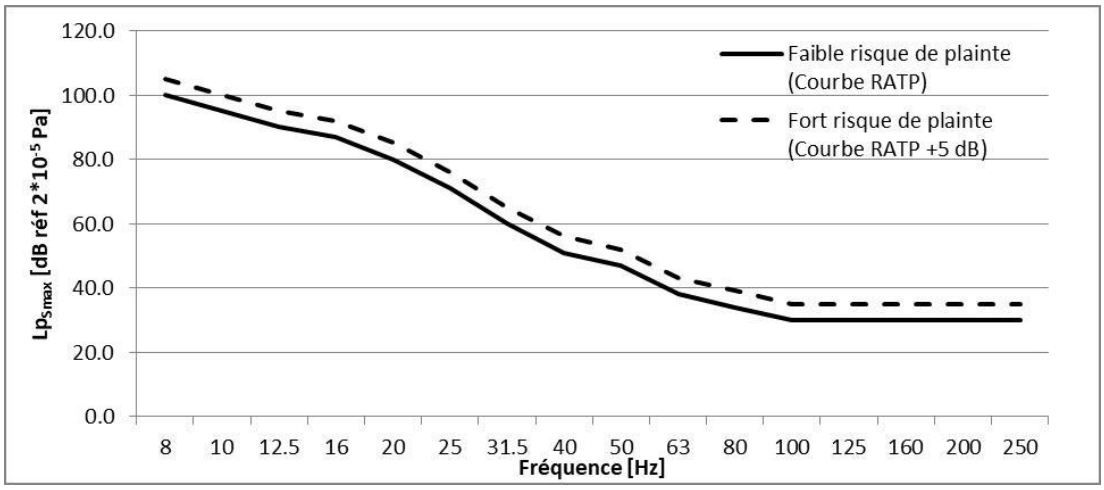


Figure 2-6 : Seuil en fréquence de risque de plaintes relatives à la perception auditive du bruit solidien Niveau acoustique non pondéré en dB

2.5.6 Objectifs spécifiques au projet

Compte tenu du trafic ferroviaire supérieur à 70 passages journaliers, les objectifs en niveau global sont fixés vis-à-vis des risques de perception auditive et tactile des vibrations dans des logements en période nocturne.

Tableau 2-3 : Seuil de risque de perception auditive et tactile des vibrations en dB

Seuil de risque de perception tactile des vibrations en dBv (LvSmax)	Seuil de risque de perception auditive en dB(A) (16-250 Hz) (LpASmax)
69 dBv	35 dB(A)

A cela, s'ajoute l'objectif de ne pas dépasser le risque de plainte important de la Figure 2-6

2.6 Etude d'impact vibratoire

2.6.1 Méthodologie générale de l'étude d'impact

Les trains, les trams mais aussi les véhicules lourds sur pneus dans certaines conditions (chaussée en mauvais état), génèrent des vibrations dans l'infrastructure considérée (route ou voie ferrée) ; les vibrations sont principalement causées par les irrégularités d'état de surface dans le contact roue-rail des transports ferroviaires, mais peuvent aussi provenir de discontinuités (appareil de voie sur une ligne ferroviaire, des nids de poule dans une chaussée, etc.). Ces vibrations se transmettent au sol et se propagent dans le sol avec des longueurs d'onde et une atténuation en fonction de la distance qui dépendent du sol considéré et de la fréquence d'excitation.[38]

Plusieurs types d'ondes sont générés dans le sol, qui excitent ensuite les fondations (structure enterrée) des bâtiments situés à proximité et se transmettent à l'ensemble de la structure de ces bâtiments, produisant alors, soit des vibrations soit, par rayonnement, un bruit qualifié de solidien. Plusieurs types d'ondes sont générés dans les structures des bâtiments et interagissent, mais seules les ondes de flexion rayonnent du bruit. [38]

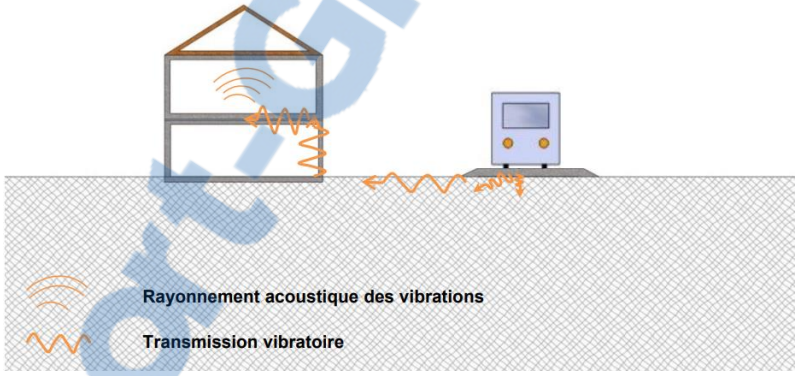


Figure 2-7 : Seuil en fréquence de risque de plaintes relatives à la perception auditive du bruit solidien Niveau acoustique non pondéré en dB

Le comportement vibratoire dépend de 3 paramètres propres à chaque situation :

- Excitation : type de source, nature du train (longueur, nombre de bogie, vitesse), état du matériel roulant, armement de la voie…
- Transmission : configuration de la ligne (remblai/déblai, tunnel), sol géologie, distance…
- Récepteur : type de fondation, nature de la construction, portée de dalle…

Rapport-Gratuit.com

La conception de la plate-forme ferroviaire et de l'ouvrage, leur état d'entretien, ainsi que la nature des circulations ont une forte influence sur la source vibratoire. Ensuite, le sol agit comme un filtre « passe-bas » (atténuation variable selon le type de sol), où les vibrations ne sont transmises que dans une gamme de fréquence 0-250 Hz (basses fréquences). Enfin, la construction agit à la fois comme un filtre et un amplificateur selon les fréquences. Par exemple, une structure avec présence de dalles alvéolaires ou une structure de type « légère » à base d'ossature bois n'aura pas du tout le même comportement vibratoire que celle prise en compte à ce stade d'étude d'impact, à savoir une structure « classique « en béton armé en dalle et voile ». [38]

L'étude est basée sur les données géotechniques, un spectre de densité de force, fournis par SGP et un modèle numérique permettant la prédiction des niveaux vibratoires sur l'ensemble du projet.

2.6.2 Données d'entrée

- **Modélisation de la source d'excitation.**

D'après les données de la SGP, la vitesse de circulation de la rame est de 100 km/h sur une voie anti-vibratile courante. Ainsi le spectre d'effort sur le radier est calculé à partir du spectre ci-dessous (donnée SGP) pour un train roulant à 60 km/h auquel un correctif a été ajouté pour simuler une vitesse à 100 Km/h.

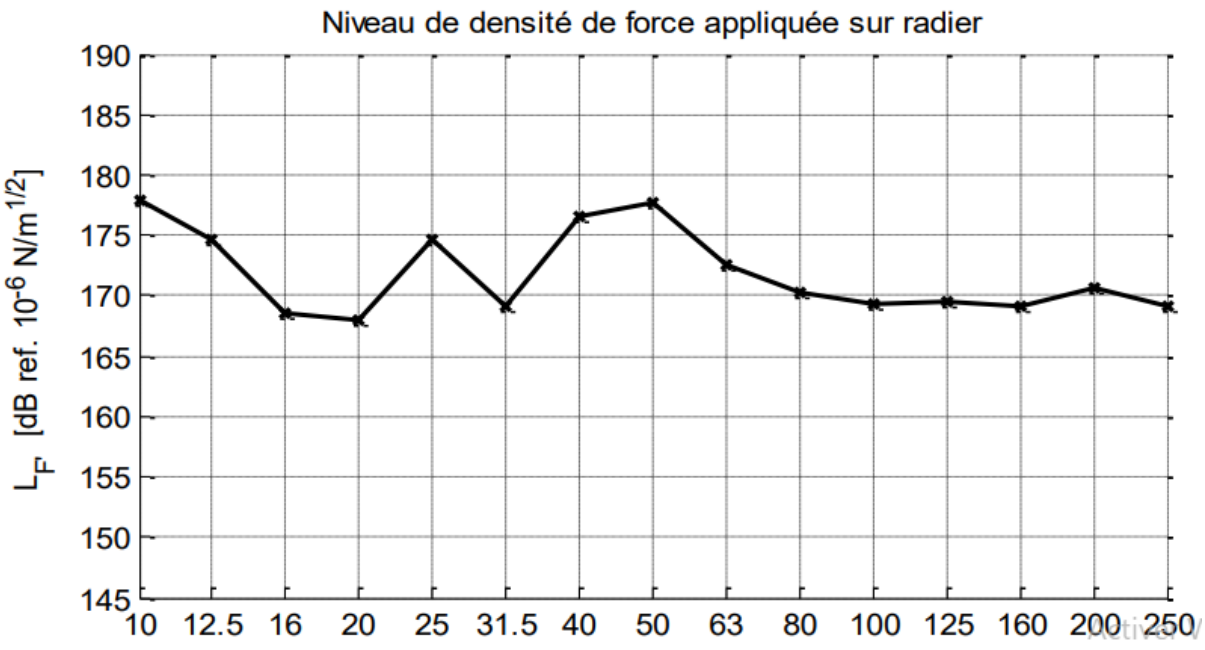


Figure 2-8 : Spectre de densité de force, sur radier issu des essais à 60 km/h pour un métro souterrain de grande

- **Modélisation du sol. LL**

Les paramètres de couche de sol sont issus d'essais pressiométrique réalisés à proximité du bâtiment. La vitesse des ondes est déduit à partir de de la formule suivante :

$$\textbf{Lv plancher = Lv sol + FT2 + FT3} \quad (2\text{-}2)$$

Avec :

Le *module de cisaillement en Pa*

G : 4 à 6 pour des roches ou sols très compacts

β : 7 à 9 pour des sols moyennement compacts

β : 10 à 15 pour des sols faibles compacités : le module pressiométrique en Pa

Ne connaissant pas la compacité des sols un coefficient de 7 est appliqué pour toutes les couches. Les propriétés de sols jouant sur les résultats, des essais complémentaires (MASW, Cross-Hole,…) permettraient des résultats plus précis.

Tableau 2-4 : Les propriétés mécaniques des couches de sol déterminées.

	Couches	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Profil mécanique du sol	Profondeur des couches (m)	2	6.5	15	21	∞
	Onde de dilatation Cp ($m.s^{-1}$)	3077	508	474	773	727
	Amortissement des ondes de dilatation ηp	4%	2%	2%	2%	2%
	Onde de cisaillement Cs ($m.s^{-1}$)	200	400	1200	1200	1200
	Amortissement des ondes de cisaillement ηs	4%	2%	2%	2%	2%
	Masse volumique ($Kg.m^{-3}$)	2000	2000	2000	2000	2000

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

2.6.3 Evaluation du risque vibratoire dans les futurs bâtiments

Le niveau vibratoire dans le futur bâtiment est calculé à partir de l'équation suivante :

Avec :

- **Lv plancher :** niveau vibratoire en dBv (réf 5.10-8 m/s) au milieu du plancher d'une pièce.[39]

- **Lv sol :** niveau vibratoire en dBv (réf 5.10-8 m/s) mesuré au passage des trains en champ libre (de PV1 à PV4 selon position du bâtiment). [39]
- **FT2 :** fonction de transfert en dBv entre les fondations du bâtiment et le champ libre. [39]

- **FT3 :** fonction de transfert en dBv entre le milieu de plancher d'une pièce et les fondations du bâtiment. [39]

L'estimation des fonctions de transfert FT2 et FT3 est effectuée via le code de calcul FEM/BEM Mefissto : réponse en fréquence d'un modèle numérique prenant en compte les différentes caractéristiques du sol et du bâtiment. [39]

En effet, toute modification structurelle (épaisseurs de plancher ou mur, matériaux utilisés, portées de dalles, types de fondation) influence la réponse de la structure.

Les données géométriques des bâtiments sont issues des plans fournis et correspondent à deux coupes type représentatives de l'ensemble de la structure donnée par le cabinet d'architecture et le bureau d'étude structure. La structure est supposée constituée de béton.

Cet outil permet alors d'effectuer un calcul sur mesure en conformité avec les données géotechniques et architecturales propres à chaque bâtiment.

Il est alors possible de détecter les points faibles de chaque bâtiment du point de vue de la gêne vibratoire et du bruit solidien.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

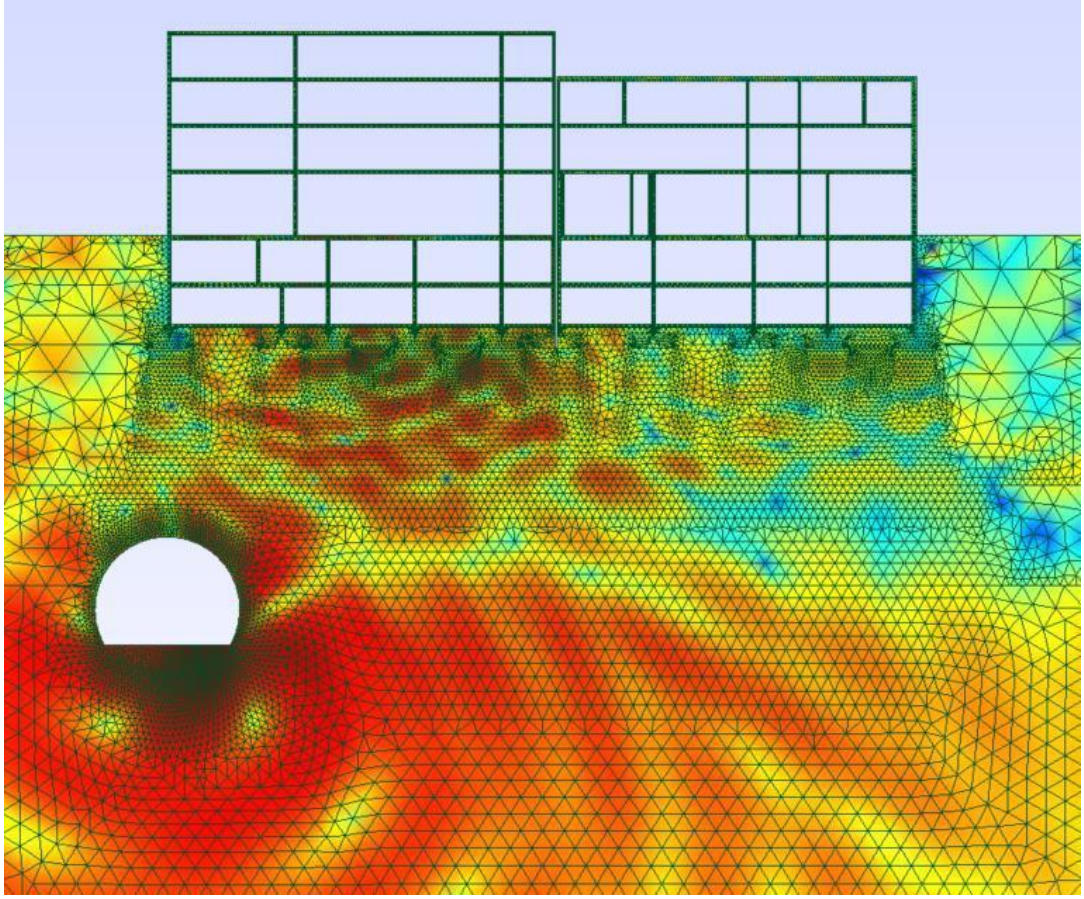


Figure 2-9 : Bâtiments A et B : exemple de cartographie du comportement vibratoire à 100Hz.

Dans la suite de l'étude, deux calculs seront effectués :

- Calcul 1 : modéliser les bâtiments A et B.
- Calcul 2 : modéliser les bâtiments A et C.

2.6.4 Evaluation du risque de perception du bruit solidien dans les futurs bâtiments

Le niveau de bruit solidien dans les futurs locaux du projet est calculé à partir de l'équation suivante : [40]

$$\mathbf{Lp = Lv\ plancher + 10\ log\ (4\sigma S/A)} \qquad (2\text{-}3)$$

Avec :

Lp : Niveau de pression acoustique en dB réf (2x10-5 Pa)

Lv plancher : niveau vibratoire en dBv (réf 5.10-8 m/s) au milieu du plancher d'une pièce.

σ : Sigma : coefficient de rayonnement (sans dimension)

S : Surface des parois rayonnantes en m²

A : Aire d'absorption équivalente du local en m²

Hypothèses de calcul :

Il convient de préciser les hypothèses de calcul du niveau acoustique rayonné :

- Plage fréquentielle de calcul : 16 à 250 Hz.
- Plancher et plafond rayonnant : Le plancher et plafond pris en compte dans le calcul sont en béton
- Coefficient de rayonnement : Coefficient de rayonnement σ = 1.
- Réverbération d'un espace logement : 0,5 seconde entre les tiers d'octave 16 et 250 Hz.

2.6.5 Traitement anti-vibratiles

Pour répondre aux objectifs en termes de bruit solidien à l'intérieur d'une pièce de vie un traitement anti-vibratile doit être mis en place sur les bâtiments dépassant les objectifs fixés dans le paragraphe 3.5.

L'objectif de cette partie de l'étude est de définir des traitements anti-vibratiles permettant un niveau de confort suffisant aux usagers.

En cas de niveau important de bruit solidien rayonné dans les bâtiments, un traitement par désolidarisation de la superstructure peut être à prévoir. Ce type de désolidarisation pourra être réalisé au moyen de tapis résilient, de plots anti-vibratiles ou encore de boites à ressort en fonction des gains souhaités et de la fréquence de désolidarisation nécessaire.

L'objectif est d'atteindre un niveau de bruit solidien de 35 dB(A) et un faible risque de plainte.

La détermination de la fréquence de désolidarisation (ou fréquence propre du dispositif) ne peut se faire uniquement selon les données techniques issues des fabricants, mais nécessite une étude approfondie de l'interaction entre la structure, le dispositif et le sol. Le comportement vibratoire de la structure a une influence sur l'efficacité du système de désolidarisation. L'efficacité d'un même dispositif sera différente d'une structure à l'autre. De plus, lors des résonnances de structure, le système perd de son efficacité. Une rigidification de la structure peut être également nécessaire pour réduire les vibrations

Le dimensionnent dépendra de la fréquence propre du dispositif retenue et devra être affiné par une étude détaillée de conception prenant en compte les caractéristiques mécaniques exactes du matériau, les plans de la structure ainsi que les descentes de charges.

Pour cela, une coupure entre les voiles enterrés et la dalle du RDC est prise en compte dans la modélisation de façon à valider le principe d'une telle solution et la fréquence propre la plus adaptée.

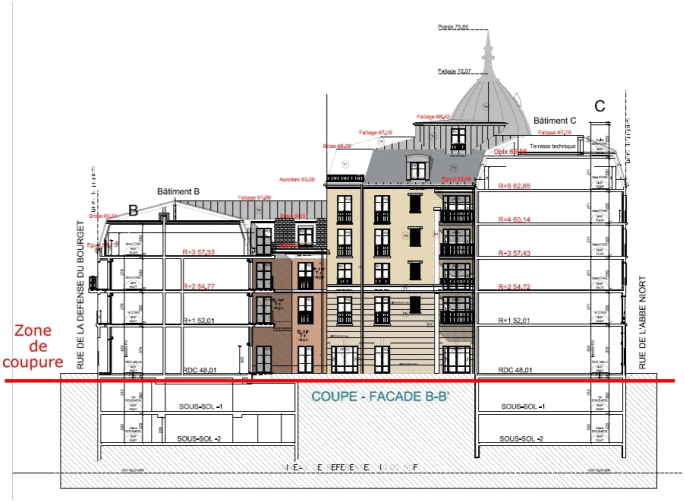


Figure 2-10 : Zone de coupure pour mise en place de traitements anti-vibratiles.

Notons que tous voiles, poteaux, cage d'ascenseur, cage d'escalier, gaines et autres composants solides devront être désolidarisés et faire l'objet d'une étude de conception détaillée spécifique.

De même, l'optimisation des solutions ou l'évaluation de solution alternative devra faire l'objet d'une étude de conception détaillée. Les traitements présentés dans la suite de ce document permettent de statuer sur la faisabilité d'atteindre les objectifs souhaités en terme de bruit solidien.

2.6.6 Résultats de calculs << Projet sans traitement >>

- **Bâtiment A.**

Le calcul du niveau vibratoire et acoustique est réalisé dans chacune des pièces de la coupe du bâtiment en stimulant les résultats par le logiciel Acoubat.

Les graphes suivant présentent les niveaux vibratoires (à gauche) et de bruit solidien (à droite) maximum par étage estimés à l'intérieur du bâtiment.

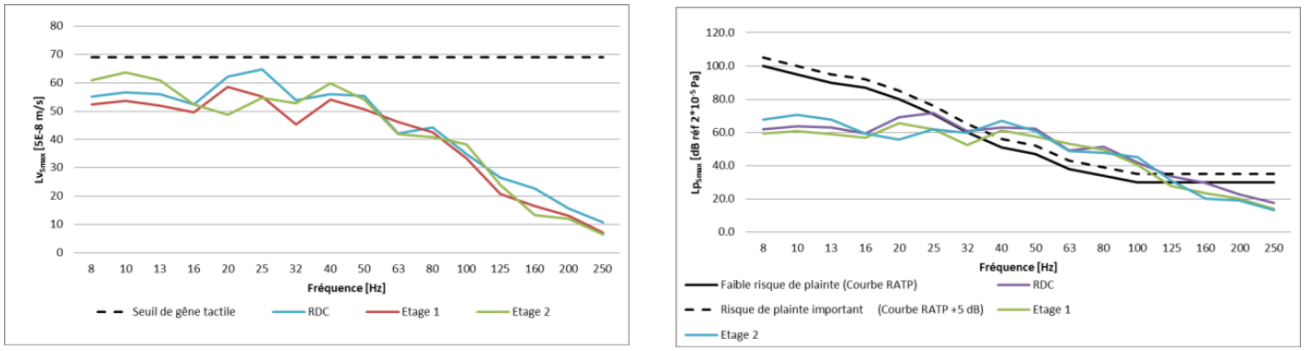


Figure 2-11 : Niveaux vibratoires en milieu de plancher (à gauche) et niveaux de bruit solidien non pondérés (à droite) maximaux par étage.

Tableau 2-5 : Résultats de calculs pour le bâtiment A

	Critères vibratoires			Critères acoustiques / Bruit solidien			
Emplacement de l'estimation	Niveau vibratoire LvSmax En dBv	Seuil de gêne tactile en dBv	Dépassement du seuil vibratoire.	Niveau bruit solidien LpaSmax En dB(A)	Seuil de bruit solidien en dB(A)	Dépassement du seuil du bruit solidien	Risque de plainte
Bâtiment A – RDC à R+2	64.7	69.0	NON	35	35	oui	Risque de plainte important

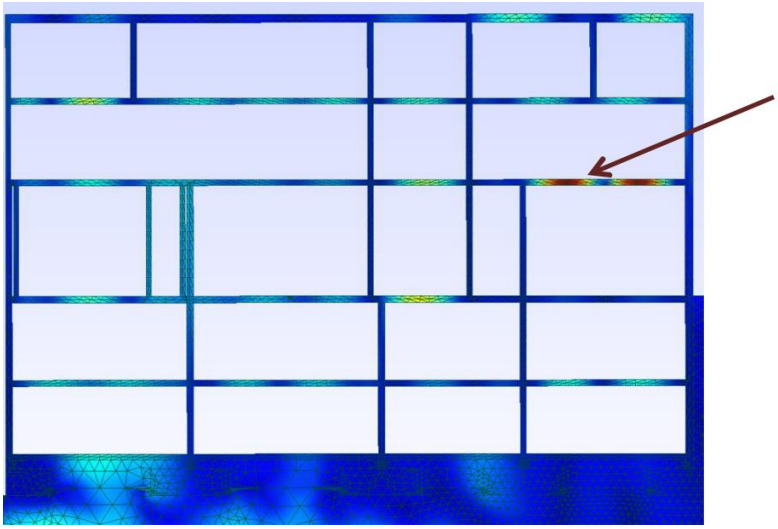


Figure 2-12 : Visualisation de la réponse du bâtiment A à 70 Hz et exemple de mode à éviter

<u>Conclusion pour le bâtiment A :</u>

Dépassement du seuil de bruit solidien

Besoin de traiter en moyenne fréquence

- ✓ **Rigidification de certaines dalles**
- ✓ **Traitement anti-vibratile : plot élastomère**

- **Bâtiment B.**

Le calcul du niveau vibratoire et acoustique est réalisé dans chacune des pièces de la coupe du bâtiment.

Les graphes suivant présentent les niveaux vibratoires (à gauche) et de bruit solidien (à droite) maximum par étage estimés à l'intérieur du bâtiment.

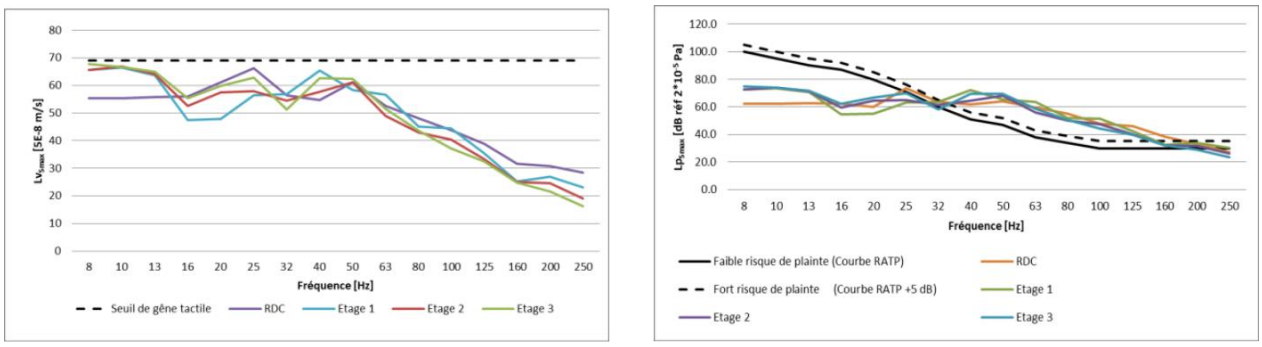


Figure 2-13 : Niveaux vibratoires en milieu de plancher (à gauche) et niveaux de bruit solidien non pondérés (à droite) maximaux par étage.

Tableau 2-6 : Résultats de calculs pour le bâtiment B

	Critères vibratoires			Critères acoustiques / Bruit solidien			
Emplacement de l'estimation	Niveau vibratoire LvSmax En dBv	Seuil de gêne tactile en dBv	Dépassement du seuil vibratoire.	Niveau bruit solidien LpaSmax En dB(A)	Seuil de bruit solidien en dB(A)	Dépassement du seuil du bruit solidien	Risque de plainte
Bâtiment B – RDC à R+3	67.6	69.0	NON	41	35	oui	Risque de plainte important

<u>Conclusion pour le bâtiment B :</u>

Dépassement du seuil bruit solidien

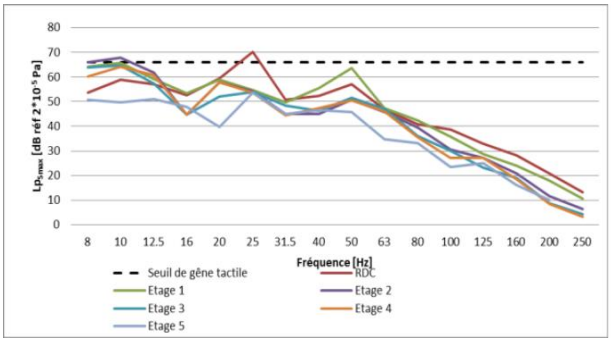
Besoin de traiter en moyenne fréquence avec un maximum de gain

- ✓ **global de 6 dB(A) Rigidification de certaines dalles**
- ✓ **Traitement anti-vibratile : plot élastomère**

- **Bâtiment C.**

Le calcul du niveau vibratoire et acoustique est réalisé dans chacune des pièces de la coupe du bâtiment.

Les graphes suivant présentent les niveaux vibratoires (à gauche) et de bruit solidien (à droite) maximum par étage estimés à l'intérieur du bâtiment.



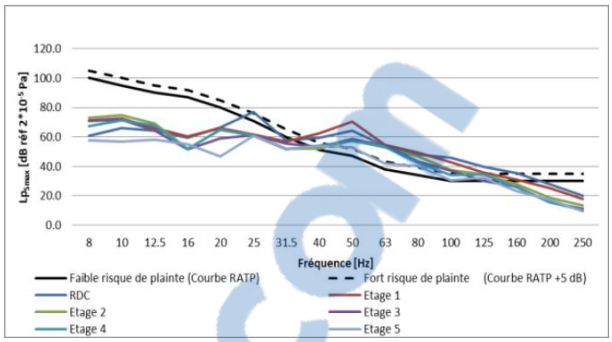


Figure 2-14 : Niveaux vibratoires en milieu de plancher (à gauche) et niveaux de bruit solidien non pondérés (à droite) maximaux par étage.

Tableau 2-7 : Résultats de calculs pour le bâtiment C

	Critères vibratoires			**Critères acoustiques / Bruit solidien**			
Emplacement de l'estimation	Niveau vibratoire LvSmax En dBv	Seuil de gêne tactile en dBv	Dépassement du seuil vibratoire.	Niveau bruit solidien LpaSmax En dB(A)	Seuil de bruit solidien en dB(A)	Dépassement du seuil du bruit solidien	Risque de plainte
Bâtiment C– RDC à R+5	70	69.0	oui	41	35	oui	Risque de plainte important

<u>Remarque :</u> les portées de dalles très importantes (voir Figure 12) sur ce bâtiment amplifient fortement les vibrations. L'ajout de murs porteurs, poteaux ou retombé de poutre est nécessaire pour réduire les vibrations. De plus, le déplacement du joint de dilatation pourrait permettre de ne traiter qu'une partie du bâtiment. Ces modifications structurelles devront faire l'objet d'une reprise d'étude.

Rapport-Gratuit.com

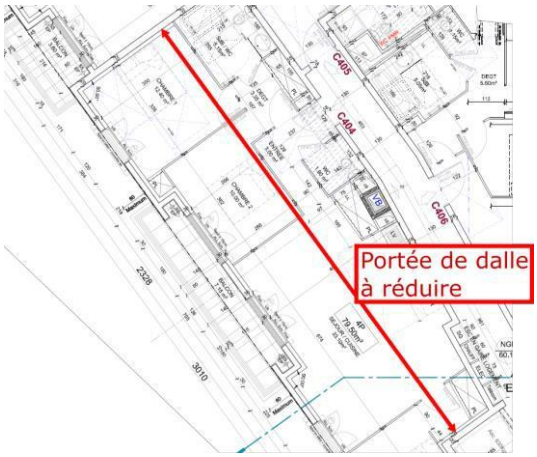


Figure 2-15 : Exemple de portée de dalle trop importante

<u>Conclusion pour le bâtiment C :</u>

Dépassement du seuil bruit solidien

Besoin de traiter en moyenne fréquence avec un maximum de gain globale de 6 dB(A)

- ✓ **Déplacement du joint de dilatation**
- ✓ **Rigidification de certaines dalles**
- ✓ **Traitement anti-vibratile : plot élastomère**

2.7 Analyse des résultats

Compte tenu des données d'entrée à notre disposition (spectre d'effort sur le radier, données relatives au sol, plan structure fournis, …), cette étude d'impact vibratoire montre :

- Les valeurs calculées permettent d'écarter le risque de dommage aux structures

- Un **risque de perception tactile des vibrations** dans le **bâtiment C**. Il est possible d'éliminer ce risque par une rigidification de certaines dalles

- Un dépassement des seuils de bruit solidien pour les trois bâtiments (A, B et C). En l'état actuel du projet, un traitement anti-vibratile doit donc être mis en œuvre sur chacun des bâtiments.

Tableau 2-8 : L'ensemble des résultats pour les bâtiments A, B et C

	Critères vibratoires		**Critères acoustiques / Bruit solidien**		**Solution préconisée**
Emplacement de l'estimation	Niveau vibratoire LvSmax En dBv	Dépassement du seuil vibratoire.	Niveau bruit solidien LpaSmax En dB(A)	Dépassement du seuil RATP +5 dB	
Bâtiment A	64.7	NON	35	OUI	**Plots + limitation des portées**
Bâtiment B	67.6	NON	41	OUI	**Plots + limitation des portées**
Bâtiment C	70.0	OUI	41	OUI	**Plots + limitation des portées (+ déplacement du joint de dilatation.**

Les trois **bâtiments peuvent** être traités avec des plots anti vibratiles positionnés en tête de voile, de type CDM/VHS de la société ACOUSYSTEM/CDM, ou équivalent, à une fréquence propre comprise entre 8 et 12 Hz

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Il est cependant important de noter les points suivants :

- Une meilleure connaissance des propriétés du sol permettrait de réduire les incertitudes de calcul, sans forcément garantir une réduction des niveaux vibratoires estimés. Ceci permettrait de préciser les calculs et d'optimiser les solutions techniques, voire d'éviter la mise en œuvre de plots antivibratiles, notamment pour le bâtiment A, ainsi qu'une partie du bâtiment C.

- Les plans structures dont nous disposons montrent des portées de dalles conséquentes engendrant des amplifications vibratoires non négligeables. Certaines portées de dalles doivent donc absolument être réduites.

En effet, dans l'optique d'éviter les amplifications dues à la structure, des portées de dalle plus faibles, des dalles plus épaisses et un joint de dilatation mieux placé permettraient de réduire considérablement les vibrations. Ces modifications pourraient permettre d'éviter une désolidarisation au moins d'une partie des bâtiments A et C.

Ces modifications structurelles devront faire l'objet d'une reprise d'étude.

2.8 Description des matériaux CDM utilisés pour ce projet

2.8.1 Description du matériau CDM-SEB

CDM-SEB est un appui élastique ponctuel sur mesure pour l'isolation structurelle des bâtiments et autres structures.[41]

❖ **Caractéristiques du système :**

- CDM-SEB se compose d'une série de plots en élastomère collés sur coffrage perdu sur une ou deux faces.
- Ils peuvent être conçus pour répondre à des fréquences propres comprises entre 6 et 20 Hz.
- CDM-SEB peut être fabriqué dans une variété de dimensions pour s'adapter à des charges maximales allant jusqu'à 10 MPa.

❖ **Avantages du système :**

- Simplicité d'installation
- Durée de vie supérieure à 50 ans
- Polyvalence - CDM-SEB peut être fabriqué sur mesure pour s'adapter à tous les types d'applications de construction telles que la maçonnerie porteuse, les cadres en béton armé et les constructions métalliques.

- Rigidité latérale élevée offrant une plus grande stabilité latérale

Figure 2-16 : CDM-SEB

2.8.2 Description du matériau CDM-VHS

Les appuis à contrainte élevée CDM-VHS isolent les bâtiments des vibrations et des bruits structurels causés par les trains ou les métros circulant à proximité ou sous les bâtiments. Ils sont conçus pour supporter des charges très importantes tout en ayant un encomprement nettement inférieures à celui des plots élastomères traditionnels.

❖ **Caractéristiques du système :**

- Les appuis CDM-VHS sont constitués d'une alternance de couches d'élastomère haute résilience et de plaques en acier.
- Les appuis CDM-VHS sont disponibles en différents formats pour offrir des performances entre 8Hz et 18Hz de fréquence propre.
- Les pièces en acier sont galvanisées à chaud par centrifugation.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

❖ **Avantages du système :**

Les appuis CDM-VHS offrent les mêmes performances acoustiques que les appuis standard en élastomère qui sont plus du double de leur taille, ce qui a un impact significatif sur le coût structurel des bâtiments.

Ils sont rapides et faciles à installer, minimisant ainsi les coûts de main-d'œuvre qui y sont associés. Des plaques supérieure et inférieure peuvent être ajoutées pour s'adapter à la méthode d'installation spécifique.

Figure 2-17 : CDM-VHS

2.8.3 CDM 83-Fiche technique matériaux

La caractérisation des plots afin de s'assurer de leur adéquation avec les objectifs de filtrage vibratoire et les contraintes structurelles

La fiche technique pour les matériaux présente la variation de la fréquence de résonance du CDM-83 en fonction du taux de charge en MPA, présenté en Annexe.

Pour chaque projet, les matériaux proposés subissent une série d'essais mécaniques validant leur adéquation avec les objectifs vibratoires et les contraintes structurelles.

Les essais sont réalisés sur une presse dynamique servant au mesurage des raideurs statiques et dynamiques, du facteur de perte, et de la fatigue du matériau retenu pour chaque projet.

2.9 Calculs nécessaires au dimensionnement des matériaux

La présente note de calcul (Fichiers annexes) a pour but de regrouper les calculs nécessaires au dimensionnement des matériaux pour les charges ponctuel et linaire.

Pour dimensionner correctement les plots élastomère, on a besoin de connaître la fréquence propre requise, Les charges réglementai, les forces latérales et de rotation ainsi que des informations pratiques telles que la surface de contact disponible

La descente des charges de la structure, faites par un bureau d'étude structure.

Les charges réglementaire sont en général de :

- Les charges permanentes qui présentent le poids mort.
- Les charges d'exploitation ou surcharges

Pour assurer de manière fiable et durable le plot doit supporter le poids de l'ensemble de la structure, moyennant une déflexion permanente dite statique ;

La formule de la charge acoustique est déterminée par un consensus entre les acousticiens, sa dimension est KN.

2.10 Photos du chantier

Illustrons ce projet par quelques photos prise sur chantier, montrant la mise en place des plots élastomère et le bâtiment en construction.

Figure 2-18 : Image montrant les bâtiments en construction.

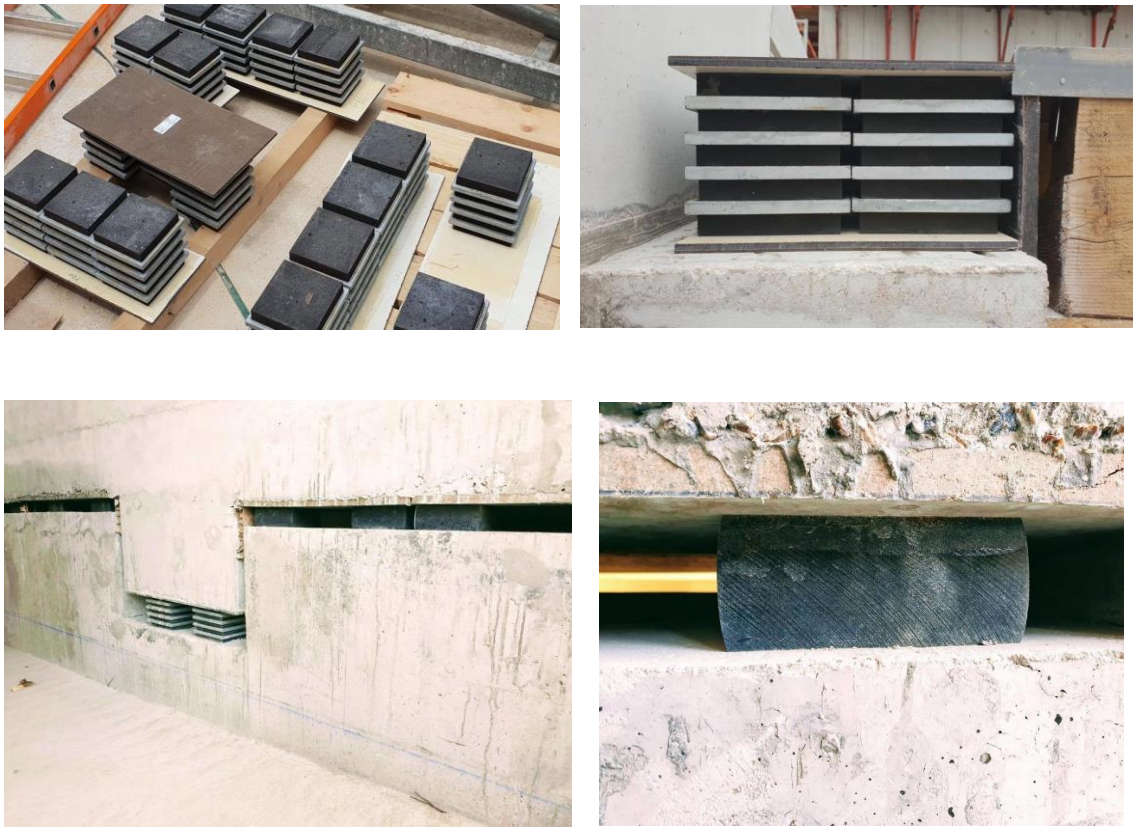


Figure 2-19 : Plot CDM-VHS et CDM-SEB sur chantier.

2.11 Conclusion

Compte tenu des performances vibratoire recherché qui sont de l'ordre de 8 à 12 Hz l'entreprise a opté pour ce projet des élastomères pour la raison suivante : les élastomères qui ont une capacité de charge plus élevée et il couple au-dessus de 6 Hz, ce qui représente aussi un facture économique pour la société, on va éviter le surdimensionnement, on va optimiser en optant pour des élastomères.

Il est connu qu'un matériau souple avec une hauteur conséquente a une fréquence de coupure plus basse qu'un matériau raid avec une hauteur réduite dans ce cas de figure les appuis élastiques seront dimensionner en fonction de la charge et de la fréquence de résonnance.

Il faudra trouver un compris entre ces deux paramètres où on va disposer sur ce projet des appuis antivibratille qui vont reprendre des charges ponctuel et d'autre qui vont reprendre des charges linéaire.

L'objectif vibratoire sera identifié qu'une fois toutes les charges prévu y compris l'exploitation seront mise en place à savoir gros œuvre second œuvre et mobilier et vérification minutieuse des points de contact dans la rupture vibratoire afin d'éviter des ponts vibro-acoustique, seuls les points de contact qui sont admis dans la coupure antivibratille sont les appuis élastomère.

Le projet étant en cours de travaux, second œuvre, les mesures vibratoires n'ont pas encore été réalisées même si dans 80 % des cas ou les recommandations du bureau d'étude acoustique et de l'entreprise d'isolation vibratoire ont été respectés et l'objectif est atteint.

Chapitre 3 :

TRAITEMENT D’UNE SALLE DE FITNESS BASIC FIT

3.1 Introduction

Les salles de fitness sont une source de perturbation dans les bâtiments. L'intérêt général pour la santé et la musculation est actuellement une tendance mondiale. Dans les grandes villes, la salle de fitness dispose d'un large éventail d'heures d'ouverture. Le manque d'espace et la structure ancienne du bâtiment posent un réel défi pour éviter les plaintes du voisinage.

Les machines de musculation fonctionnant avec des poids lourds posent souvent problème dans les studios de fitness. Non seulement ils génèrent du bruit, mais également des vibrations matérielles transmises sous forme de bruit aux sols, murs et plafonds, générant ainsi du bruit dans les pièces environnantes. Ou installer la salle au deuxième étage dans une structure de bâtiment ancien, nécessite une approche très différente, donc des solutions à mettre en œuvre.

3.2 Plancher flottant

La dalle flottante est un support rigide de revêtement de sol rendu indépendant du plancher porteur et des parois latérales par interposition d'un matériau élastique.[42]

Système d'isolation vibratoire et acoustique par intégration de boîtes à ressort dans le plancher. Permet d'atteindre des filtrages vibratoires très importants et d'obtenir des fréquences propres basses (4 à 6 Hz, avec possibilité de descendre à 2,5 Hz). Constitué d'un boîtier comprenant un ressort, un système de réglage altimétrique et éventuellement un amortisseur. Ressort visitable et réglable par le dessus. [42]

3.3 Les trois fonctions d'un plancher flottant.

- **ISOLATION DU BRUIT AÉRIEN :**

  Une amélioration des propriétés d'isolation aérienne du sol. Particulièrement adapté aux salles de concert, discothèques, auditoriums, cinémas, restaurants, salles de sports et locaux techniques.[43]

- **ISOLATION DES VIBRATIONS :**

  Une amélioration des propriétés d'isolation des vibrations de la structure du plancher, support de machines générant des vibrations. Exemple : planchers sous les générateurs, les centrales de traitement d'air, les transformateurs, pompes et autres équipements de service du bâtiment.[44]

- **ISOLATION DU BRUIT D'IMPACT :**

  Une amélioration des propriétés d'isolation du bruit d'impact de la structure du plancher. Par exemple : planchers de bars sur.[45]

Rapport-Gratuit.com

3.3.1 Construction typique d'un plancher flottant

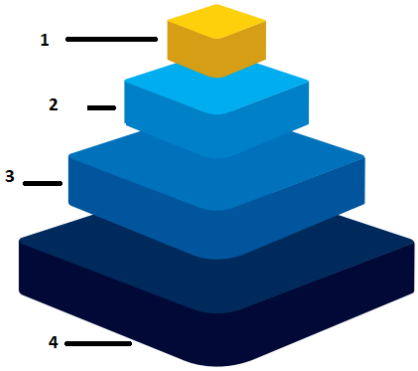


Figure 3-1 : Construction typique d'un plancher flottant.

1. **REVÊTEMENT DE SOL**
2. **COUCHE D'ABSORPTION D'IMPACT**

   Traditionnellement, le revêtement de sol d'une salle de sport a été principalement esthétique, mais il est maintenant reconnu que, combiné à une couche d'absorption des chocs appropriée, il peut jouer un rôle important dans l'atténuation du bruit solidien. Le revêtement de sol et les couches d'absorption d'impact travaillent communément pour prolonger la durée de contact et réduire la force d'impact maximale et le bruit généré.[46]
3. **COUCHE DE RÉPARTITION DE LA CHARGE**

   Les charges (y compris les impacts) sont réparties sur le plancher structurel par l'intermédiaire de panneaux légers rigides. Pour réduire le bruit et les vibrations générés par les impacts, il faut équilibrer la faible efficacité de rayonnement et la résistance des panneaux. Les panneaux à base de bois présentent un équilibre optimal entre ces deux caractéristiques. Lorsque ces panneaux sont combinés avec CDM-DAMP, une fine couche d'amortissement (CLD), on obtient un système de répartition des charges très efficace avec un faible rayonnement sonore et vibratoire. [46]
4. **ELEMENT D'APPUI ELASTIQUE**

   La gamme CDM-GYM est disponible avec des appuis résilients de surface ou ponctuels. Ces appuis ponctuels offrent une meilleure réduction du bruit en basses fréquences, atteignant des fréquences propres aussi basses que 8 Hz. [46]

3.3.2 Les isolants résilients élastomères

Il peut être livré en rouleau, plaqué ou découpé en fonction de la taille du support. Les appuis de désolidarisation amortisseurs en matériau élastomère résilient offrent une plage d'efficacité à partir de 8 Hz de fréquence propre. En appuis ponctuel, en appuis linéaire c'est à partir de 12Hz au max.[47]

Ils sont placés dans des murs de soutènement, les longrines, des semelles filantes ou ponctuelles ou les dalles flottantes. [47]

- **Qu'entend-on par matériaux acoustiques résilients ?**

Ce terme a deux significations. C'est un adjectif qui définit d'abord la résistance aux chocs du matériau. Mais en termes d'acoustique, la résilience est la capacité d'un matériau à minimiser ou éliminer les vibrations causées par un impact ou un choc. Dans le même temps, il faut distinguer les matériaux de base, c'est-à-dire les matières premières résilients de nature, et les produits acoustiques issus de différentes techniques lui ayant donné sa résilience. [47]

La particularité de chacun est leur densité, leur forme, leur résistance à la compression et d'autres qualités de construction importantes, telles que la résistance au feu ou les écarts de température. Dans tous les cas, les matériaux résilients sont des atouts importants pour résister au bruit qui peuvent se transmettre par onde aux structures des bâtiments. [47]

- **Les résilients sous-planchers ou sous-couches :**

Parmi les produits les plus connus, il existe des résilients sous couches disponibles sous forme de panneaux ou de rouleaux préfabriqués. Ils sont conçus pour supporter les sols, tels que les carreaux, le parquet, etc. Ou la couche extérieure du mur. Leur installation sur des planchers chauffants nécessite une étude de faisabilité. [47]

3.4 Etude de cas : Traitement d'une SALLE DE SPORT BASIC FIT.

3.4.1 Objet.

Afin de s'assurer du respect de la tranquillité du voisinage dans le cadre d'une salle de sport en activité située rue Pasteur à Aubervilliers (93). Ce club est inséré au RDC d'un bâtiment récent en structure béton. Des logements sont situés aux étages et sont impactés.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

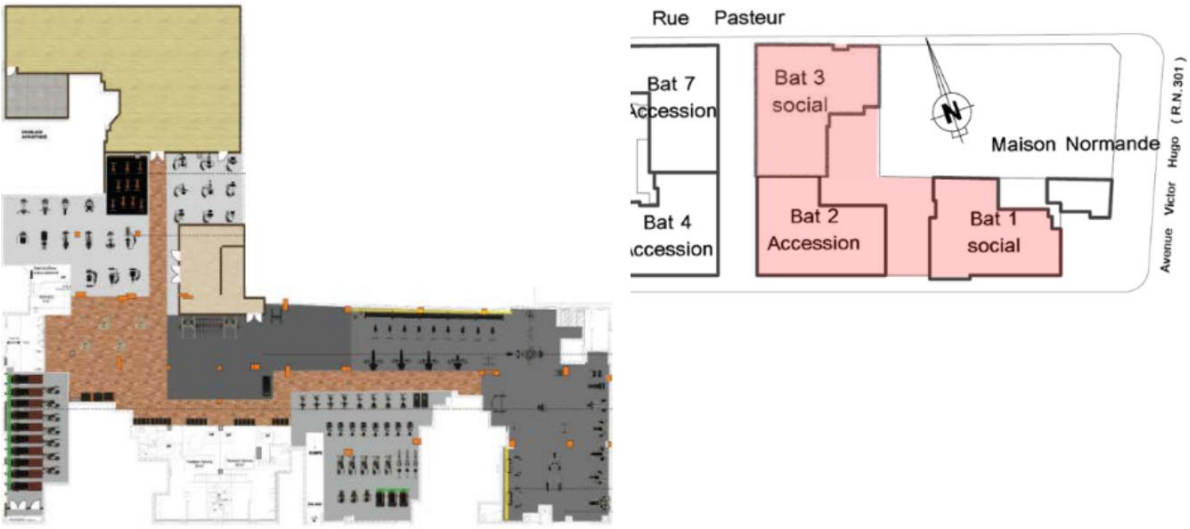


Figure 3-2 : Plan d'aménagement du club au RDC Bat 1, 2 et 3

On a réalisé un premier diagnostic sur site, puis des tests sur plateformes. Ces tests ont permis d'acter des solutions techniques pour solutionner :

- Les lâchers de poids
- Les bruits d'équipements extérieurs

Ce document présente les résultats des mesures acoustiques après travaux.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

3.4.2 Présentation du site

L'extrait de plan ci-dessous permet de localiser les zones avec risques de lâchers de poids.

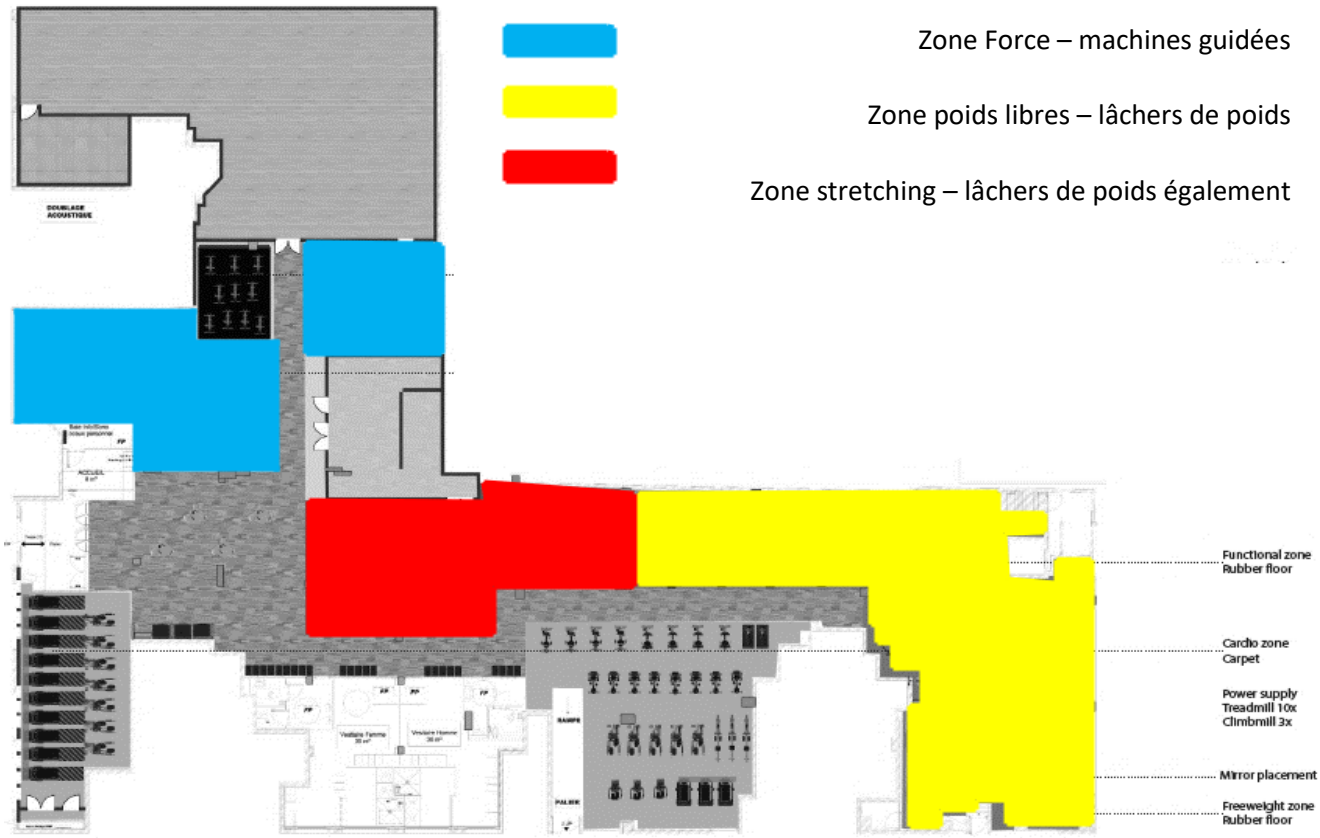


Figure 3-3 : Les zones avec risques de lâchers de poids.

La zone poids libre et la zone stretching ont bénéficié de la mise en œuvre d'une plateforme sèche sur plots CDM avec sous couches amortissantes MTX 25/7 et MTA20 (en 2xMTA10).

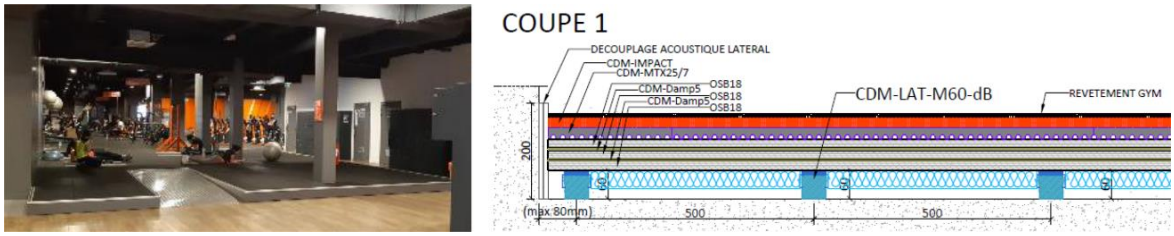


Figure 3-4 : sous couches amortissantes MTX 25/7 et MTA20 (en 2xMTA10).

La zone de force, avec machines guidées, a bénéficié de la mise en œuvre d'une plateforme sèche sur plots CDM sans sous couches amortissante (complexe simplifié pour cette zone moins agressive).

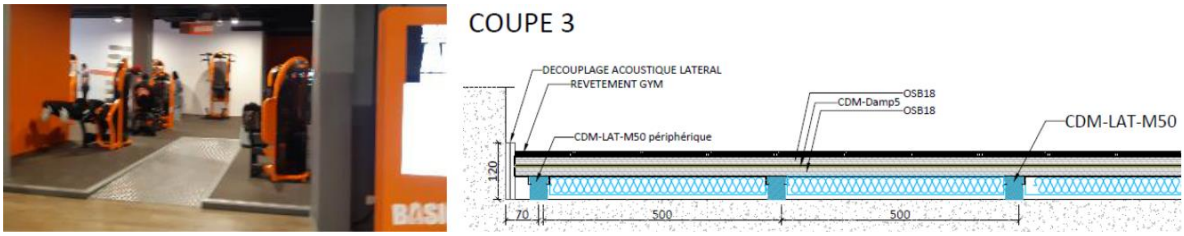


Figure 3-5 : sous couches amortissante

❖ **Remarque sur la mise en œuvre :**

Les racks ont été mis en œuvre en comprimant au maximum les joints périphériques.

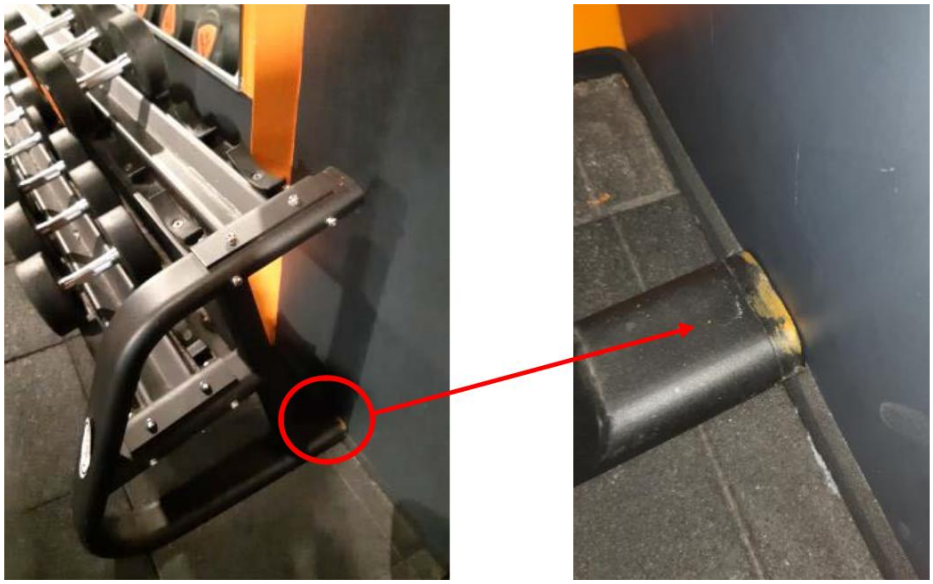


Figure 3-6 : Racks comprimant au maximum les joints périphériques.

Cela n'a pas posé problèmes chez les riverains. Mais ceci montre l'intérêt de prévoir un dispositif périphérique pour éviter le risque de contact latéral par les usagers ou les entreprises qui déplacent les machines (pour mémoire).

La solution avec tasseau bois indépendant des parois verticales aurait permis d'éviter ce risque (solution proposée initialement). Cependant, il est également possible, pour les futures opérations, de prévoir l'utilisation d'un résilient périphérique un peu moins souple pour éviter en pratique que les racks soient trop proches des parois verticales.

Concernant la zone force, On n'a pas constaté la mise en œuvre de machines contre les parois verticales, ce qui est positif.

On recommande cependant, pour les futures opérations, de faire dépasser un résilient périphérique de la même manière que pour les racks. Ceci afin d'éviter en pratique tout risque de contact sur les parois verticales (dans la vie d'un club, il y a un risque que les machines soient déplacées).

3.4.3 Résultats en situation réelle dans un logement mitoyen

L'accès a été au logement situé au R+1 côté avenue Victor Hugo. Ce logement est situé au-dessus de la zone poids libre, dans le bâtiment 1 de l'opération « Le Temps Libre ».

Figure 3-7 : Mesures réalisées au point 1, dans une chambre de l'appartement de Mme KANOUTE

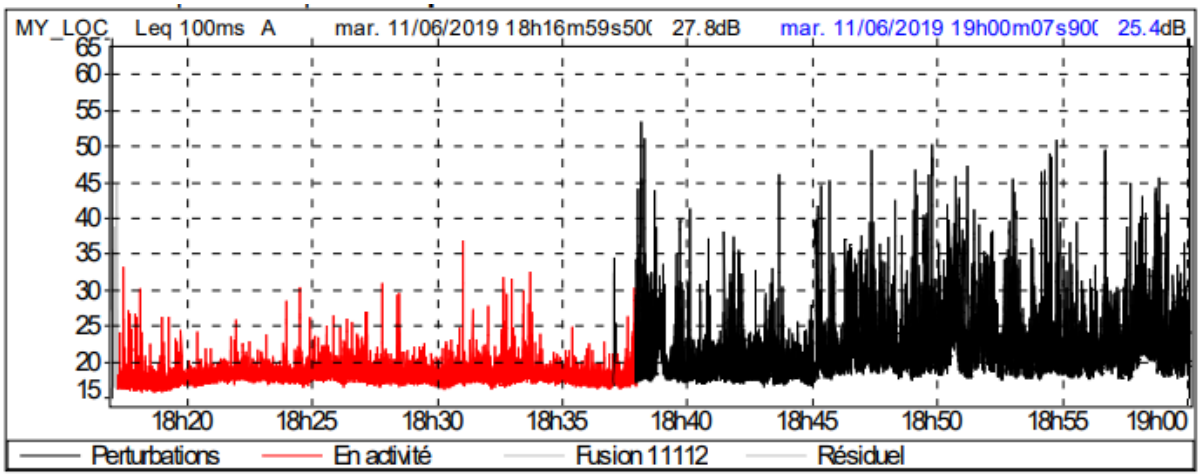


Figure 3-8 : Evolution temporelle au point 1 – Après travaux

Evolution temporelle au point 1 – **Avant travaux** (pour mémoire – même emplacement)

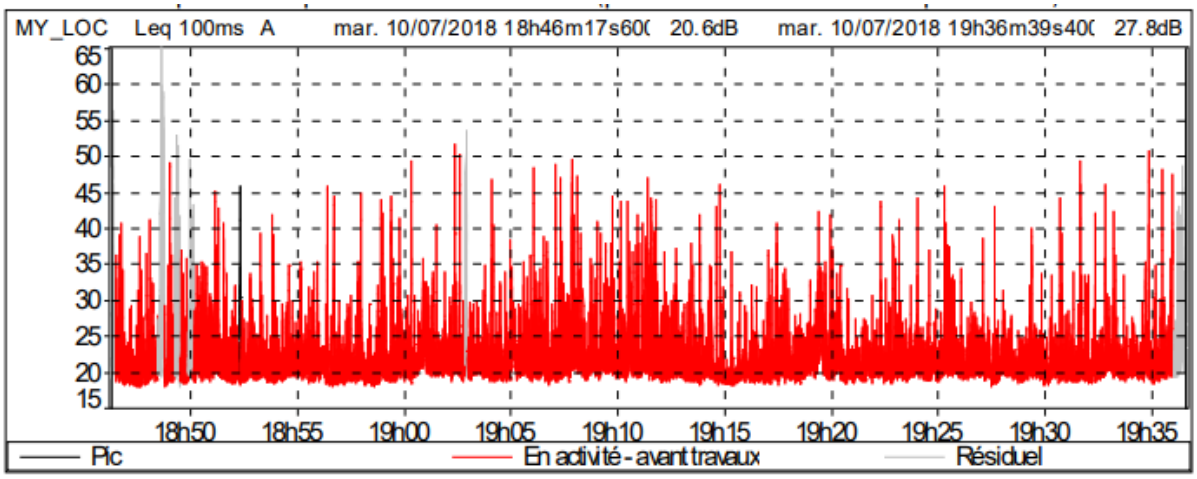


Figure 3-9 : Evolution temporelle au point 1 – Avant travaux (pour mémoire – même emplacement)

<u>Commentaires :</u>

Nous avons eu quelques perturbations à l'intérieur du logement lors des mesures après travaux (d'où la zone en noire sur la partie droite).

Avant travaux, la grande majorité des pics dans le logement provenaient des lâchers de poids.

Après travaux, les pics qui émergent du bruit de fond dans le logement sont très rares. La quasi-totalité des pics que l'on voit sur le graphique ci-dessous ne proviennent pas de BASIC FIT mais de l'activité dans le logement ou d'activités externes. Lorsqu'un pic lié à un lâcher de poids se produit, il ne dépasse pas 25 dB(A) d'une part, et d'autre part il n'est détectable qu'avec une concentration importante sur le sujet.

On n'a pas de réserves sur le confort acoustique après travaux au sein des logements les plus impactés (au premier étage), et à fortiori sur les logements plus éloignés aux étages supérieurs. Le gain sur le confort avant et après travaux est très important.

Il est possible, pour information, de détecter la sonorisation du club dans les logements avec un bruit de fond très calme, mais cela ne constitue en aucun cas une non-conformité (émergences très faibles, et surtout, niveau sonore ambiant inférieur à 25 dB(A)).

Nous présentons ci-après des tests avec des lâchers de poids simulés, afin de forcer des situations contraignantes.

3.4.4 Résultats avec lâchers de poids

Point de réglementation bruit de voisinage.

Le décret relatif aux bruits de voisinage précise les règles applicables, et notamment les émergences à respecter dans les logements.

Ce texte limite l'émergence admissible du bruit perturbateur (niveau ambiant avec installation en fonctionnement) sur le bruit de fond (niveau résiduel – état 0) à :

- +5 dB(A) en période diurne (7h – 22h) ;
- +3 dB(A) en période nocturne (22h – 7h).

Il n'y a pas de correction complémentaire pour un fonctionnement sur une durée supérieure à 8h.

Les émergences suivantes sont également à respecter par bandes d'octaves :

Tableau 3-1 : émergences suivantes à respecter par bandes d'octaves

Bande d'octave	31,5 Hz (*)	63Hz (*)	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	2kHz
Emergence maximale autorisée	+9dB	+9dB	+7dB	+7dB	+5dB	+5dB	+5dB	+5dB

Les lâchers de poids sont des chocs impulsionnels fréquents et aléatoires. Ce cas n'est pas explicitement décrit dans la réglementation et peut être soumis à l'interprétation. Nous avons jugé pertinent de moyenner les pics sur un fenêtrage de 1500 ms correspondant à la durée des pics existants pour émerger du bruit de fond. Cette méthodologie s'inspire du cas impulsionnel décrit dans la NF S 31-010 (norme citée par la réglementation et couramment utilisée pour les mesures acoustiques).

Types de lâchers de poids.

Les lâchers de poids ont été effectués en dessus du point de mesure 1 présenté ci-avant, c'est-à-dire dans une situation contraignante. Les lâchers suivants ont été effectués :

- 25 kg à une hauteur d'environ 1,2 m
- 80 kg à une hauteur d'environ 1,2 m

Figure 3-10 : Les deux types de lâchers de poids.

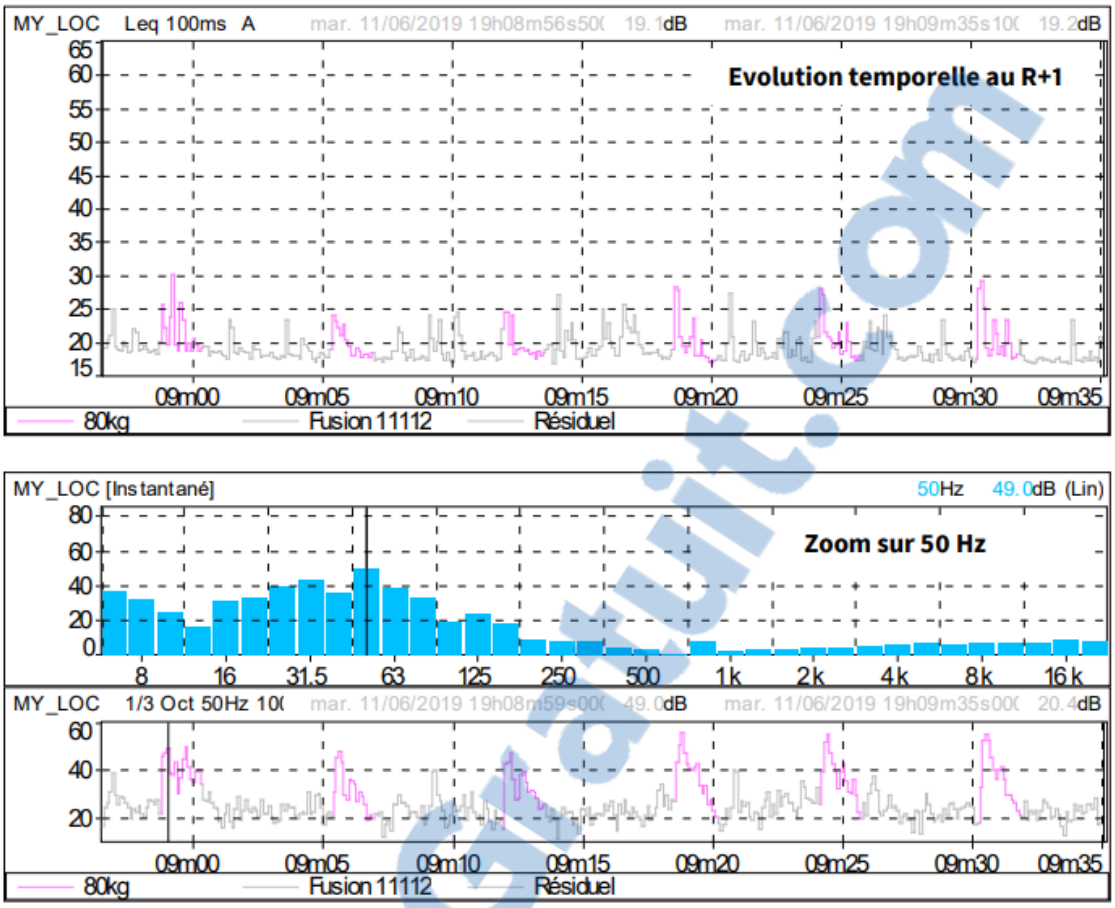


Figure 3-11 : Résultats avec lâchers de 25 KG

Tableau 3-2 : Résultats au R+1 pour les lâchers de 25 KG.

CDM avec MTX+MTA	Bruit de fond Leq	Seuil audition Leq	25 kg à 1,2 m Leq	Emergence (*)
Global dB(A)	20	--	22	2
31,5 Hz	37,5	55	40	--
63 Hz	30	37	43	6
125 Hz	26,5	22	30	3.5
250 Hz	< 18	11	21,5	3.5
500 Hz	< 18	4	< 18	--

Rapport-Gratuit.com

Commentaires :

Les émergences sont conformes

Les lâchers sont détectables sur la bande d'octave 63 Hz (pic le plus contraignant sur le tiers 50 Hz). Physiquement, étant donné le bruit de fond très bas, on constate une émergence de 13 dB à 63 Hz (43 dB-30 dB). Mais en réalité, le seuil d'audition étant d'environ 37 dB sur cette bande d'octave, l'émergence réelle n'est que de 6 dB. En pratique, il est très difficile de percevoir les lâchers de poids. Cela nécessite l'absence totale de nuisances extérieures, et une bonne concentration.

Les riverains ont indiqué ne plus percevoir les lâchers de poids, sauf en y prêtant une très grande concentration. Dans la pratique les lâchers de poids sont masqués par l'activité usuelle. Nous ne sommes en aucun cas dans une situation de non-conformité ou une situation gênante.

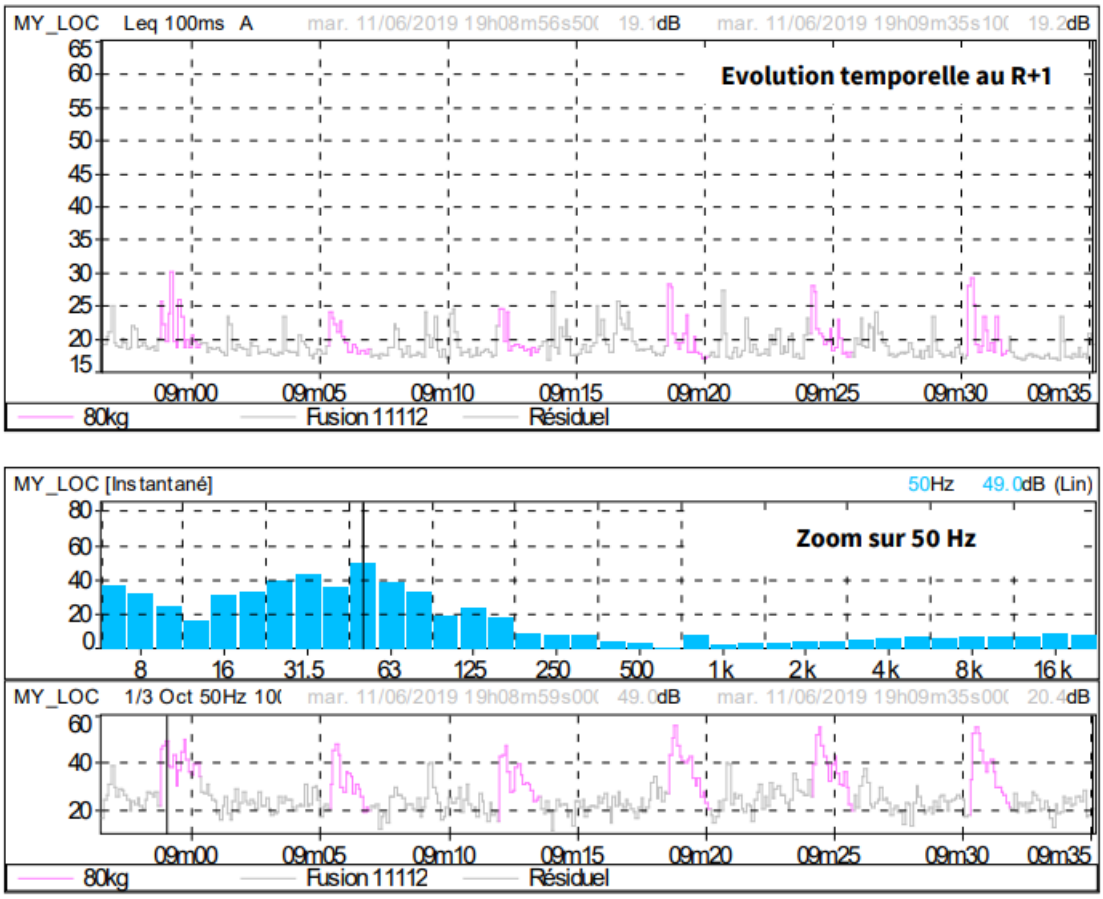


Figure 3-12 : Résultats avec lâchers de 80 KG.

Tableau 3-3 : Résultats au R+1 pour les lâchers de 80 KG.

CDM avec MTX+MTA	Bruit de fond Leq	Seuil audition Leq	25 kg à 1,2 m Leq (*)	Emergence
Global dB(A)	20	--	22	2
31,5 Hz	37,5	55	41.5	--
63 Hz	30	37	46	9
125 Hz	26,5	22	28.5	2
250 Hz	< 18	11	18	--
500 Hz	< 18	4	< 18	--

- Avec prise en compte d'un seuil d'audition inspiré de la norme ISO 226

Commentaires :

Les émergences sont conformes

Mêmes remarques que pour le cas 25 kg présenté ci-avant.

La conformité est atteinte, même pour des lâchers de 80 kg à 1,2 m du sol, ce qui constitue un cas extrême peu fréquent dans ce club.

On constate une émergence plus importante dans les très basses fréquences entre 80 kg et 25 kg.

Les mesures étaient légèrement perturbées par des activités dans le logement pour ces mesures de réception (nous ne pouvions pas trop déranger les logements pour ces tests). Nous estimons que les résultats sont au moins aussi performants que ceux prévus lors des tests sur plateformes de tests.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

3.5 Mesures après travaux –Bruits équipements

3.5.1 Bruits d'équipement émis vers l'extérieur

Nous avons relevé les bruits d'équipements émis vers le voisinage, en cour intérieur :

Point 2, en face de la grille de prise / rejet d'air CTA et VMC

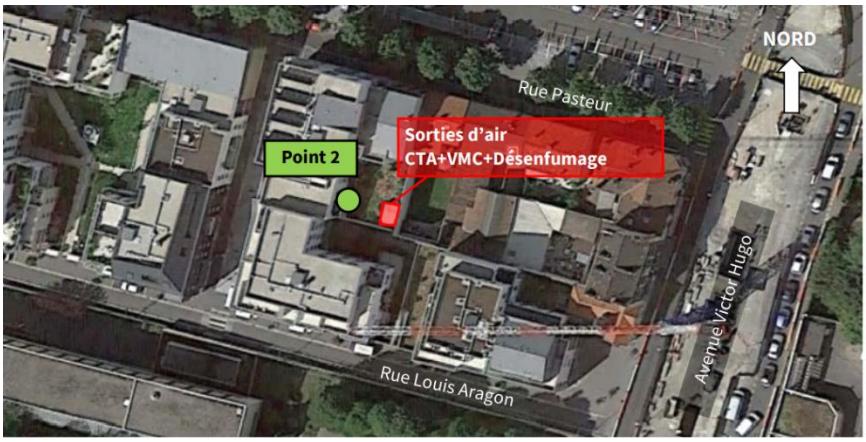


Figure 3-13 : relevé les bruits d'équipements émis vers le voisinage

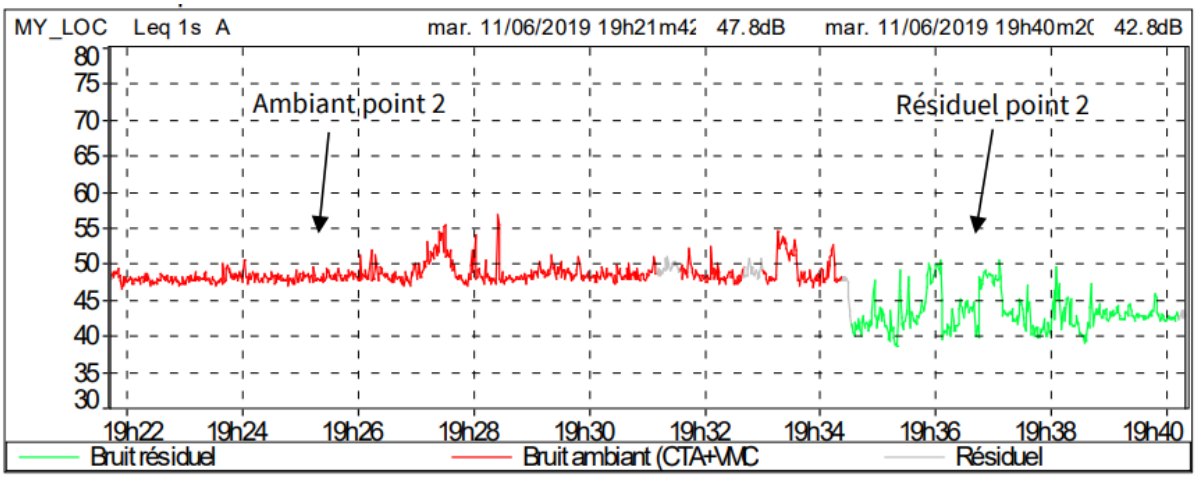


Figure 3-14 : Evolution temporelle pour bruits d'équipements émis vers le voisinage

Tableau 3-4 : les émergences au point 2 en période diurne avec CTA et VMC

Point 2 CTA et VMC	Niveau sonore arrondi à 0,5 dB près							Global à 0,5 dB(A) près
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	
Bruit ambiant	**66,5**	**60,5**	**46**	**38**	**35,5**	**31**	**28**	**47,5**
Bruit résiduel	**51**	**42**	**38**	**37,5**	**34,5**	**30,5**	**23**	**40,5**
Emergence	**15,5**	**18,5**	**8**	**0,5**	**1**	**0,5**	**5**	**7**
Max admissible	--	**7**	**7**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
Conformité ?	--	**NON**	**NON**	**OUI**	**OUI**	**OUI**	**OUI**	**NON**

Tableau 3-5 : les émergences mesurées AVANT TRAVAUX

Point 2 CTA et VMC	Niveau sonore arrondi à 0,5 dB près							Global à 0,5 dB(A) près
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	
Bruit ambiant	**67,5**	**57,5**	**54,5**	**49,5**	**48**	**42**	**39**	**53**
Bruit résiduel	**51,5**	**42,5**	**39**	**39**	**37**	**31,5**	**23**	**41,5**
Emergence	**16**	**15**	**15,5**	**10,5**	**11**	**10,5**	**16,5**	**11,5**
Max admissible	--	**7**	**7**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
Conformité ?	--	**NON**	**NON**	**NON**	**NON**	**NON**	**NON**	**NON**

Commentaires :

CTA + VMC

Avant travaux, la non-conformité était importante puisque l'émergence était de 11,5 dB(A) contre 5 dB(A) maximum admissible.

Après travaux, la situation s'est améliorée puisque l'émergence globale passe de 11,5 dB(A) à 7 dB(A), soit un gain de 4,5 dB(A) environ. Toutefois, la situation n'est toujours pas conforme.

D'après information prise auprès de AMBIANCE CLIMATISATION, un piège à son a été mis en œuvre au niveau de l'extracteur VMC. Mais en aucun la grille acoustique n'a été mis en œuvre conformément à nos préconisations d'une part, et d'autre part il est probable que le piège à son mis en œuvre ne respecte pas les atténuations minimale demandées (mais on n'a pas le détail sur le piège à son mis en œuvre).

-Désenfumage

Pour mémoire, l'extracteur de désenfumage semblait se déclencher régulièrement, en dehors des besoins en désenfumage. Dans ce cas, son fonctionnement très bruyant était source de gêne pour les riverains. D'après nos échanges avec les riverains, le déclenchement inapproprié de cet équipement ne s'est pas reproduit depuis le diagnostic acoustique.

-Commentaire général

Les acousticiens ont échangé avec les voisins, il n'y a plus de plaintes, malgré l'aspect non conforme des bruits de ventilations (CTA+VMC) vis-à-vis des riverains situés côté cour.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

3.6 Analyse des résultats

Les mesures acoustiques réalisées après travaux amènent les conclusions suivantes :

- Lâchers de poids

La situation auparavant très largement non conforme est désormais CONFORME sans aucune ambiguïté. Dans une situation normale, il est impossible de détecter les lâchers de poids. Les lâchers de poids sont détectables au R+1 si le logement est calme et avec une concentration importante. Les lâchers de poids restent perceptibles dans le parking (mais zone non sensible).

- Bruits d'équipements émis vers l'extérieur

Emergence de 7 dB(A) environ pour CTA+VMC en fonctionnement courant Le maximum admissible en période diurne (7h-22h) est de 5 dB(A). Il y a donc NON CONFORMITE Soit un gain d'environ 4,5 dB(A) par rapport à la situation initiale.

Toutefois, les riverains étaient surtout gênés par le désenfumage. Ce problème semble désormais résolu. Les équipements de ventilation CTA+VMC ne sont pas conformes à la réglementation bruit de voisinage mais ceci ne semble pas gêner les occupants d'après les échanges avec les riverains.

Ceci peut provenir du fait que le bruit généré par les équipements CTA+VMC est un bruit constant avec un spectre acceptable. Un voisinage moins tolérant aurait cependant possibilité de contester la conformité acoustique des bruits émis par la CTA+VMC. Dans ce cas nous renvoyons vers notre étude acoustique qui n'a pas été respectée (mise en œuvre du piège à son non justifié et absence de grille acoustique).

- Bruits émis par la sonorisation

La sonorisation est à peine perceptible dans les logements les plus proches. La situation est CONFORME (niveau sonore ambiant nettement inférieur à 25 dB(A). ATTENTION cependant à ne pas augmenter le niveau sonore de la sonorisation au sein de ce club.

3.7 Description des produits CDM utilisés pour ce projet

3.7.1 Description du produit CDM-GYM-HP

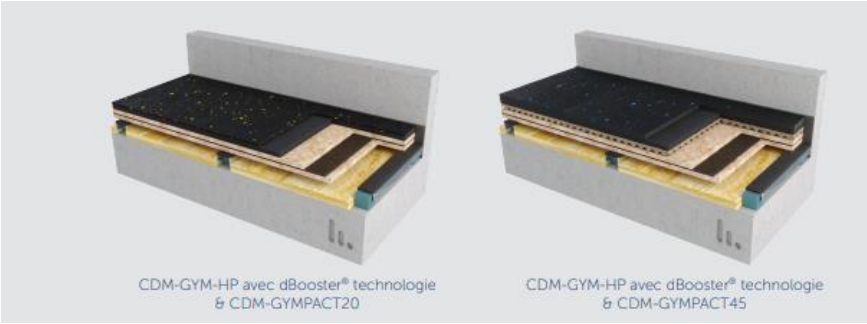


Figure 3-15 : CDM-GYM HP

Les systèmes CDM-GYM sont des planchers flottants acoustiques légers à haute performance pour les gymnases et les salles de fitness. Ils peuvent être conçus pour offrir différentes hauteurs de système et répondre aux exigences de performance acoustique les plus élevées.

Pour permettre la sélection de la meilleure solution pour les différentes activités sportives, les solutions standard CDM-GYM combinent différentes couches d'absorption des chocs, de répartition des charges et de soutien élastique.

CDM-GYM-HP est un plancher flottant discret "haute performance" d'une profondeur d'installation comprise entre 120 et 150 mm, parfait pour les studios de cardio (y compris les zones de tapis de course) et les zones d'équipements/ machines de gym (CDM-GYM-HP avec dBooster® technologie est recommandé en cas de chute de poids éventuelle).

❖ **CARACTÉRISTIQUES :**

- La hauteur standard du système CDM-LAT est de 50 mm
- La hauteur standard du système CDM-dBooster® LAT est de 60 mm
- CDM-GYM-HP est disponible avec CDM-LAT ou CDM-dBooster® LAT
- Divers éléments de répartition de la charge peuvent être utilisés, tels que le contreplaqué ou le panneau OSB
- Les composants en acier CDM-LAT et CDM-dBooster® LAT sont électro-galvanisés
- CDM-LAT et CDM-dBooster® LAT sont disponibles en deux qualités standard : CDM-LAT-M (rigidité moyenne) et CDM-LAT-H (rigidité élevée)
- Deux couches d'absorption d'impact sont disponibles : CDM-GYMPACT20 & CDM-GYMPACT45 (la sélection se fait en fonction du type d'activités sportives)
- Le revêtement de sol n'est pas inclus dans la solution standard CDM-GYM, mais une gamme de revêtement de sol sportif (CDM Sports Floor) est disponible sur demande
- Les systèmes CDM-GYM sont compatibles avec presque tous les types de revêtements de sol sportif.

❖ **AVANTAGE :**

- Les systèmes de plancher flottant peuvent être conçus pour s'adapter à différentes profondeurs
- Options de plancher flottant léger avec une épaisseur réduite/minimale (taille et poids supplémentaires faibles)
- Des niveaux élevés de performance d'isolation testés et prouvés, en particulier aux basses fréquences
- Installation rapide et facile
- Durable et sans entretien
- Une solution économique et performante
- Si nécessaire, CDM-GYM peut être facilement démonté et réinstallé dans un autre endroit.

❖ **RÉSULTATS ACOUSTIQUES : TESTS DE CHUTE**

- Revêtement de sol sportif en caoutchouc de 9,5 mm
- CDM-GYMPACT20 ou CDM-GYMPACT45
- Contreplaqué 19 mm
- CDM-DAMP (1 couche)

- Contreplaqué 19 mm
- CDM-dBooster® LAT
- Laine minérale 16 mm
- Dalle de béton 200 mm

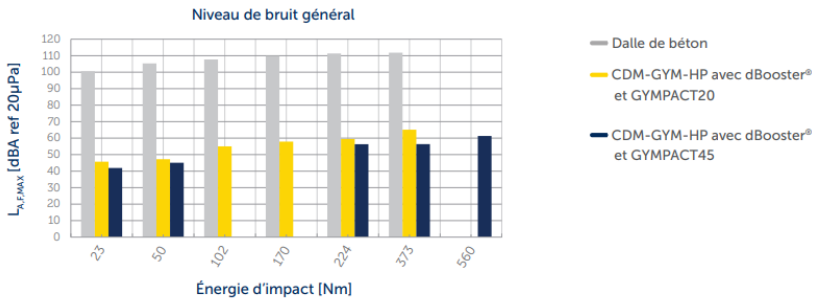


Figure 3-16 : Résultat acoustique pour CDM-GYM

❖ **RÉSULTATS ACOUSTIQUES :**

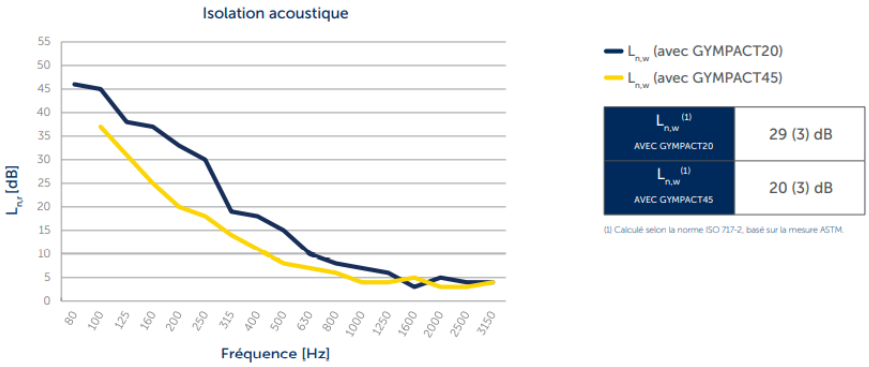


Figure 3-17 : Isolation acoustique avec CDM-GYM HP

❖ **MONTAGE TYPIQUE :**

1. Dalle de béton
2. CDM-PERIMETER
3. Vide d'air
4. Matériau d'isolation
5. CDM-LAT ou CDM-dBooster® LAT
6. Première couche de répartition de la charge en contreplaqué
7. CDM-DAMP
8. Deuxième couche de répartition de la charge en contreplaqué
9. CDM-GYMPACT**
10. Revêtement de sol

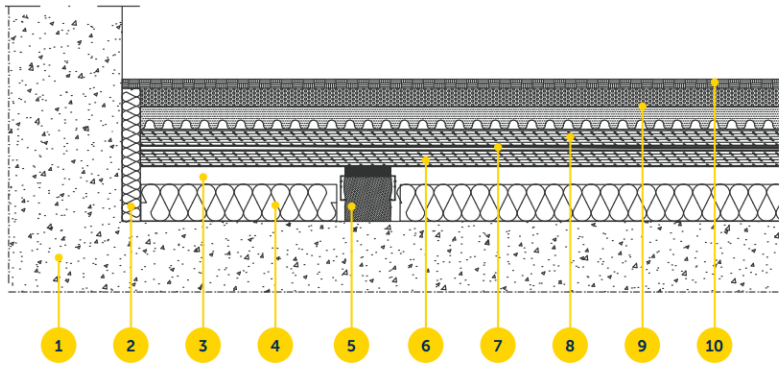


Figure 3-18 : Montage typique d'un CDM-GYM HP

3.7.2 Description du produit CDM-GYM-XP

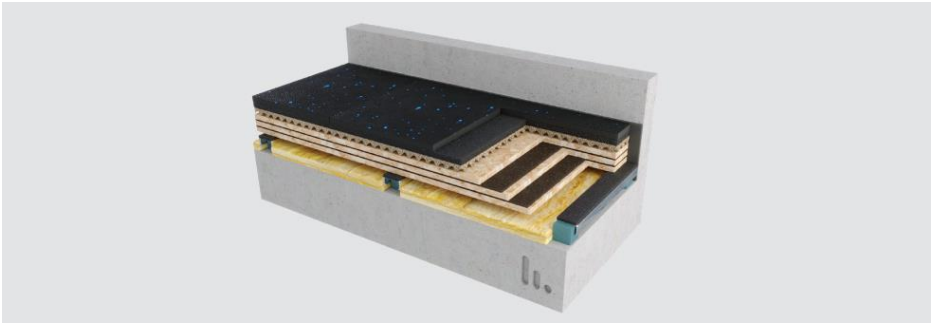


Figure 3-19 : Produit CDM-GYM XP

Les systèmes CDM-GYM sont des planchers flottants acoustiques légers à haute performance pour les gymnases et les salles de fitness. Ils peuvent être conçus pour offrir différentes hauteurs de système et répondre aux exigences de performance acoustique les plus élevées.

Pour permettre la sélection de la meilleure solution pour les différentes activités sportives, les solutions standard CDM-GYM combinent différentes couches d'absorption des chocs, de répartition des charges et de soutien élastique.

CDM-GYM-XP est un plancher flottant discret "Extra Performance" dont la profondeur d'installation est comprise entre 150 et 175 mm, parfait pour les zones de poids libres (zones d'haltères). CDM-GYM-XP avec dBooster® est la solution parfaite pour les zones de poids libres où l'on s'attend à une énergie d'impact élevée.

❖ **CARACTÉRISTIQUES :**

- La hauteur standard du système CDM-LAT est de 50 mm
- La hauteur standard du système CDM-dBooster® LAT est de 60 mm
- CDM-GYM-XP est disponible avec CDM-LAT ou CDM-dBooster® LAT
- Divers éléments de répartition de la charge peuvent être utilisés, tels que le contreplaqué ou le panneau OSB
- Les composants en acier CDM-LAT et CDM-dBooster® LAT sont électro-galvanisés
- CDM-LAT et CDM-dBooster® LAT sont disponibles en deux qualités standard :

CDM-LAT-M (rigidité moyenne) et CDM-LAT-H (rigidité élevée)

- Deux couches d'absorption d'impact sont disponibles : CDM-GYMPACT20 & CDM-GYMPACT45 (la sélection se fait en fonction du type d'activités sportives)
- Le revêtement de sol n'est pas inclus dans les solutions standard CDM-GYM, mais une gamme de revêtement de sol sportif (CDM Sports Floor) est disponible sur demande
- Les systèmes CDM-GYM sont compatibles avec presque tous les types de revêtements de sol sportif. Veuillez vérifier auprès du CDM et du fabricant du sol avant la pose.

❖ **AVANTAGE :**

- Les systèmes de plancher flottant peuvent être conçus pour s'adapter à différentes profondeurs
- Options de plancher flottant léger avec une épaisseur réduite/minimale (taille et poids supplémentaires faibles)
- Des niveaux élevés de performance d'isolation testés et prouvés, en particulier aux basses fréquences
- Installation rapide et facile
- Durable et sans entretien
- Une solution économique et performante

❖ **RÉSULTATS ACOUSTIQUES : TESTS DE CHUTE**

Revêtement de sol sportif en caoutchouc de 9,5 mm

• CDM-GYMPACT20, CDM-GYMPACT45

• Contreplaqué 19 mm

• CDM-DAMP (première couche)

• Contreplaqué 19 mm

• CDM-DAMP (deuxième couche)

• Plywood 19 mm

• CDM-dBooster® LAT

• Laine minérale 38 mm

Rapport-Gratuit.com

• Dalle de béton 200 mm

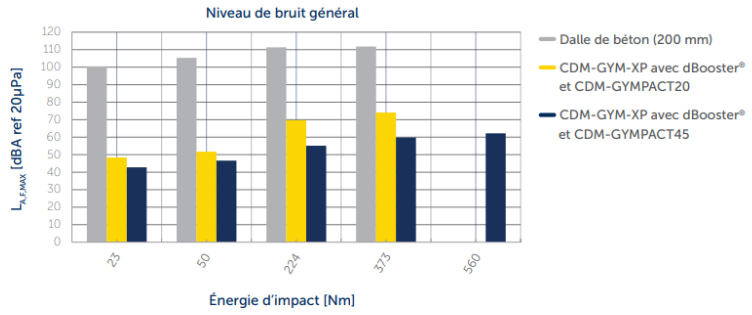


Figure 3-20 : Produit CDM-GYM XP

❖ **RÉSULTATS ACOUSTIQUES :**

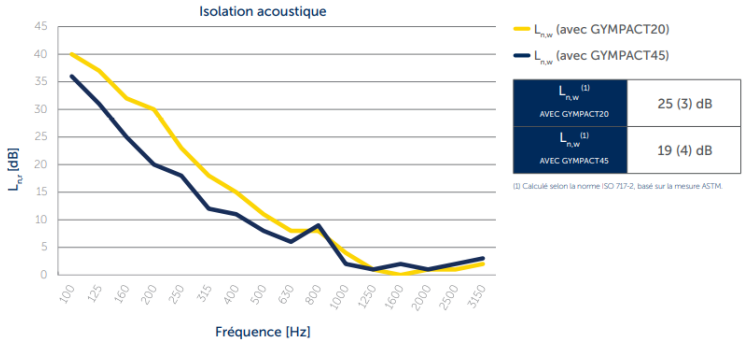


Figure 3-21 : Isolation acoustique avec CDM-GYM XP

❖ **MONTAGE TYPIQUE :**

1. Dalle de béton
2. CDM-PERIMETER
3. Vide d'air
4. Matériau d'isolation
5. CDM-LAT ou CDM-dBooster® LAT
6. Première couche de répartition de la charge en contreplaqué
7. CDM-DAMP (première couche)
8. Deuxième couche de répartition de la charge en contreplaqué
9. CDM-DAMP (deuxième couche)
10. Troisième couche de répartition de la charge en contreplaqué
11. CDM-GYMPACT**
12. Revêtement de sol

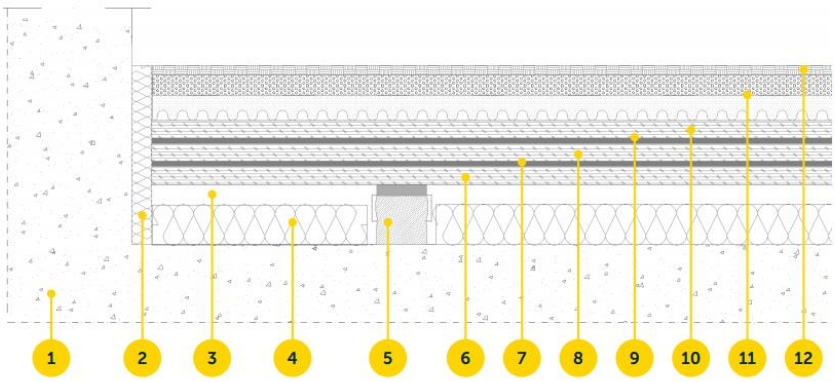


Figure 3-22 : Isolation acoustique avec CDM-GYM XP

3.7.3 Sous couches amortissantes MTX

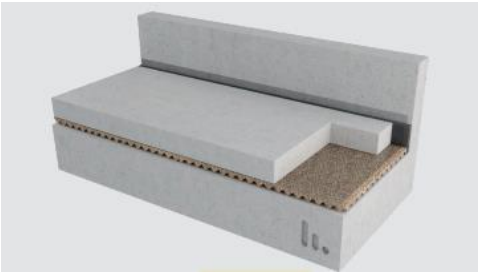


Figure 3-23 : Sous couches amortissantes MTX

Mousse de polyuréthane recyclée et caoutchouc cellulaire pour l'isolation contre le bruit de roulement des dalles et chapes flottantes.

- **RÉSULTATS ACOUSTIQUES :**

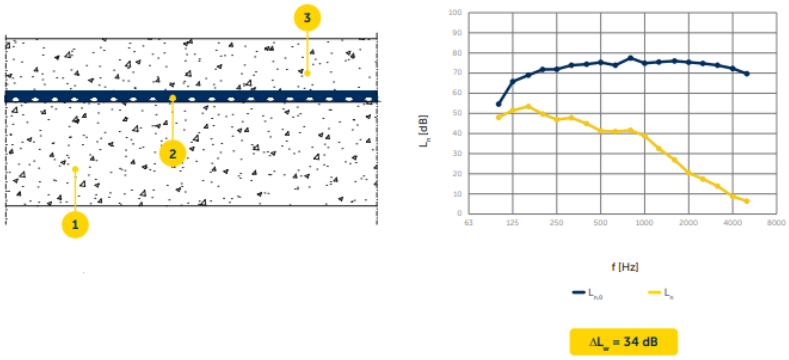


Figure 3-24 : Résultats acoustique pour la sous couches amortissante MTX

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

1. Plancher support en béton armé (140 mm)
2. CDM-MTX-25/7
3. Plancher flottant : dalle en béton armé (70 mm)

3.8 Calculs nécessaires au dimensionnement des matériaux

Le travail de ce bureau d'études est alors de définir à partir de ces plans, tous les éléments porteurs du bâtiment.

Le but d'une descente de charges est de trouver les charges qui s'appliquent sur chaque plot CDM pour le dimensionner.

Il existe deux types de charges :

Les charges permanentes, qui ont pour symbole G, comprenant les poids des parties porteuses telles que les poutres, les poteaux… et les poids des parties non porteuses telles que les isolants, les revêtements…

Les charges variables comprenant les charges d'exploitation comme les poids des personnes, des meubles…, notées Q

Tableau 3-6 : TABLEAU DESCENTE DES CHARGES

TABLEAU DESCENTE DES CHARGES			
	Zone Poids libre et stretching	**Zone force**	
Surface	500	180	[m²]
Périmètre	?	?	[m]
Composition de la dalle flottante :			
REVETEMENT GYM	10	10	[kg/m²]
CDM-MTA20	14,2		[kg/m²]
CDM-MTX25/7	8		[kg/m²]
OSB18	11,7	11.7	[kg/m²]
CDM-Damp5	4,75	4.75	[kg/m²]
OSB18	11,7	11.7	[kg/m²]
CDM-Damp5	4,75		[kg/m²]
OSB18	11,7	38.2	[kg/m²]
CDM-Damp5	4,75	11.7	[kg/m²]
charge permanente de la dalle flottante (G')	81,6	38.2	[daN/m²]
surcharge (Q)	500	500	[daN/m²]
charge acoustique (G+Q/3)	248	205	[daN/m²]
charge totale (G+Q)	582	538	[daN/m²]
Entraxe des plots	500	375	[mm]
Entraxe des lattes	500	500	[mm]
Nombre de plots par m²	4.00	5.33	**[#/m²]**
type de plot	CDM-80	CDM-80	
Longueur	50	40	[mm]
Largeur	50	36	[mm]
hauteur	50	50	[mm]
charge permanente (G) reprise par plot	0.082	0.050	[MPa]
charge acoustique (G+Q/3) reprise par plot	0.248	0.267	[MPa]

charge totale (G+Q) reprise par plot	0.582	0.701	[MPa]
fréquence de résonance sous G+Q/3	9.0	9.0	**[Hz]**
déflection sous G	2	1	[mm]
déflection sous G+Q/3	6	6	[mm]
déflection sous G+Q	8	8	[mm]

3.9 Conclusion

Dans l'isolation acoustique des salles de fitness en particulier, les zones des lâchers d'haltère, les chocs des gros poids sont impulsionnelle ce qui nous obligerait à aller chercher non seulement la fréquence de coupure très basse, mais aussi un bon amortissement tout en respectant le bien-être de l'athlète,

Car il faudrait obtenir un plancher acoustique qui répondrait à la fois à l'atténuation vibratoire et l'absorption d'énergie généré par les lâchers d'haltère de sorte à éviter que cette énergie soit répercuté dans les chevilles et genoux de l'athlète.

Le fitness étant un domaine des plus complexe dans l'isolation vibratoire, il nécessiterait pour le bon fonctionnement d'un plancher acoustique, un plancher support dit infiniment raid afin d'éviter les amplifications acoustiques.

Pour ce faire, dans ce projet la société a testé et fourni un plancher acoustique sec qui a répondu à tous ces critères en d'autres termes les émergences admissibles en global et en spectral ont été conforme à la réglementation.

Conclusion générale

Dans ce projet, nous avons traité deux types d'étude d'impact vibratoire pour deux projets. Le premier en cours de construction, le but est de réaliser une étude d'impact vibratoire en raison de la proximité d'une future ligne de métro.

Le deuxième est une salle de fitness inséré au RDC d'un bâtiment récent en structure béton. Des logements sont situés aux étages et sont impactés.

L'étude se décompose de la manière suivante :

-Analyse du site

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

-Choix des emplacements de mesure.

-Etude d'impact vibratoire.

-Traitement anti-vibratilles.

-Mesure après travaux.

Au regard des résultats de mesure, des méthodes et hypothèses retenues, les conclusions de l'étude sont les suivantes :

Projet 1 : étude d'impact vibratoire en raison de la proximité d'une future ligne de métro.

- L'entreprise a opté pour ce projet des élastomères et non pas de ressort car, les élastomères qui ont une capacité de charge plus élevé et il couple au-dessus de 6 Hz.
- appuis anti-vibratille qui vont reprendre des charges ponctuelles et d'autre qui vont reprendre des charges linéaires.
- Les valeurs calculées permettent d'écarter le risque de dommage aux structures
- Un risque de perception tactile des vibrations dans le bâtiment C. Il est possible d'éliminer ce risque par une rigidification de certaines dalles
- Un dépassement des seuils de bruit solidien pour les trois bâtiments (A, B et C). En l'état actuel du projet, un traitement anti-vibratile doit donc être mis en œuvre sur chacun des bâtiments.

Projet 2 : Etude d'une salle de fitness

- La situation auparavant très largement non conforme est désormais CONFORME.
- Les équipements de ventilation CTA+VMC ne sont pas conformes à la réglementation bruit de voisinage mais ceci ne semble pas gêner les occupants d'après nos échanges avec les riverains.
- La sonorisation est à peine perceptible dans les logements les plus proches. La situation est CONFORME (niveau sonore ambiant nettement inférieur à 25 dB(A)

Références Bibliographies

[1] « Tiberguent - BRUIT EN MILIEU DE TRAVAIL.pdf ». Consulté le: sept. 18, 2020. [En ligne]. Disponible sur: http://www.chups.jussieu.fr/ext/ergonomie/op5_1_at.pdf.

[2] la rédaction de Futura, « Le son et ses caractéristiques physiques », *Futura*. https://www.futura-sciences.com/sante/dossiers/medecine-bruit-effets-sante-259/page/3/ (consulté le sept. 18, 2020).

[3] « 2emeBiophysique_audition_ch1.pdf ». Consulté le: sept. 18, 2020. [En ligne]. Disponible sur: https://fmedecine.univ-setif.dz/ProgrammeCours/2emeBiophysique_audition_ch1.pdf.

[4] « Audition - Oreille - Cochlée ». http://www.cochlea.eu (consulté le sept. 18, 2020).

[5] « Mme boukadoum Amina cour : science d'architecture, master 2, architecture et durabilité architecturale 2015.». .

[6] L. Droin, « « Dans l'acoustique appliquée au bâtiment, les difficultés ne viennent pas de la complexité des solutions: celles-ci sont généralement simples et relèvent du bon sens… pour peu que l'on sache poser le problème correctement : c'est tout le talent pédagogique de Jean-Marie Rapin » », p. 210.

[7] « Mme badache cour : l'architecture et ambiance architectural, master 1, architecture et durabilité architecturale 2014 ». .

[8] XPair, « Acoustique et aéraulique », *XPair*. https://conseils.xpair.com/consulter_savoir_faire/acoustique-aeraulique.htm (consulté le sept. 18, 2020).

[9] Mme badache cour : l'architecture et ambiance architectural, master 1, architecture et durabilité architecturale 2014

[10] S. Mersch, « ENERGIE ET CONFORT ACOUSTIQUE DANS LES LOGEMENTS », p. 70.

[11] « Addition de niveaux sonores - Site du bruit ». http://bruit.seine-et-marne.fr/audition-de-niveaux-sonores (consulté le sept. 18, 2020).

[12] *Les sons et leur histoire - Marie-Christine De La Souchère - Librairie Eyrolles*. .

[13] S. Benzagouta-Debache et S. Filali, « LA CONCEPTION SONORE DES BATIMENTS D'HABITATION. PROBLEMATIQUE DU CONFORT SONORE DANS LA MAISON TRADITIONNELLE -Cas de CONSTANTINE- », *Sci. Technol. B Sci. Ing.*, p. 108-113, déc. 2003.

[14] « Propagation du bruit ». https://www.systemed.fr/isolation-interieure/isolation-acoustique-comment-se-propage-bruit,2338.html (consulté le sept. 18, 2020).

[15] « J.F. Allard, Propagation of sound in porous media: Modelling sound absorbing materials, Elsevier Applied Science, London (1993)».

[16] « Caractéristiques d'un son - E-book de la sonorisation - l'Agence culturelle d'Alsace ». http://www.sonorisation-spectacle.org/reverberation.html (consulté le sept. 18, 2020).

[17] Webcreation, « ACOUSTICLAB ». https://www.acousticlab.com (consulté le sept. 18, 2020).

[18] « Isolation phonique, acoustique : Isoler son logement contre le bruit », *hemea (ex-Travauxlib)*. https://www.hemea.com/fr/renovation-energetique/isolation-phonique (consulté le sept. 18, 2020).

[19] « Comprendre les grands principes de l'isolation phonique ». https://www.batiland.fr/Nos-conseils-materiaux/Cloisons/Comprendre-les-grands-principes-de-l-isolation-phonique (consulté le sept. 18, 2020).
[20] « Réfléxion / transmission / absorption ». https://bruit.seine-et-marne.fr/export/print/reflexion-transmission-absorption? (consulté le sept. 18, 2020).
[21] « Acoustique sous-marine. Présentation et applications », p. 114.
[22] « HAMAYON, Loïc. Réussir l'Acoustique du Bâtiment, 2ème édition, Éditions Le Moniteur, Paris, 2006.». .
[23] « isolation-correction [Made In Acoustic] ». http://www.madeinacoustic.com/fr/isolation-correction (consulté le sept. 18, 2020).
[24] « Correction acoustique d'une pièce - WELLKO ». https://www.wellko.fr/correction-acoustique/ (consulté le sept. 18, 2020).
[25] B. en milieu de travail-N. de base : R. SST, « Bruit en milieu de travail - Notions de base : Réponses SST », sept. 17, 2020. https://www.cchst.ca/ (consulté le sept. 18, 2020).
[26] T. Ferriss, « La semaine de 4 heures », p. 209.
[27] « M. Villot, C. Guigou-Carter, L. Gagliardini, "Predicting the acoustical radiation of finite size multi-layered structures by applying spatial windowing on infinite structures", Journal of Sound and Vibration 245, 433–455 (2001)». .
[28] Thierry GALLAUZIAUX et David FEDULLO, le grande livre de l'isolation, édition eyrolles, paris 2009
[29] « Isolation acoustique des murs de façade selon le niveau de bruit | Saint Gobain ». https://www.lamaisonsaintgobain.fr/facades/conseils/renover-la-facade-de-sa-maison/isolation-acoustique-des-murs-de-facade (consulté le sept. 18, 2020).
[30] « Isolation thermique répartie : comment fonctionnent les matériaux à isolation intégrée ? », *Maison & Travaux*, avr. 19, 2019. https://homenergie.maison-travaux.fr/homenergie/materiaux-et-equipements-home-energie/isolation-thermique-repartie-fonctionnent-materiaux-a-isolation-integree-241159.html (consulté le sept. 18, 2020).
[31] https://www.plus-que-pro.fr, « Le principe de la brique à isolation intégrée | Plus que PRO ». https://www.plus-que-pro.fr/actualites/habitat/isolation/le-principe-de-la-brique-a-isolation-integree/ (consulté le sept. 18, 2020).
[32] «R. LYON, "S.E.A. of Dynamical Systems", M.I.T. Press, 1975 ». .
[33] C. T. du Bâtiment (CTB), « Bloquer les vibrations - Cahiers Techniques du Bâtiment (CTB) », nov. 2017, Consulté le: sept. 18, 2020. [En ligne]. Disponible sur: https://www.cahiers-techniques-batiment.fr/article/bloquer-les-vibrations.33992.
[34] « C. DURANT, G. ROBERT, P. FILIPPI, P.O. MATTEI, "Vibro-acoustic response of a thin cylindrical shell excited by a turbulent internai fiow... ", soumis au Journal of Sound and Vibration. ». .
[35] J. Torbay et R. Lebbihi, « Isolation vibratoire des constructions », in *10ème Congrès Français d'Acoustique*, Lyon, France, avr. 2010, p., Consulté le: sept. 18, 2020. [En ligne]. Disponible sur: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00550896.
[36] D. Habault, « Rayonnement acoustique de structures vibrantes : applications au domaine audible », *Houille Blanche*, n° 5, p. 13-16, août 2000, doi: 10.1051/lhb/2000042.
[37] «] Journée d'information "Les nouveaux outils de la qualité acoustique", 22 Octobre 1996, Publications du Centre Technique des Industries Mécaniques, Senlis ».

[38] T. Valier-Brasier, « Rayonnement acoustique des structures », p. 33.
[39] M. Villot, « Colloque Vibrations CIDB, mars 201 », p. 18, 2011.
[40] « BENDAT J.S. - Solutions for the multiple input/output problem. Journal of Sound and Vibration, 44, 3, 1976, pp. 311-325». .
[41] « R. OHAYON, C. SOIZE. "Structural Acoustics and Vibration". Academic Press, San Diego, 1998. ».
[42] C. Guigou-Carter et J.-B. Chéné, « Développement de planchers flottants thermo-acoustiques entre locaux d'activités ou parkings et logements Development of thermo-acoustic floating floors for use between parking and dwellings », p. 6.
[43] « ASSELINEAU M., HARBEY H.S., LOVAT G., DANIERE P. - Bruit des dispositifs de tables vibrantes. Vandœuvre, INRS, coll. Notes scientifiques et techniques, 1993, NS 101.». .
[44] C. Adessi, « Audioprothese 1er annee », p. 72.
[45] « ADEME CNB_Cout_social_des_pollutions_sonores_Rapport_2016_05_04.pdf ». .
[46] « Comment Installer un Plancher Flottant dans son Sous-sol? », *Excellence Construction Rénovation*, avr. 30, 2019. https://excellencecr.com/comment-installer-plancher-flottant-sous-sol/ (consulté le sept. 18, 2020).
[47] « Les matériaux acoustiques résilients - isolation-phonique.com ». https://isolation-phonique.com/choix-isolant-phonique/materiaux-acoustiques-resilients/ (consulté le sept. 18, 2020).

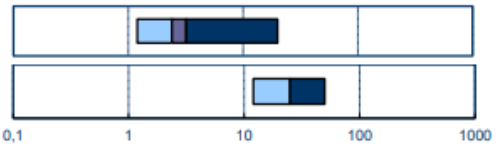
Rapport-Gratuit.com

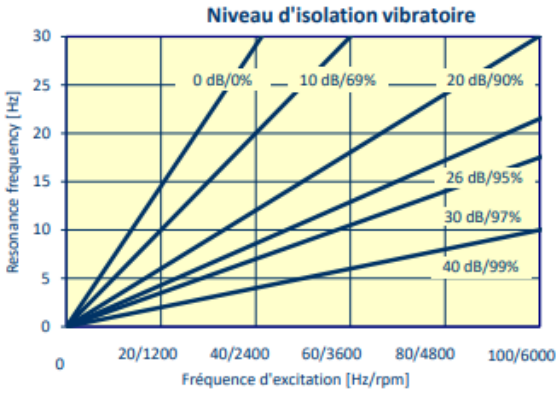
Annexe :

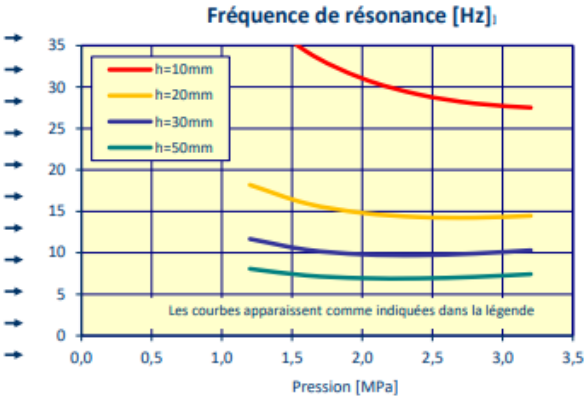
FICHE TECHNIQUE MATERIAU : CDM-82 :

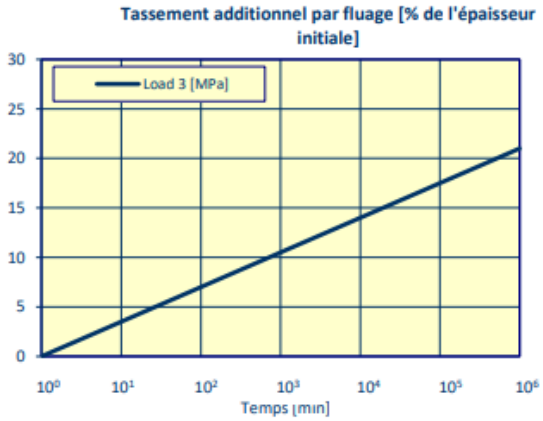
Domaine de charge [MPa]	Statique	Totale	Exceptionnelle
	1,20 - 2,40	3,20	20,00
E-module [MPa] (*)	Statique	Dynamique	
	12,00 - 25,00	19,00 - 50,00	

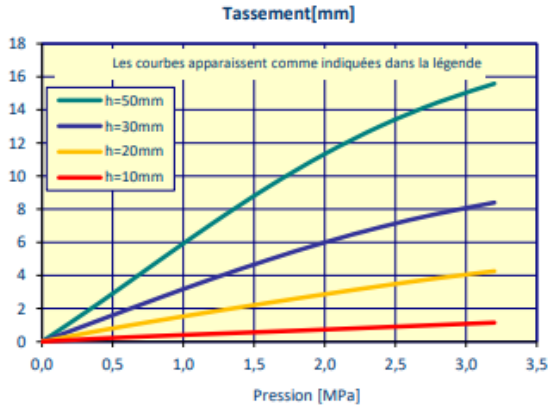
Par rapport à un domaine de charge de 30% autour de la charge statique maximale











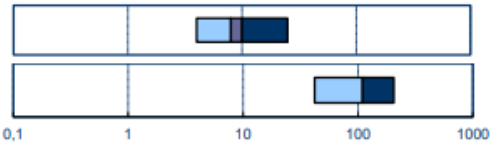
Matériau	-	NR	**Résistance à la traction**	ISO 37	> 6 MPa
Densité	ISO 845	1150 kg/m³	**Elongation @ rupture**	ISO 37	> 200 %
Couleur	-	Vert	**Indice de compression 50%/23°C/70h**	ISO 815-1	< 15 %
Température d'utilisation	-	-10 / +70 °C	**Dureté SHORE**	ASTM D2240	73 A

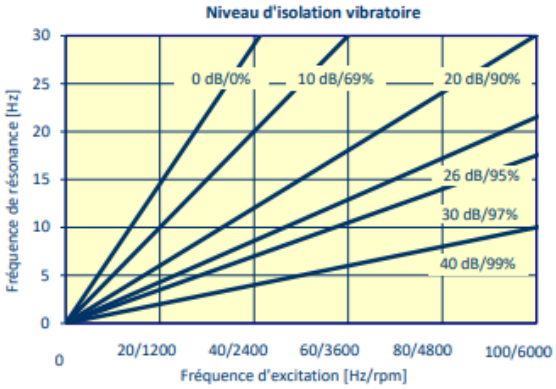
Fiche technique matériau CDM 83 :

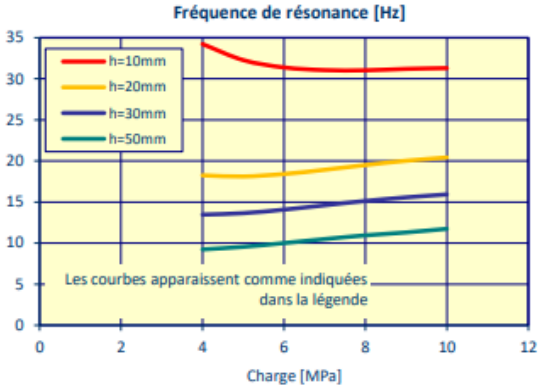
Charge [MPa]	Permanente	Totale	Exceptionnelle
	4,00 - 8,00	10,00	25,00

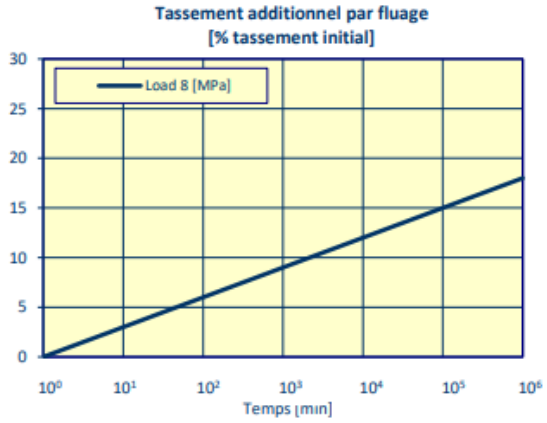
E-module [MPa] (*)	Permanente	Exceptionnelle
	42,00 - 110,00	85,00 - 205,00

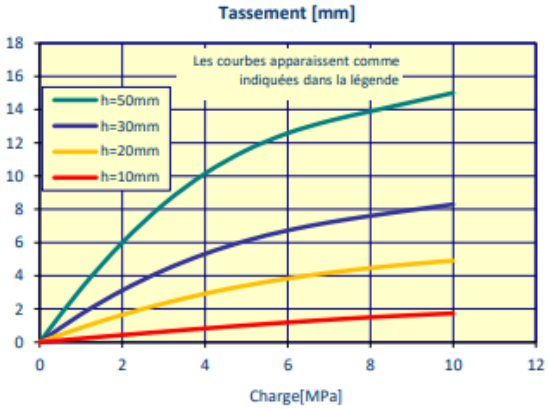
* par rapport à un domaine de charge de 30% autour de la charge permanente maximale











Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

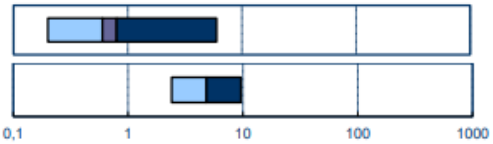
Matériau		NR	**Résistance à la traction**	ISO 37	7 MPa
densité	ISO 845	1160 kg/m³	**Elongation @ rupture**	ISO 37	30 %
couleur		Noir	**Compression 50%/23°C/70h**	ISO 815-1	15 %
Température d'utilisation		- 10 / +70 °C	**Dureté Shore**	ASTM D2240	5 A

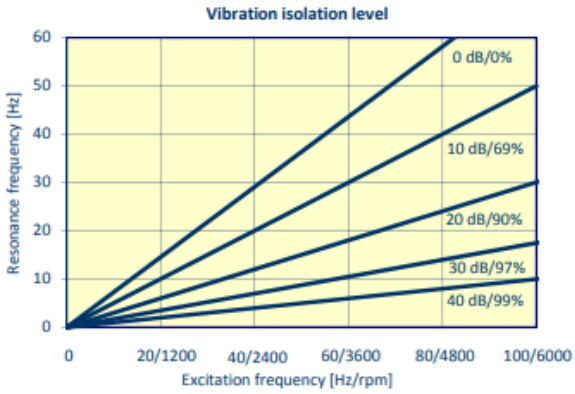
Fiche technique matériau CDM-80 :

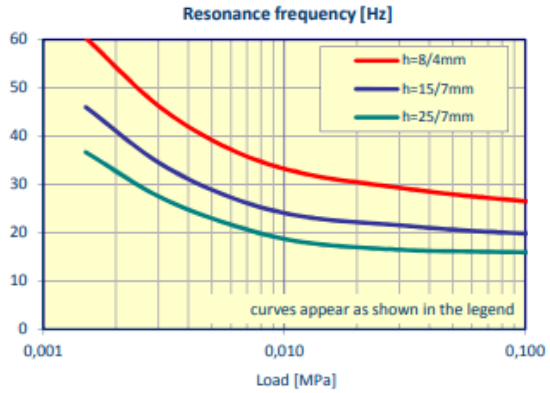
Domaine de charge [MPa]	Statique	Totale	Exceptionnelle
	0,20 - 0,60	0,80	6,00

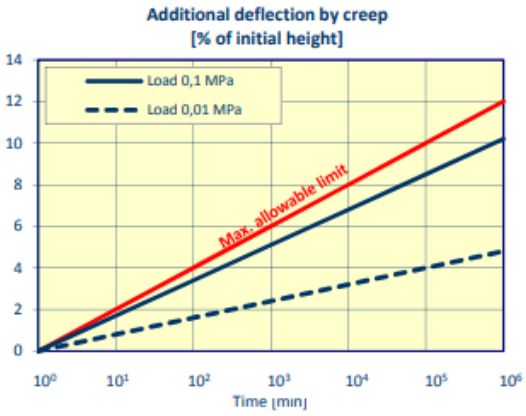
E-module [MPa] (*)	Statique	Dynamique
	2,40 - 4,80	3,90 - 9,60

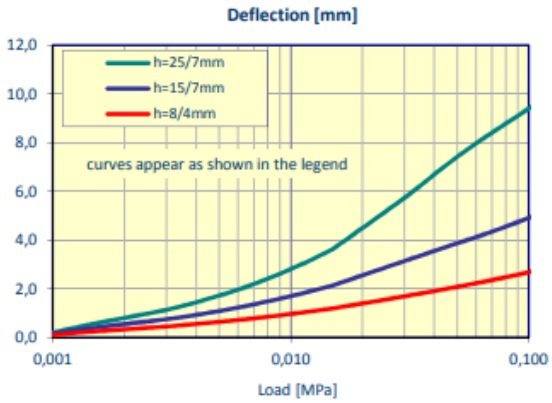
Par rapport à un domaine de charge de 30% autour de la charge statique maximale









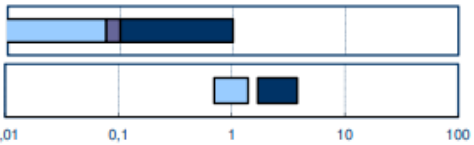


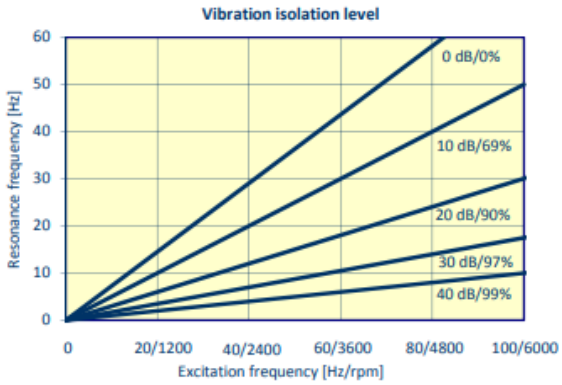
Matériau		NR	**Résistance à la traction**	SO 37	> 2 MPa
Densité	ISO 845	950 kg/m³	**Elongation @ rupture**	O 37	300 %
Couleur		Bleu	**Indice de compression 50%/23°c/70h**	ISO 815-1	< 15 %
Température d'utilisation		-10 / +70 °C	**Réaction au feu**	EN 13501-1	Efl

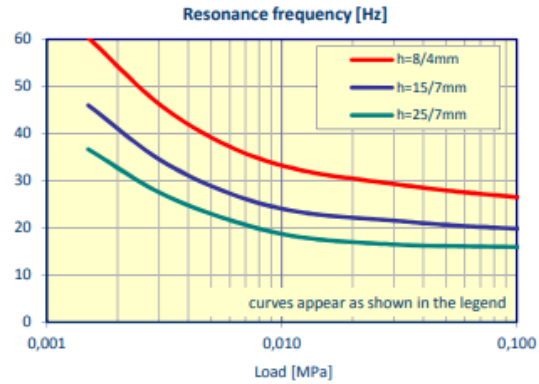
Fiche technique matériau CDM-MTX :

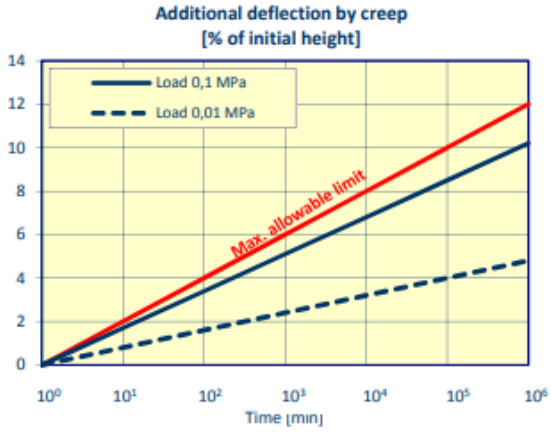
Load Range [MPa]	Static	Total	Occasional
	0,001 - 0,075	0,10	1,00
E-module [MPa] (*)	Static	Dynamic	
	0,70 - 1,40	1,70 - 3,50	

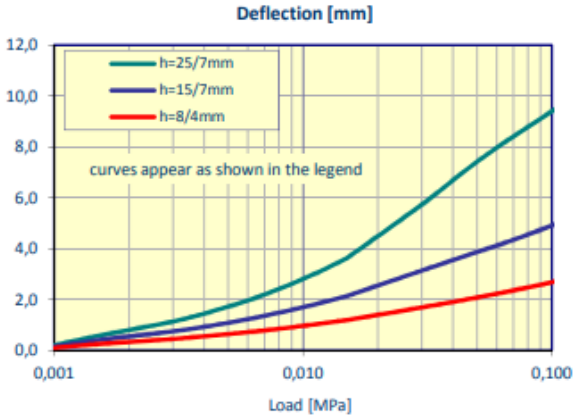
* with respect to a load range 30% around maximum static load









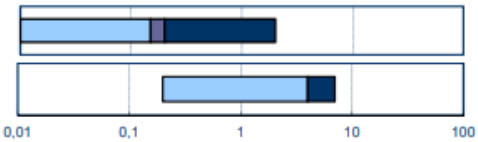


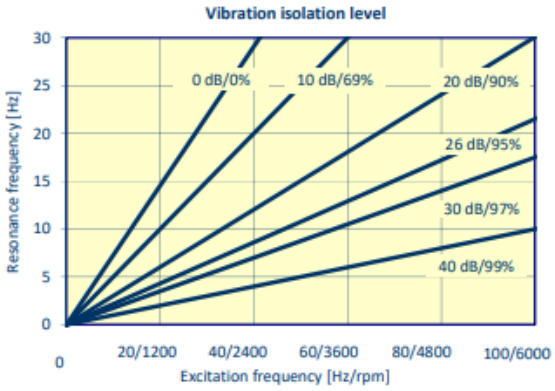
Matériel		Resin bonded foam	**tensile strength**	SO 37	> 0,25 MPa
Density	ISO 845	400 kg/m³	**Elongation @ break**	SO 37	> 50 %
Colour		Black-beige	**compression set 50%/23°C/70h**	ISO 815-1	< 6 %
Working temperature		-30 / +80 °C	**Reaction to fire classification**	EN 13501-1	E_{fl}

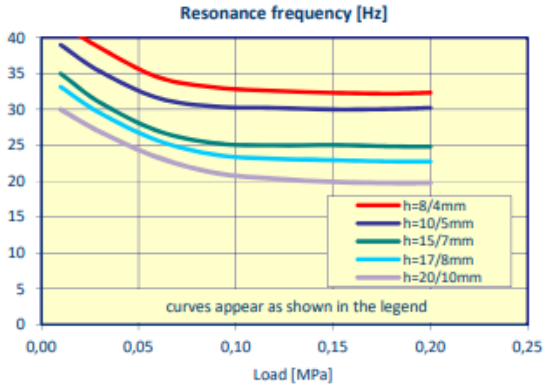
Fiche technique matériau CDM-MTA :

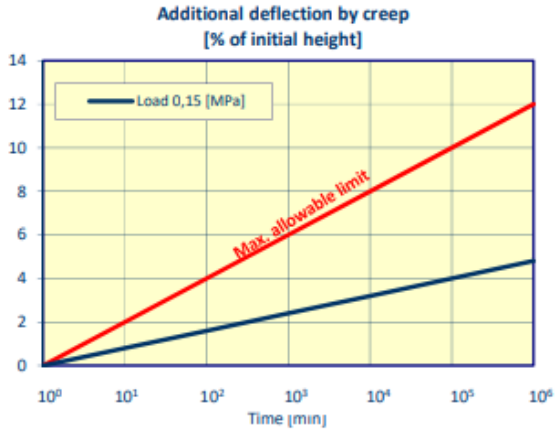
Load Range [MPa]	Static	Total	Occasional
	0,01 - 0,15	0,20	2,00
E-module [MPa] (*)	Static	Dynamic	
	0,20 - 4,00	0,60 - 7,00	

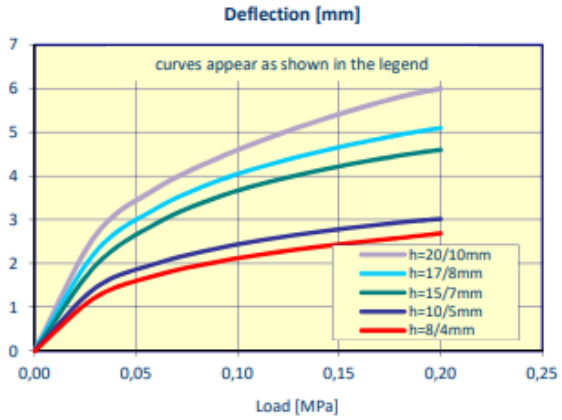
* with respect to a load range 30% around maximum static load









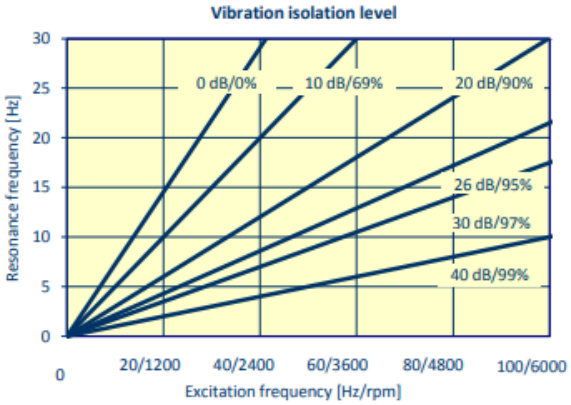


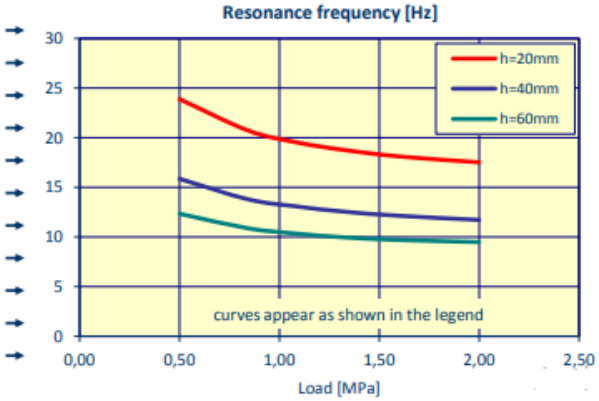
Fiche technique matériau CDM-17 :

Load Range [MPa]	Static	Total	Occasional
	0,50 - 1,00	2,00	8,00

E-module [MPa] (*)	Static	Dynamic
	6,80 - 10,40	26,00 - 46,00

* with respect to a load range 30% around maximum static load





Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Nom du projet :	Blanc Mesnil
Référence :	117305
Pays :	FR
Date d'ouverture :	07-10-19
Version :	0
Date version 0:	07-10-19
Étude faite par :	GBR
Tableaux charges :	
Dessin de référence :	

objectif Fres 8-12Hz

Résumé	
Charge Acoustique Totale	22743,5 kN
Moyenne fres sous ADL	10,8 Hz
Moyenne déflexion sous ADL	12 mm

Charges linéaires

Référence		Charge Verticale			Cas de Charges			Surface Disponible			Type de plots antivibratiles							Surface Requise		Pression sur les plots				Fréquence de résonance des plots	Déflexion des plots verticale			Rigidité Verticale par point de charge sous ADL	Rigidité horizontale par point de charge sous ADL
Nr.	Référence	Charge Permanente G	Charge d'Exploitation Q	Longueur de la charge	Charge Acoustique G+Q/3	État Limite de Service G+Q	État Limite Ultime	Longueur	Largeur	Av area	Type	Qté/ panneau	Quantité totale	Longueur	Largeur	Hauteur	# de couches	Longueur	Largeur	Sous G	Sous G+Q/3	Sous ELS	Sous ELU	Sous G+Q/3	Sous G	Sous G+Q/3	Sous ELS	Dynamique	Statique
[-]	[-]	[t/m]	[t/m]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[m²]	[-]	[#/pan]	[#]	[mm]	[mm]	[mm]	[#]	[mm]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[Hz]	[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm]	[N/mm]
Ref1	Ref	DL	LL	Len	ADL	SLS	ULS	AvL	AvW	Avarea	sys	qty/pan	qty	sysL	sysW	sysH	layerVHS	ReL	ReW	mpaDL	mpaADL	mpaSLS	mpaULS	fresADL	deflDL	deflADL	deflSLS	Kdyn	Khstat
1	L01a	18,0	3,5	0,82	154,0	172,7	237,4	819	250	0	**CDM-83**	5	**3**	87	87	50		370	150	6,37	6,78	7,61	10,46	11	11	11	12	74380	1821
2	L01b	18,0	3,5	11,76	2211,2	2480,4	3409,1	11760	250	3	**CDM-83**	7	**70**	63	63	50		5850	130	7,47	7,96	8,93	12,27	11	12	13	13	1114701	22282
3	L02a	3,0	0,5	4,57	142,0	156,9	215,2	4570	250	1	**CDM-82**	4	**15**	63	63	50		1290	130	2,26	2,38	2,64	3,61	7	12	13	14	27933	2310
4	L02b	3,0	0,5	1,38	42,8	47,3	64,9	1378	250	0	**CDM-82**	5	**5**	63	63	50		460	130	2,04	2,16	2,38	3,27	7	11	12	13	8469	770
5	L02c	3,0	0,5	2,40	74,6	82,4	113,0	2400	250	1	**CDM-82**	4	**8**	63	63	50		710	130	2,22	2,35	2,60	3,56	7	12	12	13	14660	1232
6	L02d	3,0	0,5	8,66	269,0	297,3	407,8	8660	250	2	**CDM-82**	4	**29**	63	63	50		2450	130	2,21	2,34	2,58	3,54	7	12	12	13	52895	4466
7	L03	16,0	3,0	10,37	1729,9	1933,4	2655,9	10373	250	3	**CDM-83**	4	**32**	87	87	50		3470	150	6,72	7,14	7,98	10,97	11	11	12	12	853993	19425
8	L04	50,0	9,0	1,00	519,9	578,8	794,6	500	300	0	**VHS-150**		**3**	132	132	98	4	500	200	9,38	9,95	11,07	15,20	11	8	8	9	246388	2475
9	L05	80,0	20,0	2,33	1981,0	2285,7	3154,3	2330	250	1	**VHS-150**		**10**	132	132	98	4	1550	200	10,49	11,37	13,12	18,10	11	9	9	9	982394	8250
10	L06	3,0	1,0	5,59	182,8	219,4	304,4	5590	250	1	**CDM-82**	4	**20**	63	63	50		1700	130	2,07	2,30	2,76	3,83	7	11	12	14	35944	3080
11	L07	4,0	1,0	3,42	145,2	167,6	231,2	3416	250	1	**CDM-82**	6	**16**	63	63	50		1370	130	2,11	2,29	2,64	3,64	7	11	12	14	28560	2464
12	L08	3,0	0,5	18,87	586,0	647,7	888,3	18865	250	5	**CDM-82**	4	**62**	63	63	50		5190	130	2,26	2,38	2,63	3,61	7	12	13	14	115298	9548
13	L09	4,0	1,0	3,06	130,0	150,0	207,0	3058	250	1	**CDM-82**	6	**14**	63	63	50		1210	130	2,16	2,34	2,70	3,73	7	12	12	14	25560	2156
14	L10	10,0	3,0	3,25	350,8	414,6	574,1	3251	200	1	**CDM-83**	5	**12**	63	63	50		1040	130	6,70	7,37	8,70	12,05	11	12	12	13	170844	3820
15	L11a	2,0	1,0	1,34	30,7	39,4	55,2	1340	180	0	**CDM-82**	4	**4**	63	63	50		380	130	1,66	1,93	2,48	3,48	7	9	11	13	6254	616
16	L11b	2,0	1,0	1,40	32,0	41,2	57,7	1400	180	0	**CDM-82**	4	**4**	63	63	50		380	130	1,73	2,02	2,60	3,63	7	10	11	13	6438	616
17	L11c	2,0	1,0	1,48	33,9	43,6	61,0	1480	180	0	**CDM-82**	3	**4**	63	63	50		380	130	1,83	2,13	2,74	3,84	7	10	12	14	6715	616
18	L12	3,0	2,0	5,88	211,5	288,4	406,7	5880	180	1	**CDM-82**	5	**23**	63	63	50		1950	130	1,90	2,32	3,16	4,45	7	10	12	15	41585	3542
19	L13	10,0	3,0	3,52	379,8	448,9	621,6	3520	250	1	**CDM-83**	4	**12**	63	63	50		1040	130	7,25	7,98	9,43	13,05	11	12	13	13	191667	3820
20	L14	4,0	1,0	5,00	212,6	245,3	338,4	5000	200	1	**CDM-82**	6	**23**	63	63	50		1950	130	2,15	2,33	2,69	3,71	7	12	12	14	41791	3542
21	L15a	16,0	3,0	13,89	2315,9	2588,4	3555,6	13887	250	3	**CDM-83**	4	**39**	87	87	50		4220	150	7,38	7,85	8,77	12,05	11	12	12	12	1191723	23674
22	L15b	16,0	3,0	5,45	909,4	1016,4	1396,2	5453	250	1	**CDM-83**	4	**16**	87	87	50		1760	150	7,07	7,51	8,39	11,53	11	11	12	12	458873	9713
23	L15c	16,0	3,0	12,72	2121,5	2371,1	3257,1	12721	250	3	**CDM-83**	4	**36**	87	87	50		3900	150	7,33	7,79	8,70	11,95	11	12	12	12	1087905	21853
24	L16a	15,0	4,0	1,13	181,1	210,6	291,0	1130	200	0	**CDM-83**	7	**6**	63	63	50		540	130	6,98	7,60	8,84	12,22	11	12	12	13	89420	1910
25	L16b	15,0	4,0	1,09	174,7	203,2	280,7	1090	250	0	**CDM-83**	7	**6**	63	63	50		540	130	6,74	7,33	8,53	11,79	11	12	12	13	84892	1910
26	L16d	15,0	4,0	1,11	177,9	206,9	285,8	1110	250	0	**CDM-83**	7	**6**	63	63	50		540	130	6,86	7,47	8,69	12,00	11	12	12	13	87144	1910
27	L17	10,0	2,0	5,00	523,2	588,6	809,3	3110	200	1	**CDM-83**	4	**17**	63	63	50		1460	130	7,27	7,75	8,72	11,99	11	12	12	13	260678	5411
28	L18a	3,0	0,5	3,47	107,9	119,2	163,5	3472	200	1	**CDM-82**	4	**12**	63	63	50		1040	130	2,15	2,26	2,50	3,43	7	12	12	13	21223	1848
29	L18b	3,0	0,5	10,49	325,9	360,2	494,0	10490	200	2	**CDM-82**	4	**35**	63	63	50		2950	130	2,22	2,35	2,59	3,56	7	12	12	13	64077	5390
30	L19	7,0	2,0	5,20	391,1	459,1	635,1	5200	200	1	**CDM-83**	3	**13**	63	63	50		1120	130	6,92	7,58	8,90	12,31	11	12	12	13	192884	4138
31	L20	charge manquante																											
32	L21a	2,0	1,0	1,81	41,4	53,3	74,6	1810	200	0	**CDM-82**	3	**5**	63	63	50		460	130	1,79	2,09	2,68	3,76	7	10	11	14	8250	770
33	L21b	2,0	1,0	1,25	28,7	36,9	51,6	1253	200	0	**CDM-82**	4	**4**	63	63	50		380	130	1,55	1,81	2,32	3,25	7	9	10	12	6023	616
34	L21c	2,0	1,0	1,66	37,9	48,8	68,3	1657	200	0	**CDM-82**	3	**4**	63	63	50		380	130	2,05	2,39	3,07	4,30	7	11	13	15	7464	616
35	L22	8,0	2,0	3,93	334,3	385,7	532,3	3932	200	1	**CDM-83**	3	**11**	63	63	50		960	130	7,07	7,66	8,84	12,19	11	12	12	13	165622	3501
36	L23a	6,0	1,0	1,98	123,3	136,2	186,8	1984	180	0	**CDM-82**	4	**7**	87	87	50		790	150	2,20	2,33	2,57	3,53	8	10	11	11	28796	2056
37	L23b	6,0	1,0	1,20	74,3	82,1	112,6	1196	120	0	**CDM-82**	8	**8**	63	63	50		710	130	2,22	2,34	2,59	3,55	7	12	12	13	14611	1232
38	L24a	6,0	1,0	2,09	129,8	143,5	196,7	2089	180	0	**CDM-82**	5	**8**	87	87	50		900	150	2,03	2,14	2,37	3,25	8	9	10	11	30541	2349
39	L24b	6,0	1,0	1,32	82,0	90,6	124,3	1320	180	0	**CDM-82**	5	**5**	87	87	50		580	150	2,05	2,17	2,40	3,28	8	10	10	11	19264	1468
40	L24c	6,0	1,0	0,62	38,5	42,6	58,4	620	180	0	**CDM-82**	6	**3**	87	87	50		370	150	1,61	1,70	1,87	2,57	8	8	8	9	9946	881
41	L25a	10,0	2,0	1,04	108,6	122,2	168,0	1038	200	0	**CDM-83**	5	**4**	63	63	50		380	130	6,41	6,84	7,70	10,58	11	11	12	12	51251	1273
42	L25c	10,0	2,0	1,03	107,3	120,7	165,9	1025	200	0	**CDM-83**	5	**4**	63	63	50		380	130	6,33	6,76	7,60	10,45	11	11	12	12	50347	1273
43	L26a	12,5	1,5	6,66	849,6	915,0	1249,9	6662	250	2	**CDM-83**	5	**27**	63	63	50		2290	130	7,62	7,93	8,54	11,66	11	12	13	13	427559	8594
44	L26b	12,5	1,5	7,67	978,2	1053,4	1439,0	7670	250	2	**CDM-83**	5	**31**	63	63	50		2620	130	7,64	7,95	8,56	11,70	11	12	13	13	492863	9868
45	L26c	12,5	1,5	0,25	31,9	34,3	46,9	250	250	0	**CDM-83**	10	**2**	63	63	50				3,86	4,02	4,33	5,91	10	9	9	9	13257	637
46	L27a	12,0	1,5	4,00	490,1	529,3	723,4	3997	250	1	**CDM-83**	5	**16**	63	63	50		1370	130	7,41	7,72	8,34	11,39	11	12	12	13	243692	5093
47	L27b	12,0	1,5	5,04	617,4	666,8	911,3	5035	250	1	**CDM-83**	5	**20**	63	63	50		1700	130	7,47	7,78	8,40	11,48	11	12	12	13	308044	6366
48	L27c	12,0	1,5	1,52	186,4	201,3	275,1	1520	250	0	**CDM-83**	5	**6**	63	63	50		540	130	7,51	7,83	8,45	11,55	11	12	12	13	93257	1910
49	L27d	12,0	1,5	7,28	892,7	964,1	1317,6	7280	250	2	**CDM-83**	5	**29**	63	63	50		2450	130	7,45	7,76	8,38	11,45	11	12	12	13	444825	9231
50	L27e	12,0	1,5	7,69	943,0	1018,4	1391,8	7690	250	2	**CDM-83**	5	**30**	63	63	50		2530	130	7,60	7,92	8,55	11,69	11	12	13	13	474321	9549
	# 50	518,5			22743,5 kN	25509,9 kN	35060,8 kN																					10475219	241892

CDM Reutenbeek 9-11 B - 3090 Overijse Belgium Tel: +32 2 687 79 07 mail: general@cdm.eu http://www.cdm.eu

Nom du projet :	Blanc Mesnil
Référence :	117305
Pays :	FR
Date d'ouverture :	07-10-19
Version :	0
Date version 0:	07-10-19
Étude faite par :	GBR
Tableaux charges :	
Dessin de référence :	

Résumé	
Charge Acoustique Totale	45070,4 kN
Moyenne fres sous ADL	11,1 Hz
Moyenne déflexion sous ADL	9 mm

Charges ponctuelle

Référence		Charge Verticale		Cas de Charges			Surface Disponible		Type de plots antivibratiles						Surface Requise		Pression sur les plots			Fréquence de résonance des plots		Déflexion des plots verticale			Rigidité Verticale par point de charge sous ADL	Rigidité horizontale par point de charge
Nr.	Référence	Charge Permanente G	Charge d'Exploitation Q	Charge Acoustique G+Q/3	État Limite de Service G+Q	État Limite Ultime	Longueur	Largeur	Type	Quantité totale	Longueur	Largeur	Hauteur	# de couches	Longueur	Largeur	Sous G	Sous G+Q/3	Sous ELS	Sous G	Sous G+Q/3	Sous G	Sous G+Q/3	Sous ELS	Dynamique	Statique
[-]	[-]	[t]	[t]	[kN]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[-]	[#]	[mm]	[mm]	[mm]	[#]	[mm]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[Hz]	[Hz]	[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm]	[N/mm]
Ref1	Ref	DL	LL	ADL	SLS	ULS	AvL	AvW	sys	qty	sysL	sysW	sysH	layerVHS	ReL	ReW	mpaDL	mpaADL	mpaSLS	fresDL	fresADL	deflDL	deflADL	deflSLS	Kdyn	Khstat
0	P00	charge manquante					500	250																		
1	P01	15,0	3,0	157,0	176,6	242,8	500	250	**CDM-83**	2	105	105	50		290	170	6,67	7,12	8,01	11,1	11,3	11	11	12	80067	1768
2	P02	220,0	55,0	2338,1	2697,8	3722,9	1100	300	**VHS-150**	12	132	132	98	4	950	350	10,32	11,18	12,90	10,9	11,1	9	9	9	1152289	9900
3	P03	85,0	15,0	882,9	981,0	1346,4	500	250	**VHS-150**	5	132	132	98	4	500	350	9,57	10,13	11,26	10,8	10,9	8	8	9	420766	4125
4	P04	80,0	25,0	866,6	1030,1	1427,4	600	250	**VHS-150**	5	132	132	98	4	500	350	9,01	9,95	11,82	10,7	10,9	8	8	9	410647	4125
5	P05	35,0	6,0	363,0	402,2	551,8	500	250	**VHS-150**	2	132	132	98	4	350	200	9,85	10,42	11,54	10,8	10,9	8	9	9	174498	1650
6	P06	45,0	8,0	467,6	519,9	713,7	voile	250	**CDM-83**	6	105	105	50		790	170	6,67	7,07	7,86	11,1	11,2	11	11	12	237824	5305
7	P07	50,0	9,0	519,9	578,8	794,6	500	300	**VHS-150**	3	132	132	98	4	500	200	9,38	9,95	11,07	10,8	10,9	8	8	9	246388	2475
8	P08	210,0	50,0	2223,6	2550,6	3516,9	1100	300	**VHS-150**	11	132	132	98	4	950	350	10,75	11,60	13,31	11,0	11,1	9	9	9	1111326	9075
9	P09	160,0	25,0	1651,4	1814,9	2486,8	600	250	**VHS-150**	8	132	132	98	4	500	500	11,26	11,85	13,02	11,1	11,2	9	9	9	832151	6600
10	P10	50,0	9,0	519,9	578,8	794,6	1370	250	**VHS-150**	3	132	132	98	4	500	200	9,38	9,95	11,07	10,8	10,9	8	8	9	246388	2475
11	P11	80,0	14,0	830,6	922,1	1265,5	921	250	**VHS-150**	4	132	132	98	4	650	200	11,26	11,92	13,23	11,1	11,2	9	9	9	419540	3300
12	P12	50,0	9,0	519,9	578,8	794,6	500	300	**VHS-150**	3	132	132	98	4	500	200	9,38	9,95	11,07	10,8	10,9	8	8	9	246388	2475
13	P13	210,0	50,0	2223,6	2550,6	3516,9	712	300	**VHS-150**	11	132	132	98	4	650	500	10,75	11,60	13,31	11,0	11,1	9	9	9	1111326	9075
14	P14	60,0	12,0	627,8	706,3	971,2	600	250	**VHS-150**	3	132	132	98	4	500	200	11,26	12,01	13,51	11,1	11,2	9	9	10	318135	2475
15	P15	45,0	8,0	467,6	519,9	713,7	921	250	**VHS-150**	3	132	132	98	4	500	200	8,45	8,95	9,95	10,7	10,7	8	8	8	215714	2475
16	P16	60,0	12,0	627,8	706,3	971,2	1450	250	**VHS-150**	3	132	132	98	4	500	200	11,26	12,01	13,51	11,1	11,2	9	9	10	318135	2475
17	P17	50,0	10,0	523,2	588,6	809,3	600	250	**VHS-150**	3	132	132	98	4	500	200	9,38	10,01	11,26	10,8	10,9	8	8	9	248401	2475
18	P18	105,0	20,0	1095,5	1226,3	1684,9	600	250	**VHS-150**	6	132	132	98	4	500	350	9,85	10,48	11,73	10,8	10,9	8	9	9	527679	4950
19	P19	60,0	12,0	627,8	706,3	971,2	922	250	**VHS-150**	3	132	132	98	4	500	200	11,26	12,01	13,51	11,1	11,2	9	9	10	318135	2475
20	P20	90,0	20,0	948,3	1079,1	1486,2	350	350	**VHS-150**	5	132	132	98	4	500	350	10,13	10,88	12,39	10,9	11,0	8	9	9	462814	4125
21	P21	60,0	10,0	621,3	686,7	941,8	500	250	**VHS-150**	3	132	132	98	4	500	200	11,26	11,89	13,14	11,1	11,2	9	9	9	313499	2475
22	P22	30,0	6,0	313,9	353,2	485,6	voile	250	**CDM-83**	4	105	105	50		540	170	6,67	7,12	8,01	11,1	11,3	11	11	12	160135	3537
23	P23	100,0	20,0	1046,4	1177,2	1618,7	350	350	**VHS-150**	5	132	132	98	4	500	350	11,26	12,01	13,51	11,1	11,2	9	9	10	530226	4125
24	P24	210,0	50,0	2223,6	2550,6	3516,9	1100	300	**VHS-150**	11	132	132	98	4	950	350	10,75	11,60	13,31	11,0	11,1	9	9	9	1111326	9075
25	P25	60,0	10,0	621,3	686,7	941,8	659	300	**VHS-150**	3	132	132	98	4	500	200	11,26	11,89	13,14	11,1	11,2	9	9	9	313499	2475
26	P26	250,0	60,0	2648,7	3041,1	4193,8	1100	300	**VHS-150**	13	132	132	98	4	1100	350	10,83	11,69	13,43	11,0	11,2	9	9	10	1327873	10725
27	P27	20,0	6,0	215,8	255,1	353,2	voile	250	**VHS-150**	2	132	132	98	4	350	200	5,63	6,19	7,32	10,8	10,7	6	6	7	98680	1650
28	P28	35,0	7,0	366,2	412,0	566,5	voile	250	**VHS-150**	2	132	132	98	4	350	200	9,85	10,51	11,82	10,8	10,9	8	9	9	176593	1650
29	P29	120,0	25,0	1259,0	1422,5	1957,1	1100	250	**VHS-150**	6	132	132	98	4	950	200	11,26	12,04	13,61	11,1	11,2	9	9	10	638599	4950
30	P30a	80,0	15,0	833,9	932,0	1280,2	960	200	**VHS-150**	4	132	132	98	4	650	200	11,26	11,96	13,37	11,1	11,2	9	9	9	421857	3300
31	P30b	charge manquante					600	250																		
32	P31	60,0	12,0	627,8	706,3	971,2	1027	200	**VHS-150**	3	132	132	98	4	500	200	11,26	12,01	13,51	11,1	11,2	9	9	10	318135	2475
33	P32	55,0	15,0	588,6	686,7	949,1	1030	200	**VHS-150**	3	132	132	98	4	500	200	10,32	11,26	13,14	10,9	11,1	9	9	9	290840	2475
34	P33	20,0	8,0	222,4	274,7	382,6	600	250	**CDM-83**	3	105	105	50		420	170	5,93	6,72	8,30	10,9	11,1	10	11	12	110744	2653
35	P34	90,0	20,0	948,3	1079,1	1486,2	1100	200	**VHS-150**	5	132	132	98	4	800	200	10,13	10,88	12,39	10,9	11,0	8	9	9	462814	4125
36	P35	40,0	10,0	425,1	490,5	676,9	voile	250	**VHS-150**	3	132	132	98	4	500	200	7,51	8,13	9,38	10,6	10,6	7	8	8	193046	2475
37	P36	70,0	20,0	752,1	882,9	1221,3	600	250	**VHS-150**	4	132	132	98	4	650	200	9,85	10,79	12,67	10,8	11,0	8	9	9	365940	3300
38	P37	120,0	30,0	1275,3	1471,5	2030,7	1100	200	**VHS-150**	7	132	132	98	4	1100	200	9,65	10,46	12,06	10,8	10,9	8	9	9	613879	5775
39	P38	130,0	35,0	1389,8	1618,7	2236,7	2100	200	**VHS-150**	7	132	132	176	7	1100	200	10,46	11,39	13,27	8,3	8,4	15	16	17	394160	3300
40	P39	125,0	30,0	1324,4	1520,6	2096,9	800	200	**VHS-150**	7	132	132	98	4	650	350	10,05	10,86	12,47	10,9	11,0	8	9	9	645779	5775
41	P40	40,0	10,0	425,1	490,5	676,9	800	200	**VHS-150**	3	132	132	98	4	500	200	7,51	8,13	9,38	10,6	10,6	7	8	8	193046	2475
42	P41	25,0	4,0	258,3	284,5	389,9	730	200	**CDM-83**	3	105	105	50		420	170	7,41	7,81	8,60	11,4	11,5	11	12	12	137279	2653
43	P42	25,0	4,0	258,3	284,5	389,9	voile	200	**CDM-83**	3	105	105	50		420	170	7,41	7,81	8,60	11,4	11,5	11	12	12	137279	2653
44	P43a	100,0	25,0	1062,8	1226,3	1692,2	600	200	**VHS-150**	6	132	132	98	4	500	350	9,38	10,17	11,73	10,8	10,9	8	9	9	506962	4950
45	P43b	charge manquante					500	200																		
46	P44	140,0	40,0	1504,2	1765,8	2442,7	1100	200	**VHS-150**	8	132	132	98	4	650	350	9,85	10,79	12,67	10,8	11,0	8	9	9	731880	6600
47	P45	30,0	9,0	323,7	382,6	529,7	600	250	**CDM-83**	4	105	105	50		540	170	6,67	7,34	8,68	11,1	11,3	11	11	12	167356	3537
48	P46	130,0	35,0	1389,8	1618,7	2236,7	1100	200	**VHS-150**	7	132	132	98	4	1100	200	10,46	11,39	13,27	10,9	11,1	9	9	9	689780	5775
49	P47	30,0	9,0	323,7	382,6	529,7	voile	250	**VHS-150**	2	132	132	98	4	350	200	8,45	9,29	10,98	10,7	10,8	8	8	9	150617	1650
50	P48	60,0	10,0	621,3	686,7	941,8	1710	200	**VHS-150**	3	132	132	98	4	500	200	11,26	11,89	13,14	11,1	11,2	9	9	9	313499	2475
51	P49	30,0	6,0	313,9	353,2	485,6	600	200	**VHS-150**	2	132	132	98	4	350	200	8,45	9,01	10,13	10,7	10,7	8	8	8	145029	1650
52	P50a	65,0	15,0	686,7	784,8	1081,6	800	180	**VHS-150**	4	132	132	98	4	650	200	9,15	9,85	11,26	10,7	10,8	8	8	9	324519	3300
53	P50b	charge manquante					800	250																		
54	P51	30,0	6,0	313,9	353,2	485,6	600	180	**VHS-150**	2	132	132	98	4	350	200	8,45	9,01	10,13	10,7	10,7	8	8	8	145029	1650
55	P52	80,0	20,0	850,2	981,0	1353,8	350	350	**VHS-150**	5	132	132	98	4	500	350	9,01	9,76	11,26	10,7	10,8	8	8	9	400692	4125
56	P53 esc	30,0	15,0	343,4	441,5	618,0	210	210	**CDM-83**	1	197	197	50		260	260	7,60	8,87	11,40	12,8	13,3	10	10	NA	243561	3112
57	P54	20,0	4,0	209,3	235,4	323,7	600	250	**CDM-83**	3	105	105	50		420	170	5,93	6,33	7,12	10,9	11,0	10	11	11	101766	2653
	# 58	4270,0		45070,4 kN	51433,8 kN	70867,4 kN		9,74 m²								7,81 m²									21974533	209370