OPÉRATION :

UEHC À COLLONGES AU MONT D'OR

CLIENT :

MINISTERE DE LA JUSTICE
Secrétariat Général / DIRSG Centre Est
Département Immobilier de Lyon

DOCUMENT :

DIAGNOSTIC ET ÉTUDE DE FAISABILITÉ ACOUSTIQUE ET VIBRATOIRE

PHASE :

DIAG / FAISA

BATIMENT ENVIRONNEMENT INDUSTRIE

LASA
L'ingénierie acoustique et vibratoire depuis 1975
PARIS - LYON - BORDEAUX - MARSEILLE

OPQIBI L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE CERTIFICAT N° 05 06 1736

DOCUMENT ÉMIS PAR :

AGENCE SUD EST
Immeuble le Britannia
20 boulevard Eugène Deruelle
69003 LYON
Tél : +33 (0) 4 26 99 44 25
Fax : +33 (0) 4 26 99 44 27
Mail : sudest@lasa.fr

RÉFÉRENCE AFFAIRE : L-1905-0985-JRO-UEHC-COLLONGES-B

RÉDIGÉ PAR	VÉRIFIÉ PAR	PHASE	DATE	INDICE
Adrien CLÉMENT	Julien ROBERT	DIAG/FAISA	25/07/2019	B

HISTORIQUE DES REVISIONS

DESCRIPTION DE LA REVISION	Rédacteur	Vérificateur	Date	Indice
Première édition du rapport de diagnostic acoustique et vibratoire	A. CLEMENT	J. ROBERT	23/07/2019	A
Mise à jour avec Intégration du surcoût des préconisations	A. CLEMENT	J. ROBERT	25/07/2019	B

SOMMAIRE

1 OBJET 4

2 ÉTAT DES LIEUX ET CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE 5

2.1 Présentation 5

2.2 Isolement de façade réglementaire au sens de l'Arrêté du 30 mai 1996 modifié 6

2.3 Proposition LASA d'amélioration du confort 7

2.4 Isolement de façade du bâtiment réhabilité 8
2.4.1 Décret 2016-798 du 14 juin 2016 8

3 DIAGNOSTIC ACOUSTIQUE ET VIBRATOIRE 10

3.1 CONTEXTE 10

3.2 METHODOLOGIE 10

3.3 TEXTES ET NORMES DE REFERENCES 12

3.4 MATERIEL DE MESURE 12

3.5 MESURES ACOUSTIQUES 13
3.5.1 Résultat des mesures 13
3.5.2 Analyse 14

3.6 MESURES VIBRATOIRES 15
3.6.1 Résultat des mesures 15
3.6.2 Seuils limites et critères de gêne 18
3.6.3 Risques de dommages aux structures 19
3.6.4 Perception tactile 21
3.6.5 Bruit aérien rayonné par l'enveloppe excitée de manière solidienne 24

4 FAISABILITÉ 30

4.1 Isolement de façade aux bruits aériens extérieurs 30
4.1.1 Façade exposée - $D_{nT,A,tr} \geq 44$ dB 30
4.1.2 Façades latérales - $D_{nT,A,tr} \geq 40$ dB 32
4.1.3 Façades arrières protégées - $D_{nT,A,tr} \geq 33$ ou 35 dB 33

4.2 Atténuation des vibrations 35
4.2.1 Solution 1 : Suspension du bâtiment 35
4.2.2 Solution 2 : Coupure vibratoire verticale 36

5 CONCLUSIONS 38

6 TERMINOLOGIE ET DEFINITIONS 39

ANNEXE 1 MATÉRIEL DE MESURES 41

ANNEXE 2 FICHES DE MESURES ET NOTES DE CALCULS 42

1 OBJET

Dans le cadre de la restructuration extension des locaux de l'unité éducative d'hébergement collectif (UEHC) à Collonge au Mont d'or, la construction d'un bâtiment de plain-pied à proximité d'une voie ferrée de catégorie 1 est envisagée.

Dans ce contexte, notre bureau d'étude LASA est missionné par le maître d'ouvrage DÉPARTEMENT IMMOBILIER DU MINISTÈRE DE LA JUSTICE afin d'apporter une assistance technique sur les enjeux acoustiques et vibratoires.

Le déroulé de la mission proposée est le suivant :

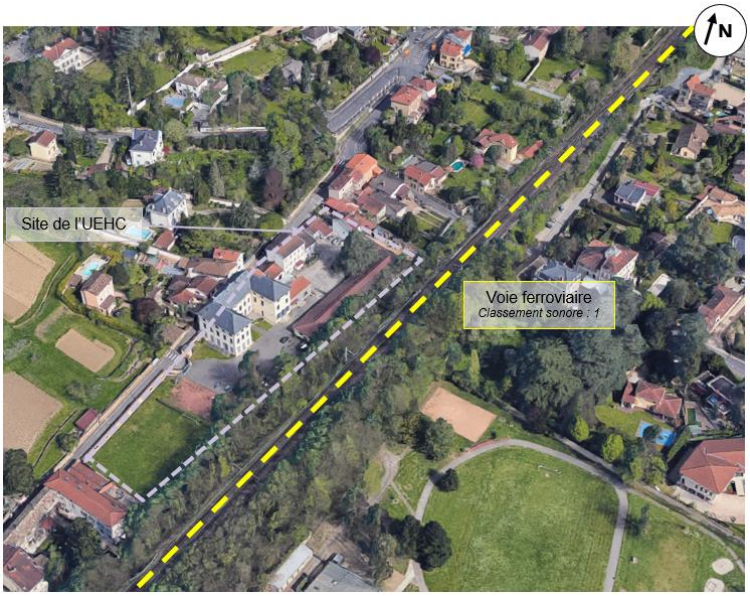
- Réalisation de mesures de diagnostic acoustique et vibratoire sur site afin de déterminer l'impact de la voie ferrées dans l'environnement et vis-à-vis du bâtiment projeté.
- Définition des contraintes techniques sur le bâtiment extension et le bâtiment en restructuration, au regard des objectifs réglementaires, ainsi que des critères de confort
- Estimation en première approche des éventuelles atténuations à obtenir vis-à-vis de ces vibrations + principes de traitements antivibratiles avec produits type.
- Contraintes bruits de la voie ferrée et principes de solutions à développer (principes constructifs envisageables pour la façades, type de châssis vitrés, possibilité de simple flux ou nécessité de double flux pour limiter les pertes liées aux entrées d'air, possibilités ou non de coffres de volets roulants…), avec une estimation des surcouts associés.
- Analyse complémentaire quant au positionnement, forme, volumétrie etc… des bâtiments et/ou des locaux pour optimiser les contraintes.

2 ÉTAT DES LIEUX ET CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

2.1 Présentation

Site existant

Le site de l'UEHC est localisé au 11 Rue du Port à COLLONGE AU MONT D'OR (69). La parcelle en bande orientée nord sud est bordée sur le flanc Est par une voie ferrée de catégorie 1.

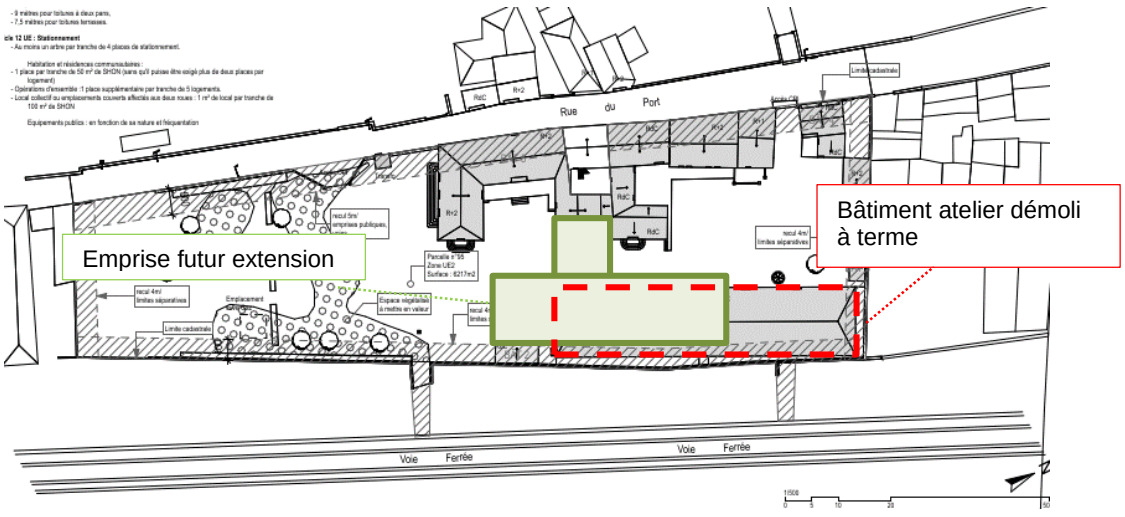


Le tableau ci-dessous indique les caractéristiques de cette infrastructure de transport ferroviaire. Aucune autre voie classée n'impact le site.

Nom de l'infrastructure	*Catégorie de l'infrastructure*	*Largeur secteurs affectés par le bruit*	*Distance au terrain*	*Configuration*
Voie SNCF	*1*	*300 m*	*≥ 14 m*	*Infrastructure sur remblais*

Scénario de projet étudié

La présente étude de diagnostic faisabilité étudie le scénario 3 du cabinet FACE A du 04/12/2017 consistant en la réalisation d'un nouveau bâtiment d'hébergement à la place du bâtiment atelier existant situé en limite de propriété est :

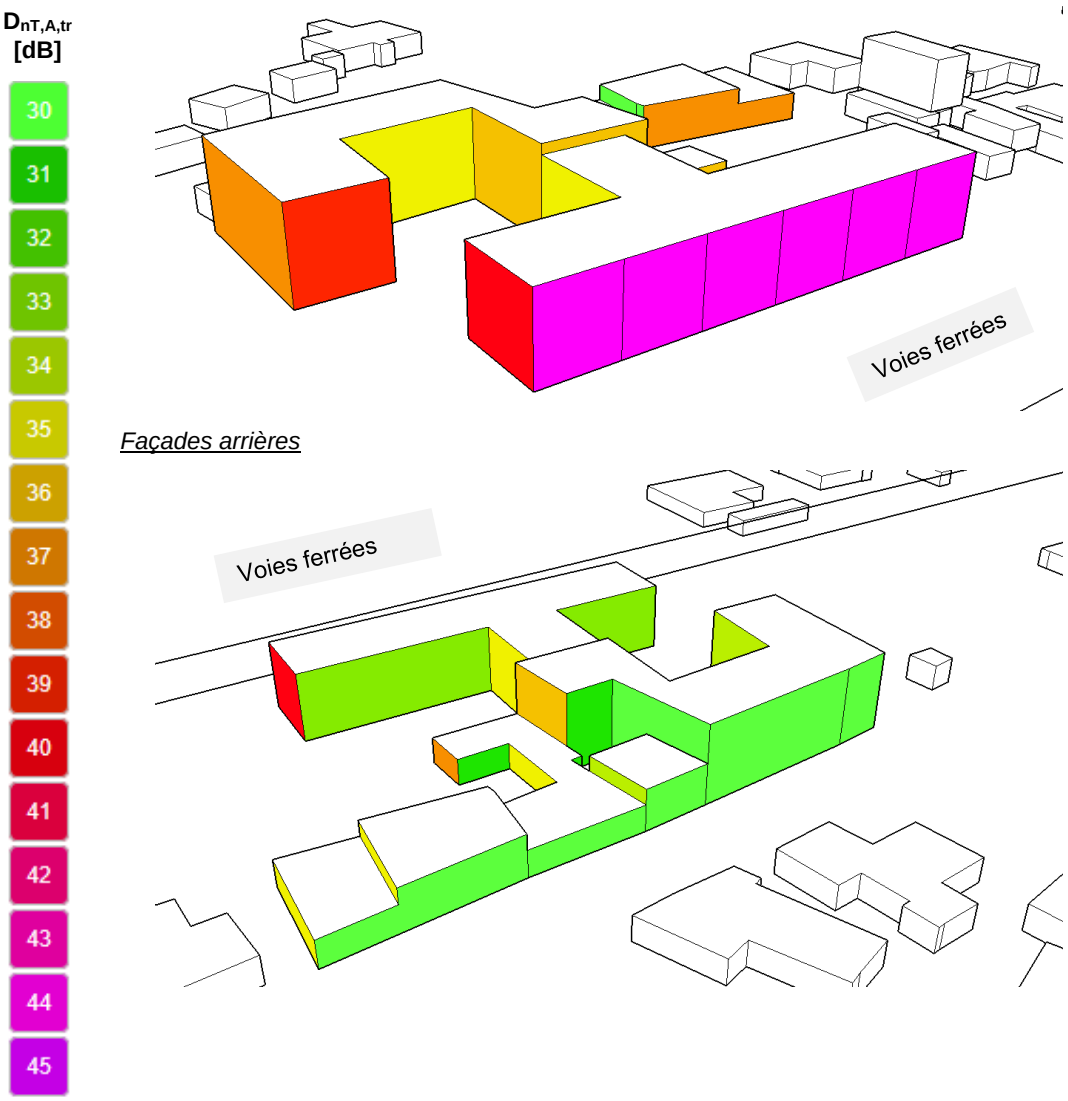


2.2 Isolement de façade réglementaire au sens de l'Arrêté du 30 mai 1996 modifié

Pour les opérations de logements faisant l'objet d'un dépôt de permis de construire, l'isolement de façade réglementaire au sens de l'Arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit.

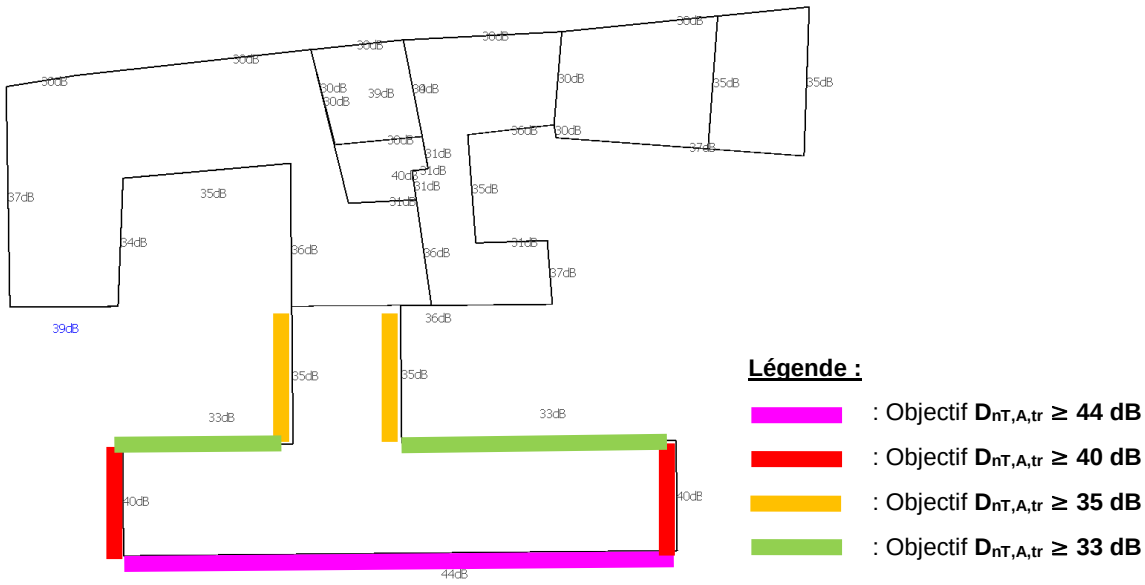
Une analyse de l'impact sonore des voies classées a été réalisée, en application de la méthode forfaire définie par l'Arrêté du 30 mai 1996 modifié. L'isolement de façade minimum réglementaire $D_{nT,A,tr}$ mini est présenté sur les vues 3D du bâtiment et en plan.

Façades exposées



Façades arrières

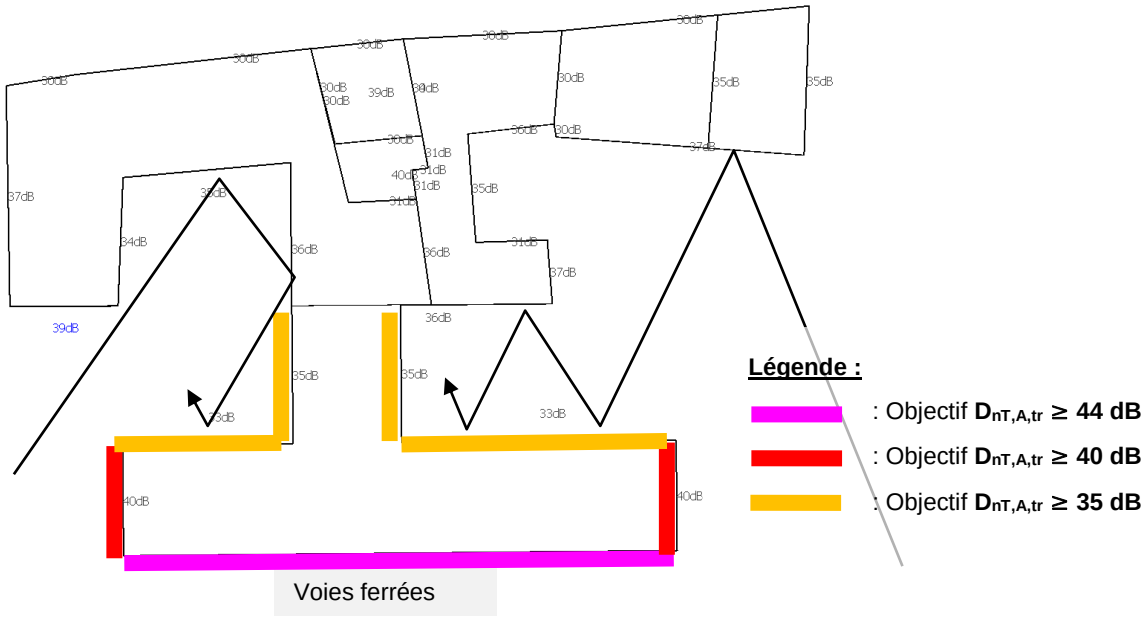
Vue en plan des objectifs réglementaires de l'extension



2.3 Proposition LASA d'amélioration du confort

Vue la configuration du site en cour semi ouverte côté voies ferrées, les niveaux sonores issus du passage des trains seront globalement homogènes dans cet espace. Par effet de réverbération, les bruits au passage des trains impacteront la façade arrière de manière plus importante. Pour tenir compte de ce phénomène, nous proposons d'uniformiser les isolements de façade à $D_{nT,A,tr}$ de 35 dB minimum sur la cour intérieure.

Vue en plan des objectifs proposés pour l'extension



Remarques sur l'optimisation spatiale du plan masse et impact sur les objectifs acoustiques :

La disposition du bâtiment extension sous forme de « cloitre » (cour intérieure fermée) permettrait de réduire l'exposition aux bruits issus de la voie ferrée sur les façades intérieures. Les isolements de façade réglementaires sur ces façades pourraient être réduits à un $D_{nT,A,tr}$ de 33 dB.

Par ailleurs la disposition d'une circulation intérieure entre les chambres et les façades exposées au bruit de la voie ferrée permettrait de limiter l'ampleur des solutions techniques d'isolation à prévoir en bénéficiant de l'effet « local tampon » de la circulation.

2.4 Isolement de façade du bâtiment réhabilité

Dans le cas de réhabilitation lourde nécessitant le dépôt de permis de construire pour la réhabilitation du bâtiment existant, la réglementation acoustique applicable aux bâtiments neufs est généralement prise en référence.

Vu la destination éducative du bâtiment, l'Arrêté du 25/04/2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement est approprié. Les isolements de façade exigés par ce texte sont définis par l'Arrêté 30 mai 1996 modifié (voir paragraphe précédent). Dans le cadre d'une réhabilitation, il est généralement admis de ne pas dégrader les caractéristiques acoustiques de l'existant et de se conformer à la réglementation dans la limite des contraintes technico économique du projet. En pratique, cela passe par un diagnostic de l'état existant et d'une étude acoustique particulière.

Des textes récents encadrent les performances acoustiques des bâtiments réhabilités. Souvent moins contraignant que la réglementation des bâtiments neufs, ils jouent le rôle de « garde fous ».

Les textes suivants s'appliquent en cas de réhabilitation :

- Décret n°2016-798 du 14 juin 2016 relatif aux travaux d'isolation acoustique en cas de travaux de rénovation importants
- Arrêté du 13 avril 2017 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments existants lors de travaux de rénovation importants

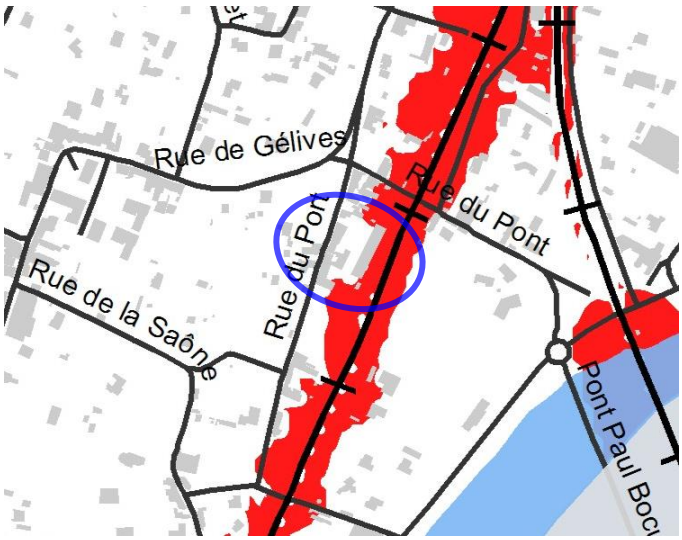
2.4.1 Décret 2016-798 du 14 juin 2016

Les éléments d'enveloppe faisant l'objet de la rénovation thermique, doivent présenter des qualités acoustiques dès lors que les bâtiments *figurent dans les zones de dépassement des valeurs limites sur les cartes de bruit routier et ferroviaire* […] *ou qui sont situés dans une zone de bruit du plan de gêne sonore d'un aéroport.*

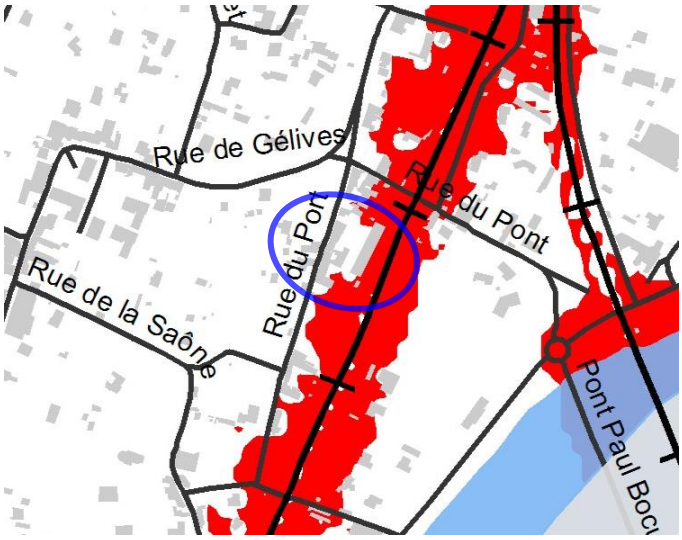
Le site n'est pas impacté par un aéroport voisin.

En revanche les cartes de dépassement des valeurs limites sont les suivantes :

Carte de dépassement de seuil de bruit ferroviaire Lden (24h)



Carte de dépassement de seuil de bruit ferroviaire la nuit



L'aile Sud du bâtiment existant est donc concernée par le Décret 2016-798 (façades exposées à la voie ferrée).

À noter : sur les cartes de bruit le bâtiment atelier joue un rôle d'effet de masque sur le bâtiment existant côté rue. Le remplacement de l'atelier existant par le bâtiment hébergement projeté permettra de conserver la situation dans un état proche à celui de l'existant. Sauf pendant la période transitoire des travaux pendant laquelle le bâtiment existant côté ne sera pas protégé.

En fonction de la nature des travaux de rénovation thermique réalisés, on distingue 3 cas :

1. Si les *travaux comprennent le remplacement ou la création de parois vitrées ou portes donnant sur l'extérieur* […] alors ces éléments doivent justifier de performances acoustiques.
2. Si les *travaux comprennent la réfection d'une toiture donnant directement sur des pièces principales* […] alors celle-ci doit également justifier de performances acoustiques.
3. Enfin, *lorsque les travaux portent sur l'isolation thermique de parois opaques donnant sur l'extérieur, ils ne doivent pas avoir pour effet de réduire l'isolation aux bruits extérieurs* […].

2.4.2 Arrêté du 13 avril 2017

Pour l'application du décret 2016-798, l'arrêté du 13 avril 2017 stipule que les niveaux de performances acoustiques devant être atteints par les éléments de façade rénovés (parois vitrées, et/ou portes extérieures, et/ou toiture) peuvent être déterminés :

- Soit forfaitairement par lecture dans le tableau joint à l'arrêté
- Soit par une étude acoustique

De plus, l'arrêté fixe des objectifs d'isolement acoustique de façade selon les cas d'exposition, à savoir dans notre cas :

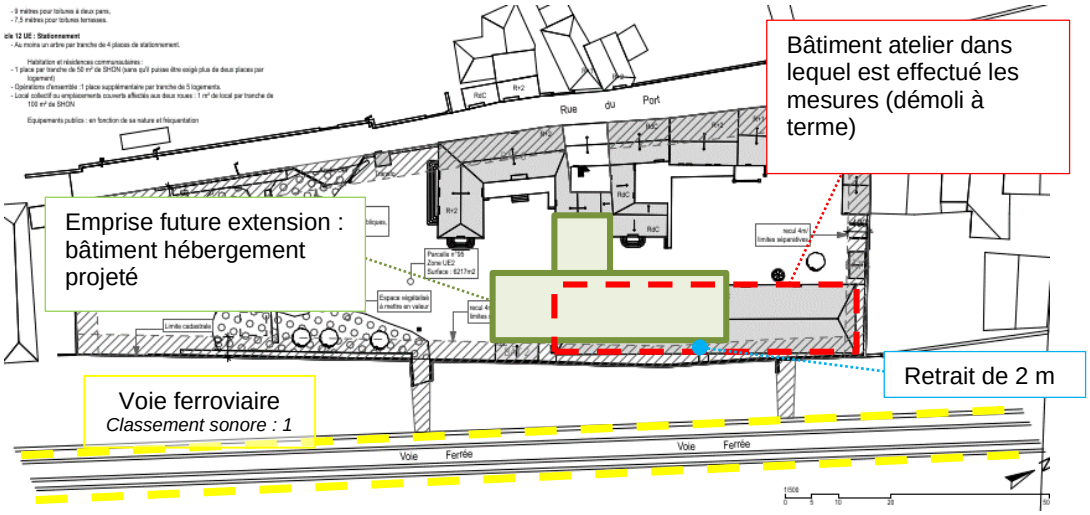
- $D_{nT,A,tr} \geq 35$ dB pour les façades du bâtiment existant exposées au bruit de la voie ferrée.

3 DIAGNOSTIC ACOUSTIQUE ET VIBRATOIRE

3.1 CONTEXTE

Les mesures acoustiques et vibratoires ont été réalisées sur une période continue d'environ de 24h les 17 et 18 juin 2019 dans un bâtiment existant sur site destiné à être détruit dans le cadre du scenario de restructuration soumis à notre analyse (scenario 3).

La position du bâtiment dans lequel les mesures ont été effectuées est sensiblement la même que celle du bâtiment d'hébergement projetée avec un décalage de 2 m environ.



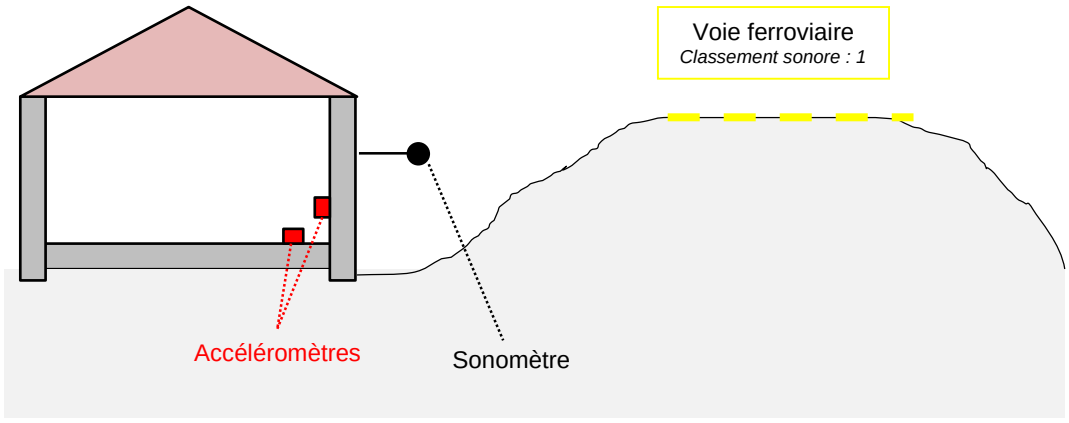
3.2 METHODOLOGIE

Deux d'accéléromètres (mesure d'accélération vibratoire) et un microphone (mesure du niveau de pression acoustique) ont été installés aux endroits suivants :

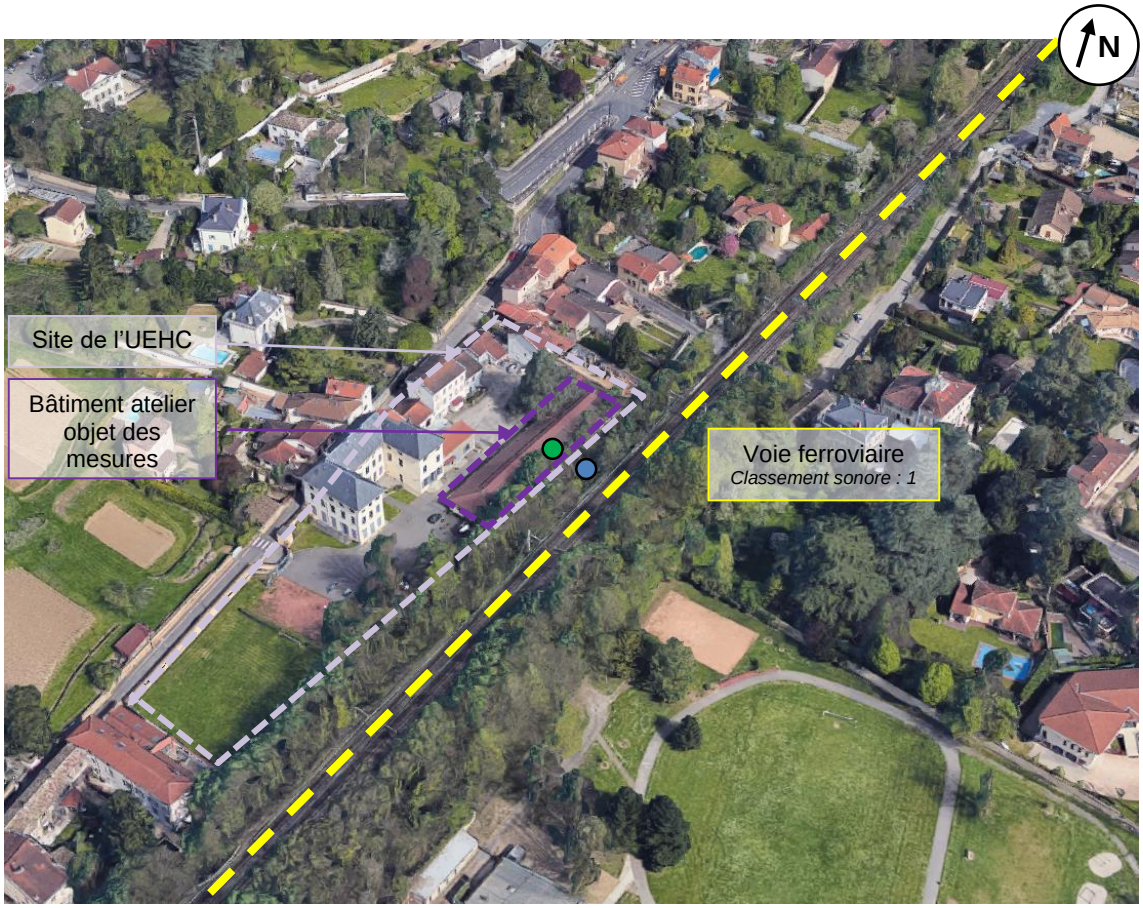
- À l'intérieur du bâtiment atelier existant pour la mesure des vibrations,
- En façade du bâtiment atelier existant pour les niveaux sonores.

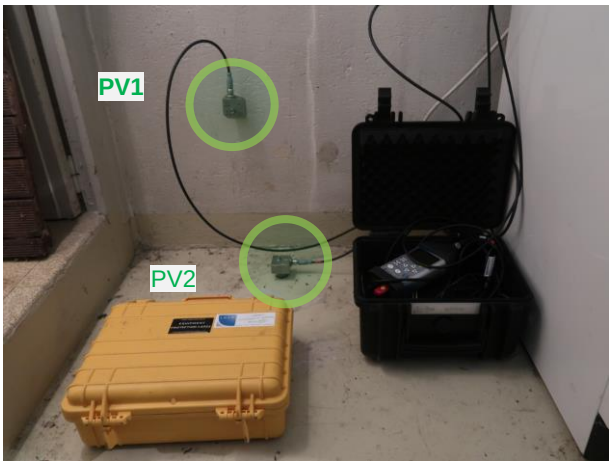
Cette campagne a permis de mesurer simultanément les accélérations vibratoires (dans les 3 directions x, y et z perpendiculaires ou parallèles aux voies ferroviaires et perpendiculaire au sol) et les niveaux de pressions sonores engendrées lors des passages de trains en façade du bâtiment.

Une coupe de principes est présentée ci-dessous permettant d'apprécier la configuration des différents points de mesure acoustiques et vibratoires sur le site :



Un repérage des points de mesures acoustiques et vibratoires est présenté sur la vue satellite ci-dessous :







Légende :

● : Mesures vibratoires aux points PV1 et PV2 :

- *PV1 : dans le bâtiment atelier, solidaire du mur de façade maçonné ;*
- *PV2 : dans le bâtiment atelier, solidaire du dallage béton ;*

● : Mesure acoustique au point PA1

- *PA1 : en façade du bâtiment atelier, à 2 m en avancée de façade ;*

3.3 TEXTES ET NORMES DE REFERENCES

Les résultats de mesures sont comparés et analysés selon les textes suivants (liste non exhaustive) :

Vibration :

- **Circulaire du 23 juillet 1986** relative aux vibrations mécaniques émise dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement ;
- **Norme ISO 2631-1 -1985 :** estimation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps – partie 1 spécifications générales ;
- **Norme ISO 2631-2 -1989 :** estimation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps – partie 2 : vibrations continues et induites par les chocs dans les bâtiments (1 à 80 Hz) ;
- **Norme ISO 4866 du 15 mars 2010 :** vibrations des structures fixes : lignes directrices pour le mesurage des vibrations et l'évaluation de leurs effets sur les structures ;
- **Norme DIN 4150-2 :** vibration dans les bâtiments, effets sur les personnes dans les bâtiments ;
- **Norme NF ISO 14837-1 avril 2006** : Vibrations et bruits initiés au sol dus à des lignes ferroviaires ;
- **Norme DIN 4150-3 :** Vibration dans les bâtiments, effets sur les structures.

Acoustique :

- **Arrêté du 30 juin 1999** relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation.
- **Arrêté du 25 avril 2003** relatif à la limitation du bruit dans les hôtels ;
- **Arrêté du 23 juillet 2013 modifiant l'arrêté du 30 mai 1996** relatif au classement des infrastructures de transport terrestre et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation ;
- **Décret n°2006-1099 du 31 août 2006** relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique ;
- **Norme NF S 31-010** : Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement - Méthodes particulières de mesurage.

3.4 MATERIEL DE MESURE

Les chaînes de métrologie acoustique utilisées satisfont les exigences de Classe 1 des normes CEI 61-672 et CEI 60-942.

Les chaînes de métrologie vibratoire utilisées satisfont les exigences de la norme ISO 8041, ISO 2631-1,2 et 5 et ISO 5349-1 et 2.

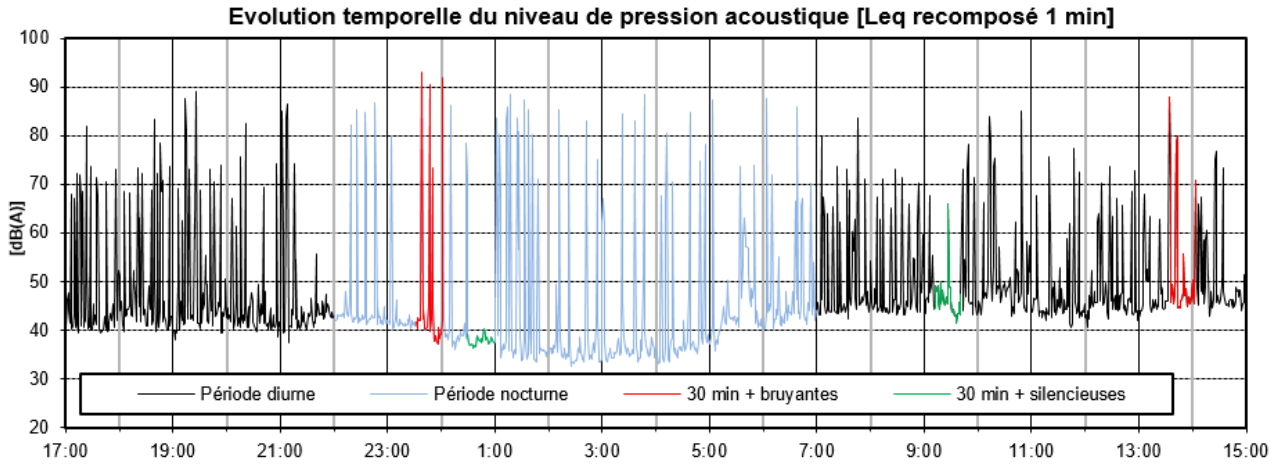
La liste du matériel utilisé est présentée en annexe du présent document.

3.5 MESURES ACOUSTIQUES

3.5.1 Résultat des mesures

À l'est du site, l'ambiance sonore du site est principalement marquée par la présence de la voie SNCF, caractérisée par un trafic pulsé régulier (environ 1 train toutes les 7 à 8 minutes en moyenne le jour des mesures). L'intensité sonore et la durée moyenne de passage est variable selon le type de train : TGV, FRET ou TER.

L'évolution temporelle des niveaux de pression acoustique au point de mesures PA1 ci-dessous permet d'avoir une vue d'ensemble d'une journée type :



Sur l'ensemble de la période de mesure, on distingue plusieurs catégories sonores de trains :

- Environ 10 % des trains engendrent des niveaux sonores en façade de l'ordre de 65 à 70 dB(A) ;
- Environ 50% des trains engendrent des niveaux sonores en façade de l'ordre de 70 à 80 dB(A) ;
- Environ 30% des trains engendrent des niveaux sonores en façade de l'ordre de 80 à 90 dB(A) ;
- Environ 10% des trains engendrent des niveaux sonores en façade de l'ordre de 90 à 95 dB(A).

En période nocturne de 22h à 7h, la répartition est différente :

- Moins de 5 % des trains engendrent des niveaux sonores en façade de l'ordre de 65 à 70 dB(A) ;
- Environ 30% des trains engendrent des niveaux sonores en façade de l'ordre de 70 à 80 dB(A) ;
- Environ 50% des trains engendrent des niveaux sonores en façade de l'ordre de 80 à 90 dB(A) ;
- Environ 15% des trains engendrent des niveaux sonores en façade de l'ordre de 90 à 95 dB(A).

La période des 30 minutes les plus bruyantes en période nocturne a été relevée le 18/06/2019 de 00h08 à 00h38.

Le train le plus bruyant a été relevé en période nocturne à 23h38 et possède un niveau sonore équivalent L_{eq} de 96 dB(A) en façade du bâtiment. Sur cette période le niveau de bruit de fond extérieur est d'environ 40 dB(A).

3.5.2 Analyse

Vis-à-vis de la réglementation :

L'Arrêté du 05 mai 1996 modifié définissant le niveau de bruit issu des infrastructures de transport à l'intérieur des pièces principales et cuisines des logements défini des niveaux sonores limites à ne pas dépasser de :

- 35 dB(A) en période diurne (6h – 22h)
- 30 dB(A) en période nocturne (22h – 6h)

Le niveau sonore équivalent L_{eq} par période constaté au moment des mesures est :

- De 71 dB(A) en période diurne, soit un niveau sonore intérieur équivalent sur la période estimée à l'intérieur de 27 dB(A) dans les pièces principales (locaux de sommeil notamment) avec un isolement de façade $D_{nT,A,tr}$ de 44 dB sur la façade exposée.
- De 74 dB(A) en période nocturne, soit un niveau sonore intérieur équivalent sur la période estimée à l'intérieur de 30 dB(A) dans les pièces principales (locaux de sommeil notamment) avec un isolement de façade $D_{nT,A,tr}$ de 44 dB sur la façade exposée.

La période nocturne est dimensionnante pour la définition du classement de voie de la présente infrastructure de transport de catégorie 1.

Vis-à-vis des critères de confort sommeil

À titre comparatif, les critères de tolérance au bruit dans les locaux de sommeil généralement considérés (issus des études de l'OMS, du BBRI, de la CE, …) sont les suivants :

- 30 dB(A) de bruit de fond maximum pour passer une nuit correcte, pics limités à 45 dB(A),
- 45 dB(A) à l'extérieur pour nuits correctes fenêtre ouverte, pics 60 dB(A)

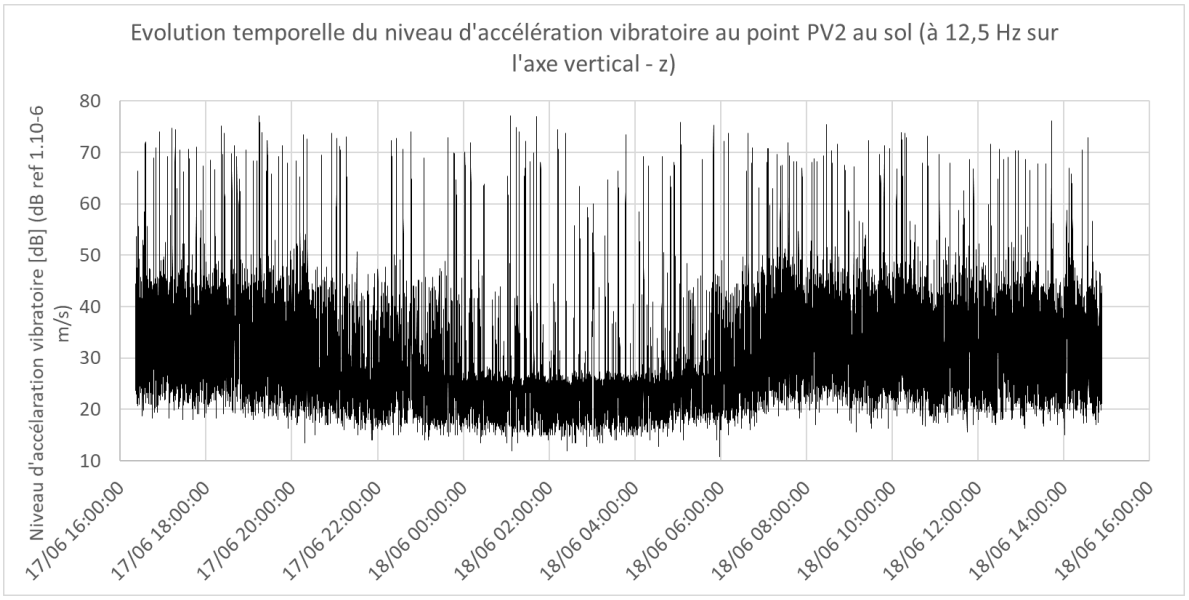
Avec un isolement de façade $D_{nT,A,tr}$ de 44 dB sur la façade exposée, au vu des calculs estimatifs obtenus au passage des trains :

- Il apparaît que le critère « fenêtre fermée » considérant 30 dB(A) de bruit de fond et 45 dB(A) maximum au passage des trains est respecté pour environ 85% des passages de trains en période nocturne. Pour les 15% de trains les plus bruyants, les niveaux sonores estimés à l'intérieur des chambres peuvent atteindre 46 à 51 dB(A).
- En configuration « fenêtre ouverte », le critère de tolérance de 45 dB(A) à l'extérieur n'est jamais respecté au passage de trains. Dit autrement, selon les critères de tolérance issus des études de l'OMS, il n'est pas envisageable de dormir fenêtre ouverte avec la présence de la voie SNCF en l'état actuel.

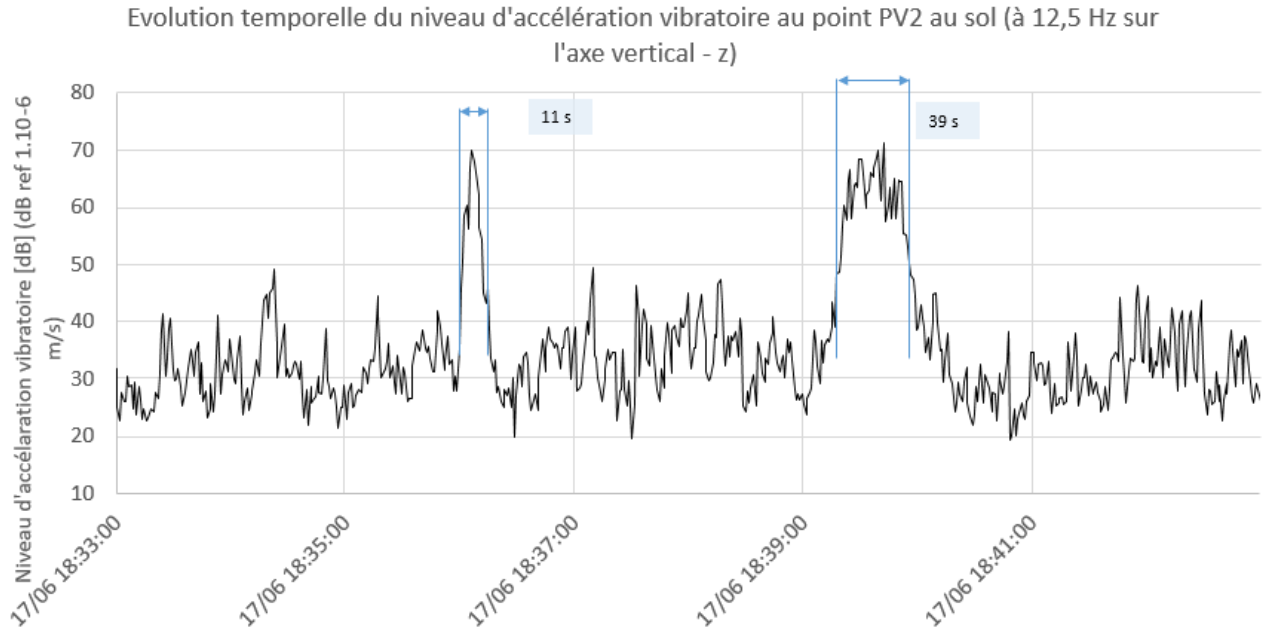
3.6 MESURES VIBRATOIRES

3.6.1 Résultat des mesures

L'évolution temporelle des niveaux d'accélération vibratoire au point de mesures PV2 ci-dessous permet d'avoir une vue d'ensemble d'une journée type. Ces niveaux vibratoires ont été relevés sur l'axe perpendiculaire au sol pour la bande de tiers d'octave 12,5 Hz (présentant un niveau plus important au passage de matériel roulant).



Le graphique suivant est un grossissement de l'évolution temporelle en page précédente permettant d'observer 2 passages de trains : un court et un long.



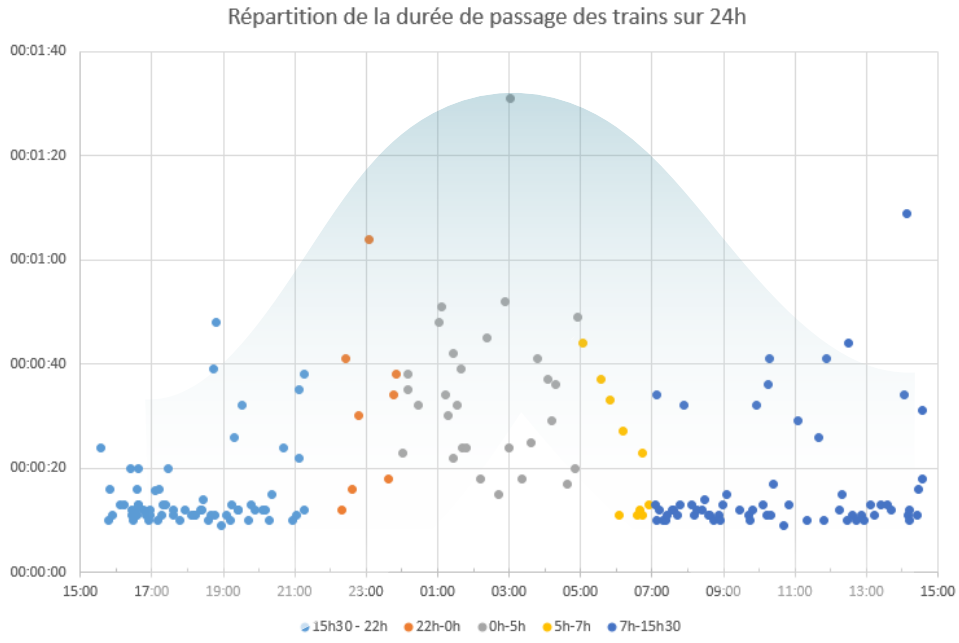
Le tableau ci-dessous permet d'établir une vue statistique de l'évolution temporelle de la page précédente (format de durée : h:m:s où *h* est le nombre d'heure, *m* le nombre de minutes et *s* le nombre de secondes).

Période d'étude	Durée période	Nombre de passages de trains	Pourcentage	Durée moyenne d'un passage	Durée d'apparition cumulée	Pourcentage pondéré avec durée d'apparition
Entre 15h30 et 22h00 le 17/06[(1)]	06:30:00	66	36%	00:00:16	00:17:25	29%
Entre 22h00 et 00h00 le 17/06	02:00:00	8	4%	00:00:32	00:04:13	7%
Entre 00h00 et 5h00 le 18/06	05:00:00	29	16%	00:00:34	00:16:31	27%
Entre 5h00 et 7h00 le 18/05	02:00:00	10	6%	00:00:22	00:03:42	6%
Entre 7h00 et 15h30 le 11/05	08:30:00	68	38%	00:00:16	00:18:41	31%
Période diurne (7h-22h)	**15:00:00**	**134**	**74%**	**00:00:16**	**00:36:06**	**60%**
Période nocturne (22h-7h)	**09:00:00**	**47**	**26%**	**00:00:31**	**00:24:26**	**40%**
Totale	**24:00:00**	**181**	**100%**	**00:00:20**	**01:00:32**	**100%**

[(1)] Les trains constatés au jour des mesures avant le démarrage des appareils de mesures ont été comptabilisés.

En période réglementaire diurne, la durée de passage représente 36 minutes environ de durée cumulée (soit 4% du temps) et moins de 25 minutes en période réglementaire nocturne (soit 5% du temps).

Le graphique suivant présente la durée d'apparition des trains en fonction du temps et par période de la journée :



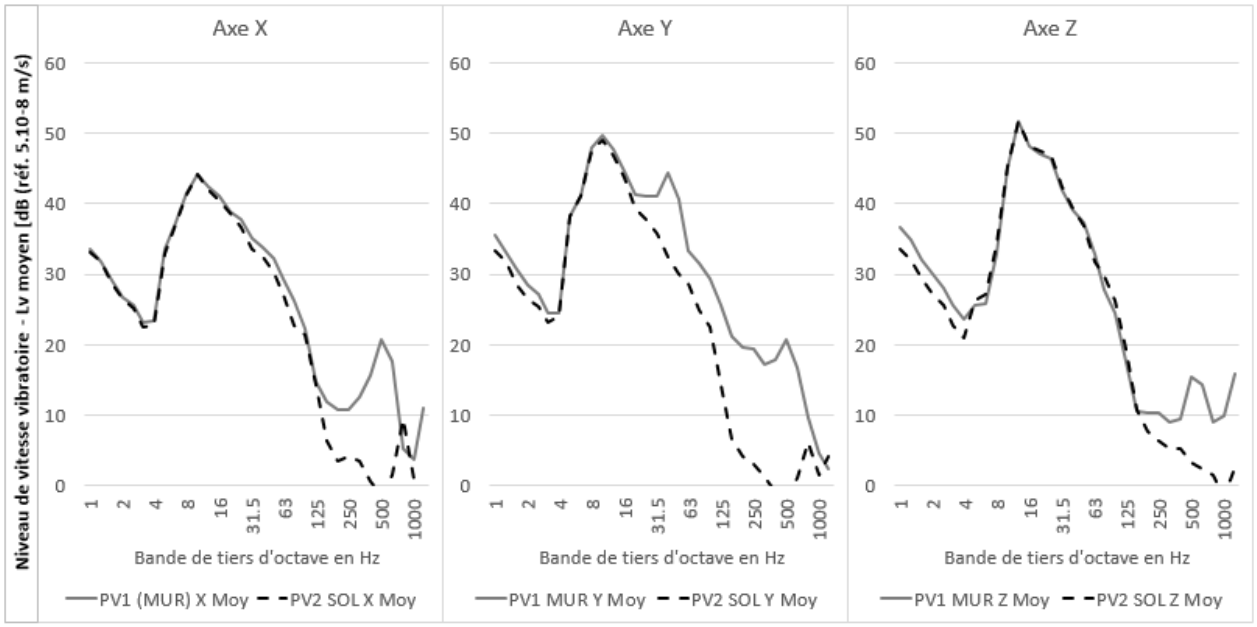
Nous pouvons distinguer sur cette distribution des périodes de pointe de circulation des trains entre 6h30 et 9h, entre 15h et 20h et une circulation soutenue entre ces périodes. La proportion de train est plus importante en journée : environ **75% des trains circulent en période réglementaire diurne** (7h-22h) et environ **25% en période réglementaire nocturne** (22h-7h).

Par contre, les passages de trains sont globalement plus longs en période nocturne, ainsi le pourcentage d'apparition des trains est d'environ **60% en période réglementaire diurne** (7h-22h) et environ 40**% en période réglementaire nocturne** (22h-7h).

La **durée moyenne de passage des trains circulations entre minuit et 5h du matin est environ deux fois longs plus qu'en journée**. Les trains FRET étant généralement plus long que les trains voyageurs, nous observons une indication sur le matériel roulant passant de nuit.

<u>Direction prépondérante des vibrations :</u>

Les graphiques ci-dessous présente la comparaison des niveaux de vitesse vibratoires aux passages des trains entre les points PV1 et PV2.



- *PV1 : dans le bâtiment atelier, solidaire du mur de façade maçonné ;*
- *PV2 : dans le bâtiment atelier, solidaire du dallage béton ;*



L'analyse selon les 3 axes de propagation des vibrations montre que globalement les niveaux vibratoires sont décroissants dans l'ordre suivant :

- Axe Z vertical : l'axe prépondérant des vibrations est mesuré sur l'axe perpendiculaire au sol,
- Axe Y perpendiculaire aux voies : -1 à -2 dB sur le niveau maximum par rapport à l'axe Z,
- Axe X parallèle aux voies : environ – 5 à -10 dB par rapport à l'axe Z.

Compte tenu de ces éléments, la direction verticale semble être la direction prépondérante et avec une direction perpendiculaire aux voies très proche.

3.6.2 Seuils limites et critères de gêne

Parmi les effets possibles des vibrations engendrées dans l'environnement puis transmises dans les bâtiments par le passage de matériel ferroviaire, on peut généralement distinguer :

- Les dommages (généralement mineurs) pouvant être provoqués dans les structures de certains bâtiments,
- Les perturbations de locaux sensibles ou bâtiments d'habitations avec une perception directe des vibrations (perception tactile),
- Les perturbations dans les bâtiments de logements ou bâtiments sensibles (logements, cinémas, studios TV, radio, bureaux,…), dues à la perception du bruit rayonné par les structures et réémis dans le local (perception auditive). Cette perturbation est généralement la plus prépondérante puisque les seuils de perception auditive sont plus bas que les seuils de perception tactile chez l'être humain,
- Les perturbations dans les bâtiments ou les installations très sensibles (microscopes, fabrication de composants électroniques, utilisation de lasers,…).

Seules les vibrations engendrées par les passages de trains (voyageurs ou FRET) à proximité du futur bâtiment seront étudiées dans la suite de ce document.

En effet, compte tenu des pneumatiques, les vibrations engendrées par les passages de véhicules ne sont généralement pas une source de gêne potentiellement ressentie par les occupants des bâtiments de bureaux ou d'habitation. En revanche, le bruit « aérien » engendré par ces mêmes véhicules est prépondérant par rapport aux vibrations, et peut être à l'origine d'une gêne.

En revanche, à l'intérieur d'un bâtiment, lors d'un passage de train, la balance entre le niveau de bruit réémis par excitation solidienne de la structure et le niveau de bruit transmis par la façade (parties opaques et vitrées confondues) peut être inversée par rapport au même phénomène produit lors d'un passage de voiture. Il est alors important de tenir compte de ce critère lors de la conception d'un nouveau bâtiment à proximité d'une voie ferrée comme c'est le cas dans notre étude.

Les graphiques présentés dans les paragraphes ci-après comparent aux principaux seuils usuellement pris en compte pour juger d'un risque de gêne vibratoire les éléments suivants :

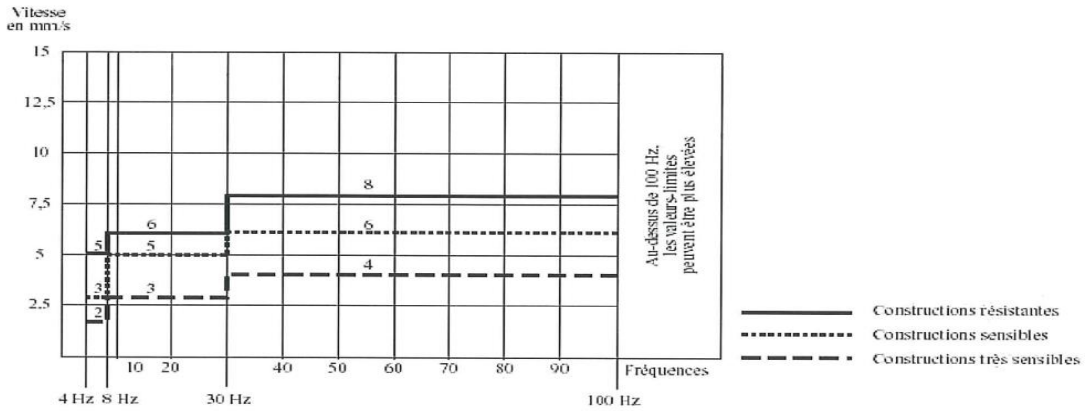
- Les niveaux de vitesse vibratoire mesurés au passage de trains (moyennes sur une dizaine de passages de trains de voyageurs ou de FRET) en limite d'implantation du bâtiment,
- Une estimation des niveaux sonores réémis que l'on pourrait s'attendre à rencontrer au passage d'un train (voyageurs ou FRET) dans des locaux de sommeil du futur bâtiment impacté.

Les points de mesures vibratoires PV1 et PV2 ont été réalisés à l'aide d'accéléromètres selon les 3 axes, x (parallèle aux voies SNCF), y (perpendiculaire aux voies SNCF) et z (perpendiculaire au sol).

3.6.3 Risques de dommages aux structures

Les critères pris en compte sont ceux des règles techniques annexées à la circulaire du 23 juillet 1986 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées.

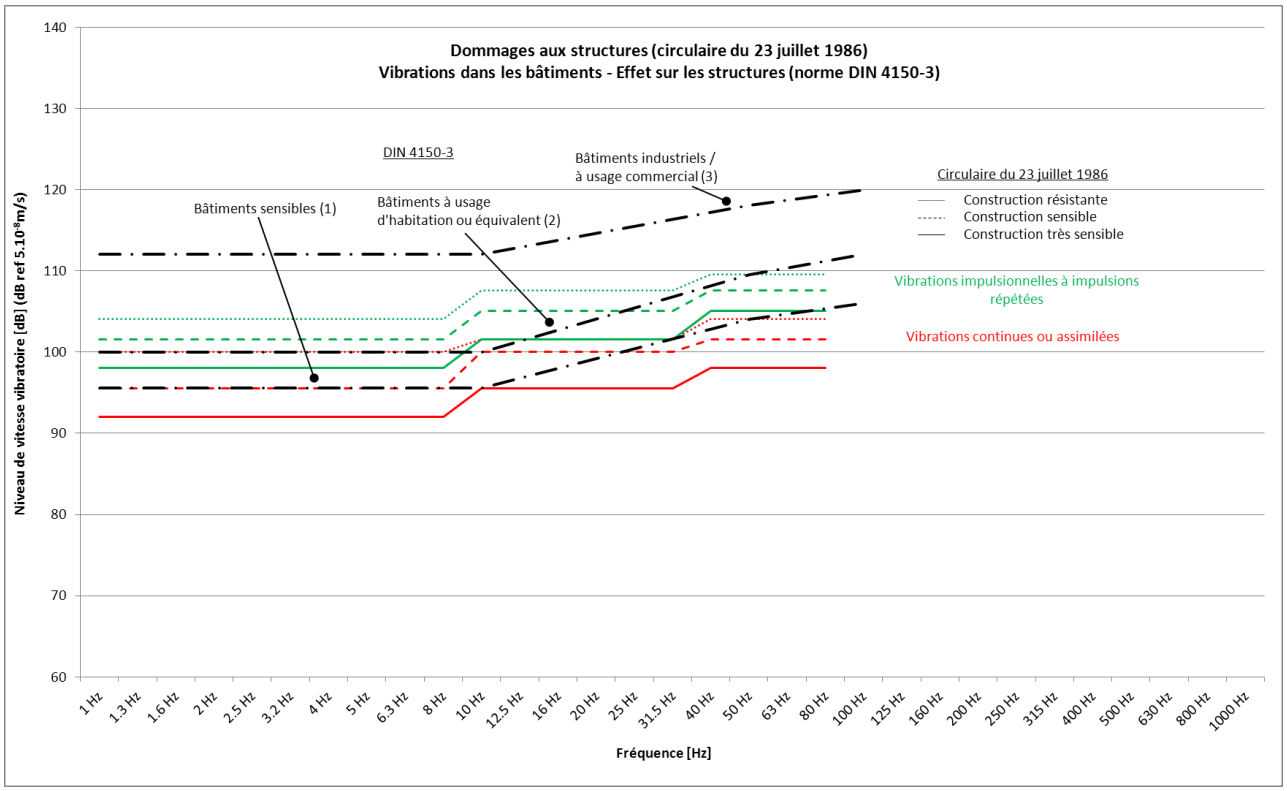
En assimilant les sources ferroviaires à des vibrations continues ou assimilées, les seuils préconisés par la circulaire, valables pour chaque direction de mesure sont les suivants :



Ces seuils de vibration exprimés en vitesse vibratoire [mm/s] devront donc être respectés en fonction de la résistance des bâtiments considérés (se reporter à la circulaire du 23 juillet 1986 pour la classification des bâtiments) de manière à ne pas engendrer de dommages aux structures.

Une des normes également utilisée pour ce critère est la DIN 4150-3 intitulée « Vibration dans les bâtiments – Effets sur les structures ».

Le graphique suivant permet de comparer les courbes issues de la circulaire du 23 juillet 1986 et de la norme DIN 4150-3 concernant les dommages aux structures de bâtiments soumis à des vibrations.



(1) Traduction de « Buildings used for commercial purposes, industrial buildings, and buildings of similar design » dans le texte de la norme

(2) Traduction de « Dwellings and buildings of similar design and/or occupancy » dans le texte de la norme

(3) Traduction de « Structure that, because of their particular sensitivity to vibration, cannot be classified under lines 1 and 2 and are of great intrisic value (e.g. listed buildings under preservation order) » dans le texte de la norme

Pour une meilleure lisibilité des résultats de mesures vibratoires, les courbes issues de la norme 4150-3 ne seront pas représentées. Cependant, en ce qui concerne les dommages aux structures, la courbe en dessous de laquelle les vibrations n'ont pas d'impact sur les bâtiments sensibles au sens de la DIN 4150-3 équivaut à la courbe en dessous de laquelle les vibrations n'ont pas d'impact sur les bâtiments sensibles soumis à des vibrations continues au sens de la circulaire du 23 juillet 1986 (du moins jusqu'à 8 Hz. La première est ensuite moins contraignante jusqu'à 25 Hz et plus contraignante pour les fréquences supérieures). La courbe en dessous de laquelle les vibrations n'ont pas d'impact sur les bâtiments sensibles soumis à des vibrations continues au sens de la circulaire du 23 juillet 1986 sera donc une référence de comparaison entre les 2 normes.

Les valeurs présentées dans les fiches de résultats en annexe correspondent aux axes présentant le niveau de vibration le plus élevé des 3 axes.

Tous les résultats sont fournis par points de mesure sous forme de fiche détaillée en annexe.

Conclusion :

A priori, le bâtiment extension en projet peut être considéré comme étant une « construction résistante » au sens de la circulaire du 23 juillet 1986.

Les niveaux vibratoires relevés sur site lors de passages trains (voyageurs et FRET confondus) ou les estimations défavorables sont nettement en deçà des niveaux vibratoires maximum mentionnés par cette circulaire pour ce type de construction. De plus, ces niveaux vibratoires sont tous inférieurs à la courbe la plus contraignante de la circulaire du 23 juillet 1986 donc a fortiori inférieurs à la courbe la plus contraignante de la norme DIN 4150-3.

Il n'y a donc pas de risque apparent de dommage aux structures.

3.6.4 Perception tactile

Les normes ISO 2631-1 et ISO 2631-2 définissent des niveaux de vibrations maximums acceptables (en termes de perception tactile) suivant le type de bâtiment et/ou d'activité (se reporter aux normes en question).

Ci-dessous, les extraits de ces normes permettent d'apprécier les niveaux vibratoires en dessous desquels les niveaux engendrés par les passages de tramways et de trains de fret ne seraient pas ressentis et de ce fait causer une gêne tactile aux riverains (vibrations perceptibles physiquement) suivant le type de bâtiment concerné et la période.

Dans le tableau 2, noter le facteur multiplicatif correspondant au cas considéré, puis se reporter à la courbe de vitesse vibratoire maximale correspondante dans la figure 5b (en page suivante).

Tableau 2 – Gammes des facteurs multiplicatifs acceptables utilisés dans de nombreux pays pour spécifier les amplitudes acceptables de vibrations dans les bâtiments en ce qui concerne la réponse humaine [ces facteurs ont été appliqués aux courbes de base des figures 2a, 3a et 4a [1)]]

Lieu	Moment	Vibration continue ou intermittente [2)]	Excitation par vibrations d'impulsion se produisant plusieurs fois par jour
Zones critiques de travail (par exemple salles d'opération d'hôpital, laboratoires de précision, etc.)	Jour	1	1 [3)]
	Nuit		
Résidence	**Jour**	**2 à 4 [4)]**	30 à 90 [4), 5), 6), 7)]
	Nuit	**1,4**	1,4 à 20
Bureau	Jour	4 [8)]	60 à 128 [8)]
	Nuit		
Atelier [9)]	Jour	8 [8), 10)]	90 à 128 [8), 10)]
	Nuit		

1) Le tableau 2 conduit à des amplitudes de vibrations au-dessous desquelles la probabilité de réaction est faible. (Tout bruit aérien engendré par la vibration des murs n'est pas considéré.)

2) Les vibrations quasi stationnaires, causées par des chocs répétitifs, sont également considérées. Le choc est défini dans l'ISO 2041 : 1975, chapitre 3, et est parfois rapporté à une vibration transitoire (impulsive).

3) Les amplitudes de vibrations transitoires dans des salles d'opérations d'hôpitaux et des zones critiques de travail se réfèrent aux périodes de travail où les opérations sont en cours, ou bien le travail critique est effectué. A d'autres moments, des amplitudes aussi élevées que celles des résidences peuvent être autorisées sous réserve qu'il y ait un accord en bonne forme et un avertissement.

4) Dans les zones résidentielles, il y a de grandes variations de la tolérance des vibrations. Les valeurs spécifiques dépendent des facteurs sociaux et culturels, des attitudes psychologiques et de l'ingérence prévue des vibrations dans la vie privée.

5) La « relation » entre le nombre d'évènements par jour et leurs amplitudes n'est pas bien établie. La relation provisoire présentée ci-dessous doit être utilisée pour des cas de plus de trois événements par jour en attendant de nouvelles recherches en matière de tolérance humaine aux vibrations. Elle implique la multiplication supplémentaire par un facteur numérique $F_n = 1,7\ N^{-0,5}$ où N est le nombre d'événements par jour. Cette « relation » ne s'applique pas quand il en résulte des valeurs inférieures à celles données par les facteurs pour les vibrations continues. Lorsque la gamme des amplitudes d'événements est petite (moins de la moitié de l'amplitude du plus grand événement), on peut utiliser la moyenne arithmétique. Autrement, seule la plus grande amplitude nécessite d'être considérée.

6) Pour des événements discrets de durée excédant 1 s, les facteurs peuvent être réglés en les multipliant par un facteur de durée, F_d :

$F_d = T^{-1,22}$ pour des sols en béton et T compris entre 1 et 20

$F_d = T^{-0,32}$ pour des sols en bois et T compris entre 1 et 60

où T est la durée de l'événement en secondes, et qui peut être estimée à partir des points à 10 % (-20 dB) sur les diagrammes temporels du mouvement.

7) Lors de l'excavation de rochers durs où des troubles souterrains causent des vibrations de très hautes fréquences, un facteur jusqu'à 128 a été jugé acceptable pour les propriétés résidentielles dans certains pays.

8) Les amplitudes pour les vibrations transitoires dans les zones à usage de bureaux et d'ateliers ne doivent pas être augmentées sans tenir compte de la possibilité d'une interruption importante de l'activité de travail.

9) Les vibrations agissant sur les opérateurs de certains travaux de métallurgie, tels que travaux sur machines à estamper ou broyeurs, qui produisent des vibrations dans les lieux de travail, peuvent être situées dans une catégorie séparée des zones à usage d'ateliers considérées ici. Dans ce cas, les amplitudes de vibrations, pour les opérateurs de travaux produisant des vibrations, qui sont spécifiées dans l'ISO 2631-1, s'appliquent.

10) Le doublement des amplitudes de vibrations proposées pour les vibrations continues ou intermittentes et les vibrations transitoires répétées (colonne 4) peut provoquer un commentaire défavorable qui peut s'accroître d'une façon importante si les amplitudes sont quadruplées (les courbes dose/réponse peuvent être consultées, quand elles sont disponibles).

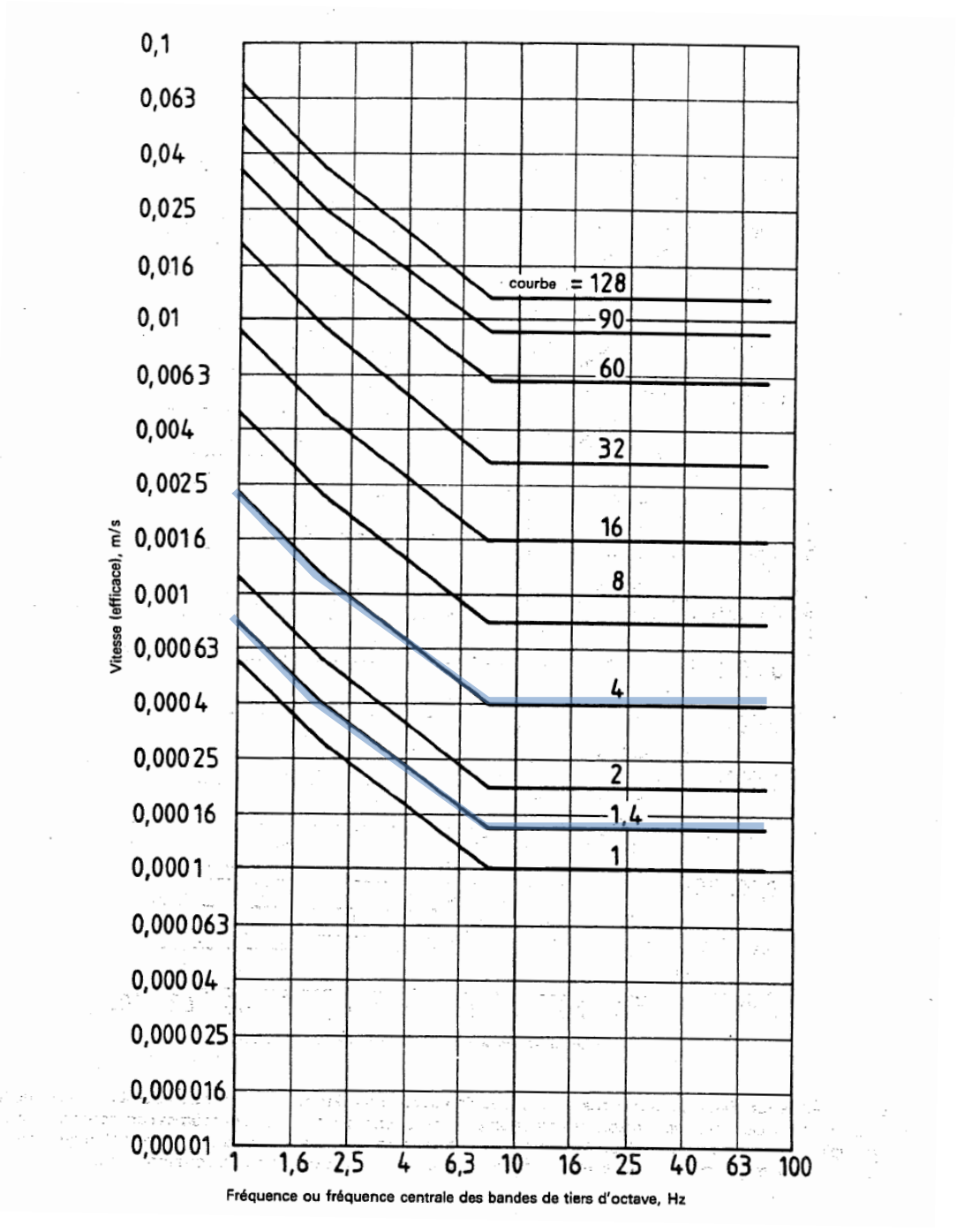
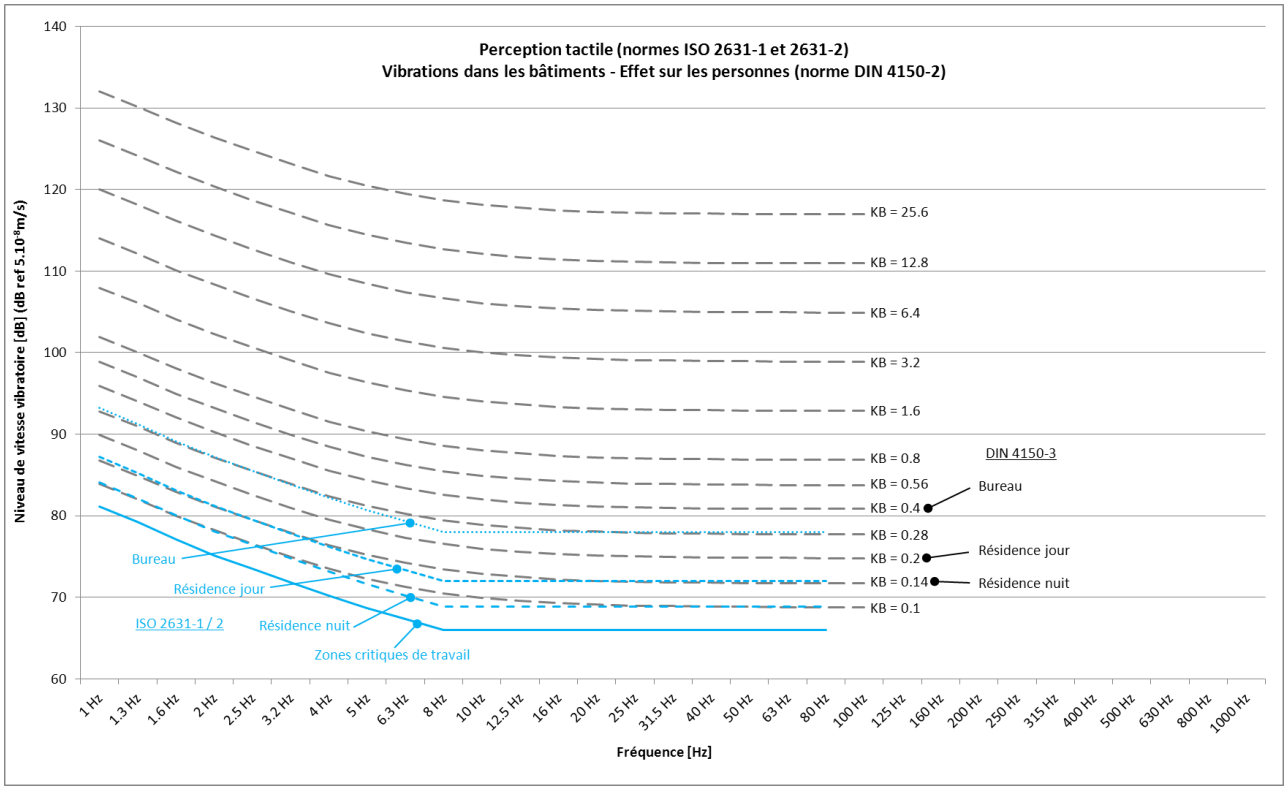


Figure 5b - Vibration dans les bâtiments - Courbes des critères pour la direction combinée (ceci représente la combinaison, pour le cas le plus défavorable, pour les trois axes, tel qu'expliqué en 4.2.3. Des courbes correspondant aux différents facteurs multiplicatifs donnés au tableau 2 sont présentées)

Une des normes également utilisée pour ce critère est la DIN 4150-2 intitulée « Vibration dans les bâtiments – Effets sur les personnes ».

Le graphique suivant permet de comparer les courbes issues des normes ISO 2631-1 et 2631-2 et de la norme DIN 4150-2 concernant la perception tactile des vibrations.



La courbe « Résidence jour » de la norme DIN 4150-2 correspond par exemple à la courbe « Résidence jour » des normes ISO 2631-1 et 2. La courbe « Résidence nuit » des normes ISO 2631-1 et 2 est donc la plus défavorable et servira de référence.

Tous les résultats sont fournis par points de mesure sous forme de fiche détaillée en annexe.

Conclusion :

Les niveaux vibratoires relevés sur site lors de passages de trains de voyageurs ou de FRET sont inférieurs au seuil de gêne par perception tactile (Zones critiques de travail) indiqué dans la norme ISO 2631 (en dessous duquel il n'est généralement pas constaté de plainte) et a fortiori inférieurs à la courbe de référence « Résidence nuit » de la norme DIN 4150-2.

3.6.5 Bruit aérien rayonné par l'enveloppe excitée de manière solidienne

3.6.5.1 Préambule

L'un des facteurs de gêne prépondérant des vibrations générées par des passages de trains est généralement le bruit rayonné par la structure excitée du bâtiment, et cela même pour des niveaux vibratoires voisins ou inférieurs au seuil de perception tactile.

Les vibrations engendrées par le passage d'un train se propagent dans l'environnement. Lorsque ces ondes vibratoires rencontrent un obstacle, telles que les fondations d'un bâtiment, elles peuvent se transmettre à cette structure en fonction de l'amplitude de celles-ci (leur niveau) et de la faculté de la structure à entrer en vibration (qui est elle-même fonction de plusieurs paramètres comme la masse, la rigidité, etc.) entre autres, puis se propager dans cette structure (en fonction de paramètres différents tels que son homogénéité, etc.).

En fonction de leur intensité et des caractéristiques des parois d'un local de cette structure, ces ondes vibratoires peuvent alors transmettre leur mouvement à ces parois. Les parois vibrent alors telles les membranes d'un haut-parleur et un bruit est alors émis dans le local (généralement un grondement sourd).

La particularité de la circulation des trains est d'engendrer des vibrations dans les basses fréquences qui se manifestent par des niveaux de pression acoustique réémis aux mêmes fréquences. Les nuisances sonores sont donc aisément identifiables par les occupants des logements à cause de leur signature spectrale caractéristique.

Il n'y a pas à proprement parler de réglementation spécifique relative aux bruits rayonnés par transmission solidienne dans les bâtiments.

Par ailleurs le phénomène est complexe, car s'agissant généralement de bruits intermittents (uniquement au passage du matériel roulant), les niveaux sonores globaux moyennés à l'échelle d'une journée ou d'une nuit peuvent paraître faibles au regard des critères habituels. Mais les émergences lors des passages peuvent s'avérer très gênantes car pouvant par exemple entraîner le réveil, etc.

Malgré ces spécificités, pour définir les limites supérieures à ne pas dépasser en matière de bruit rayonné, il est possible de se référer dans un premier temps à titre de comparaison aux critères réglementaires ou de certification concernant les bruits d'autres origines.

Pour les logements :

- L'arrêté du 30 mai 1996, relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit, qui donne des objectifs de niveaux sonores équivalents sur une période donnée (diurne ou nocturne), reçus dans les pièces principales des logements (chambres, séjours).
- La nouvelle réglementation acoustique (NRA) d'octobre 1994, modifiée en juin 1999 et applicables dans sa dernière version depuis janvier 2000, qui donne des objectifs de niveaux sonores maximum reçus à l'intérieur d'un logement et créés par des équipements techniques individuels ou collectifs, intérieurs ou extérieurs au logement considéré.

Les objectifs fixés par ces réglementations sont repris dans le tableau suivant :

Réglementation	Type d'équipement / source de bruit	Objectif pour une pièce principale de logement
NRA	Appareil individuel d'un logement (installation de ventilation mécanique,…)	$L_{nAT} \leq 30$ dB(A)
	Appareil individuel de chauffage ou de climatisation individuel intérieur au logement	$L_{nAT} \leq 35$ dB(A)
	Appareil collectif du bâtiment extérieur au logement (ascenseurs, chaufferies,…)	$L_{nAT} \leq 30$ dB(A)
Arrêté du 30 mai 1996	Bruit aérien généré par des infrastructures de transports terrestres	$L_{Aeq} \leq 35$ dB(A) (période diurne : 6h-22h)
		$L_{Aeq} \leq 30$ dB(A) (période nocturne : 22h-6h)

Ces valeurs réglementaires peuvent servir de guide en première approche afin de déterminer si les niveaux sonores rayonnés dans les logements au passage d'un train sont susceptibles de générer une nuisance sonore pour les occupants de ces locaux.

Par ailleurs, compte tenu de l'amélioration constante de l'isolation thermique et acoustique des façades des bâtiments (châssis vitrés performants, ventilation double flux,…) il est de plus en plus courant de mesurer des niveaux sonores résiduels (communément appelés « bruit de fond ») inférieurs à ces valeurs.

En effet des valeurs de l'ordre de 20 à 25 dB(A) voire moins peuvent être constatées, notamment dans des pièces calmes (chambres) donnant sur une cour intérieure ou bénéficiant de l'effet d'écran du bâtiment lui-même vis-à-vis d'une infrastructure de transport.

Les niveaux dans les basses fréquences (de 20 à 125 Hz) peuvent être relativement bas, et ainsi le grondement sourd de la vibration du passage d'un train être clairement perceptible même si le niveau global au passage reste de l'ordre de 30 dB(A).

Dans tous les cas, une émergence d'un bruit intermittent supérieure à 10 dB, que ce soit en niveau global ou pour une seule plage de fréquences, par rapport au bruit résiduel, est susceptible d'engendrer une gêne et une plainte en cas d'occupant sensible.

Pour ces différentes raisons le niveau sonore global générés aux passages des trains par rayonnement de l'enveloppe excitée de manière solidienne, ne doit idéalement pas dépasser 25 à 30 dB(A) en niveau global et ne doit également pas engendrer d'émergences spectrales (dans des bandes de fréquences spécifiques, notamment les basses) supérieures à 7 à 10 dB.

Ainsi, pour évaluer les risques, une estimation indicative des niveaux sonores prévisibles générés aux passages des trains par rayonnement de l'enveloppe excitée de manière solidienne a été effectuée par calcul pour un local type en appliquant directement les niveaux de vitesse vibratoire mesurés au sol.

Dans ces estimations indicatives il n'est pas considéré de traitement antivibratoire du bâtiment, et les calculs sont fait hors bruit résiduel (il s'agit uniquement de la contribution solidienne des trains qui viendra s'ajouter aux autres bruits (climatisation, bruit aérien par les façades, autres équipements techniques, etc.).

Tous les résultats sont fournis par point de mesure sous forme de fiche détaillée en annexe.

3.6.5.2 Hypothèses de calcul

À partir des différentes mesures de niveaux vibratoires réalisées, des calculs acoustiques prévisionnels ont été effectués de manière à évaluer les niveaux de pression acoustique rayonnés dans un local type du projet.

Ces calculs ont été réalisés à l'aide d'un outil prévisionnel développé en interne sur la base des lois de réémission, recalées et calibrées avec les nombreuses campagnes de mesures vibratoires dans l'environnement réalisées.

Le calcul des niveaux sonores générés par excitation de la structure a été effectué à partir de niveaux vibratoires moyens par type de matériel roulant (trains de voyageurs ou de FRET) mesurés en ces points.

Local de réception

Les calculs de niveaux sonores générés par réémission sonore des vibrations ont été réalisés pour un local type :

- Local d'environ 12 m² avec une hauteur sous plafond de 2,5 m (correspondant par exemple à une chambre)

Cette configuration de calcul est représentative des locaux ou la gêne pourrait être ressentie (espace sommeil d'une chambre), sachant que dans les locaux plus grands (détente, bureau, salle de sport, …) les niveaux réémis seront inférieurs de quelques dB du fait du volume. Dans les tous petits locaux (SdB, WC,…) la potentialité de gêne est moindre, ils ne sont donc pas représentatifs.

Parois rayonnantes

Les parois prises en compte dans les calculs sont :

- Parois béton armé de 20 cm

De manière à limiter le phénomène de réémission sonore des vibrations il faudra veiller à proscrire le rajout de parois légères rayonnantes susceptibles de se comporter comme des « membranes » ou des «peaux de tambours», qui peuvent amplifier les niveaux sonores réémis par rapport à ces calculs.

Il s'agit notamment de proscrire les habillages légers en BA13 collés, les cloisons très légères en plâtre et remplissage carton alvéolé, …

Interaction sol/structure du futur bâtiment

Les mesures de vibrations de diagnostic étant réalisées dans un bâtiment de caractéristiques semblables au projet (bâtiment en rez-de-chaussée, structure béton, …) les niveaux vibratoires sont considérés comme représentatifs. Ainsi les niveaux mesurés sont pris en considération sans correction dans les calculs de réémission sonore. Ils sont réputés tenir compte de l'atténuation des vibrations lié à l'interaction entre le sol et la structure du futur bâtiment. Toutefois la différence de masse entre le futur bâtiment et le bâtiment existant, la modification de la densité du sol (tassement, …) peut influer sur la propagation des vibrations.

Durée d'apparition cumulée des trains

Les mesures de niveaux vibratoires effectuées permettent d'estimer une durée d'apparition cumulée des trains en période diurne (7h-22h) d'environ 36 minutes et en période nocturne (22h-7h) d'environ 24 minutes (cf. tableau au paragraphe 3.6.1).

Point de mesures utilisé pour les calculs

Par comparaison des résultats des deux capteurs, les mesures issues du capteur PV1 positionné sur le mur paraissent surestimées dans les fréquences comprises entre 16 et 1000 Hz dans l'axe y perpendiculaire au mur. Ces résultats pourraient être dus à une mobilité du capteur anormalement élevée du fait de plusieurs hypothèses : effet membrane sur le reste la peinture sur lequel le capteur était fixe, effet de couplage entre capteur et mur vertical ou mode propre particulier du mur (ventre ou nœud) à cet endroit de mesures.

Au vu des résultats et de notre expérience, il peut aussi être probable que le mur ait subi un effet de résonance selon cet axe. **Nous prendrons donc comme référence les mesures vibratoires issues du capteur PV2 positionné au sol.**

Remarque importante

Ces estimations sont indicatives. Elles ne font pas appel à des modélisations aux éléments finis ou méthodes SEA, plus précises, mais très complexes et coûteuses à mettre en place. Elles sont basées sur des formules simplifiées de pré-étude et cœfficients de rayonnements issus de l'expérience et de la base de données de mesures LASA. Les valeurs réelles peuvent donc en réalité diverger de ces estimations selon la constitution spécifique des bâtiments et leurs spécificités et modes propres (structures métalliques par exemple, façades complexes, à même d'entrée en résonnance etc.). La nature des sols et interactions avec les ouvrages en infrastructure entraîne également une dispersion possible des résultats finaux. Cette méthode permet néanmoins en première approche d'estimer le risque potentiel de gêne future dans les locaux.

3.6.5.3 Résultats de calculs

Tous les résultats sont fournis par point de mesure sous forme de fiche détaillée en annexe.

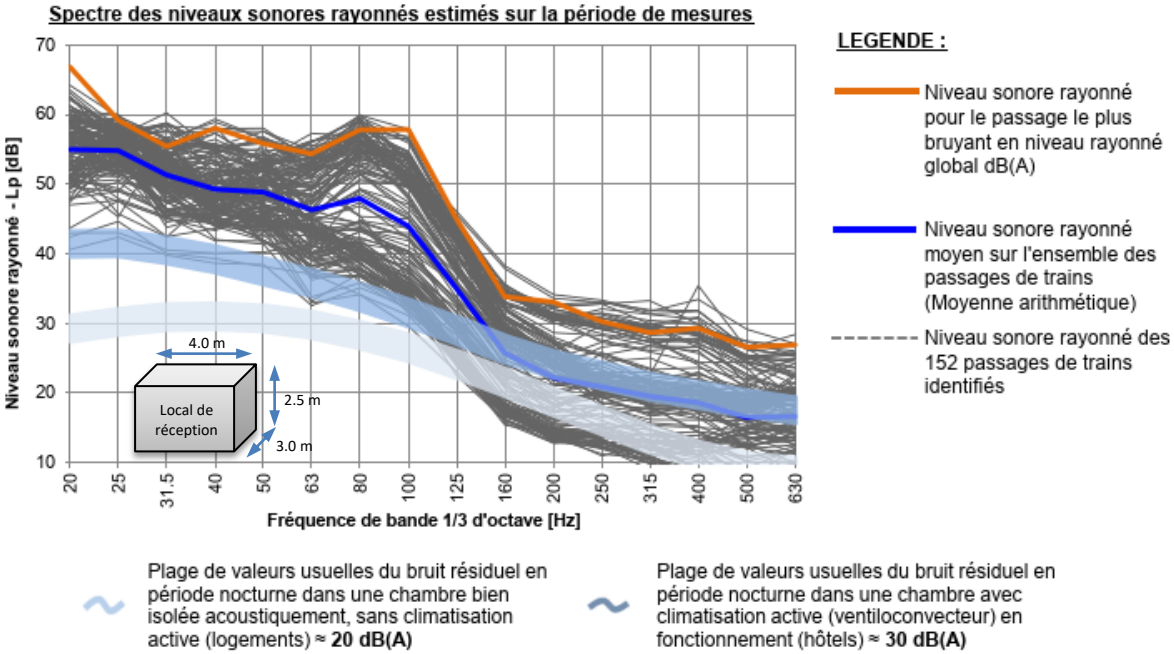
Les graphiques présentés dans ces fiches indiquent les niveaux sonores estimés par réémission des vibrations dans la structure du bâtiment en prenant en compte les hypothèses citées plus haut.

Deux plages de niveau de bruit résiduel différentes sont associées à chaque graphique. L'une représente la plage de valeurs usuelles du bruit résiduel en période nocturne dans une chambre avec climatisation active (de type ventilo-convecteur) en fonctionnement (plus communément rencontré dans les chambres d'hôtels par exemple) dont la valeur globale est égale à **30 dB(A)**. L'autre représente la plage de valeurs usuelles du bruit résiduel en période nocturne dans une chambre bien isolée acoustiquement, sans climatisation active (plus communément rencontré dans les logements par exemple) dont la valeur globale est égale à **20 dB(A)**.

Dans notre cas, la valeur de bruit de fond à prendre en compte sera plutôt située entre les deux dans la plage de 25 à 30 dB(A) avec l'influence de la bouche d'extraction de l'espace salle de bain. À noter que dans le cas où les locaux pourraient être ventilés en double-flux pour des raisons d'isolement de façade (voir § 4.1), les niveaux sonores souhaitables seront également situés dans cette plage de valeurs.

Ces deux plages permettent de comparer les niveaux sonores estimés par réémission aux niveaux de bruit résiduel usuellement rencontrés tant en niveau sonore global que par bandes de fréquences (émergences particulières dans les basses fréquences par exemple).

Point PV2 (moyenne des axes x y z)



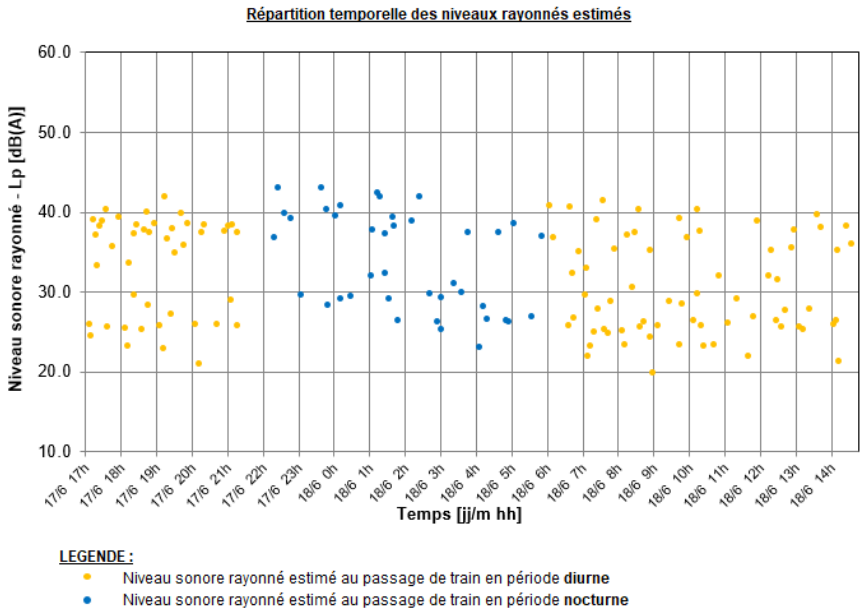
Plage de valeurs usuelles du bruit résiduel en période nocturne dans une chambre bien isolée acoustiquement, sans climatisation active (logements) ≈ **20 dB(A)**

Plage de valeurs usuelles du bruit résiduel en période nocturne dans une chambre avec climatisation active (ventiloconvecteur) en fonctionnement (hôtels) ≈ **30 dB(A)**

Commentaires

Les émergences spectrales du bruit réémis par rapport au bruit de fond sont de l'ordre de 10 à 15 dB entre 20 et 40 Hz et de 15 à 20 dB entre 50 et 100 Hz avec un pic sur la bande de 80 Hz.

La répartition des bruits réémis en fonction du temps pour chaque passage de train identifiés et mesuré au point PV2 est transmise sur le graphique ci-après.



Commentaires

Le niveau moyen réémis est de 32 dB(A) en période jour et 34 dB(A) en période nocturne.

Le bruits réémis au passage des trains est globalement contenu sous la valeur de 40 dB(A). En période diurne, 5 trains ont été estimés entre 40 et 42 dB(A) et période nocturne, le bruit réémis au passage 7 trains est compris entre 40 et 43 dB(A).

3.6.5.4 Analyse des résultats

Le point de mesures vibratoires PV2 a permis de réaliser une estimation des niveaux sonores qui seront réémis (par mise en vibration des parois intérieures) lors des passages de trains dans une chambre type de l'UEHC.

Cette estimation a été réalisée pour un local type de 12 m² avec une hauteur sous plafond de 2,5 m.

Le tableau suivant indique les estimations de niveau sonore moyen continu équivalent (L_{Aeq}) engendré par réémission pendant les périodes réglementaires diurnes et nocturnes.

	Estimation du niveau sonore engendré par réémission	Nombre de passages de trains		Niveau sonore équivalent (L_{Aeq}) engendré par réémission pendant la période (cumul des différents passages)		
	Au passage d'un train			Estimation (contribution des trains uniquement) *	**Niveau max objectif**	**Gain à obtenir pour le respect de l'objectif**
					Logements	**Logements**
Période diurne (7h-22h)	**De 32 à 37 dB(A)**	ACTUEL (au jour des mesures)	134	De 26 à 27 dB(A)	**30 (1)** **25 (2)**	**/** **-1 à -2 dB(A)**
Période nocturne (22h-7h)	**De 34 à 39 dB(A)**		47	De 23 à 27 dB(A)	**25 (1)** **20 (2)**	**De 0 à -2 dB(A)** **-3 à -7 dB(A)**

* Sur la base d'un niveau de bruit résiduel de 25 dB(A) en période diurne et 20 dB(A) en période nocturne.

(1) Valeur permettant d'assurer le niveau sonore intérieur L_{Aeq} moyen maximum réglementaire tout en tenant compte des différentes sommations des sources sonores telles que la contribution du bruit des trains via la façade du bâtiment ou le fonctionnement d'équipements techniques (CVC).

(2) Valeur conseillée pour un confort optimal des occupants.

Le tableau suivant indique les estimations de **niveau sonore instantané** (L_p) engendré par réémission pendant le passage d'un train.

	Logements (période nocturne)
	Au passage d'un train
Niveau max objectif global [dB(A)]	25 à 30 dB(A) (3)
Niveau max objectif en émergence dans les basses fréquences (≤ 200 Hz)	≤ à 7 à 10 dB (3)
Niveau global estimé [dB(A)]	De 32 à 39 dB(A)
Risque d'émergence en basses fréquences estimé	De 10 à 15 dB entre 20 et 40 Hz et de 15 à 20 dB entre 50 et 100 Hz
Gains à obtenir pour le respect de l'objectif en niveau global	**-5 à -15 dB(A)**
Gains à obtenir pour le respect de l'objectif en basses fréquences	**-5 à -10 dB entre 20 et 40 Hz** **-5 à -13 dB entre 50 et 100 Hz**

(3) Sur la base d'un niveau de bruit résiduel de 25 dB(A) en période diurne et 20 dB(A) en période nocturne.

Commentaires

Dans le cas des chambres de l'extension, l'estimation de la contribution du niveau sonore engendré par réémission solidienne des vibrations au passage d'un train est d'environ 32 dB(A) en période diurne et 34 dB(A) en période nocturne avec une précision de ±5 dB(A).

Le cumul de ces pics de bruit réémis au passage des trains engendre un niveau sonore moyen continu équivalent (L_{Aeq}) de 26 à 27 dB(A) sur la totalité de la période diurne, et de 23 à 27 dB(A) sur la totalité de la période nocturne. (134 trains en diurne et 47 en nocturne).

- **Un gain de -2 dB(A) sur les niveaux sonores moyens continus équivalents (L_{Aeq}) est nécessaire pour respecter les objectifs permettant d'assurer le niveau sonore intérieur L_{Aeq} moyen maximum de 25 dB(A) en période nocturne** maximum réglementaire tout en tenant compte des différentes sommations des sources sonores telles que la contribution du bruit des trains via la façade du bâtiment ou le fonctionnement d'équipements techniques (CVC). Ce même gain de -2dB(A) permettrait d'obtenir un confort optimal de jour pour les occupants de ces chambres.

Le gain à obtenir (par traitement antivibratile) pour respecter cet objectif serait de -3 à -8 dB pour les fréquences comprises entre 20 et 50 Hz et de -5 à -15 dB pour les fréquences comprises entre 50 et 160 Hz.

- **Un gain de -7 dB(A) sur les niveaux sonores moyens continus équivalents (L_{Aeq}) est nécessaire pour respecter les objectifs permettant d'assurer le niveau sonore intérieur L_{Aeq} moyen maximum de 20 dB(A) en période nocturne** conseillé pour le confort optimal dans les chambres.

Le gain à obtenir (par traitement antivibratile) pour respecter cet objectif serait de -5 à -10 dB pour les fréquences comprises entre 20 et 50 Hz et de -10 à -20 dB pour les fréquences comprises entre 50 et 160 Hz.

- En période nocturne, lors d'un passage de train, le niveau sonore instantané global réémis (34 à 39 dB(A)) est supérieur à l'objectif de confort (25 à 30 dB(A) max) permettant de limiter les risques de plaintes. Ces valeurs sont supérieures au niveau maximum objectif en termes d'émergence sonore dans les basses fréquences. **Le gain à obtenir en niveau global (par traitement antivibratile) pour respecter cet objectif de confort serait donc de -9 à -14 dB(A).**

Le gain à obtenir (par traitement antivibratile) pour respecter cet objectif serait de -10 à -15 dB pour les fréquences comprises entre 20 et 50 Hz et de -15 à -25 dB pour les fréquences comprises entre 50 et 315 Hz.

4 FAISABILITÉ

4.1 Isolement de façade aux bruits aériens extérieurs

Pour assurer le respect des isolements de façade réglementaire sur les façades de l'extension créée, les principes et pistes de solution suivantes minimum à prévoir sont décrites ci-après.

Les hypothèses utilisées pour définir les principes de solution sont :

- Volume de réception considéré : espace nuit d'une chambre de dimensions 3,9 m de largeur × 2,3 m de profondeur × 2,5 m de hauteur sous plafond,
- Une menuiserie extérieure de dimensions de 1×1,2 m.

4.1.1 Façade exposée - $D_{nT,A,tr} \geq 44$ dB

Les pistes de solution suivantes sont données par éléments de façade :

Parois opaques de façade :

Les parois de façade opaque créées seront de type :

- Murs maçonnés lourds : voile béton ou agglos,
- Renforcés d'un point de vu acoustique par (au choix) :
  - Isolation intérieure : type doublage désolidarisé du mur à base de plaque(s) de plâtre sur ossatures métalliques indépendantes (sans reprise sur le mur) et incluant un isolant à base de laine minérale d'épaisseur supérieure ou égale 10 cm.
  - **OU** Isolation extérieure : isolant à base de laine minérale dense d'épaisseur ≥ 10 cm revêtu de bardage lourd. À noter que l'isolation thermique extérieure à base de polystyrène + enduit n'est pas compatible avec les performances recherchées.

Les parois en brique ou les systèmes de murs à ossatures ne sont a priori par suffisamment performants pour atteindre les objectifs visés.

Toiture du bâtiment :

La transmission du bruit extérieur dans les locaux via de la toiture du bâtiment sera traitée par :

- Principe de solution 1 :
  - Couverture tuile
  - Combles perdus isolés
  - Dalle béton au-dessus des locaux
- Principe de solution 2 :
  - Couverture tuile posée sur voligeage continu à base de plaque(s) de bois reconstitués éventuellement renforcée de membrane massique bitumineuse
  - Isolant à base de laine minérale dans les combles
  - Plafonds des locaux en plaque(s) de plâtre continues sur ossatures métalliques suspendues (par exemple 2 BA13 et 1 BA18)
- Pas de fenêtre de toit

Menuiseries extérieures

Pour des menuiseries extérieures de dimensions de 1×1,2 m (hypothèse), les principes suivants devront être prévus pour les menuiseries :

- Châssis fixe ou ouvrants à frappe pour parfaite étanchéité acoustique. Les châssis coulissants ne sont pas compatibles avec les performances visées
- La mise en œuvre des menuiseries extérieures devra se faire de manière à éviter toute fuite acoustiques entre menuiserie et support maçonné. Au niveau de performance visé, des dispositions spécifiques sont à prévoir, par exemple : pré-cadre acier continu ou renforts acoustiques des tapées de rattrapage de doublage.

En l'absence d'entrée d'air et de volet roulant (exemple : ventilation double-flux et volet extérieurs battants), l'objectif d'isolement façade pourra être atteint avec un simple châssis à très fortes performances acoustiques aux caractéristiques minimales suivantes :

- Remplissage par double vitrage très performant d'épaisseur totale 45 mm environ avec double verres feuilletés acoustiques

En présence d'entrée(s) d'air, de volet roulant ou des deux, les menuiseries extérieures devront être prévues en double châssis de caractéristiques minimales suivantes :

- Premier châssis avec double vitrage de 25 mm d'épaisseur environ
- Espacement de 20 cm minimum
- Un deuxième châssis plus performant avec double vitrage de 30 mm d'épaisseur environ

Entrée d'air en façade

En cas de ventilation simple-flux de locaux, des entrées d'air en façade devront être prévues. Le traitement du passage des bruits extérieurs pourra être réalisée de la manière suivante :

- Entrée d'air en traversée de maçonnerie avec forte atténuation acoustique de type silencieux en traversée de paroi + plenum absorbant mis en œuvre en doublage intérieur + bouche d'entrée d'air avec atténuation acoustique
- Attention, mise en œuvre des entrées d'air en menuiseries ou en coffre de volet roulant incompatible avec les performances acoustiques visées.

En cas de ventilation double-flux, l'absence d'entrée d'air entrainera la suppression de cette voie de transmission du bruit extérieur. **Dans ce cas, et si aucun coffre de volet roulant n'est prévu, les menuiseries extérieures pourront être réalisées en simple châssis à très fortes performances acoustiques.**

Occultations (coffre de volet roulant, …)

Les systèmes d'occultation suivants pourront être prévus :

- Coffre de volet roulant intérieur : celui-ci devra posséder une performance acoustique élevée, de l'ordre de $D_{n,e,w} + C_{tr}$ de 55 dB mini, qui pourra être atteinte avec un coffre renforcé sur le plan acoustique à base de panneaux bois + isolant à base de laine minérale intérieur, ou coffre en linteau type titan + doublage acoustique intérieur.
- Coffre de volet roulant extérieur derrière linteau maçonné et isolé : mise en œuvre du coffre côté extérieur pour supprimer la transmission par l'élément et sa contribution à l'isolement de façade.
- Éléments en applique intérieure ou extérieure type stores ou rideaux intérieurs, volets battants extérieurs ne contribuant pas à l'isolement de façade.



4.1.2 Façades latérales - $D_{nT,A,tr} \geq 40$ dB

Les pistes de solution suivantes sont données par éléments de façade :

Parois opaques de façade :

Les parois de façade opaque créées seront de type :

- Murs maçonnés lourds : voile béton ou agglos,
- Renforcés d'un point de vu acoustique par (au choix) :
  - Isolation intérieure : type doublage désolidarisé du mur à base de plaque(s) de plâtre sur ossatures métalliques indépendantes (sans reprise sur le mur) et incluant un isolant à base de laine minérale d'épaisseur supérieure ou égale 10 cm.
  - **OU** Isolation extérieure : isolant à base de laine minérale dense d'épaisseur ≥ 10 cm revêtu de bardage lourd. À noter que l'isolation thermique extérieure à base de polystyrène + enduit n'est pas compatible avec les performances recherchées.

Les parois en brique ou les systèmes de murs à ossatures ne sont a priori par suffisamment performants pour atteindre les objectifs visés.

Toiture du bâtiment :

La transmission du bruit extérieur dans les locaux via de la toiture du bâtiment sera traitée par :

- Principe de solution 1 :
  - Couverture tuile
  - Combles perdus isolés
  - Dalle béton au-dessus des locaux
- Principe de solution 2 :
  - Couverture tuile posée sur voligeage continu à base de plaque(s) de bois reconstitués
  - Isolant à base de laine minérale dans les combles
  - Plafonds des locaux en plaque(s) de plâtre continues sur ossatures métalliques suspendues
- Pas de fenêtre de toit

Menuiseries extérieures

Pour des menuiseries extérieures de dimensions de 1×1,2 m (hypothèse), les principes suivants devront être prévus pour les menuiseries :

- Châssis fixe ou ouvrants à frappe pour parfaite étanchéité acoustique. Les châssis coulissants ne sont pas compatibles avec les performances visées
- La mise en œuvre des menuiseries extérieures devra se faire de manière à éviter toute fuite acoustiques entre menuiserie et support maçonné. Au niveau de performance visé, des dispositions spécifiques sont à prévoir, par exemple : pré-cadre acier continu ou renforts acoustiques des tapées de rattrapage de doublage.
- Remplissage par double vitrage très performant d'épaisseur totale 45 mm environ avec double verres feuilletés acoustiques

Entrée d'air en façade

En cas de ventilation simple-flux de locaux, des entrées d'air en façade devront être prévues. Le traitement du passage des bruits extérieurs pourra être réalisée de la manière suivante :

- Entrée d'air en traversée de maçonnerie avec forte atténuation acoustique de type silencieux en traversée de paroi + plenum absorbant mis en œuvre en doublage intérieur + bouche d'entrée d'air avec atténuation acoustique
- Attention, mise en œuvre des entrées d'air en menuiseries ou en coffre de volet roulant incompatible avec les performances acoustiques visées.

En cas de ventilation double-flux, l'absence d'entrée d'air entrainera la suppression de cette voie de transmission du bruit extérieur.

Occultations (coffre de volet roulant, …)

Les systèmes d'occultation suivants pourront être prévus :

- Coffre de volet roulant intérieur : celui-ci devra posséder une performance acoustique élevée, qui pourra être atteinte avec un coffre renforcé sur le plan acoustique à base de panneaux bois + isolant à base de laine minérale intérieur, ou coffre en linteau type titan + doublage acoustique intérieur.
- Coffre de volet roulant extérieur derrière linteau maçonné et isolé : mise en œuvre du coffre côté extérieur pour supprimer la transmission par l'élément et sa contribution à l'isolement de façade.
- Éléments en applique intérieure ou extérieure type stores ou rideaux intérieurs, volets battants extérieurs ne contribuant pas à l'isolement de façade.

4.1.3 Façades arrières protégées - $D_{nT,A,tr} \geq 33$ ou 35 dB

Les pistes de solution suivantes sont données par éléments de façade :

Parois opaques de façade :

Les parois de façade opaque créées seront de type murs maçonnés lourds ou a ossatures bois renforcés par des systèmes de doublages thermo acoustique intérieurs ou isolant thermique extérieurs à base de polystyrène ou laine minérale + enduit.

Toiture du bâtiment :

La transmission du bruit extérieur dans les locaux via de la toiture du bâtiment sera traitée par :

- Couverture tuiles sur liteaux
- Isolant à base de laine minérale dans les combles
- Plafonds des locaux en plaque(s) de plâtre continues sur ossatures métalliques suspendues
- Pas de fenêtre de toit

Menuiseries extérieures

Pour des menuiseries extérieures de dimensions de 1×1,2 m (hypothèse), les principes suivants devront être prévus pour les menuiseries :

- Châssis fixe ou ouvrants à frappe pour parfaite étanchéité acoustique. Les châssis coulissants ne sont pas conseillés du fait de leur faible performance d'étanchéité et leur faiblisse acoustique aux fréquences medium aigu.
- Châssis avec remplissage double vitrage de 25 à 30 mm d'épaisseur environ

Entrée d'air en façade

En cas de ventilation simple-flux de locaux, des entrées d'air en façade devront être prévues. Les entrées d'air seront prévues avec rallonge acoustique et pourront être prévues en coffre de volet roulant ou en menuiseries.

En cas de ventilation double-flux, l'absence d'entrée d'air entrainera la suppression de cette voie de transmission du bruit extérieur.

Occultations (coffre de volet roulant, …)

Les systèmes d'occultation suivants pourront être prévus :

- Coffre de volet roulant intérieur : il pourra être atteinte avec un coffre à base de PVC + renfort masse bitume et isolant laine, panneaux bois + isolant à base de laine minérale intérieur, ou coffre en linteau type titan + doublage acoustique intérieur.
- Coffre de volet roulant extérieur derrière linteau maçonné et isolé : mise en œuvre du coffre côté extérieur pour supprimer la transmission par l'élément et sa contribution à l'isolement de façade.
- Éléments en applique intérieure ou extérieure type stores ou rideaux intérieurs, volets battants extérieurs ne contribuant pas à l'isolement de façade.

4.1.4 Estimatif financier

Les estimatifs financiers sont fournis sous forme de surcout par rapport à un bâtiment standard sans impact de voies classées ($D_{nT,A,tr}$ standard de 30 dB). La fourchette de prix dépend des choix de solutions de solutions retenus au final.

Élément de façade	Fourchette en €HT		Remarques
	Basse	Haute	
Parois opaques de façade	6 500 €	13 000 €	Selon type d'isolation thermique intérieure ou isolation thermique extérieure.
Toiture du bâtiment	35 000 €	61 000 €	Renforcement de toiture ou création d'une dalle béton
Menuiseries extérieures	15 000 €	30 500 €	Menuiseries acoustiques très performantes ou doubles fenêtres
Occultations	3 000 €	8 500 €	Coffre de volet renforcé ou volets extérieurs
Entrée d'air en façade	/	/	Double flux prévu en base dans l'estimatif du 04/12/17
TOTAL	59 500 €	112 000 €	

NOTA IMPORTANT :

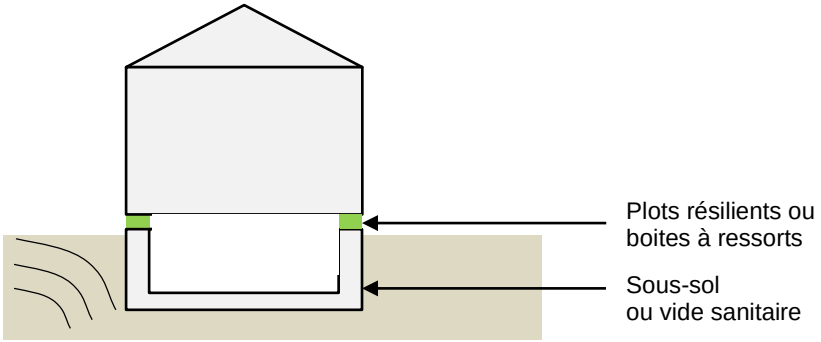
Les estimations financières réalisées sont fournies à titre indicatif sans engagement de notre part ne relevant pas de notre spécialité, et notamment nous ne sommes pas en mesure d'estimer les surcoûts éventuels liés aux éventuels impacts structurels, etc …

4.2 Atténuation des vibrations

4.2.1 Solution 1 : Suspension du bâtiment

La faisabilité de cette solution devra être vérifiée pour ce projet notamment avec les contraintes sismiques.

La coupure pourrait être réalisée sous le plancher bas du rez-de-chaussée et nécessite pour se faire de prévoir un niveau de sous-sol ou vide sanitaire. Les éléments antivibratiles seraient placés en tête de voiles.



Sur boites à ressorts

Il va de soi qu'une solution de type suspension du bâtiment entier, sur **boites à ressorts** (en visant une fréquence propre comprise entre 3 et 5Hz) permettrait d'obtenir une atténuation maximale du phénomène (a priori de l'ordre de **15 à 25 dB** pour les fréquences comprises entre 40 et 125 Hz).

Ces atténuations permettraient de rendre le bruit réémis complètement imperceptible mais le bruit aérien passant par les fenêtres rendrait les trains encore audibles.

Les boîtes à ressort peuvent être prévues entre le rez-de-chaussée du bâtiment et les fondations ponctuelles dans le sol (tête de pieux, semelles isolées, …).

Le ratio de coût généralement constaté pour une telle solution se situe aux alentours de 25 à 30 € HT la tonne portée (calcul à faire en tenant compte du poids mort + 30 % de la surcharge d'exploitation).

Sur plots résilients

Une solution de type mise en œuvre du bâtiment sur **plots antivibratiles** de type CDM, REGUPOL, ou SYLOMER ou équivalent avec une fréquence propre comprise entre **8 et 12 Hz** permettrait d'obtenir des atténuations moins importantes mais néanmoins confortables (a priori de l'ordre de 8 à 15 dB pour les fréquences comprises entre 40 et 125 Hz).

Les plots résilients peuvent être prévues entre le rez-de-chaussée du bâtiment et les fondations ponctuelles dans le sol (tête de pieux, semelles isolées, …).

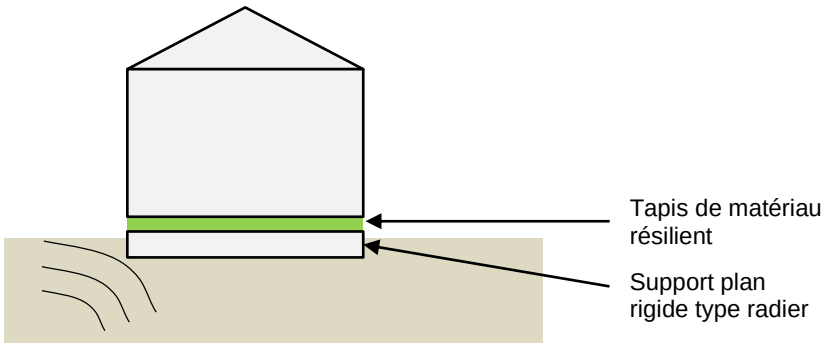
Le ratio de coût généralement constaté pour une telle solution se situe aux alentours de 15 à 25 € HT la tonne portée (calcul à faire en tenant compte du poids mort + 30 % de la surcharge d'exploitation).

Sur tapis résilient

Une solution alternative pourrait consister en la mise en œuvre du bâtiment sur **tapis résilient continu** mis en œuvre sur support plan rigide de type CDM, REGUPOL, ou SYLOMER ou équivalent avec une fréquence propre comprise entre **8 et 12 Hz** permettrait d'obtenir des atténuations semblables à la solution de désolidarisation sur plots résilients (a priori de l'ordre de 5 à 12 dB pour les fréquences comprises entre 40 et 125 Hz).

Le tapis résilient doit être prévu sur radier de propreté.

Le ratio de coût généralement constaté pour une telle solution se situe aux alentours de 150 à 250 € HT / m² de résilient pour ce qui concerne la fourniture des matériaux (hors surcout éventuels de génie civil).



4.2.2 Solution 2 : Coupure vibratoire verticale

Cependant, l'intégration d'une coupure antivibratoire complète du type de celles décrites ci-dessus peut parfois s'avérer difficile compte tenu du coût, des contraintes sismiques, du type de fondations requises par le sol (pieux, …), du POS (hauteur limitée des bâtiments, …), etc…

Compte tenu de ces considérations, la recherche d'une solution de traitement permettant l'atténuation des vibrations en limitant leur propagation dans le sol entre les voies et le bâtiment peut constituer un bon compromis entre le confort des occupants du bâtiment et les contraintes technico économiques. Il s'agit alors d'interposer « coupure verticale » pouvant se matérialiser par une tranchée avec un mur recouvert d'un matelas résilient épais, un découplage vertical au niveau des éventuels niveaux d'infrastructure, …

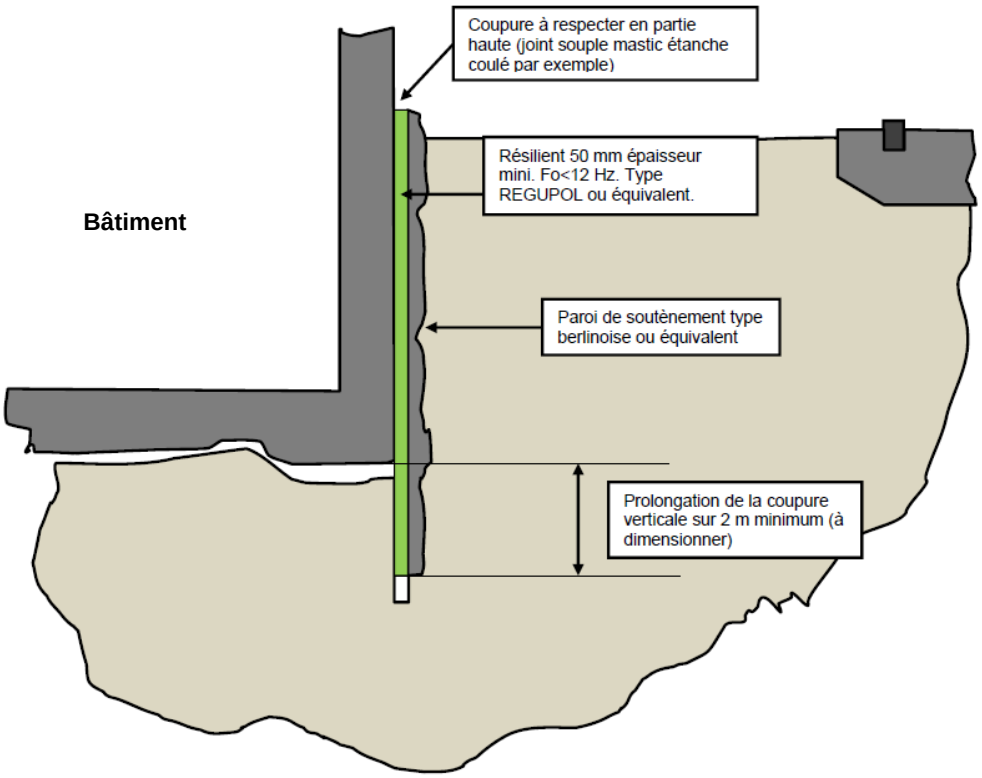
Interposition d'un matelas résilient épais (50 à 75 mm d'épaisseur minimum) de type SYLOMER, REGUPOL, ou CDM, ou équivalent.

Ce type de solution, si elle est bien réalisée peu généralement permettre un gain de l'ordre de **3 à 8 dB** pour les fréquences comprises entre 40 et 125 Hz, et au moins autant au-delà (jusqu'à 4000 Hz).

Le ratio de coût généralement constaté pour une telle solution se situe aux alentours de 150 à 250 € HT / m² de résilient pour ce qui concerne la fourniture des matériaux (hors surcout éventuels de génie civil).

Si cette solution est retenue, le type de matériau, son épaisseur précise, le mode de pose devra faire l'objet d'études plus complètes en fonction des plans et des contraintes (poussée sur le matériau en N/mm², …).

Exemple de schéma du principe général d'une « coupure verticale » :





4.2.3 Estimatif financier

Les estimatifs financiers sont fournis sous forme de surcout par rapport à un bâtiment standard non désolidarisé.

NOTA IMPORTANT :

Les estimations financières réalisées sont fournies à titre indicatif sans engagement de notre part ne relevant pas de notre spécialité, et notamment nous ne sommes pas en mesure d'estimer les surcoûts éventuels liés aux éventuels impacts structurels, traitement coupe-feu des matériaux antivibratiles, …

Élément de façade	Fourchette en €HT		Remarques
	Basse	Haute	
Boites à ressort	30 000 €	40 000 €	*Hypothèse de poids du bâtiment : Poids mort + 30 % de la surcharge d'exploitation = 1000 T* La solution à base de désolidarisation ponctuelle est la plus intéressante sur le plan financier compte-tenu du poids du bâtiment. Les plots résilients sont plus économiques et permettent le respect des gains pour respect des objectifs les plus forts.
Plots résilients ponctuels	15 000 €	25 000 €	
Désolidarisation pleine surface sur tapis résilient mise en œuvre sur radier de propreté	75 000 €	125 000 €	Le prix de cette solution est fortement conditionné par le dimensionnement du radier de propreté.
Coupure vibratoire verticale	16 000 €	32 000 €	*Hypothèse d'écran 3 côtés en périphérie du bâtiment sur 1 hauteur de 3 m* L'estimation ne prend pas en compte en compte les mouvements de terre nécessaires à mise en œuvre de l'écran dans le sol. L'absence de sous-sol rend cette solution peu intéressante sur le plan financier.

5 CONCLUSIONS

Les relevés acoustiques et vibratoires ont permis de montrer les points suivants :

- Les vibrations sont engendrées par les passages de trains de voyageurs et fret sur les voies SNCF d'une durée moyenne (le jour de nos essais) de 16 s avec 134 passages en période diurne (7h-22h) et de 31 s avec 47 passages en période nocturne (22h-7h) représentant respectivement en durée d'apparition cumulée 4% et 5% de la durée totale des périodes considérées. Les vibrations prépondérantes sont (après correction des effets parasites des supports de mesures) dans des proportions sensiblement équivalentes l'axe des Z (perpendiculaires au sol) et sur l'axe Y (perpendiculaires aux voies) : niveaux très proches mesurés.
- Une proportion importante des trains qui circulent sur les voies SNCF le font dans des horaires défavorables : 29 trains constatés entre minuit et 5h du matin. Par ailleurs, les trains relevés en périodes nocturne (22h-7h) sont généralement plus longs (temps de passages moyens 2 fois plus longs par rapport à la journée), plus bruyants (plus forte proportion de trains bruyants de nuit que de jour) et plus chargés en vibrations (niveaux réémis calculés plus importants).
- Les résultats de niveaux acoustiques et vibratoires sont fournis de manière détaillée dans les fiches de mesures en annexes.

Les grands principes de préconisations à prévoir pour respecter les isolements de façade réglementaires ont été définis au niveau faisabilité, notamment :

- La toiture du bâtiment devra être renforcée sur le plan acoustique.
- Sur la façade exposée, les menuiseries extérieures pourront être en simple fenêtre si le bâtiment est conçu sans entrée d'air (ventilation double-flux) et sans coffre de volet roulant et devront être en double châssis sinon.

Une comparaison des niveaux vibratoires mesurés sur le site a été effectuée avec les différents critères et seuils usuellement pris en compte :

- Concernant les dommages aux structures des bâtiments (circulaire du 23 juillet 1986, normes ISO 4866 du 15 mars 2010 et DIN 4150-3) : les valeurs mesurées sont inférieures aux seuils d'alertes.
- Concernant les perturbations humaines par perception tactile des vibrations dans les locaux de travail ou d'habitation (normes ISO 2631 et DIN 4150-2), les valeurs mesurées sont inférieures aux seuils limites en dessous desquels il n'est généralement pas constaté de plaintes dans la mesure où les bâtiments ne sont pas raccordés de manière rigide au pont SNCF.
- Concernant les perturbations dans les logements, dues à la perception du bruit rayonné par les structures et réémis dans le local (perception auditive), elles sont généralement les plus prépondérantes puisque les seuils de perception auditive sont plus bas que les seuils de perception tactile chez l'être humain. Les valeurs estimées dépassent les seuils de risques de gêne potentielle. Voir détails dans le paragraphe 3.6.5.

Pour ce dernier critère nos conclusions sont les suivantes :

- Dans les chambres, les émergences sonores potentielles dues aux passages de trains sur les voies SNCF pourront atteindre jusqu'à 20 dB en période nocturne dans les fréquences comprises entre 50 et 100 Hz si le bruit de fond est faible (de l'ordre 25 dB(A) : zones calmes type chambre à coucher). Le risque de gêne et de plaintes des occupants serait alors probable.
- Nous préconisons à ce stade donc de réaliser un traitement pour atténuer les vibrations de manière à réduire ces émergences sonores produites par réémission des vibrations, notamment dans les basses fréquences.
- Les traitements pouvant être préconisés pour atténuer les vibrations sont à base de coupure vibratoire verticale dans le sol, de mise en œuvre du bâtiment sur plots résilient ou tapis résilient selon le niveau de confort visé. La désolidarisation par plots ressorts semblant dans le cas présent a priori surdimensionnée, le gain sur les niveaux sonores dans les chambres par diminution des niveaux sonores réémis étant limité par la contribution aérienne passant par les éléments de façades (fenêtres, entrée d'air si présente, …).
- L'analyse financière réalisée au stade faisabilité montre qu'aujourd'hui la solution la plus économique et la plus performante pour désolidariser le bâtiment des vibrations serait la désolidarisation par plots résilients en tête de fondations ponctuelles (têtes de pieux, semelles isolées, …). En cas de fondations linéaires (type semelles filantes, …) le coût estimé de cette désolidarisation serait multiplié par 2. La coupure verticale dans le sol ne serait pas intéressante sur le plan financier et ne procure par ailleurs pas les meilleurs gains sur le plan acoustique et vibratoire.

6 TERMINOLOGIE ET DEFINITIONS

Afin de préciser quelque peu la signification de la terminologie acoustique utilisée dans le présent document, les principales définitions sont rappelées ci-après :

Octave

Une **octave** est une **bande de fréquence dans laquelle la fréquence varie du simple au double** (facteur 2 entre la plus basse et la plus haute).

En acoustique, **les octaves** (et les tiers d'octaves également) ont été **normalisées** en prenant pour **référence 1 000 Hz comme centre de l'octave ou du tiers d'octave.** Les centres des bandes d'octaves sont donc obtenus à partir de cette fréquence en multipliant par 2n ou (1/2)n soit… 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, etc.

Niveau sonore

D'une manière générale, on évalue **la force d'un bruit** par l'amplitude de la **variation de la pression par rapport à la pression atmosphérique moyenne.**

L'oreille humaine transforme la pression acoustique en sensation auditive par l'intermédiaire d'un mécanisme très complexe dont la sensibilité, non linéaire, est limitée. En fait, **la sensation perçue varie comme le logarithme de l'excitation**. On exprime alors **le niveau sonore en décibel [dB]**. Ce niveau se caractérise par le rapport logarithmique entre la **pression acoustique *p*** et une **pression acoustique de référence p_0** comme suit :

$$L_p = 20 \log p/p_0$$

- p *pression acoustique en Pascal [Pa]*
- p_0 *pression acoustique de référence en Pascal :* 2×10^{-5}*[Pa]*

Afin de réaliser une mesure représentative du niveau physiologique perçu, à l'aide d'un appareil de mesure (sonomètre), il est nécessaire d'introduire un filtre disposant d'une courbe de pondération **correspondant à la sensibilité de l'oreille.** Toutes les fréquences composant le bruit sont alors évaluées sensiblement de la même manière qu'elles le seraient par l'oreille humaine. Le bruit est alors caractérisé par son **niveau sonore global pondéré A ou niveau en dB(A).**

Pondération

Le terme **pondération** désigne des **filtres particuliers qui ont pour objet de corriger un signal** pour tenir compte de la non linéarité de l'oreille humaine.

Maintenant, presque toutes les normes concernant les nuisances sonores se réfèrent à la pondération A, et les mesures correspondantes s'expriment en **décibel pondéré A [dB(A)].**

Il existe également des pondérations B et C qui donnent respectivement des **[dB(B)]** et des **[dB(C)].**

Niveau de pression acoustique continu équivalent : L_{eq}

Afin de **caractériser un bruit fluctuant** par une seule valeur, on calcule le niveau de pression acoustique continu équivalent noté L_{eq}. Le niveau sonore équivalent est **par définition le niveau continu stable** qui contiendrait autant d'énergie que le niveau réel fluctuant dans le temps au cours de la période considérée.

Le niveau sonore équivalent peut être pondéré A, il est alors noté $\mathbf{L_{A,eq}}$. Il peut être exprimé **en décibel [dB]** ou **en décibel pondéré A [dB(A)].**

Indice d'affaiblissement acoustique

Pour qualifier les performances d'isolation d'un matériau, on définit un indice noté **R** appelé **indice d'affaiblissement acoustique** comme étant la différence des niveaux sonores mesurés de part et d'autre de la paroi, pondérée de la surface de l'échantillon testé.

Il est **exprimé en décibel [dB].** En général, les performances d'isolation acoustique d'une paroi sont d'autant meilleures que sa masse surfacique est élevée. **R se mesure principalement en laboratoire** (garantie de moyen).

Indice d'affaiblissement acoustique

Pour qualifier les performances d'isolation d'un matériau, on définit un indice noté **R** appelé **indice d'affaiblissement acoustique** comme étant la différence des niveaux sonores mesurés de part et d'autre de la paroi, pondérée de la surface de l'échantillon testé. Il est **exprimé en décibel [dB].**

En général, les performances d'isolation acoustique d'une paroi sont d'autant meilleures que sa masse surfacique est élevée.

R se mesure principalement en laboratoire (garantie de moyen).

Isolement acoustique au bruit aérien

L'isolement brut au bruit aérien entre locaux, noté **D**, est défini comme étant la différence entre le niveau sonore émis dans un local et le niveau sonore reçu dans le local mitoyen.

D dépend principalement de :

- l'indice d'affaiblissement acoustique et la surface de la paroi mitoyenne,
- l'indice d'affaiblissement acoustique et la surface des parois latérales,
- le volume et la durée de réverbération du local de réception.

Afin de pouvoir comparer les valeurs d'isolement mesurées dans différentes conditions, il est nécessaire de corriger (ou de normaliser) ces résultats par la durée de réverbération du local de réception, ramenée à une valeur de référence (généralement 0,5 s).

On parle alors **d'isolement standardisé pondéré entre locaux**, noté $\mathbf{D_{nT,A}}$ ($D_{nA,T\ rose}$ selon les anciens critères français) et **d'isolement standardisé pondéré vis-à-vis de l'espace extérieur**, noté $\mathbf{D_{nT,A,tr}}$ ($D_{nA,T\ route}$ selon les anciens critères français).

D, $D_{nT,A}$ et $D_{nT,A,tr}$ se mesurent in situ (garantie de résultat). Ils sont **exprimés en décibel [dB].**

Aire d'absorption équivalente

C'est la **valeur de l'aire** qu'aurait une **paroi parfaitement absorbante** (Alpha Sabine = 1) de manière à avoir la **même absorption qu'une paroi ou un objet considéré.**

Elle est **exprimée en mètre carré [m²]** selon la formule suivante :

$$AAE = Alpha\ Sabine \times S$$

- AAE Aire d'Absorption Equivalente en mètre carré [m²]
- Alpha Sabine Coefficient d'absorption de la paroi à une fréquence donnée [sans unité]
- S surface de la paroi considérée en mètre carré [m²]

ANNEXE 1 MATÉRIEL DE MESURES

LISTE DU MATERIEL

Dossier	L-1905-0985-JR	**Date**	17/07/2019
Affaire	UEHC-COLLONGES-B	**Fiche**	LM

SYSTEMES D'ACQUISITION MONO-VOIE (classe 1)

- [ ] Sonomètre **01dB** de type **BLACK SOLO** n° 65075
  - Microphone 01dB de type MCE 212 n° 153552
  - Préamplificateur 01dB de type PRE 21 S n° 15463
- [ ] Sonomètre **01dB** de type **BLUE SOLO** n° 60301
  - Microphone 01dB de type MCE 212 n° 153686
  - Préamplificateur 01dB de type PRE 21 S n° 13011
- [ ] Sonomètre **01dB** de type **CUBE** n° 10604
  - Microphone 01dB de type 40 CD n° 10250
  - Préamplificateur 01dB de type PRE 22 n° 10637
- [ ] Sonomètre/Vibromètre **SVANTEK** de type **971** n° 56141
  - Microphone BSWA TECH de type ACO 7052E n° 63947
  - Préamplificateur SVANTEK de type SV 18 n° 57321
- [ ] Sonomètre/Vibromètre **SVANTEK** de type **979** n° 59764
  - Microphone GRAS de type 40AE n° 301288
  - Préamplificateur SVANTEK de type SV 17 n° 65535
- [ ] Sonomètre/Vibromètre **SVANTEK** de type **957** n° 27531
  - Microphone BSWA TECH de type SV22 n° 50343
  - Préamplificateur SVANTEK de type SV 12L n° 31188
- [1] Sonomètre/Vibromètre **SVANTEK** de type **957** n° 27532
  - Microphone BSWA TECH de type SV22 n° 50475
  - Préamplificateur SVANTEK de type SV 12L n° 32315
- [ ] Sonomètre/Vibromètre **SVANTEK** de type **957** n° 27521
  - Microphone BSWA TECH de type SV22 n° 50347
  - Préamplificateur SVANTEK de type SV 12L n° 29714
- [ ] Sonomètre/Vibromètre **SVANTEK** de type **957** n° 27533
  - Microphone BSWA TECH de type SV22 n° 50476
  - Préamplificateur SVANTEK de type SV 12L n° 29712
- [ ] Sonomètre/Vibromètre **SVANTEK** de type **979** n° 59767
  - Microphone GRAS de type 40AE n° 301079
  - Préamplificateur SVANTEK de type SV 17 n° 57801

SYSTEMES D'ACQUISITION MULTI-VOIES (classe 1) (listes des capteurs utilisés ci-après)

- [ ] Système d'acquisition 2 voies 01dB de type Symphonie n° 5364
- [ ] Système d'acquisition 2 voies 01dB de type Symphonie n° 1069
- [ ] Sonomètre/Vibromètre 4 voies SVANTEK de type 958 n° 23400
- [ ] Sonomètre/Vibromètre 4 voies SVANTEK de type 958A n° 36536
- [1] Sonomètre/Vibromètre 4 voies SVANTEK de type 958A n° 36690
- [1] Sonomètre/Vibromètre 4 voies SVANTEK de type 958A n° 36689
- [ ] Système d'acquisition 4 voies DataTranslation de type DT9837 n° 1CD74F8
- [ ] Sonomètre/Vibromètre 4 voies SVANTEK de type 958A n° 45593
- [ ] Sonomètre/Vibromètre 4 voies SVANTEK de type 958A n° 36535
- [ ] Sonomètre/Vibromètre 4 voies SVANTEK de type 958A n° 45594
- [ ] Sonomètre/Vibromètre 4 voies SVANTEK de type 958A n° 59858

CAPTEURS ACOUSTIQUE / VIBRATION (classe 1)

- [ ] Accéléromètre DJB A/120/VT 10 mV/g (x2)
- [ ] Accéléromètre DJB A/121/V 1 V/g (x2)
- [ ] Accéléromètre WILCOXON 786A 100 mV/g (x4)
- [ ] Accéléromètre WILCOXON 799M 1 V/g (x9)
- [ ] Accéléromètre SVANTEK SV81A 1V/g (x3)
- [ ] Accéléromètre tri-axe SVANTEK SV20 1 V/g (x1)
- [2] Accéléromètre tri-axe SVANTEK SV84 1 V/g (x2)

- [ ] Microphone 01dB de type MCE 212 n° 110068 - Préamplificateur 01dB de type PRE 21 A n° 20888
- [ ] Microphone G.R.A.S. de type 40AE n° 21397 - Préamplificateur 01dB de type PRE 12 H n° 000911
- [ ] Microphone G.R.A.S. de type 40AE n° 21389 - Préamplificateur 01dB de type PRE 12 H n° 11031
- [ ] Microphone BSWA TECH de type SV22 n° 4013897 - Préamplificateur SVANTEK de type SV12L n° 29723
- [ ] Microphone BSWA TECH de type SV22 n° 4013806 - Préamplificateur SVANTEK de type SV12L n° 29727
- [ ] Microphone BSWA TECH de type SV22 n° 71470 - Préamplificateur SVANTEK de type SV12L n° 40673
- [1] Microphone Microtech Gefell de type MK255 n°12072 - Préamplificateur SVANTEK de type SV12L n° 47633
- [1] Microphone Microtech Gefell de type MK255 n°12350 - Préamplificateur SVANTEK de type SV12L n° 47631
- [ ] Microphone Microtech Gefell de type MK255 n°11963 - Préamplificateur SVANTEK de type SV12L n° 52944
- [ ] Microphone Microtech Gefell de type MK255 n°15059 - Préamplificateur SVANTEK de type SV12L n° 72164
- [ ] Microphone BSWA TECH de type SV22 n° 11458 - Préamplificateur SVANTEK de type SV12L n° 41509
- [ ] Microphone Microtech Gefell de type MK255 n°12592 - Préamplificateur SVANTEK de type SV12L n° 52945
- [ ] Microphone Microtech Gefell de type MK255 n°14984 - Préamplificateur SVANTEK de type SV12L n° 72139

CALIBREURS

- [ ] Calibreur classe 1 01 dB de type CAL 21 n° 50241522
- [ ] Calibreur classe 1 SVANTEK de type SV30A n° 29078
- [1] Calibreur classe 1 SVANTEK de type SV30A n° 31817
- [ ] Calibreur vibratoire SVANTEK de type SV111

SOURCES DE BRUIT

- [ ] Enceinte omni-directionnelle NORSONIC Nor 276 n°2765966
- [ ] Enceinte active large-bande 600W RCF type HD 12-A
- [ ] Caisson de basse actif 1000W RCF type ART 905-AS
- [ ] Source de bruit Autonome TITAN12 & générateur LASA
- [ ] Source de bruit LASA autonome type Perfecto n° D012308
- [ ] Source de bruit LASA autonome type Perfecto n° D012309
- [ ] Satellite LASA pour source de bruit Perfecto (x2)
- [ ] Générateur de bruit NTi AUDIO type Minirator
- [ ] Machine à chocs normalisée NORSONIC NOR277 n° 2775765
- [ ] Machine à chocs normalisée 01dB MAC001 n° 2771061
- [ ] Pistolet d'alarme 6 mm
- [ ] Pistolet d'alarme 8 mm
- [ ] Pistolet d'alarme 9 mm
- [ ] Claquoir
- [ ] Masse d'impact instrumentée 1.1 kg PCB Piezotronics 086D20 n°38764
- [ ] Masse d'impact instrumentée 5.4 kg DYTRAN 5803A n°1624

INSTRUMENTATION

- [ ] Tachymetre MONARCH type SVRPM_PROB n°1855003
- [ ] Station météo autonome APRS World de type Wind Data Logger (girouette, anémomètre, pluviomètre, thermomètre)
- [ ] Télémètre laser Leica DISTO

ANNEXE 2 FICHES DE MESURES ET NOTES DE CALCULS

MESURE DU NIVEAU DE BRUIT RESIDUEL et AMBIANT

Dossier :	L-1905-0985-JR	Fiche	Date
Affaire :	UEHC-COLLONGES-B	PA1_01	17/06/2019

Emplacement : Limite de propriété, Proche de la voie ferrée
Début de la mesure : 17/06/19 - 17 h 00 min
Fin de la mesure : 18/06/19 - 14 h 52 min
Sources prédominantes : Trains, Vent dans les arbres

Hauteur du microphone par rapport au sol : 3 m
Distance entre microphone et façade : 2 m

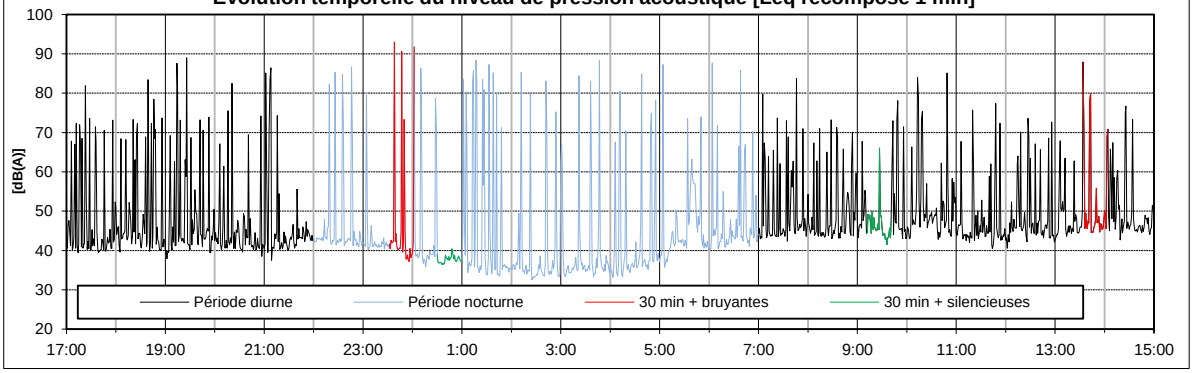
Plan de localisation du point de mesure



Vues du point de mesure

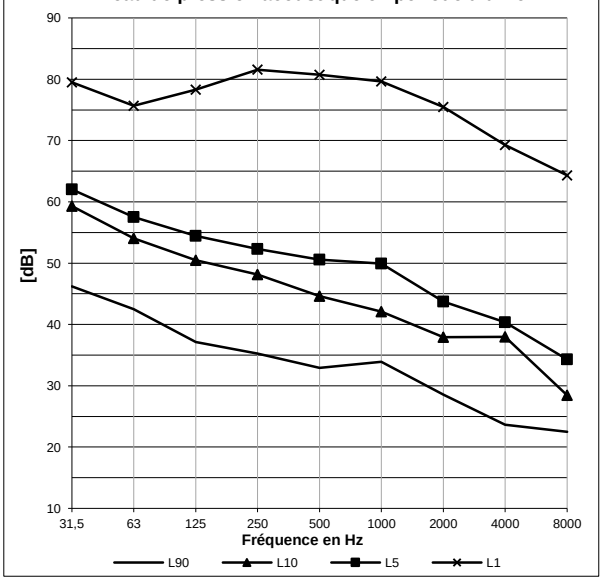


Evolution temporelle du niveau de pression acoustique [Leq recomposé 1 min]

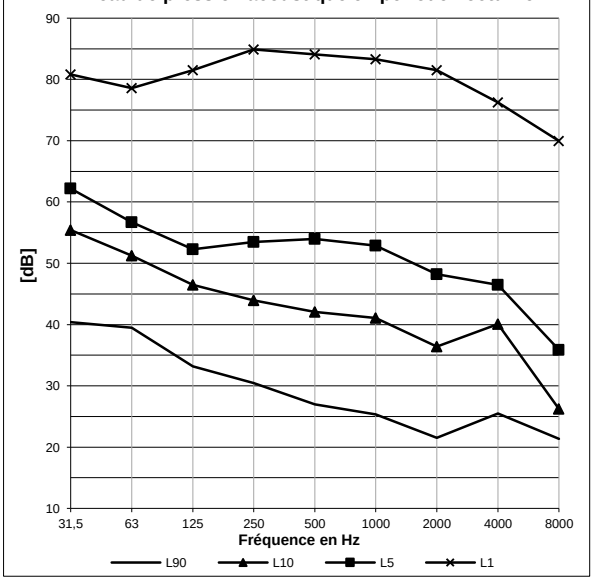


	Indices statistiques [dB(a)]						Leq [dB]							
	Leq	L99	L90	L50	L10	L1	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Période diurne	71	37	38	41	48	84	64	63	67	66	66	65	58	52
30 min les plus silencieuses	52	40	41	44	48	56	55	50	48	46	48	46	43	39
30 min les plus bruyantes	74	42	44	46	53	84	63	64	67	69	70	69	64	57
Période nocturne	74	32	34	39	47	88	64	66	69	69	69	69	62	56
30 min les plus silencieuses	38	35	36	37	39	42	42	34	32	29	30	25	36	23
30 min les plus bruyantes	81	36	37	39	50	96	68	70	73	73	76	77	69	61

Niveau de pression acoustique en période diurne



Niveau de pression acoustique en période nocturne



LASA
L'ingénierie acoustique et vibratoire depuis 1975

PARIS
Siège social
26, rue Bénard
75014 PARIS
Tél. +33(0) 1 43 13 34 00
Fax. +33(0) 1 43 13 34 09
contact@lasa.fr
Siret 302 506 480 00086

LYON
Agence Sud-Est
Le Britannia
20, Bd Eugène Deruelle
69003 LYON
Tél. +33(0) 4 26 99 44 25
Fax. +33(0) 4 26 99 44 27
sudest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00045

BORDEAUX
Agence Sud-Ouest
30, rue Saint-Sernin
33000 BORDEAUX
Tél. +33(0) 5 32 09 08 95
Fax. +33(0) 5 32 09 08 99
sudouest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00078

MARSEILLE
Agence Méditerranée
7, rue Bailli de Suffren
13001 MARSEILLE
Tél. +33(0) 4 26 78 29 29
Fax. +33(0) 4 26 78 29 28
mediterranee@lasa.fr
Siret 302 506 480 00060

http://www.lasa.fr

S.A.R.L au capital de 200 001 €
R.C.S. PARIS B 302 506 480
APE 7112B
TVA FR62 302 506 480

OPQIBI L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE CERTIFICAT N° 05 06 1736

NIVEAU DE BRUIT RESIDUEL

Dossier :	L-1905-0985-JR	Fiche	Date
Affaire :	UEHC-COLLONGES-B	PA1_02	17/06/2019

Emplacement : Limite de propriété, Proche de la voie ferrée

Début de la mesure : 17/06/19 - 17 h 00 min

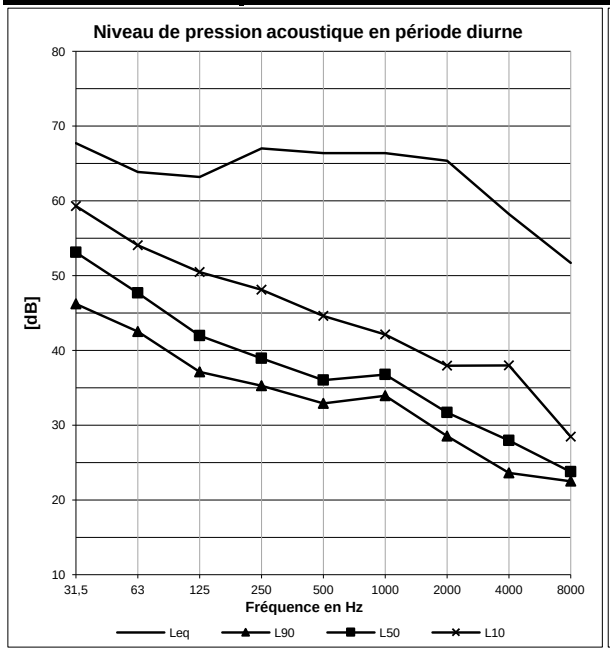
Fin de la mesure : 18/06/19 - 14 h 52 min

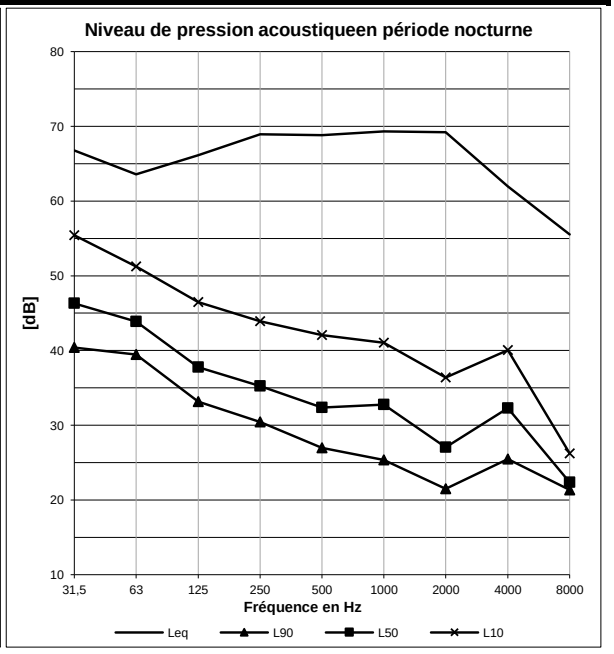
Sources prédominantes : Trains, Vent dans les arbres

Hauteur du microphone par rapport au sol :	3 m
Distance entre microphone et façade :	2 m

	Période diurne									
Fréquence en Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global [dB(A)]
Leq	68	64	63	67	66	66	65	58	52	71
Lmin	37	37	32	31	29	29	24	22	22	35
Lmax	98	94	87	92	90	92	93	85	77	96
L99	42	39	34	33	31	32	26	22	22	37
L95	44	41	36	34	32	33	28	23	22	38
L90	46	43	37	35	33	34	29	24	22	38
L50	53	48	42	39	36	37	32	28	24	41
L10	59	54	50	48	45	42	38	38	28	48
L5	62	58	54	52	51	50	44	40	34	54
L1	80	76	78	82	81	80	75	69	64	84
30 min les plus silencieuses	58	55	50	48	46	48	46	43	39	52
30 min les plus bruyantes	63	63	64	67	69	70	69	64	57	74

	Période nocturne									
Fréquence en Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global dB(A)
Leq	67	64	66	69	69	69	69	62	56	74
Lmin	34	34	28	26	23	21	19	21	21	31
Lmax	95	88	91	93	93	94	96	87	81	98
L99	37	37	30	28	25	22	20	21	21	32
L95	39	39	32	30	26	24	21	23	21	33
L90	40	39	33	30	27	25	22	25	21	34
L50	46	44	38	35	32	33	27	32	22	39
L10	55	51	46	44	42	41	36	40	26	47
L5	62	57	52	53	54	53	48	46	36	59
L1	81	79	82	85	84	83	82	76	70	88
30 min les plus silencieuses	44	42	34	32	29	30	25	36	23	38
30 min les plus bruyantes	72	68	70	73	73	76	77	69	61	81





PARIS
Siège social
26, rue Bénard
75014 PARIS
Tél. +33(0) 1 43 13 34 00
Fax. +33(0) 1 43 13 34 09
contact@lasa.fr
Siret 302 506 480 00086

LYON
Agence Sud-Est
Le Britannia
20, Bd Eugène Deruelle
69003 LYON
Tél. +33(0) 4 26 99 44 25
Fax. +33(0) 4 26 99 44 27
sudest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00045

BORDEAUX
Agence Sud-Ouest
30, rue Saint-Sernin
33000 BORDEAUX
Tél. +33(0) 5 32 09 08 95
Fax. +33(0) 5 32 09 08 99
sudouest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00078

MARSEILLE
Agence Méditerranée
7, rue Bailli de Suffren
13001 MARSEILLE
Tél. +33(0) 4 26 78 29 29
Fax. +33(0) 4 26 78 29 28
mediterranee@lasa.fr
Siret 302 506 480 00060

http://www.lasa.fr

S.A.R.L au capital de 200 001 €
R.C.S. PARIS B 302 506 480
APE 7112B
TVA FR62 302 506 480

NIVEAU DE BRUIT RESIDUEL

Dossier :	L-1905-0985-JR	Fiche	Date
Affaire :	UEHC-COLLONGES-B	PA1_03	17/06/2019

Emplacement : Limite de propriété, Proche de la voie ferrée

Début de la mesure : 17/06/19 - 17 h 00 min

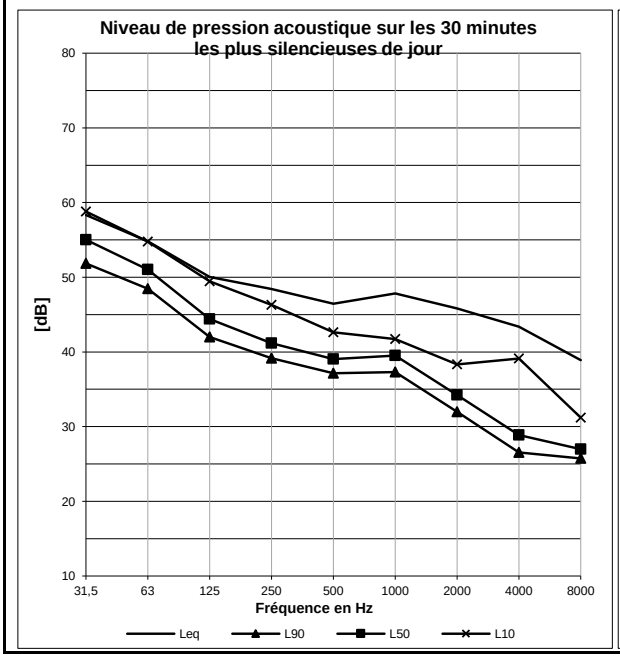
Fin de la mesure : 18/06/19 - 14 h 52 min

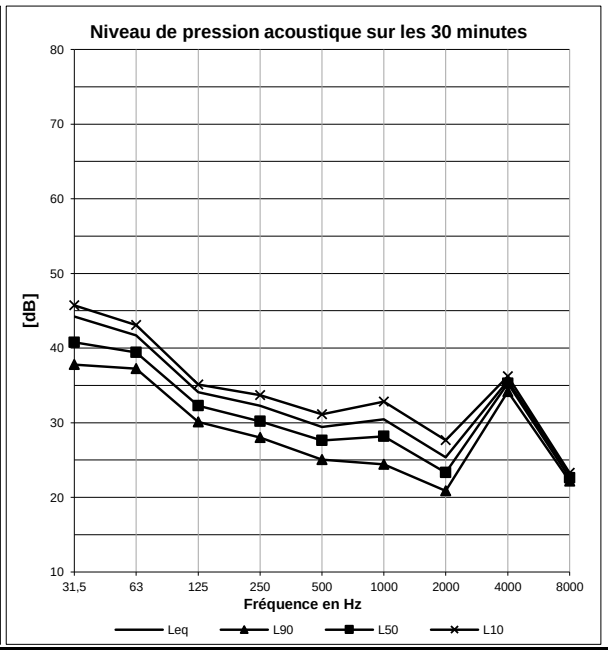
Sources prédominantes : Trains, Vent dans les arbres

Hauteur du microphone par rapport au sol :	3 m
Distance entre microphone et façade :	2 m

	30 minutes les plus silencieuses de jour									
Fréquence en Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global [dB(A)]
Leq	58	55	50	48	46	48	46	43	39	52
Lmin	48	45	40	38	36	36	31	26	25	40
Lmax	82	76	75	75	71	75	73	69	66	79
L99	49	47	41	38	36	36	31	26	25	40
L95	51	48	41	39	37	37	32	26	25	41
L90	52	48	42	39	37	37	32	27	26	41
L50	55	51	44	41	39	40	34	29	27	44
L10	59	55	49	46	43	42	38	39	31	48
L5	60	57	52	49	45	43	41	46	34	51
L1	64	62	58	54	50	48	48	53	44	56

	30 minutes les plus silencieuses de nuit									
Fréquence en Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global dB(A)
Leq	44	42	34	32	29	30	25	36	23	38
Lmin	34	34	28	26	23	22	19	31	22	35
Lmax	62	58	51	53	46	45	37	38	26	47
L99	36	35	29	27	24	22	19	33	22	35
L95	37	37	30	28	24	24	20	34	22	36
L90	38	37	30	28	25	24	21	34	22	36
L50	41	39	32	30	28	28	23	35	23	37
L10	46	43	35	34	31	33	28	36	23	39
L5	49	45	37	35	32	34	29	36	23	39
L1	54	50	42	39	36	38	32	37	24	42





PARIS
Siège social
26, rue Bénard
75014 PARIS
Tél. +33(0) 1 43 13 34 00
Fax. +33(0) 1 43 13 34 09
contact@lasa.fr
Siret 302 506 480 00086

LYON
Agence Sud-Est
Le Britannia
20, Bd Eugène Deruelle
69003 LYON
Tél. +33(0) 4 26 99 44 25
Fax. +33(0) 4 26 99 44 27
sudest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00045

BORDEAUX
Agence Sud-Ouest
30, rue Saint-Sernin
33000 BORDEAUX
Tél. +33(0) 5 32 09 08 95
Fax. +33(0) 5 32 09 08 99
sudouest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00078

MARSEILLE
Agence Méditerranée
7, rue Bailli de Suffren
13001 MARSEILLE
Tél. +33(0) 4 26 78 29 29
Fax. +33(0) 4 26 78 29 28
mediterranee@lasa.fr
Siret 302 506 480 00060

http://www.lasa.fr

S.A.R.L au capital de 200 001 €
R.C.S. PARIS B 302 506 480
APE 7112B
TVA FR62 302 506 480

NIVEAU DE BRUIT RESIDUEL

Dossier :	L-1905-0985-JR	Fiche	Date
Affaire :	UEHC-COLLONGES-B	PA1_04	17/06/2019

Emplacement : Limite de propriété, Proche de la voie ferrée

Début de la mesure : 17/06/19 - 17 h 00 min

Fin de la mesure : 18/06/19 - 14 h 52 min

Sources prédominantes : Trains, Vent dans les arbres

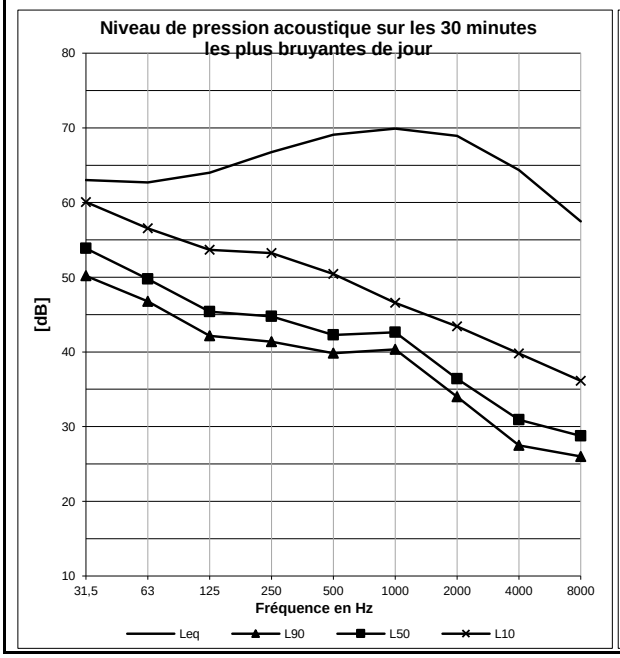
Hauteur du microphone par rapport au sol :	3 m
Distance entre microphone et façade :	2 m

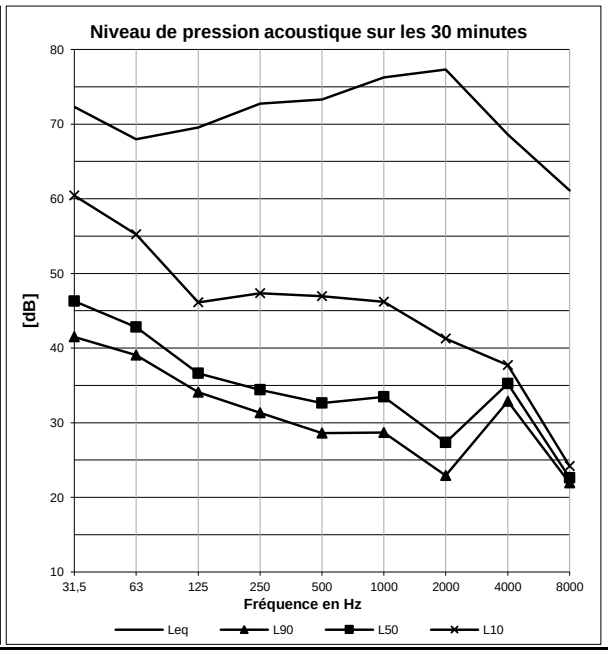
30 minutes les plus bruyantes de jour

Fréquence en Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global [dB(A)]
Leq	63	63	64	67	69	70	69	64	57	74
Lmin	46	42	39	38	37	38	31	25	24	42
Lmax	84	83	85	87	98	101	99	96	89	105
L99	48	45	40	40	38	39	32	26	25	42
L95	49	46	42	41	39	40	33	27	25	43
L90	50	47	42	41	40	40	34	27	26	44
L50	54	50	45	45	42	43	36	31	29	46
L10	60	57	54	53	50	47	43	40	36	53
L5	65	62	62	67	66	62	59	54	45	68
L1	77	78	80	83	83	78	77	70	65	84

30 minutes les plus bruyantes de nuit

Fréquence en Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global dB(A)
Leq	72	68	70	73	73	76	77	69	61	81
Lmin	37	36	32	29	27	26	21	30	22	36
Lmax	92	86	87	89	91	94	96	87	78	98
L99	39	37	32	30	27	26	21	30	21	36
L95	40	38	34	31	28	28	22	32	22	36
L90	41	39	34	31	29	29	23	33	22	37
L50	46	43	37	34	33	33	27	35	23	39
L10	60	55	46	47	47	46	41	38	24	50
L5	71	67	61	66	67	67	65	55	46	70
L1	87	82	84	87	87	91	92	83	75	96





PARIS
Siège social
26, rue Bénard
75014 PARIS
Tél. +33(0) 1 43 13 34 00
Fax. +33(0) 1 43 13 34 09
contact@lasa.fr
Siret 302 506 480 00086

LYON
Agence Sud-Est
Le Britannia
20, Bd Eugène Deruelle
69003 LYON
Tél. +33(0) 4 26 99 44 25
Fax. +33(0) 4 26 99 44 27
sudest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00045

BORDEAUX
Agence Sud-Ouest
30, rue Saint-Sernin
33000 BORDEAUX
Tél. +33(0) 5 32 09 08 95
Fax. +33(0) 5 32 09 08 99
sudouest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00078

MARSEILLE
Agence Méditerranée
7, rue Bailli de Suffren
13001 MARSEILLE
Tél. +33(0) 4 26 78 29 29
Fax. +33(0) 4 26 78 29 28
mediterranee@lasa.fr
Siret 302 506 480 00060

http://www.lasa.fr

S.A.R.L au capital de 200 001 €
R.C.S. PARIS B 302 506 480
APE 7112B
TVA FR62 302 506 480

NIVEAU DE BRUIT RESIDUEL

Dossier :	L-1905-0985-JR	Fiche	Date
Affaire :	UEHC-COLLONGES-B	PA1_05	17/06/2019

Emplacement : Limite de propriété, Proche de la voie ferrée

Début de la mesure : 17/06/19 - 17 h 00 min

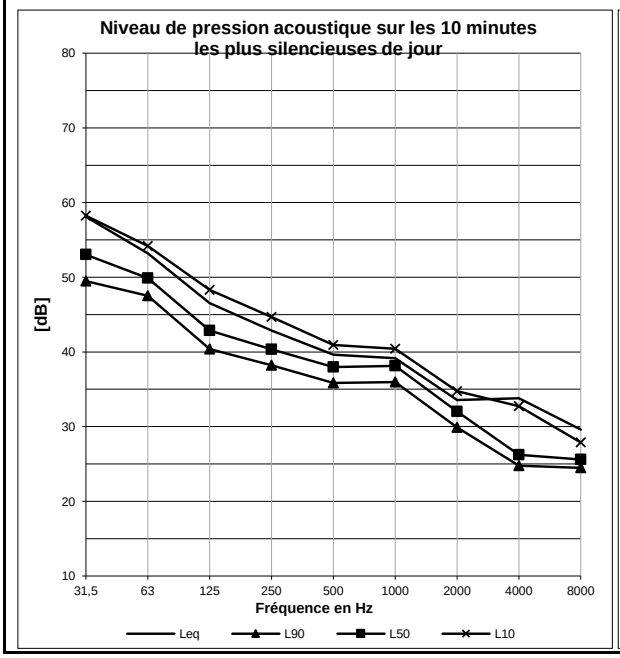
Fin de la mesure : 18/06/19 - 14 h 52 min

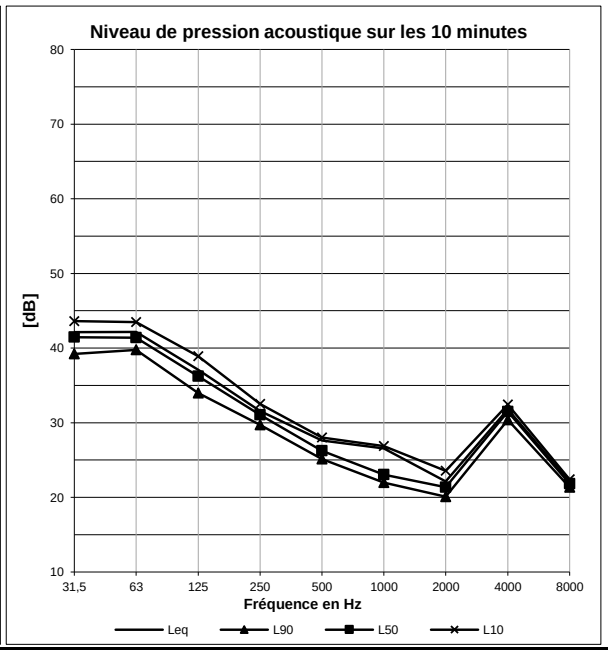
Sources prédominantes : Trains, Vent dans les arbres

Hauteur du microphone par rapport au sol :	3 m
Distance entre microphone et façade :	2 m

	10 minutes les plus silencieuses de jour									
Fréquence en Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global [dB(A)]
Leq	58	53	47	43	40	39	34	34	30	43
Lmin	46	44	39	37	35	35	29	24	24	39
Lmax	77	70	62	55	51	44	44	53	52	53
L99	47	45	39	37	34	35	28	24	24	38
L95	49	47	40	38	35	35	30	25	24	39
L90	49	48	40	38	36	36	30	25	24	40
L50	53	50	43	40	38	38	32	26	26	42
L10	58	54	48	45	41	40	35	33	28	44
L5	61	56	51	47	42	41	36	38	30	45
L1	68	61	56	51	45	42	39	45	36	49

	10 minutes les plus silencieuses de nuit									
Fréquence en Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global dB(A)
Leq	42	42	37	32	28	27	22	32	22	34
Lmin	36	37	32	29	25	22	20	30	22	31
Lmax	51	48	46	36	38	42	28	33	24	43
L99	37	39	32	29	25	21	19	29	21	31
L95	39	39	33	29	25	22	20	30	21	32
L90	39	40	34	30	25	22	20	30	21	32
L50	41	41	36	31	26	23	21	31	22	33
L10	44	43	39	33	28	27	24	32	22	34
L5	44	44	40	33	30	30	24	33	22	35
L1	46	47	42	34	36	38	26	33	23	40





LASA
L'ingénierie acoustique et vibratoire depuis 1975

PARIS
Siège social
26, rue Bénard
75014 PARIS
Tél. +33(0) 1 43 13 34 00
Fax. +33(0) 1 43 13 34 09
contact@lasa.fr
Siret 302 506 480 00086

LYON
Agence Sud-Est
Le Britannia
20, Bd Eugène Deruelle
69003 LYON
Tél. +33(0) 4 26 99 44 25
Fax. +33(0) 4 26 99 44 27
sudest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00045

BORDEAUX
Agence Sud-Ouest
30, rue Saint-Sernin
33000 BORDEAUX
Tél. +33(0) 5 32 09 08 95
Fax. +33(0) 5 32 09 08 99
sudouest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00078

MARSEILLE
Agence Méditerranée
7, rue Bailli de Suffren
13001 MARSEILLE
Tél. +33(0) 4 26 78 29 29
Fax. +33(0) 4 26 78 29 28
mediterranee@lasa.fr
Siret 302 506 480 00060

http://www.lasa.fr

S.A.R.L au capital de 200 001 €
R.C.S. PARIS B 302 506 480
APE 7112B
TVA FR62 302 506 480

OPQIBI L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE CERTIFICAT N° 05 06 1736

NIVEAU DE BRUIT RESIDUEL

Dossier :	L-1905-0985-JR	Fiche	Date
Affaire :	UEHC-COLLONGES-B	PA1_06	17/06/2019

Emplacement : Limite de propriété, Proche de la voie ferrée

Début de la mesure : 17/06/19 - 17 h 00 min

Fin de la mesure : 18/06/19 - 14 h 52 min

Sources prédominantes : Trains, Vent dans les arbres

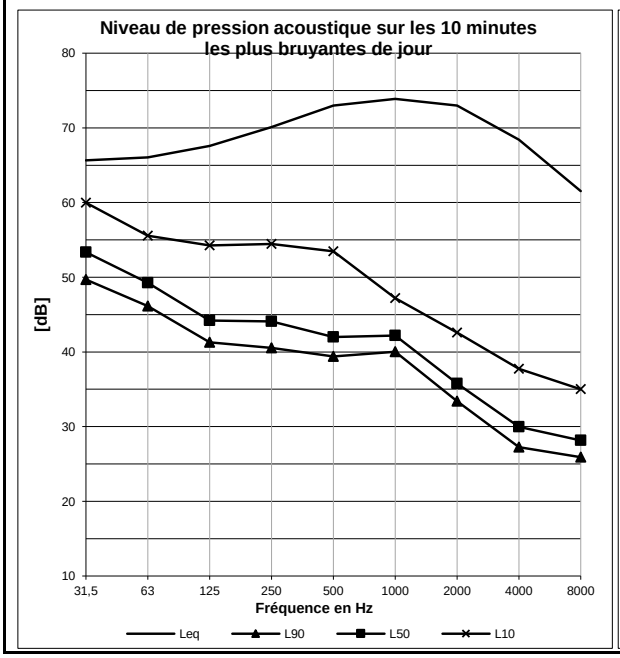
Hauteur du microphone par rapport au sol :	3 m
Distance entre microphone et façade :	2 m

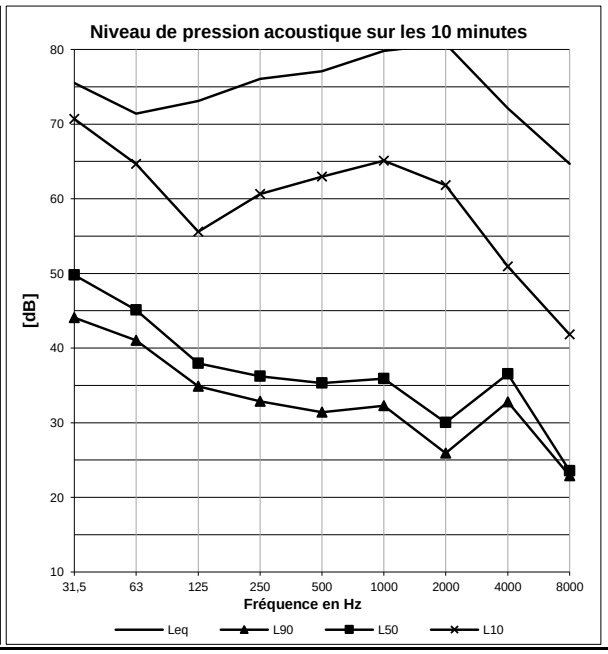
10 minutes les plus bruyantes de jour

Fréquence en Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global [dB(A)]
Leq	66	66	68	70	73	74	73	68	62	78
Lmin	46	42	39	39	38	38	32	25	25	42
Lmax	84	83	85	87	98	101	99	96	89	105
L99	47	44	40	39	38	38	32	26	25	42
L95	49	45	41	40	39	39	33	27	25	43
L90	50	46	41	41	39	40	33	27	26	43
L50	53	49	44	44	42	42	36	30	28	46
L10	60	56	54	54	53	47	43	38	35	54
L5	66	64	60	63	63	65	56	44	41	66
L1	80	80	82	84	84	82	79	73	66	86

10 minutes les plus bruyantes de nuit

Fréquence en Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global dB(A)
Leq	76	71	73	76	77	80	81	72	65	85
Lmin	40	37	33	31	29	29	24	30	22	37
Lmax	92	86	87	89	91	94	96	87	78	98
L99	41	39	33	31	30	30	24	30	22	37
L95	43	40	34	32	31	31	25	31	23	38
L90	44	41	35	33	31	32	26	33	23	39
L50	50	45	38	36	35	36	30	37	24	41
L10	71	65	56	61	63	65	62	51	42	68
L5	85	81	83	86	87	90	90	81	75	95
L1	88	84	86	88	89	93	94	85	77	98





PARIS
Siège social
26, rue Bénard
75014 PARIS
Tél. +33(0) 1 43 13 34 00
Fax. +33(0) 1 43 13 34 09
contact@lasa.fr
Siret 302 506 480 00086

LYON
Agence Sud-Est
Le Britannia
20, Bd Eugène Deruelle
69003 LYON
Tél. +33(0) 4 26 99 44 25
Fax. +33(0) 4 26 99 44 27
sudest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00045

BORDEAUX
Agence Sud-Ouest
30, rue Saint-Sernin
33000 BORDEAUX
Tél. +33(0) 5 32 09 08 95
Fax. +33(0) 5 32 09 08 99
sudouest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00078

MARSEILLE
Agence Méditerranée
7, rue Bailli de Suffren
13001 MARSEILLE
Tél. +33(0) 4 26 78 29 29
Fax. +33(0) 4 26 78 29 28
mediterranee@lasa.fr
Siret 302 506 480 00060

http://www.lasa.fr

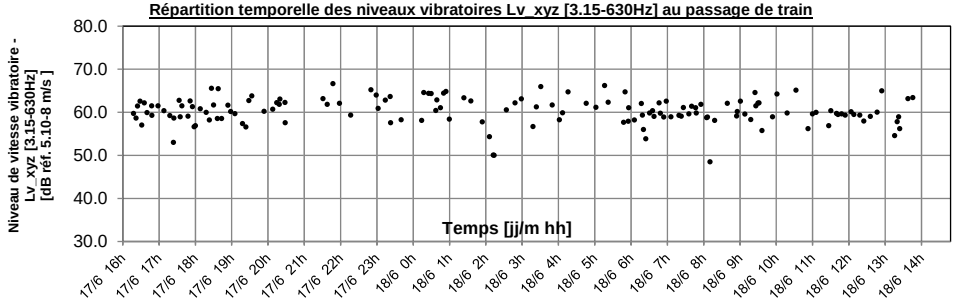
S.A.R.L au capital de 200 001 €
R.C.S. PARIS B 302 506 480
APE 7112B
TVA FR62 302 506 480

NIVEAUX DE VITESSE VIBRATOIRE - MESURES LONGUE DUREE

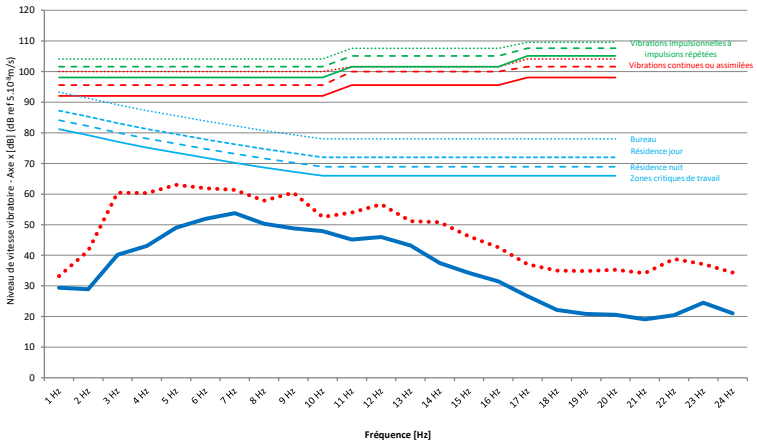
Dossier :	Fiche	Date
L-1905-0985-JRO-UEHC-COLLONGES-B	PV1-LV	18/06/2019

Évènements observés : Passages de trains
Emplacements de mesures : Point PV1 - Mur (Interieur)
Nombre total d'évènements : 152
Début de la mesure : 17/06/2019 17:06
Fin de la mesure : 18/06/2019 14:33
Durée de la mesure : 21 heures et 27 minutes

Répartition temporelle des niveaux vibratoires Lv_xyz [3.15-630Hz] au passage de train

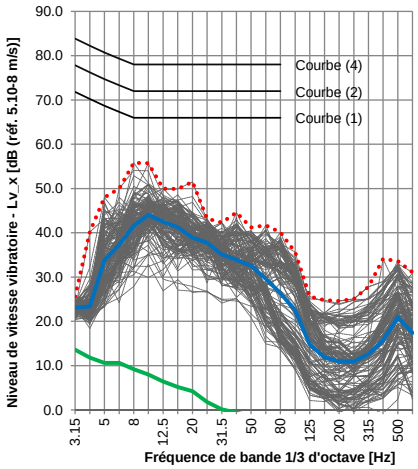


Dommages aux structures (circulaire du 23 juillet 1986) / Perception tactile (normes ISO 2631-1 et 2631-2)

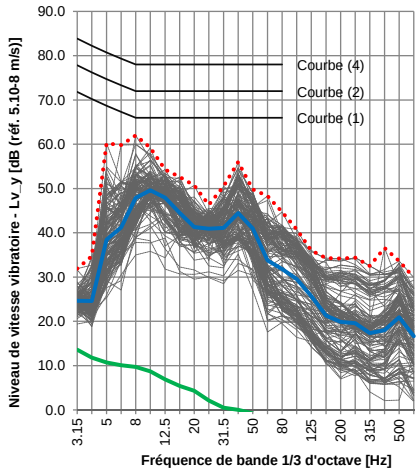


Spectres des niveaux de vitesse vibratoire des passages de trains : PAR AXES

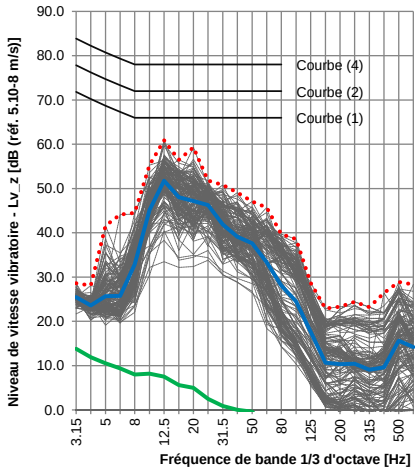
Axe X



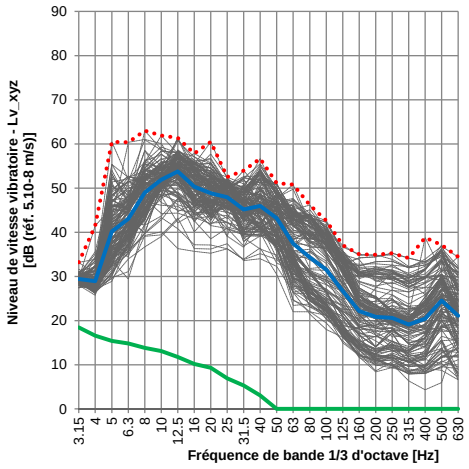
Axe Y



Axe Z



NIVEAU GLOBAL Lv_XYZ



LEGENDE :

- Niveau recomposé à partir des valeurs spectrales maximum relevées sur l'ensemble des passages de train (Enveloppe)
- Niveau recomposé à partir des valeurs spectrales moyennes relevées sur l'ensemble des passages de train (Moyenne arithmétique)
- Niveau vibratoire résiduel
- Niveau vibratoire des 152 passages identifiés

LASA
L'ingénierie acoustique et vibratoire depuis 1975

PARIS
Siège social
26, rue Bénard
75014 PARIS
Tél. +33(0) 1 43 13 34 00
Fax. +33(0) 1 43 13 34 09
contact@lasa.fr
Siret 302 506 480 00086

LYON
Agence Sud-Est
Le Britannia
20, Bd Eugène Deruelle
69003 LYON
Tél. +33(0) 4 26 99 44 25
Fax. +33(0) 4 26 99 44 27
sudest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00045

BORDEAUX
Agence Sud-Ouest
30, rue Saint-Sernin
33000 BORDEAUX
Tél. +33(0) 5 32 09 08 95
Fax. +33(0) 5 32 09 08 99
sudouest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00078

MARSEILLE
Agence Méditerranée
7, rue Bailli de Suffren
13001 MARSEILLE
Tél. +33(0) 4 26 78 29 29
Fax. +33(0) 4 26 78 29 28
mediterranee@lasa.fr
Siret 302 506 480 00060

http://www.lasa.fr
S.A.R.L au capital de 200 001 €
R.C.S. PARIS B 302 506 480
APE 7112B
TVA FR62 302 506 480

ESTIMATION DU NIVEAU SONORE RAYONNE AUX PASSAGES DE TRAINS - MESURES LONGUE DUREE

Dossier :	Fiche	Date
L-1905-0985-JRO-UEHC-COLLONGES-B	PV1-LV-LP	18/06/2019

Emplacements de mesures : Point PV1 - Mur (Interieur)
Nombre total d'évènements : 152

Début de la mesure : 17/06/2019 17:06
Fin de la mesure : 18/06/2019 14:33

Hypothèses de calcul du niveau sonore rayonné

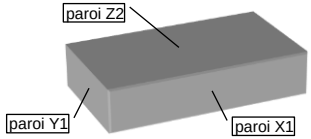
Parois rayonnantes :			
rayonnement		matériaux	épaisseur
X1	☑	béton	20 cm
X2	☐	béton	20 cm
Y1	☑	béton	20 cm
Y2	☐	béton	20 cm
Z1	☑	béton	20 cm
Z2	☑	béton	20 cm

Local de réception :				
Longueur [m] : 3.0	**Surface sol [m²] : 12.0**	Surface tot [m²] : 59.0	TR Sabine [s] :	0.5
Largeur [m]: 4.0	Surface parois x [m²] : 15.0	Volume [m³] : 30.0		
Hauteur [m] : 2.5	Surface parois y [m²] : 20.0	Alpha moyen : 0.15		

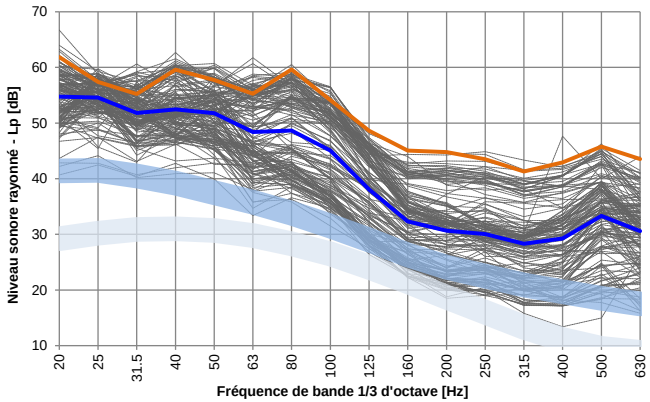
Résultats de calcul d'estimation du niveau sonore rayonné

Période diurne (6h-22h)	nombre de passages de trains :	**102**
	niveau sonore rayonné moyen :	**36 dB(A)**
	niveau sonore rayonné maximum :	**47 dB(A)**

Période nocturne (22h-6h)	nombre de passages de trains :	**31**
	niveau sonore rayonné moyen :	**39 dB(A)**
	niveau sonore rayonné maximum :	**46 dB(A)**



Spectre des niveaux sonores rayonnés estimés sur la période de mesures



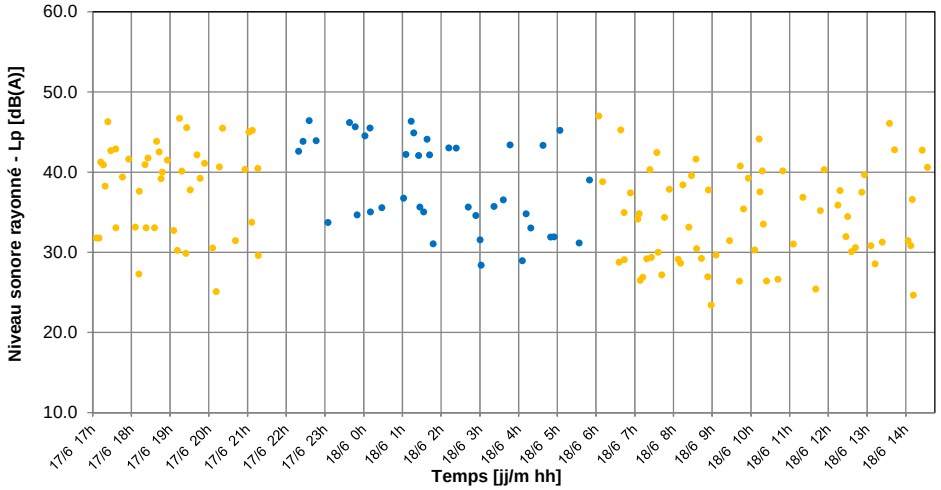
LEGENDE :

- Niveau sonore rayonné pour le passage le plus bruyant en niveau rayonné global dB(A)
- Niveau sonore rayonné moyen sur l'ensemble des passages de trains (Moyenne arithmétique)
- Niveau sonore rayonné des 152 passages de trains identifiés

Plage de valeurs usuelles du bruit résiduel en période nocturne dans une chambre bien isolée acoustiquement, sans climatisation active (logements) ≈ **20 dB(A)**

Plage de valeurs usuelles du bruit résiduel en période nocturne dans une chambre avec climatisation active (ventiloconvecteur) en fonctionnement (hôtels) ≈ **30 dB(A)**

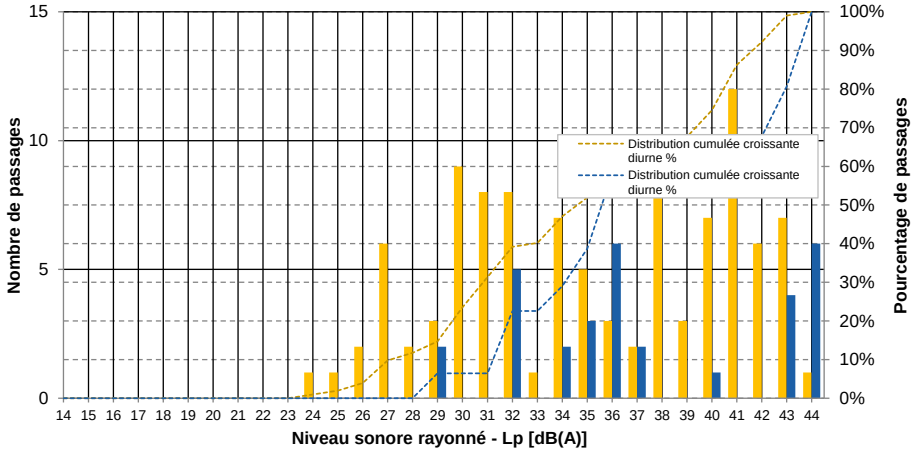
Répartition temporelle des niveaux rayonnés estimés



LEGENDE :

- Niveau sonore rayonné estimé au passage de train en période **diurne**
- Niveau sonore rayonné estimé au passage de train en période **nocturne**

Distribution des niveaux rayonnés estimés



LEGENDE :

- Distribution des niveaux sonores rayonnés estimés au passage de train, en période **diurne**
- Distribution des niveaux sonores rayonnés estimés au passage de train, en période **nocturne**

LASA
L'ingénierie acoustique et vibratoire depuis 1975

PARIS
Siège social
26, rue Bénard
75014 PARIS
Tél. +33(0) 1 43 13 34 00
Fax. +33(0) 1 43 13 34 09
contact@lasa.fr
Siret 302 506 480 00086

LYON
Agence Sud-Est
Le Britannia
20, Bd Eugène Deruelle
69003 LYON
Tél. +33(0) 4 26 99 44 25
Fax. +33(0) 4 26 99 44 27
sudest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00045

BORDEAUX
Agence Sud-Ouest
30, rue Saint-Sernin
33000 BORDEAUX
Tél. +33(0) 5 32 09 08 95
Fax. +33(0) 5 32 09 08 99
sudouest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00078

MARSEILLE
Agence Méditerranée
7, rue Bailli de Suffren
13001 MARSEILLE
Tél. +33(0) 4 26 78 29 29
Fax. +33(0) 4 26 78 29 28
mediterranee@lasa.fr
Siret 302 506 480 00060

http://www.lasa.fr
S.A.R.L au capital de 200 001 €
R.C.S. PARIS B 302 506 480
APE 7112B
TVA FR62 302 506 480

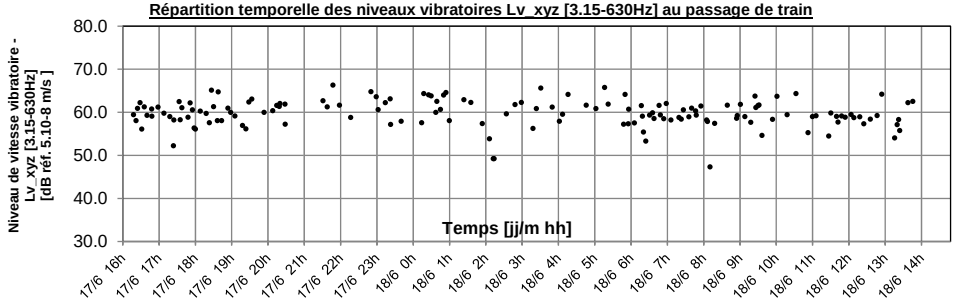
OPQIBI L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE

NIVEAUX DE VITESSE VIBRATOIRE - MESURES LONGUE DUREE

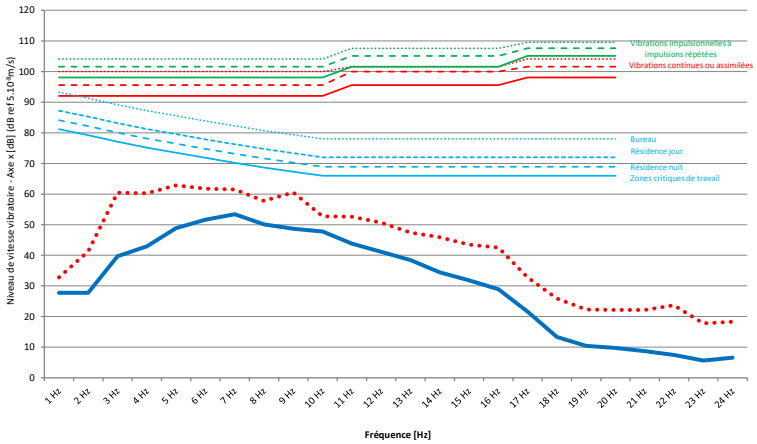
Dossier :	Fiche	Date
L-1905-0985-JRO-UEHC-COLLONGES-B	PV2-LV	18/06/2019

Évènements observés : Passages de trains
Emplacements de mesures : Point PV2 - Sol (Interieur)
Nombre total d'évènements : 152
Début de la mesure : 17/06/2019 17:06
Fin de la mesure : 18/06/2019 14:33
Durée de la mesure : 21 heures et 27 minutes

Répartition temporelle des niveaux vibratoires Lv_xyz [3.15-630Hz] au passage de train

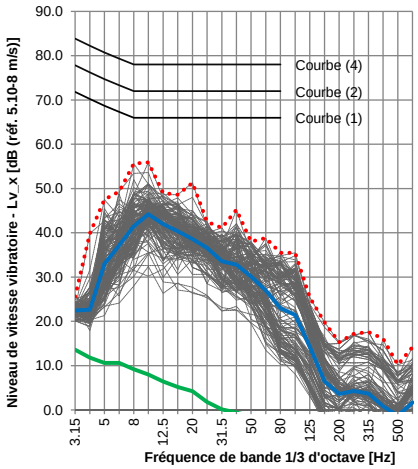


Dommages aux structures (circulaire du 23 juillet 1986) / Perception tactile (normes ISO 2631-1 et 2631-2)

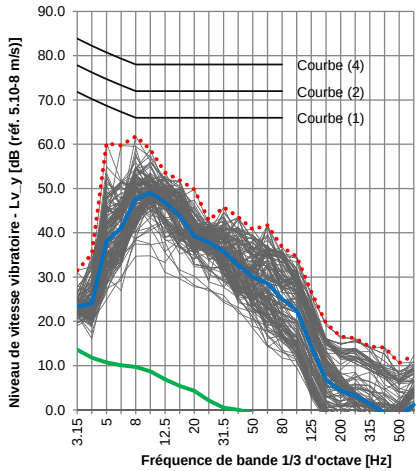


Spectres des niveaux de vitesse vibratoire des passages de trains : PAR AXES

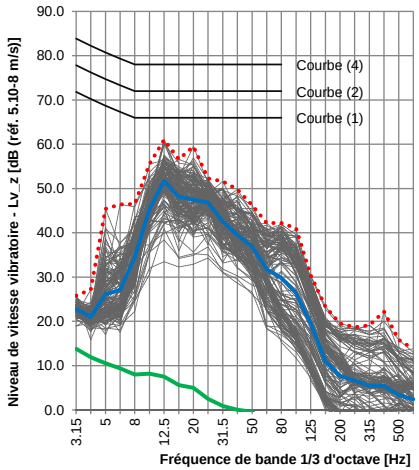
Axe X



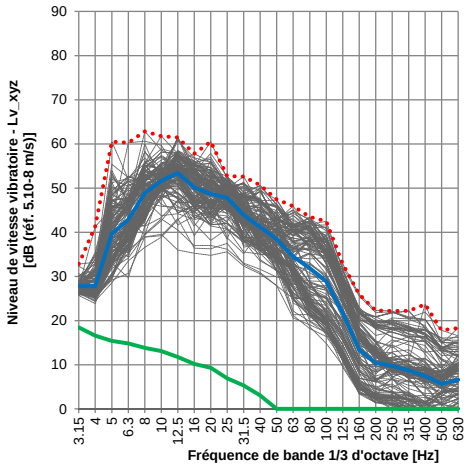
Axe Y



Axe Z



NIVEAU GLOBAL Lv_XYZ



LEGENDE :

- Niveau recomposé à partir des valeurs spectrales maximum relevées sur l'ensemble des passages de train (Enveloppe)
- Niveau recomposé à partir des valeurs spectrales moyennes relevées sur l'ensemble des passages de train (Moyenne arithmétique)
- Niveau vibratoire résiduel
- Niveau vibratoire des 152 passages identifiés

LASA
L'ingénierie acoustique et vibratoire depuis 1975

PARIS
Siège social
26, rue Bénard
75014 PARIS
Tél. +33(0) 1 43 13 34 00
Fax. +33(0) 1 43 13 34 09
contact@lasa.fr
Siret 302 506 480 00086

LYON
Agence Sud-Est
Le Britannia
20, Bd Eugène Deruelle
69003 LYON
Tél. +33(0) 4 26 99 44 25
Fax. +33(0) 4 26 99 44 27
sudest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00045

BORDEAUX
Agence Sud-Ouest
30, rue Saint-Sernin
33000 BORDEAUX
Tél. +33(0) 5 32 09 08 95
Fax. +33(0) 5 32 09 08 99
sudouest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00078

MARSEILLE
Agence Méditerranée
7, rue Bailli de Suffren
13001 MARSEILLE
Tél. +33(0) 4 26 78 29 29
Fax. +33(0) 4 26 78 29 28
mediterranee@lasa.fr
Siret 302 506 480 00060

http://www.lasa.fr

S.A.R.L au capital de 200 001 €
R.C.S. PARIS B 302 506 480
APE 7112B
TVA FR62 302 506 480

OPQIBI L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE

ESTIMATION DU NIVEAU SONORE RAYONNE AUX PASSAGES DE TRAINS - MESURES LONGUE DUREE

Dossier :	Fiche	Date
L-1905-0985-JRO-UEHC-COLLONGES-B	PV2-LV-LP	18/06/2019

Emplacements de mesures : Point PV2 - Sol (Interieur)
Nombre total d'évènements : 152

Début de la mesure : 17/06/2019 17:06
Fin de la mesure : 18/06/2019 14:33

Hypothèses de calcul du niveau sonore rayonné

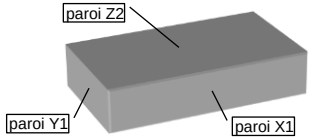
Parois rayonnantes :			
rayonnement		matériaux	épaisseur
X1	☑	béton	20 cm
X2	☐	béton	20 cm
Y1	☑	béton	20 cm
Y2	☐	béton	20 cm
Z1	☑	béton	20 cm
Z2	☑	béton	20 cm

Local de réception :				
Longueur [m] : 3.0	**Surface sol [m²] : 12.0**	Surface tot [m²] : 59.0	TR Sabine [s] :	0.5
Largeur [m]: 4.0	Surface parois x [m²] : 15.0	Volume [m³] : 30.0		
Hauteur [m] : 2.5	Surface parois y [m²] : 20.0	Alpha moyen : 0.15		

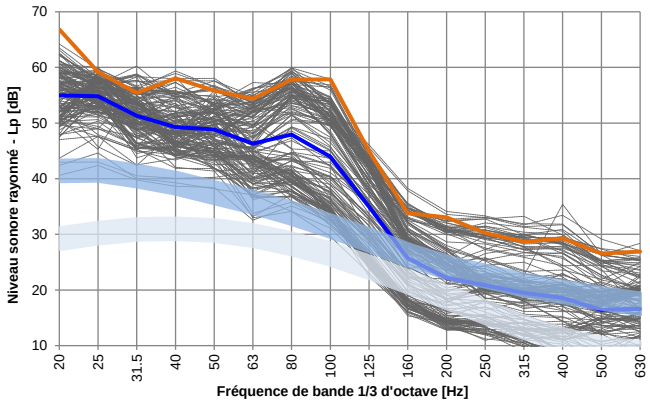
Résultats de calcul d'estimation du niveau sonore rayonné

Période diurne (6h-22h)	nombre de passages de trains :	**112**
	niveau sonore rayonné moyen :	**32 dB(A)**
	niveau sonore rayonné maximum :	**42 dB(A)**

Période nocturne (22h-6h)	nombre de passages de trains :	**40**
	niveau sonore rayonné moyen :	**34 dB(A)**
	niveau sonore rayonné maximum :	**43 dB(A)**



Spectre des niveaux sonores rayonnés estimés sur la période de mesures



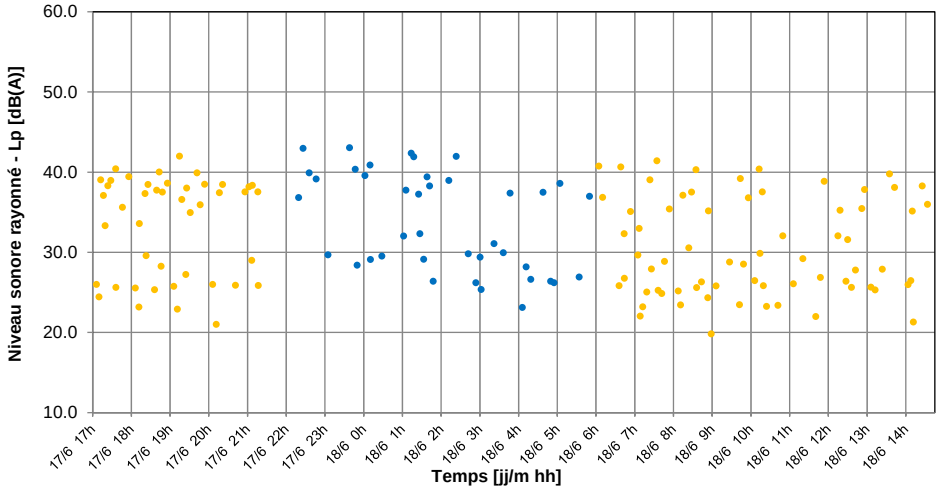
LEGENDE :

- Niveau sonore rayonné pour le passage le plus bruyant en niveau rayonné global dB(A)
- Niveau sonore rayonné moyen sur l'ensemble des passages de trains (Moyenne arithmétique)
- Niveau sonore rayonné des 152 passages de trains identifiés

Plage de valeurs usuelles du bruit résiduel en période nocturne dans une chambre bien isolée acoustiquement, sans climatisation active (logements) ≈ **20 dB(A)**

Plage de valeurs usuelles du bruit résiduel en période nocturne dans une chambre avec climatisation active (ventiloconvecteur) en fonctionnement (hôtels) ≈ **30 dB(A)**

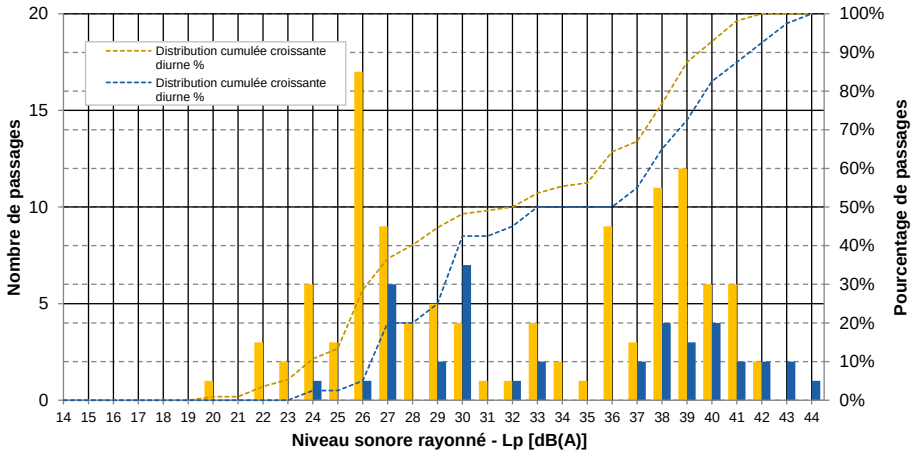
Répartition temporelle des niveaux rayonnés estimés



LEGENDE :

- Niveau sonore rayonné estimé au passage de train en période **diurne**
- Niveau sonore rayonné estimé au passage de train en période **nocturne**

Distribution des niveaux rayonnés estimés



LEGENDE :

- Distribution des niveaux sonores rayonnés estimés au passage de train, en période **diurne**
- Distribution des niveaux sonores rayonnés estimés au passage de train, en période **nocturne**

LASA
L'ingénierie acoustique et vibratoire depuis 1975

PARIS
Siège social
26, rue Bénard
75014 PARIS
Tél. +33(0) 1 43 13 34 00
Fax. +33(0) 1 43 13 34 09
contact@lasa.fr
Siret 302 506 480 00086

LYON
Agence Sud-Est
Le Britannia
20, Bd Eugène Deruelle
69003 LYON
Tél. +33(0) 4 26 99 44 25
Fax. +33(0) 4 26 99 44 27
sudest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00045

BORDEAUX
Agence Sud-Ouest
30, rue Saint-Sernin
33000 BORDEAUX
Tél. +33(0) 5 32 09 08 95
Fax. +33(0) 5 32 09 08 99
sudouest@lasa.fr
Siret 302 506 480 00078

MARSEILLE
Agence Méditerranée
7, rue Bailli de Suffren
13001 MARSEILLE
Tél. +33(0) 4 26 78 29 29
Fax. +33(0) 4 26 78 29 28
mediterranee@lasa.fr
Siret 302 506 480 00060

http://www.lasa.fr
S.A.R.L au capital de 200 001 €
R.C.S. PARIS B 302 506 480
APE 7112B
TVA FR62 302 506 480

OPQIBI L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE