

*ENSEMBLE IMMOBILIER MIXTE  
« LES CASCADES »  
COMPOSE DE BUREAUX, LOGEMENTS ET COMMERCES  
À CAEN (14)*

*DIAGNOSTIC ACOUSTIQUE  
RELATIF À LA CARACTÉRISATION DU SITE*

*DECEMBRE 2022*

## **INTRODUCTION**

Le présent rapport a pour objet le diagnostic de l'état acoustique et vibratoire initiale du site en vue de la construction d'un ensemble immobilier mixte « LES CASCADE » composé de bureaux, de logements et de commerces à Caen (14).

Il comporte :

- point zéro acoustique vis-à-vis du voisinage,
- diagnostic vibratoire du site.

et ont un impact sur le projet.

## SOMMAIRE

<b>1<sup>ère</sup> PARTIE : POINT ZÉRO ACOUSTIQUE .....</b>	<b>5</b>
1 Généralités.....	5
2 Documents de références .....	5
3 Appareillages utilisés .....	5
4 Conditions météorologiques.....	5
5 Descriptif du site.....	6
6 Localisation des mesures.....	7
7 Définitions .....	8
8 Résultats .....	9
8.1 Point 0 - Période nocturne .....	9
8.2 Point 0 - Période nocturne - minute la plus calme .....	9
8.3 Point 2 - Période diurne .....	10
8.4 Point 3 - Période diurne .....	10
8.5 Point 4 - Période diurne .....	10
9 Conclusions .....	11
<b>2<sup>ème</sup> PARTIE : DIAGNOSTIC VIBRATOIRE .....</b>	<b>12</b>
1 Généralités.....	12
2 Fiche signalétique du projet et présentation.....	12
2.1 Localisation du site .....	12
2.2 Contexte urbain .....	13
2.3 Type d'opération.....	13
3 Rappels sur les vibrations – cadre réglementaire et normatif .....	13
3.1 Phénomène vibratoire.....	13
3.2 Déplacement, vitesse, accélération.....	13
3.3 Contexte réglementaire et normatif .....	14
3.3.1 Stabilité du bâtiment .....	14
3.3.2 Perception des vibrations par les êtres humains .....	15
3.3.3 Bruit rayonné .....	16
4 Présentation du projet.....	16
5 Mesures vibratoires.....	17
5.1 Localisation des mesures des niveaux vibratoires.....	17
5.2 Appareils et équipements de mesures vibratoires .....	19
5.3 Logiciel utilisé .....	19
5.4 Technique des mesures.....	19
6 Résultats des mesures vibratoires .....	19
6.1 Evolutions temporelles.....	19
6.2 Niveaux vibratoires .....	20
6.3 Perception des vibrations sur la stabilité du bâtiment – Circulaire du 23 juillet 1986.....	20
6.4 Perception des vibrations par l'être humain – Norme ISO 2631-2 de 1989.....	21
6.5 Niveaux rayonnés.....	22
6.5.1 Objectif de niveau sonore pour les logements .....	22
6.5.2 Objectif de niveau sonore pour les bureaux .....	23
7 Interprétation des résultats.....	24
<b>Annexe [1] : Localisation du site .....</b>	<b>25</b>
<b>Annexe [2] : Évolutions temporelles, niveaux de <math>L_{Aeq}</math>, indices statistiques .....</b>	<b>28</b>
1 Ensemble des mesures, du lundi 04 juillet et mardi 05 juillet 2022 .....	28
2 Point 0 - Période nocturne .....	29

3	Point 0 - Période nocturne - minute la plus calme.....	30
4	Point 2 - Période diurne .....	31
5	Point 3 - Période diurne .....	32
6	Point 4 - Période diurne .....	33
<b>Annexe [3] : Mesures vibratoires - Evolutions temporelles et spectres des niveaux .....</b>		<b>34</b>
1	Mesure vibratoire – Pv 01 .....	35
2	Mesure vibratoire – Pv 02 .....	36
3	Mesure vibratoire – Pv 03 .....	37

## 1<sup>ère</sup> PARTIE : POINT ZÉRO ACOUSTIQUE

### 1 Généralités

La campagne de mesures a eu lieu le 04 et 05 juillet 2022 en périodes diurne et nocturne. L'objectif est de déterminer le niveau de bruit résiduel sur site – point zéro acoustique – au niveau du projet.

### 2 Documents de références

- Décret n°2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage,
- Arrêté du 5 décembre 2006 relatif aux modalités de mesurage des bruits de voisinage,
- Norme NF S 31-110 : « caractérisation et mesurage des bruits dans l'environnement »,
- Norme NF S 31-133 : « Acoustique – Bruit dans l'environnement – Calculs des niveaux sonores »,
- Norme NF S 31-109 : « Sonomètres intégrateurs »,
- Programme technique et ses annexes dont :
  - 1. Référentiel Certification BEE TERTIAIRE NEUF,
  - 2. Référentiel Certification BEE LOGEMENT NEUF,
  - 4. CDC Environnemental NA,
  - 7. CDC Guide prescriptions,
  - 8. Projets aménagements Ville CU...
- Plans et coupes du projet en phase APD.

### 3 Appareillages utilisés

- 1 sonomètre intégrateur de classe 1 FUSION de 01dB,
- Logiciel de traitement et d'édition des résultats dBTRAIT de 01 dB,
- Source étalon NORSONIC type 1251.

### 4 Conditions météorologiques

Les différents niveaux de bruits relevés lors de la campagne de mesures dépendent de nombreuses sources avoisinantes qui, selon les conditions météorologiques, sont plus ou moins prononcées.

Il convient alors de relever ces dernières afin de juger des impacts possibles sur les propagations sonores conformément aux normes NF S 31-110 et NF S 31-133.

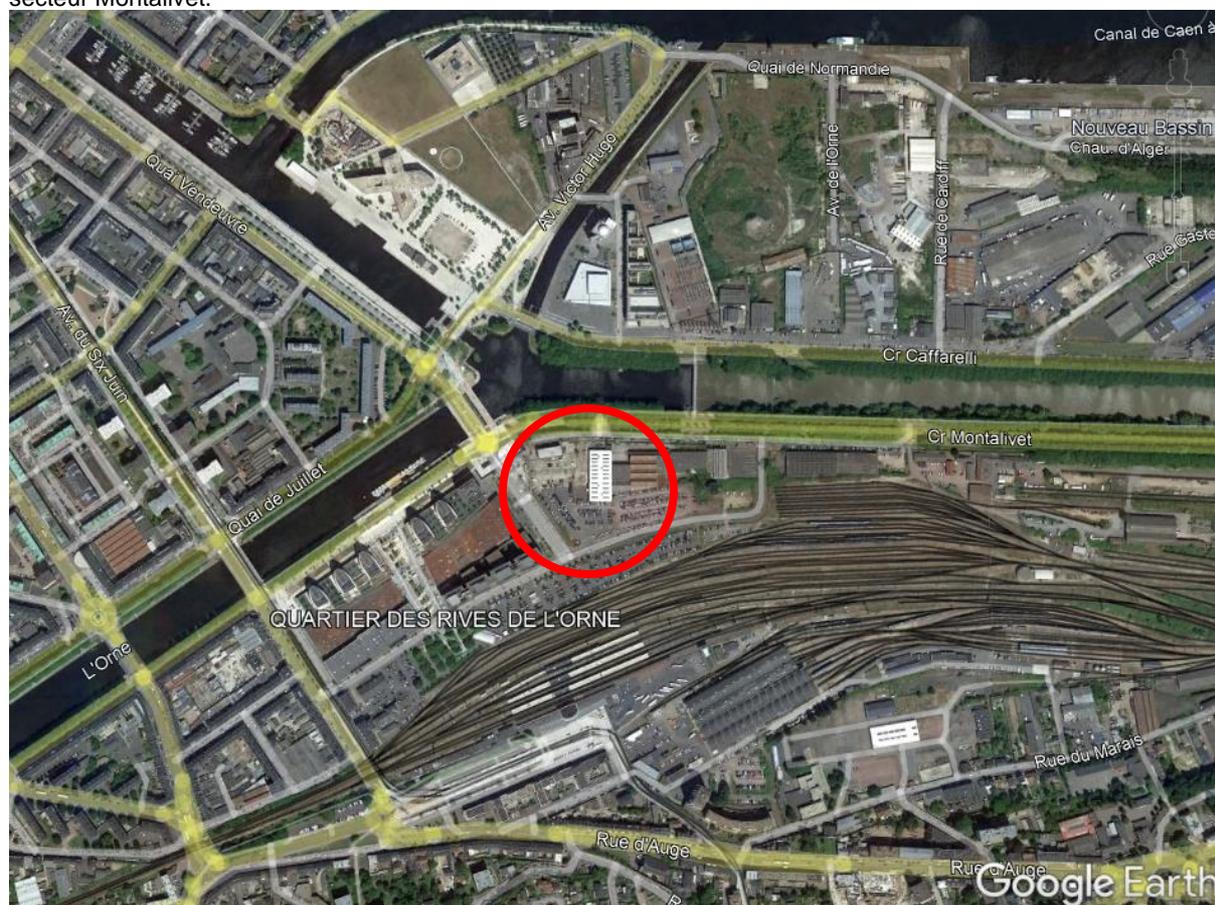
Les conditions météorologiques lors de la campagne de mesures sont les suivantes :

Date	Période	Vitesse du vent	Soleil	Surface	Condition
04/07/2022	Nocturne	Vent nul ou quelconque de travers	Coucher du soleil	Sèche	U3 – T3
05/07/2022	Diurne	Vent nul ou quelconque de travers	Fort ensoleillement	Sèche	U3 – T1

Les conditions météorologiques lors de la campagne de mesures sont les suivantes : couverture nuageuse nulle et vent quelconque de travers, qui selon la norme NFS 31-010, est un état météorologique conduisant à une atténuation forte du niveau sonore en période diurne, nul et négligeable en période nocturne.

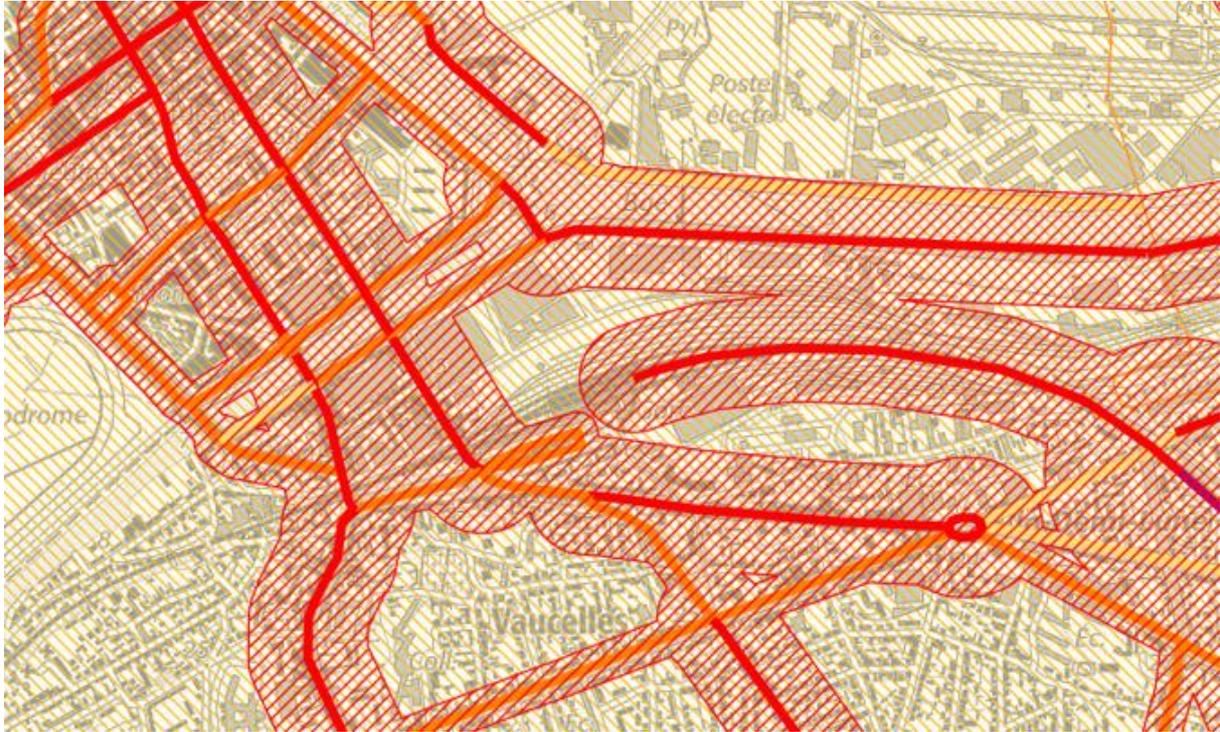
## 5 Descriptif du site

Le projet est situé à l'Est de la commune de Caen. Il est encadré par le quartier des Rives de l'Orne à l'Est, la gare au Sud, l'Orne et la presqu'île au Nord et à l'Ouest par un projet de recomposition urbaine du secteur Montalivet.



A proximité immédiate du projet, plusieurs infrastructures de transports terrestres sont classées acoustiquement et ont impact sur le projet :

- Cour Montalivet en catégorie 3,
- Pont Alexandre Stin en catégorie 3,
- Quai Amiral Hamelin en catégorie 4.
- Réseau ferré en catégorie 4.

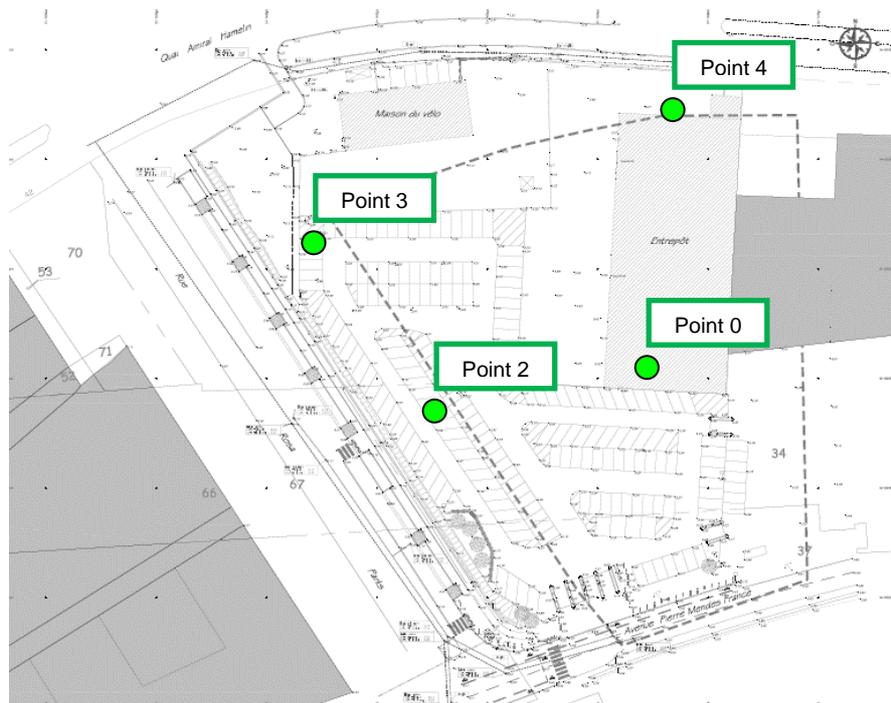


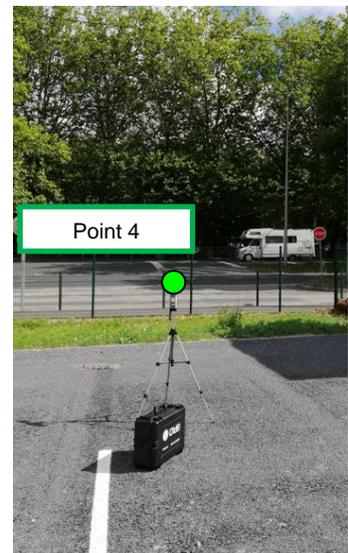
Le trafic sur ces axes est donc générateur de nuisances qui ne doivent pas transparaître dans les futurs bâtiments.

## 6 Localisation des mesures

Les mesures résiduelles suivantes ont été réalisées en plusieurs points sur le site.

Ces points de mesure ont été choisis en fonction du plan masse actuel, en cœur d'îlots (point 0) ainsi qu'en limite des futures façades du projet (points 2, 3 & 4).





## 7 Définitions

L'indicateur prédominant dans cette campagne de mesures sera le niveau de pression acoustique équivalent pondéré A,  $L_{Aeq}$ , mesuré in situ.

Les niveaux sonores mesurés sur site sont définis de la manière suivante :

- $L_{Aeq}$  : Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A en dB(A). Il est déterminé sur un intervalle de temps spécifié.

## 8 Résultats

Les valeurs mesurées lors de la campagne sont les niveaux sonores de  $L_{Aeq}$ . Les courbes d'évolution temporelle et les niveaux sonores de  $L_{Aeq}$  figurent en annexes du présent rapport.

De jour comme de nuit, le bruit constaté sur le site résulte principalement du trafic sur cour Montalivet au nord du site, classé en catégorie 3. Quelques nuisances peuvent ponctuellement provenir du Technicentre Normandie situé au sud est en période nocturne.

Pour tenir compte des bruits « parasites » qui ne présentent pas « d'effet de masque », les indices statistiques  $L_{99}$ ,  $L_{95}$ ,  $L_{90}$ ,  $L_{50}$  ou  $L_{10}$  peuvent être utilisés.

Les tableaux ci-après montrent par point les niveaux sonores mesurés sur site selon les périodes diurnes et nocturnes relevées et sur la minute la plus calme.

### 8.1. Point 0 - Période nocturne

	Global en dB(A)	Fréquences en Hz							
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Bruit de fond $L_{eq}$ (en dB)	53,1	62,5	61,0	56,9	48,7	46,2	43,8	35,6	23,4
$L_{99}$ (en dB)	41,0	53,2	47,5	41,3	35,2	35,1	31,5	24,3	13,7
$L_{95}$ (en dB)	42,3	55,1	48,3	42,6	36,5	37,1	33,2	25,8	14,3
$L_{90}$ (en dB)	43,3	56,1	48,8	43,4	37,3	38,1	34,6	26,7	14,7
$L_{50}$ (en dB)	48,0	60,2	51,2	47,1	41,0	43,7	40,9	31,2	17,3
$L_{10}$ (en dB)	53,6	64,9	58,7	53,0	46,8	49,0	46,8	37,1	23,7

### 8.2. Point 0 - Période nocturne - minute la plus calme

	Global en dB(A)	Fréquences en Hz							
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Bruit de fond $L_{eq}$ (en dB)	41,9	59,6	48,6	42,7	37,0	36,9	33,2	26,2	16,3
$L_{99}$ (en dB)	40,4	55,8	46,1	40,5	34,4	34,3	29,7	23,9	13,4
$L_{95}$ (en dB)	40,5	57,3	47,2	41,0	34,9	34,7	30,5	24,1	13,7
$L_{90}$ (en dB)	40,9	57,5	47,5	41,3	35,1	34,7	31,1	24,5	13,9
$L_{50}$ (en dB)	41,6	59,2	48,1	42,7	36,7	36,4	33,1	25,7	14,7
$L_{10}$ (en dB)	42,8	61,0	49,4	43,6	38,6	38,2	34,9	27,9	18,3

8.3. Point 2 - Période diurne

	Global en dB(A)	Fréquences en Hz							
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Bruit de fond Leq (en dB)	53,2	66,3	57,0	52,8	49,1	48,4	45,5	38,4	29,4
L <sub>99</sub> (en dB)	47,5	59,3	50,5	46,4	42,4	42,4	39,0	30,6	18,0
L <sub>95</sub> (en dB)	48,8	61,1	51,6	47,7	43,8	43,8	40,5	32,1	19,7
L <sub>90</sub> (en dB)	49,6	62,0	52,4	48,5	44,6	44,7	41,5	33,0	20,7
L <sub>50</sub> (en dB)	52,2	65,4	55,3	51,4	47,6	47,5	44,5	36,3	24,7
L <sub>10</sub> (en dB)	55,0	69,0	58,9	54,7	51,0	50,4	47,5	40,3	30,9

8.4. Point 3 - Période diurne

	Global en dB(A)	Fréquences en Hz							
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Bruit de fond Leq (en dB)	54,9	67,3	60,0	54,3	49,3	50,3	47,6	42,3	34,5
L <sub>99</sub> (en dB)	49,4	61,5	53,3	47,7	43,3	44,9	41,6	32,7	20,9
L <sub>95</sub> (en dB)	50,8	63,0	54,3	49,5	45,0	46,1	42,9	34,6	23,4
L <sub>90</sub> (en dB)	51,5	63,8	55,0	50,3	45,7	47,0	43,8	35,8	24,8
L <sub>50</sub> (en dB)	54,2	66,7	57,7	52,9	48,2	49,8	46,8	40,1	29,9
L <sub>10</sub> (en dB)	56,8	69,3	62,0	56,4	51,3	52,2	49,8	44,3	35,7

8.5. Point 4 - Période diurne

	Global en dB(A)	Fréquences en Hz							
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Bruit de fond Leq (en dB)	61,5	67,2	58,6	53,9	54,7	58,6	55,0	46,6	37,5
L <sub>99</sub> (en dB)	46,7	60,4	50,6	43,2	41,3	42,1	38,4	28,8	17,2
L <sub>95</sub> (en dB)	48,9	62,0	51,9	44,3	42,4	45,0	41,0	31,2	19,0
L <sub>90</sub> (en dB)	50,2	62,8	52,8	45,4	43,5	46,5	43,4	33,2	21,0
L <sub>50</sub> (en dB)	57,5	66,1	56,8	50,8	50,6	54,5	50,6	40,3	28,9
L <sub>10</sub> (en dB)	65,9	69,6	61,1	56,7	58,8	63,0	59,4	50,5	40,0

## **9 Conclusions**

**Les résultats de la présente campagne de mesures serviront de références aux différents calculs prévisionnels en vue du respect des textes acoustiques réglementaires en vigueur.**

## 2<sup>ème</sup> PARTIE : DIAGNOSTIC VIBRATOIRE

### 1 Généralités

La parcelle retenue pour le projet de construction d'un ensemble immobilier mixte « LES CASCADE » composé de bureaux, de logements et de commerces à Caen (14) est situé à proximité de la voie ferroviaire Paris-Caen et nécessite de caractériser l'état initial vibratoire aux abords de l'emprise du projet. À travers cette campagne de mesures, il s'agit de déterminer :

- les seuils relatifs à la stabilité des futurs bâtiments,
- les effets perçus par l'homme dûs aux vibrations,
- une estimation du bruit rayonné lors du passage de trains dans les logements et les bureaux,
- si nécessaire les objectifs d'atténuation et les orientations de désolidarisation.

### 2 Fiche signalétique du projet et présentation

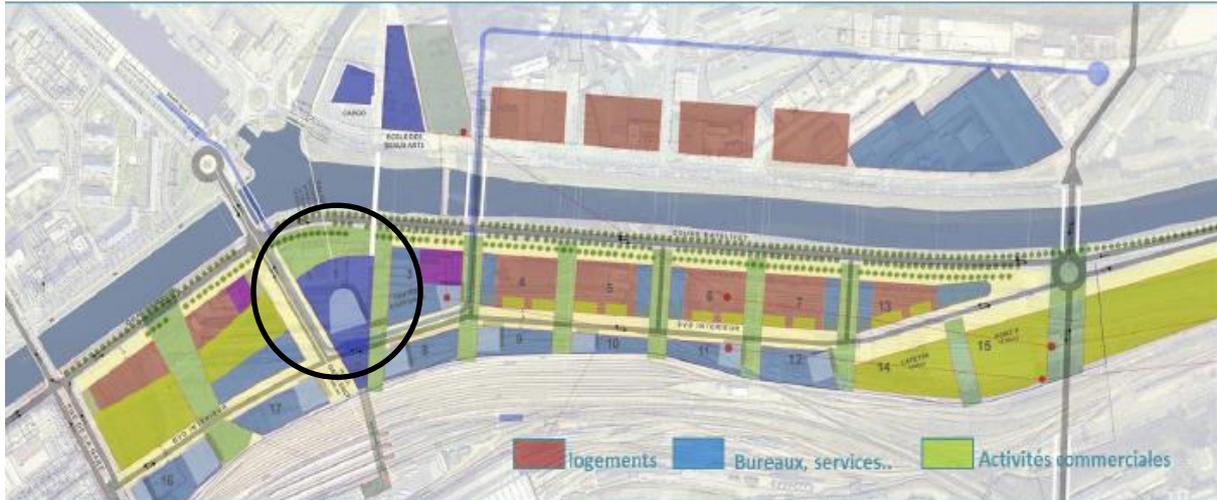
#### 2.1. Localisation du site

Le projet est situé à l'Est de la commune de Caen. Il est encadré par le quartier des Rives de l'Orne à l'Est, la gare au Sud, l'Orne et la presqu'île au Nord et à l'Ouest par un projet de recomposition urbaine du secteur Montalivet.



## 2.2. Contexte urbain

Le projet Les Cascades s'inscrit dans la ZAC Montalivet dont le principe de création a été approuvé en avril 2009 dont les principes d'urbanisation ambitionnent la création d'un quartier multifonctionnel



## 2.3. Type d'opération

Normandie Aménagement et La Caennaise envisagent la réalisation d'un ensemble immobilier mixte (bureaux, logements et commerces) à Caen, appelé Les Cascades. L'ambition reste d'abord celle de la création d'un ensemble majoritairement destiné aux activités économiques (commerces, bureaux, autres). La programmation résidentielle est destinée à accompagner cette finalité première, dans un souci de composition diverses et de pérennité des dynamiques urbaines.

# 3 Rappels sur les vibrations – cadre réglementaire et normatif

## 3.1. Phénomène vibratoire

Une vibration est l'expression d'un déplacement de matière lié à la propagation d'une onde. C'est donc une variation avec le temps de l'intensité d'une grandeur caractéristique du mouvement ou de la position d'un système mécanique, lorsque l'intensité est alternativement plus grande et plus petite qu'une certaine valeur moyenne ou de référence.

## 3.2. Déplacement, vitesse, accélération

Une onde peut être caractérisée par plusieurs grandeurs physiques : déplacement, vitesse et accélération. Les niveaux vibratoires de déplacement sont calculés en décibel vibratoire. Pour le déplacement, la relation est donnée par :

$$L_D = 10 \log_{10} \frac{D_{rms}^2}{D_{ref}^2}$$

où  $D_{ref} = 1.10^{-12}$  m

La vitesse exprimée en m/s ou mm/s, est mesurée à partir d'un capteur et caractérise l'accroissement du déplacement par unité de temps. Les niveaux vibratoires de vitesse sont calculés en vitesse vibratoire selon la relation suivante :

$$L_v = 10 \log_{10} \frac{V_{rms}^2}{V_{ref}^2}$$

où  $V_{ref} = 5.10^{-8}$  m/s en France et  $V_{ref} = 1 \times 10^{-9}$  m/s dans d'autres pays

L'accélération exprimée en m/s<sup>2</sup> ou mm/s<sup>2</sup> ou en g, caractérise l'accroissement des vitesses par unité de temps, est mesurée par un accéléromètre. À l'identique du déplacement et de la vitesse, l'accélération peut être définie en décibel par :

$$L_a = 10 \log_{10} \frac{A_{rms}^2}{A_{ref}^2}$$

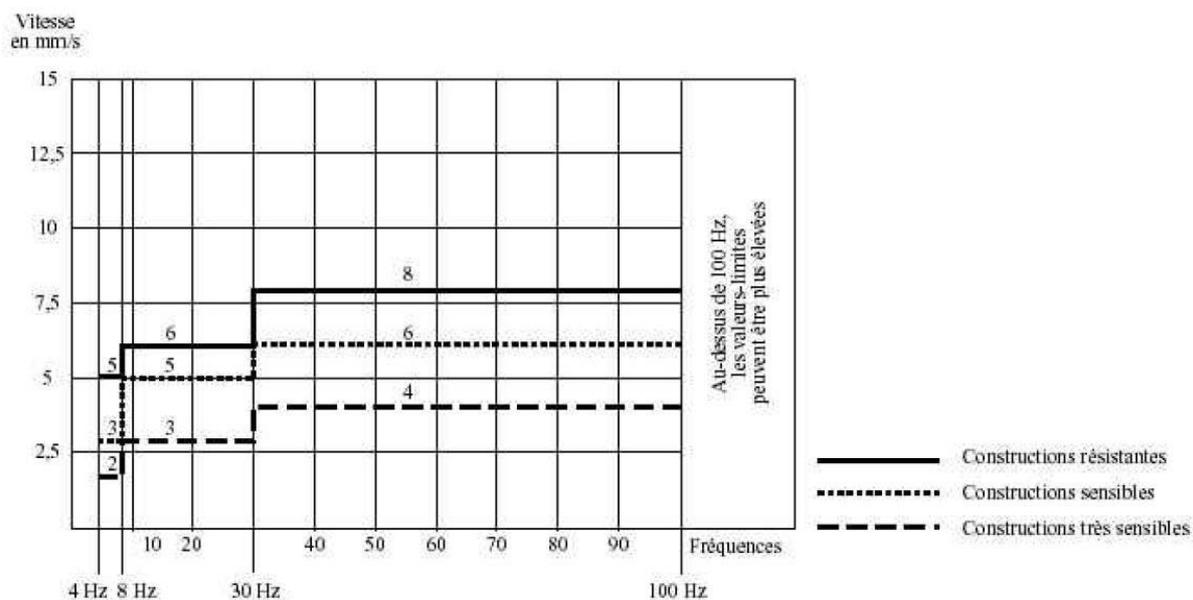
où  $A_{ref} = 1.10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>

### 3.3. Contexte réglementaire et normatif

En l'état, il n'existe pas de textes de loi régissant les seuils de niveaux vibratoires à ne pas dépasser aux abords des infrastructures ferroviaires. Toutefois, les considérations suivantes devront être abordées dans le cadre du présent diagnostic :

#### 3.3.1. Stabilité du bâtiment

L'unique texte actuellement en vigueur est la circulaire du 23 juillet 1986 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement. Il fixe les seuils vibratoires à ne pas dépasser au risque de dommage d'ordre structurel sur les bâtiments.

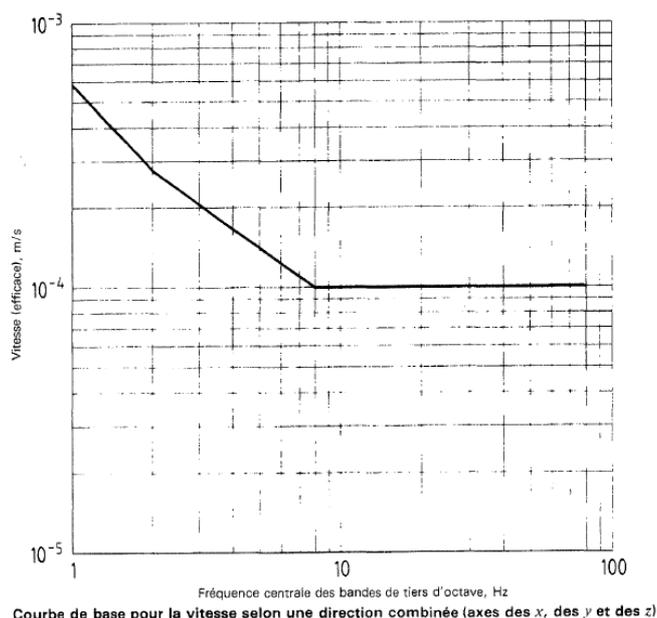


NOTA : les bâtiments du projet sont en catégorie A, constructions résistantes selon la circulaire du 23 juillet 1986.

### 3.3.2. Perception des vibrations par les êtres humains

Il n'existe pas non plus de texte réglementaire sur la perception auditive. Toutefois, l'édition de la Norme ISO 2631-2 datant de 1989 donne des indications sur l'exposition des humains à la perception vibratoire.

Elle fixe les seuils vibratoires à ne pas dépasser au risque de désagréments et/ou plaintes concernant l'interférence avec les activités.



### 3.3.3. Bruit rayonné

Il n'existe pas non plus à ce jour de seuils des niveaux de bruits rayonnés transmis par les parois durant le passage des trains. La référence communément admise se rapporte à la courbe NR qui permet de définir des niveaux d'exigences selon la destination des locaux.

NR 20 – 30	Conditions de séjours, de repos, de sommeil, maisons d'habitation, hôtels, appartements
NR 30 – 35	Bonnes conditions d'écoute, salles de classe, bibliothèque
NR 40 – 45	Bonnes conditions d'écoute, bureaux

## 4 Présentation du projet

Au regard du cahier des charges défini pour cette opération, plusieurs études de faisabilité ESQ ont été soumises. Celle actuellement retenue au stade APD est la suivante :

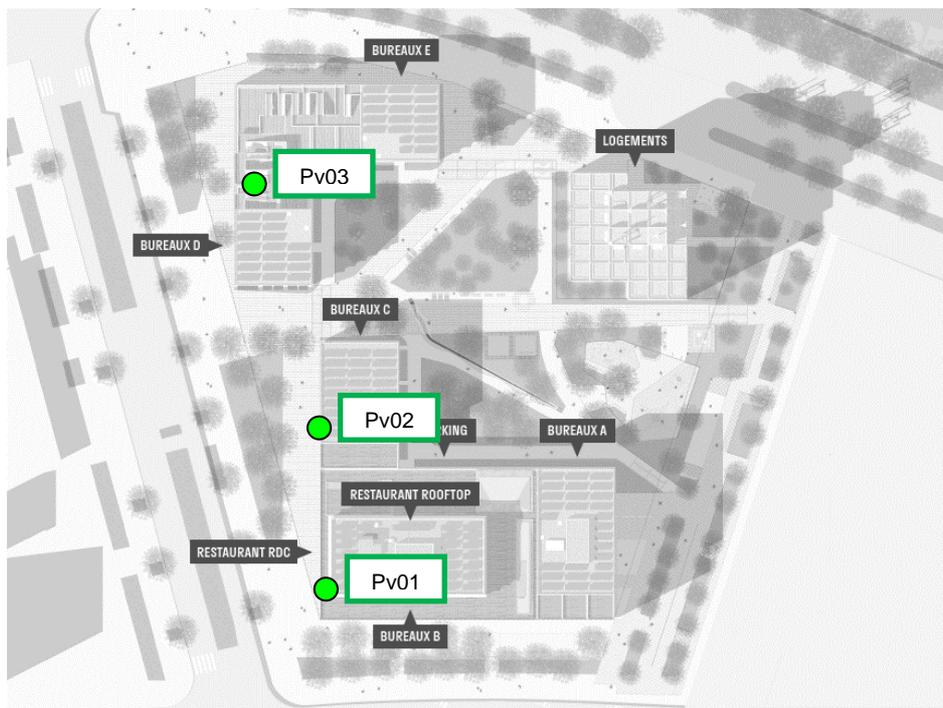
- Création d'un parking silo (PK) de RDC à R+5) surmonté de deux bâtiments de bureaux (A et B) jusqu'à R+9,
- Trois bâtiments de bureaux complètent l'offre tertiaire,
- Un immeuble d'habitation (L) R+17.

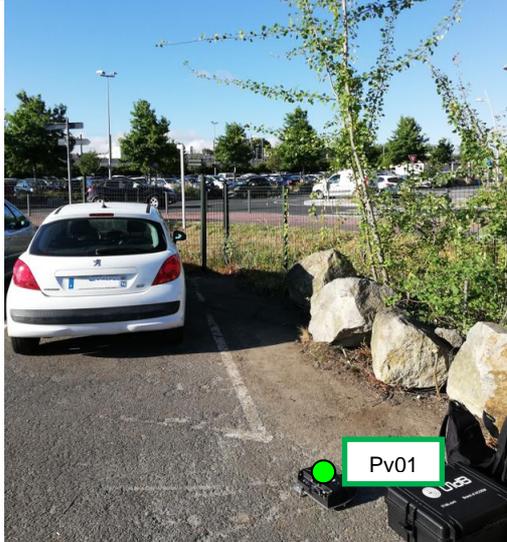


## 5 Mesures vibratoires

### 5.1. Localisation des mesures des niveaux vibratoires

Cette campagne de mesures a été réalisée en 3 points différents, nommés Pv01 à Pv03, comme le montre le schéma ci-après. Les positions ont été sélectionnées afin de vérifier aux droit des futures façades les plus exposées aux passages des trains et/ou tramway puis de mettre en évidence la perte d'amplitude d'énergie vibratoire. Pour chacun des points, au moins 2 passages de trains ont été enregistrés.



<p>Pv 01 sur enrobé</p>	
<p>Pv 02 sur enrobé</p>	
<p>Pv 03 sur enrobé</p>	

## 5.2. Appareils et équipements de mesures vibratoires

Lors de cette campagne de mesures, une station de surveillance de mesure vibratoire ORION de 01dB a été utilisée. Elle est dotée d'accélérateur triaxiale avec niveau à bulle.



## 5.3. Logiciel utilisé

- Logiciel de traitement et d'édition des données dBFa v4.9.1 de 01 dB.

## 5.4. Technique des mesures

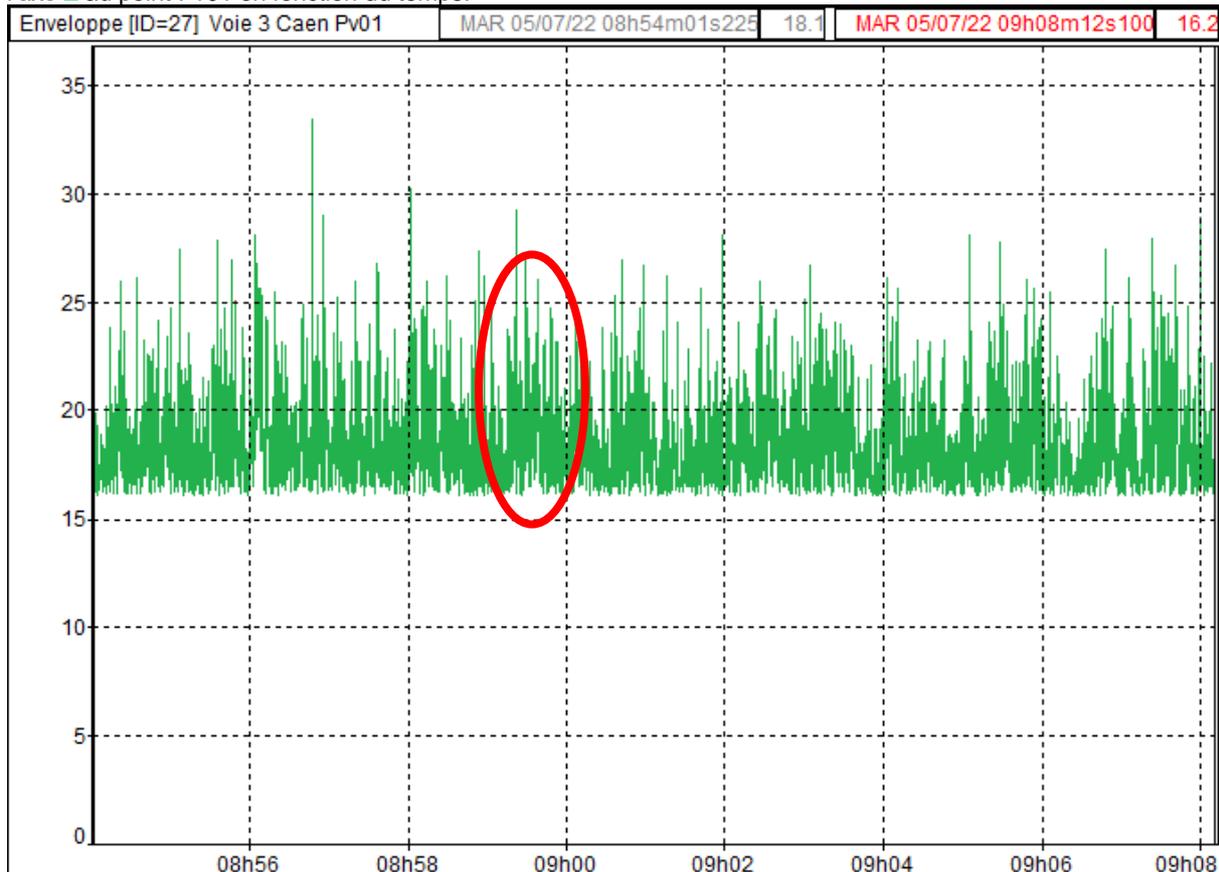
L'évaluation des vibrations repose sur l'acquisition de la vitesse ou de l'accélération le long de trois axes X, Y et Z dans la bande de fréquences 0,4 Hz - 150 ou 500 Hz.

Nota pour la suite de cette étude, l'axe X représente l'axe source-récepteur.

# 6 Résultats des mesures vibratoires

## 6.1. Evolutions temporelles

Après analyse des résultats, l'évolution temporelle ci-après représente le niveau vibratoire relevé sur l'axe Z au point Pv01 en fonction du temps.



Lors du passage d'un train, exemple à 8h59 visible dans le cerclage rouge précédent, il est constaté sur cette évolution temporelle qu'aucun écart entre le niveau de vitesse vibratoire du résiduel (hors train) et l'ambiant (passage du train). Cela préfigure l'absence de phénomène vibratoire lié aux voies ferroviaires. Une évolution fréquentielle est extraite selon les axes X, Y et Z lors de tels événements.

L'ensemble des évolutions temporelles et des spectres associés sont disponibles en annexes.

## 6.2. Niveaux vibratoires

Le tableau ci-après indique les niveaux vibratoires globaux équivalent en dBvitesse ( $V_{ref} = 5.10^{-8}$  m/s) ainsi que leur maximum au cours de la campagne de mesures selon les axes X, Y et Z.

Point	Niveau global - $L_{eq}$	Niveau crête - $L_{eq}$ max
Pv 01	X= 18,4 dB Y= 17,8 dB Z= 18,3 dB	X= 21,7 dB Y= 19,2 dB Z= 22,5 dB
Pv 02	X= 18,9 dB Y= 16,7 dB Z= 19,1 dB	X= 24,8 dB Y= 17,5 dB Z= 22,7 dB
Pv 03	X= 17,4 dB Y= 17,5 dB Z= -- dB	X= 19,7 dB Y= 20,8 dB Z= -- dB

Il est constaté que certains points sont plus impactés que d'autres. Cela provient principalement de la différence de topologie et de localisation des points de mesure.

## 6.3. Perception des vibrations sur la stabilité du bâtiment – Circulaire du 23 juillet 1986

La circulaire du 23 juillet 1986 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement définit des valeurs limites de la vitesse particulière en fonction de la fréquence observée.

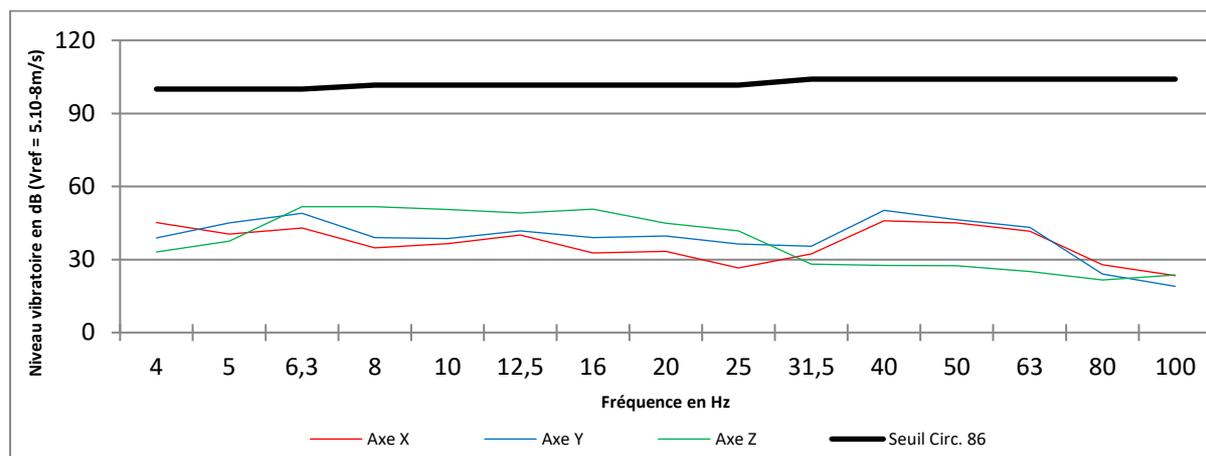
Pour une construction dite résistante, sur une échelle de très sensibles à résistantes, les valeurs données pour une vibration continues ou assimilées sont les suivantes :

Fréquence en Hz	Valeurs limites de la vitesse en m/s	Valeurs limites associé du niveau vibratoire en dB ( $V_{ref} = 5.10^{-8}$ m/s)
4	0,005	100,00
5	0,005	100,00
6,3	0,005	100,00
8	0,006	101,58
10	0,006	101,58
12,5	0,006	101,58
16	0,006	101,58
20	0,006	101,58
25	0,006	101,58
31,5	0,008	104,08

40	0,008	104,08
50	0,008	104,08
63	0,008	104,08
80	0,008	104,08
100	0,008	104,08

Ces valeurs limites sont valables pour chacune des trois composantes du mouvement.

Dans le cas le plus pénalisant, Pv03, voici l'évolution fréquentielle des vibrations maximum relevées lors de l'ensemble de la mesure selon les axes X, Y et Z.



L'ensemble des évolutions temporelles et des spectres associés sont disponibles en annexes.

**Commentaire : comme constaté sur le graphique précédent et en l'état actuel des mouvements de trains en date de mesures mentionnées dans le présent rapport, les niveaux vibratoires mesurés dans les trois directions ne semblent pas représenter de risque de dommage structurel pour le projet.**

#### 6.4. Perception des vibrations par l'être humain – Norme ISO 2631-2 de 1989

La norme internationale ISO 2631-2 Vibrations et chocs mécaniques – Évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps – Partie 2 : Vibrations dans les bâtiments (1 Hz à 80 Hz) définit quant à elle, les courbes de base représentant les amplitudes de réponses humaines du point de vue des désagréments et/ou plaintes concernant l'interférence avec les activités.

Les valeurs limites sont les suivantes :

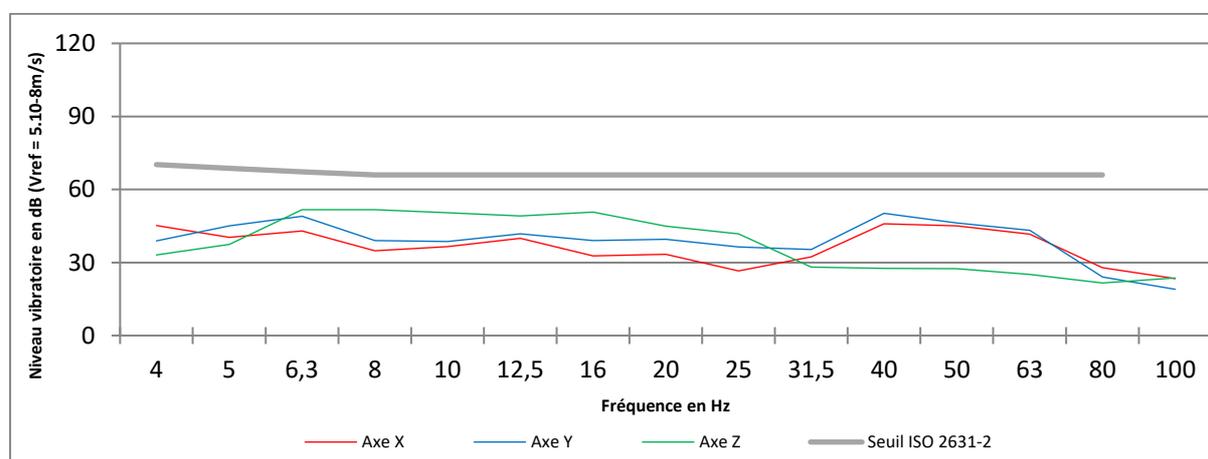
Fréquence en Hz	Valeurs limites de la vitesse en m/s	Valeurs limites associées du niveau vibratoire en dB ( $V_{ref} = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s)
4	0,000162	70,21
5	0,000136	68,69
6,3	0,000116	67,31
8	0,0000995	65,98
10	0,0000995	65,98
12,5	0,0000995	65,98
16	0,0000995	65,98
20	0,0000995	65,98

25	0,0000995	65,98
31,5	0,0000995	65,98
40	0,0000995	65,98
50	0,0000995	65,98
63	0,0000995	65,98
80	0,0000995	65,98

Nota : pour tenir compte des différentes activités praticables dans un bâtiment, une gamme de facteurs multiplicateurs peut être appliquée. C'est ainsi que pour une résidence, un facteur multiplicateur de 1,4 peut être appliqué quand pour des locaux de type bureau/enseignement, un facteur multiplicateur de 4 serait applicable.

Ces valeurs limites sont valables pour chacune des trois composantes du mouvement.

De même que précédemment dans le cas le plus pénalisant, Pv03, voici l'évolution fréquentielle des vibrations maximum relevées lors de l'ensemble de la mesure selon les axes X, Y et Z.



L'ensemble des évolutions temporelles et des spectres associés sont disponibles en annexes.

**Commentaire : comme constaté sur le graphique précédent, les niveaux fréquentiels vibratoires maximum relevés sur l'ensemble de la mesure en l'état actuel des mouvements de trains en dates de mesures mentionnées dans le présent rapport (lors de passages de trains, de voitures, de tramway...) ne devraient pas être ressentis comme perturbateurs pour l'usage des bâtiments.**

## 6.5. Niveaux rayonnés

Le projet comporte trois catégories distinctes :

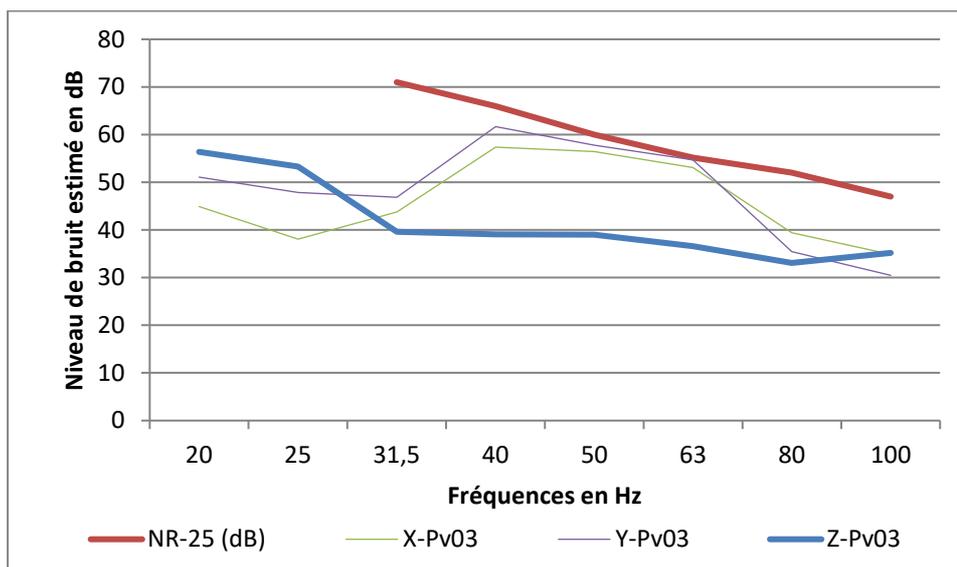
- Bâtiments A, B, C, D et E : construction de bâtiments de bureaux,
- Bâtiment L : construction d'un immeuble de logements,
- Bâtiments Pk : construction d'un parking.

### 6.5.1 Objectif de niveau sonore pour les logements

Dans les logements, nous proposons que les niveaux sonores rayonnés restent inférieurs à la courbe NR 25.

Le tableau ci-après donne les niveaux sonores estimés dans les logements selon le gabarit des maximums fréquentiels des excitations vibratoires relevées lors du point PV03:

Signal utilisé	Niveau de bruit estimé dans les logements	Cohérence avec l'objectif proposé
Pv03 – axe X	Lp régénéré sur les maximums fréquentiels : 61,0dB	Cohérent
Pv03 – axe Y	Lp régénéré sur les maximums fréquentiels : 64,2dB	Cohérent
Pv03 – axe Z	Lp régénéré sur les maximums fréquentiels : 58,3dB	Cohérent



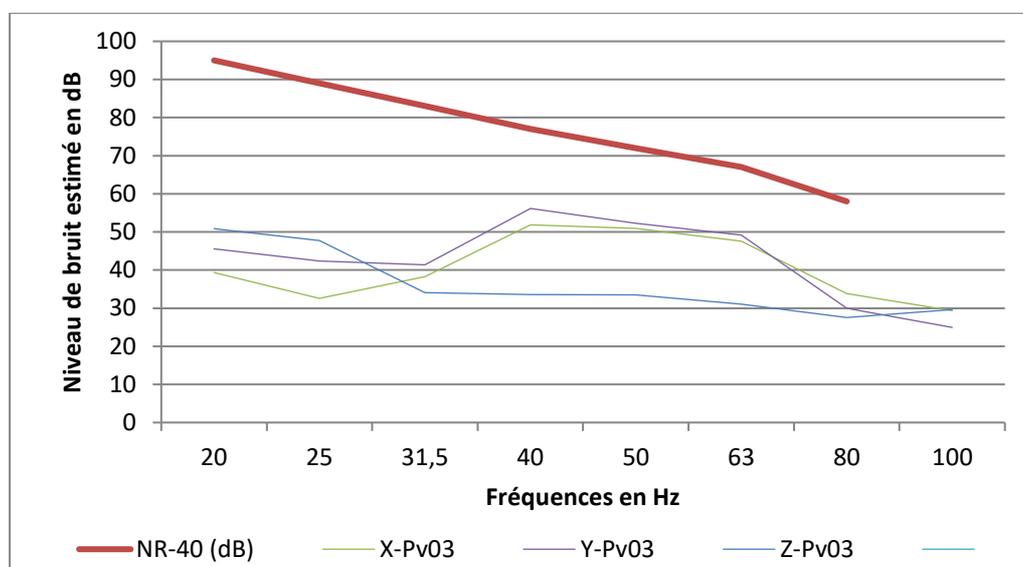
**Commentaire : les niveaux de bruits estimés par rapport aux maximums fréquentiels aux points Pv03 restent inférieurs aux objectifs proposés et par conséquent sont cohérents.**

#### 6.5.2 Objectif de niveau sonore pour les bureaux

Dans les bureaux, nous proposons que les niveaux sonores rayonnés restent inférieurs à la courbe NR 40.

Le tableau ci-après donne les niveaux sonores estimés dans les bureaux (bâtiment C choisi selon ces dimensions) selon le gabarit des maximums fréquentiels des excitations vibratoires relevées lors du point PV03:

Signal utilisé	Niveau de bruit estimé dans les logements	Cohérence avec l'objectif proposé
Pv03 – axe X	Lp régénéré sur les maximums fréquentiels : 55,5dB	Cohérent
Pv03 – axe Y	Lp régénéré sur les maximums fréquentiels : 58,6dB	Cohérent
Pv03 – axe Z	Lp régénéré sur les maximums fréquentiels : 52,8dB	Cohérent



**Commentaire :** les niveaux de bruits estimés par rapport aux maximums fréquentiels aux points Pv03 sont inférieurs aux objectifs proposés. Par ailleurs, s'agissant des maximums fréquentiels et non de la réponse en fréquence d'une excitation, les objectifs proposés sont par conséquent cohérents.

## 7 Interprétation des résultats

Selon les précédents résultats, il est constaté que les vibrations relevées sur site ne semblent pas représenter de risque de dommage structurel pour le projet, et ne devraient pas être ressenties comme perturbatrices pour l'usage des bâtiments.

Néanmoins, le bruit rayonné perçu dans les locaux, sous les hypothèses NR, sont proches des objectifs.

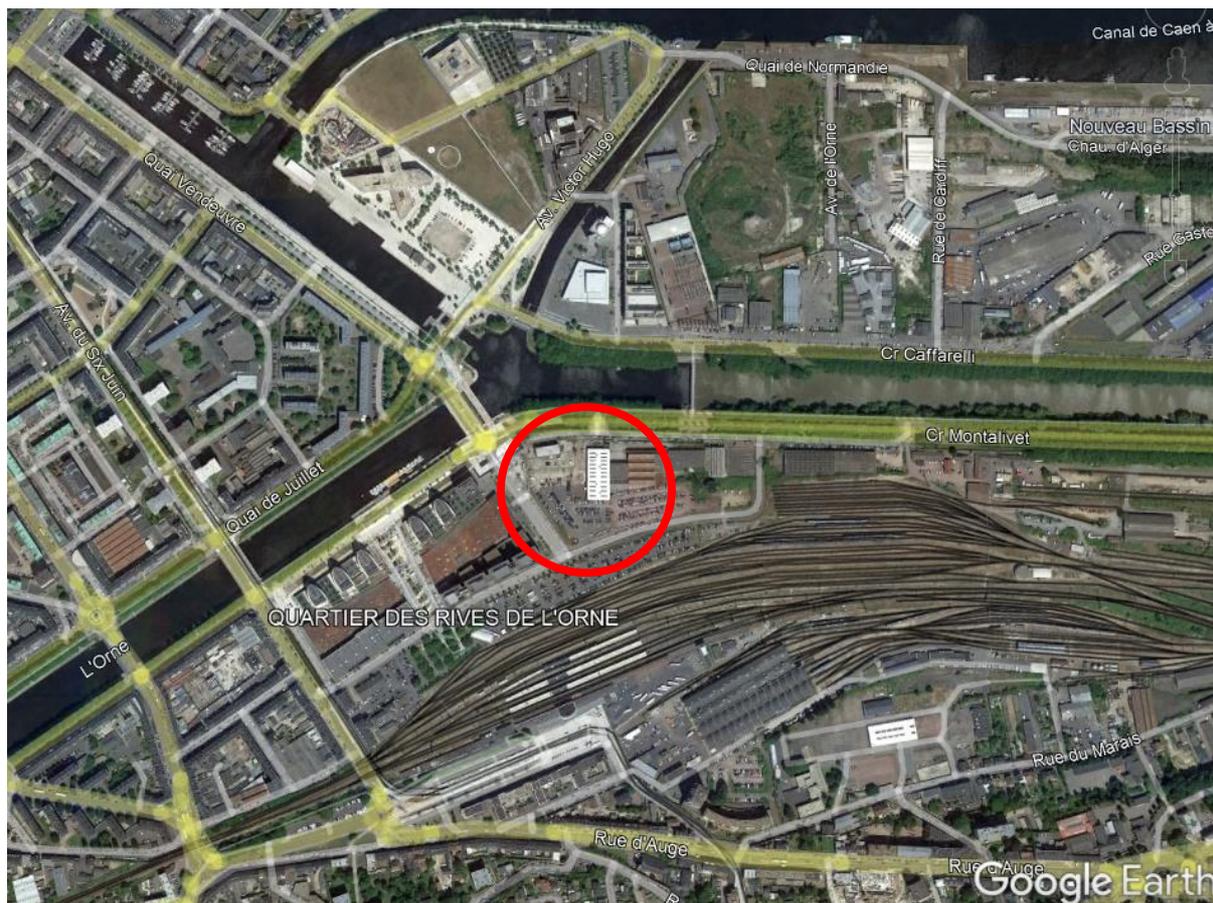
Par ailleurs, les mesures ont été réalisées sur un enrobé de parking. Or, la rigidité des supports agissant sur la dissipation des vibrations dans les sols, en basses et moyennes fréquences, les passages de trains ou tramway qui génèrent des vibrations en profondeur sont moins perceptibles.

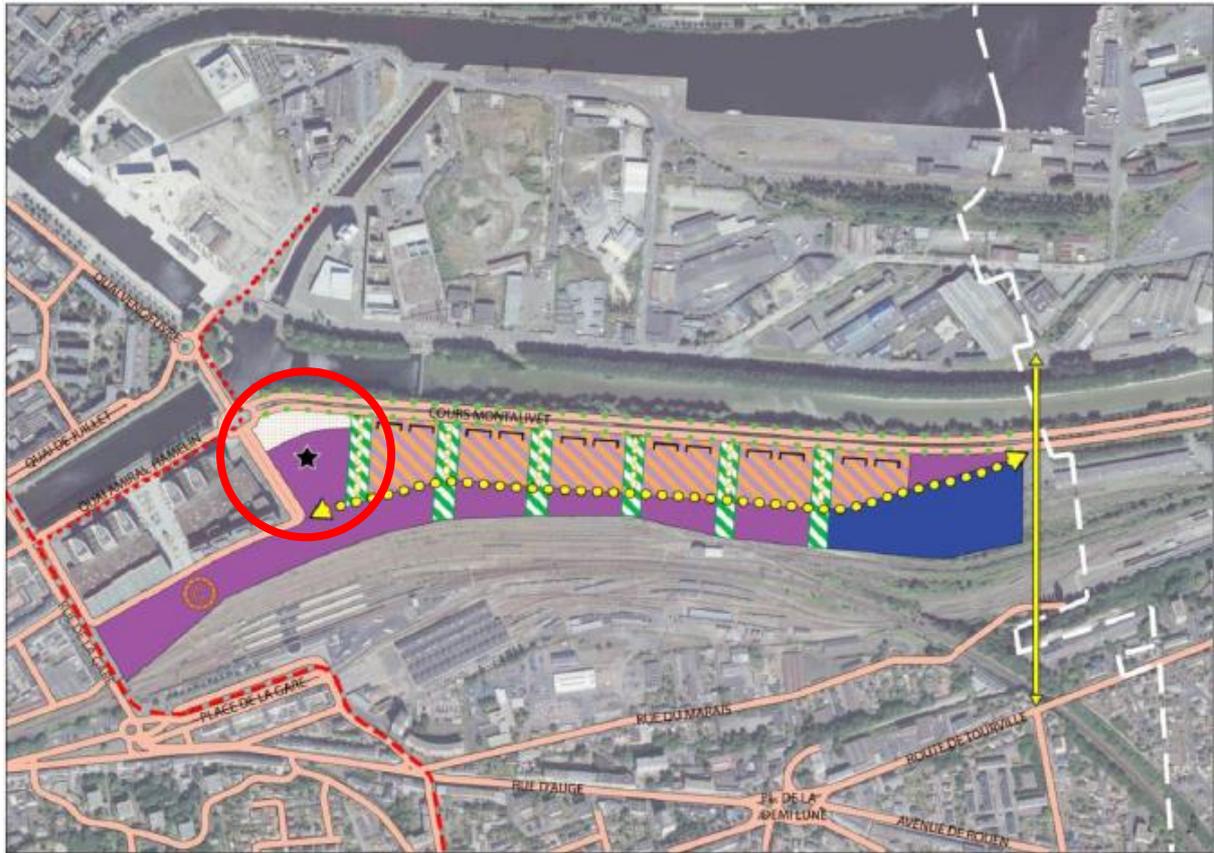
Actuellement, aucun dispositif anti vibratile n'est nécessaire aux regard des excitations relevées (hors bâtiments A et B vis-à-vis des vibrations provenant du bâtiment parking).

Il est néanmoins conseillé une nouvelle campagne de mesures vibratoires en têtes de pieux une fois les fondations réalisées afin de capter les réelles accélérations vibratoires auxquelles les bâtiments seront soumis, ce qui serait plus représentatif de la réalité des éventuels phénomènes vibratoires..

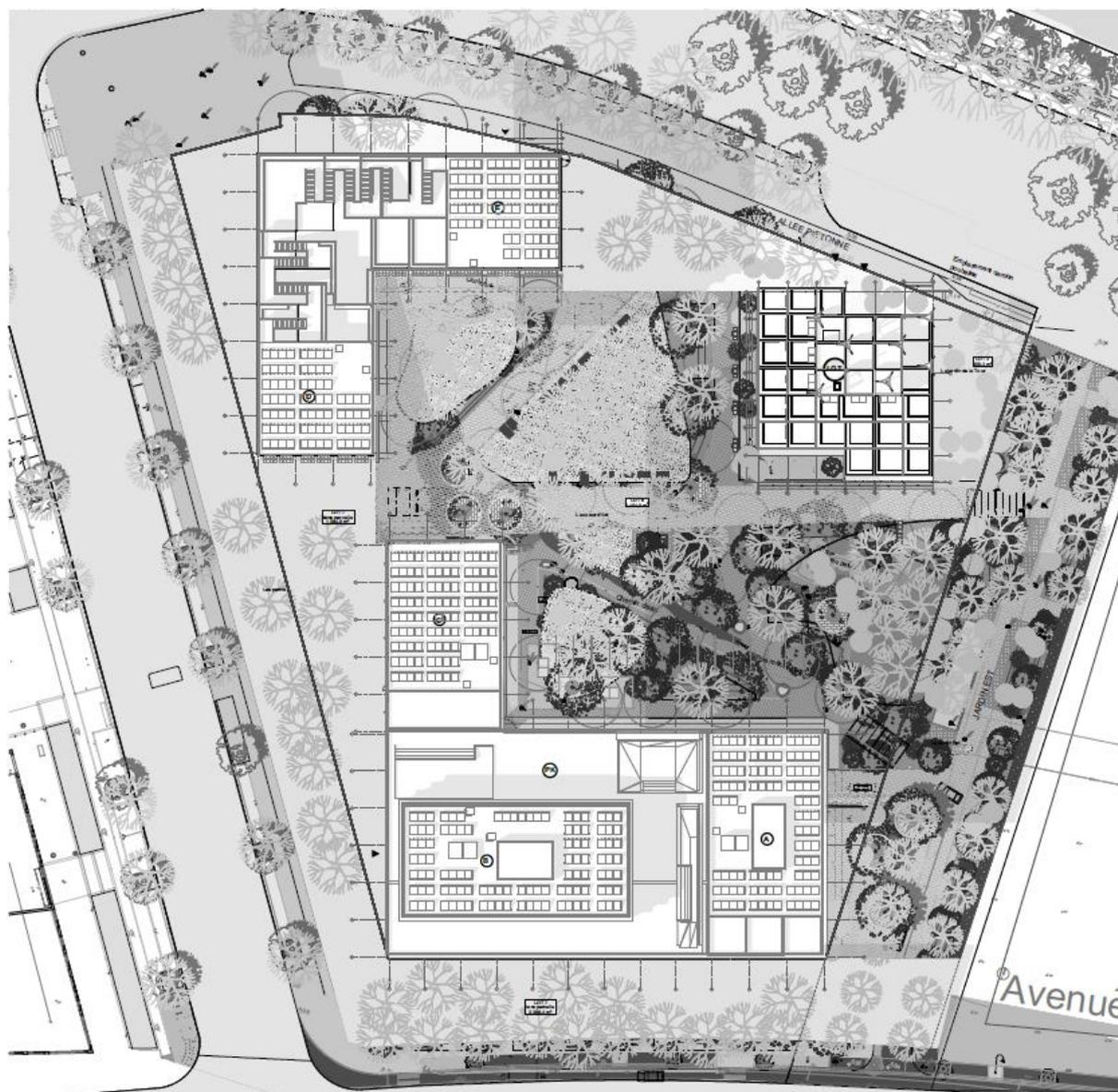
## Annexe [1] : Localisation du site

ZAC Montalivet - Ensemble immobilier mixte « Les Cascades ».





Extrait du cahier des charges du programme

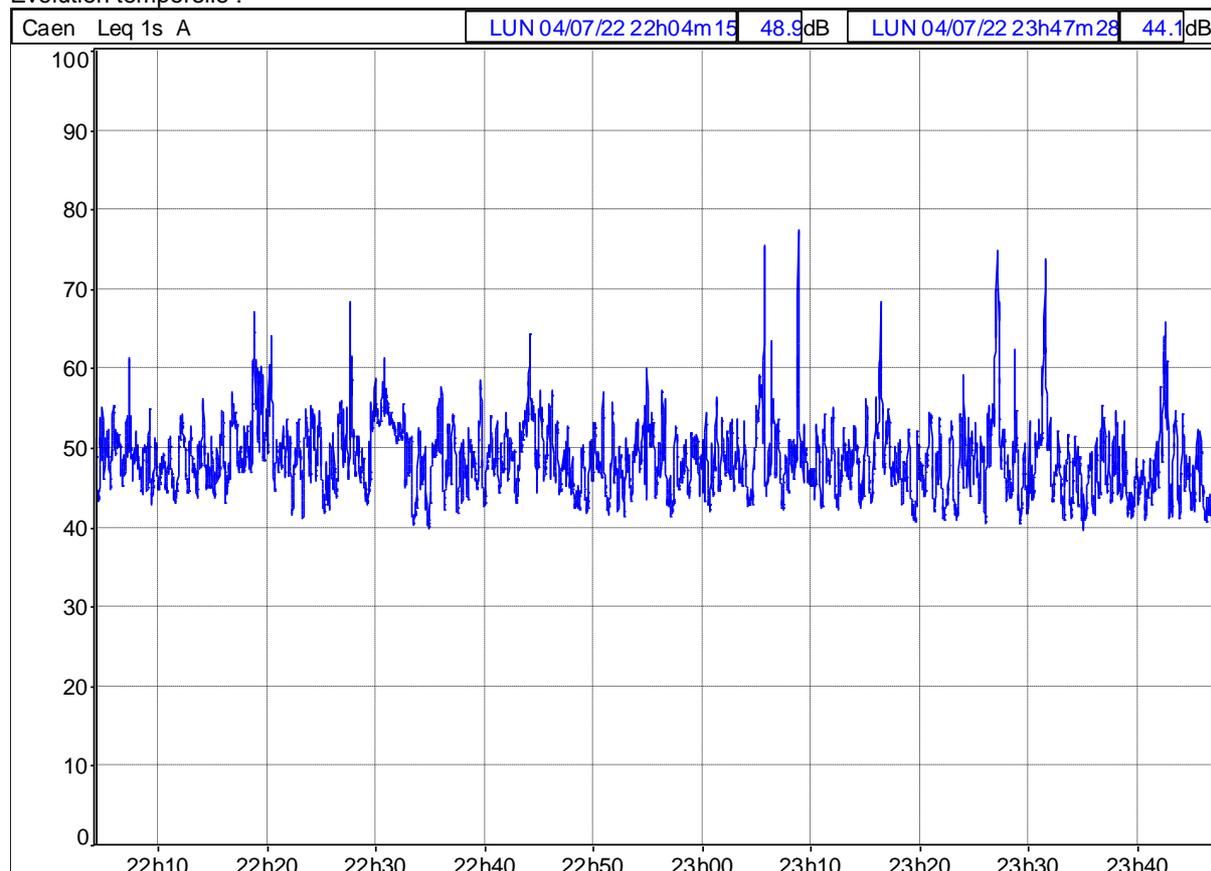


Extrait du plan masse APD\_ind1



2 Point 0 - Période nocturne

Évolution temporelle :

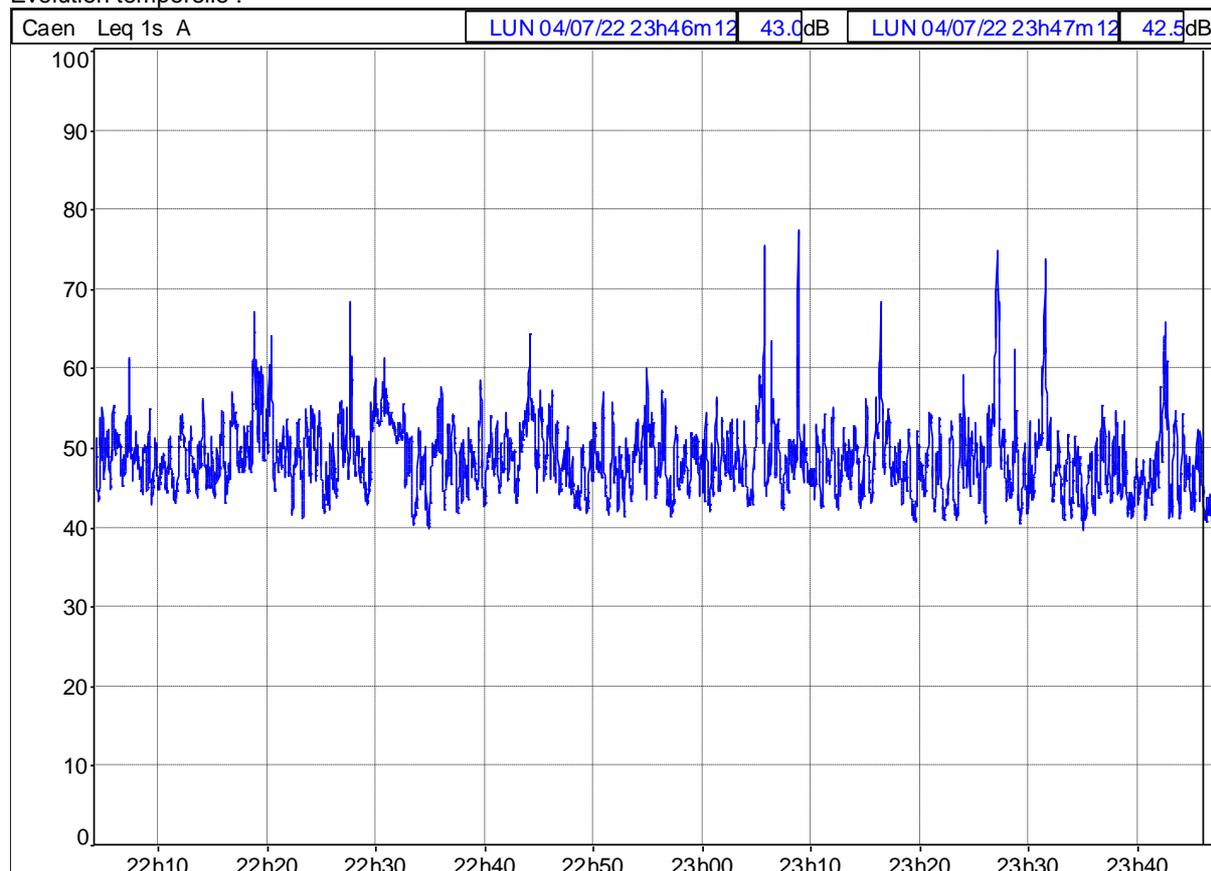


Niveaux de LAeq, listage du spectre et indices statistiques :

Fichier	220704_Pt0_nocturne_CAEN.CMG										
Début	04/07/22 22:04:15										
Fin	04/07/22 23:47:29										
Voie	Type	Pond.	Unité	Leq	Lmin	Lmax	L99	L95	L90	L50	L10
Caen	Leq	A	dB	53,1	39,7	77,3	41,0	42,3	43,3	48,0	53,6
Caen	Oct 63Hz	Lin	dB	62,5	51,0	82,6	53,2	55,1	56,1	60,2	64,9
Caen	Oct 125Hz	Lin	dB	61,0	46,1	85,2	47,5	48,3	48,8	51,2	58,7
Caen	Oct 250Hz	Lin	dB	56,9	40,2	82,9	41,3	42,6	43,4	47,1	53,0
Caen	Oct 500Hz	Lin	dB	48,7	33,7	76,4	35,2	36,5	37,3	41,0	46,8
Caen	Oct 1kHz	Lin	dB	46,2	33,0	65,0	35,1	37,1	38,1	43,7	49,0
Caen	Oct 2kHz	Lin	dB	43,8	28,3	62,6	31,5	33,2	34,6	40,9	46,8
Caen	Oct 4kHz	Lin	dB	35,6	22,2	58,7	24,3	25,8	26,7	31,2	37,1
Caen	Oct 8kHz	Lin	dB	23,4	13,0	50,6	13,7	14,3	14,7	17,3	23,7

### 3 Point 0 - Période nocturne - minute la plus calme

Évolution temporelle :

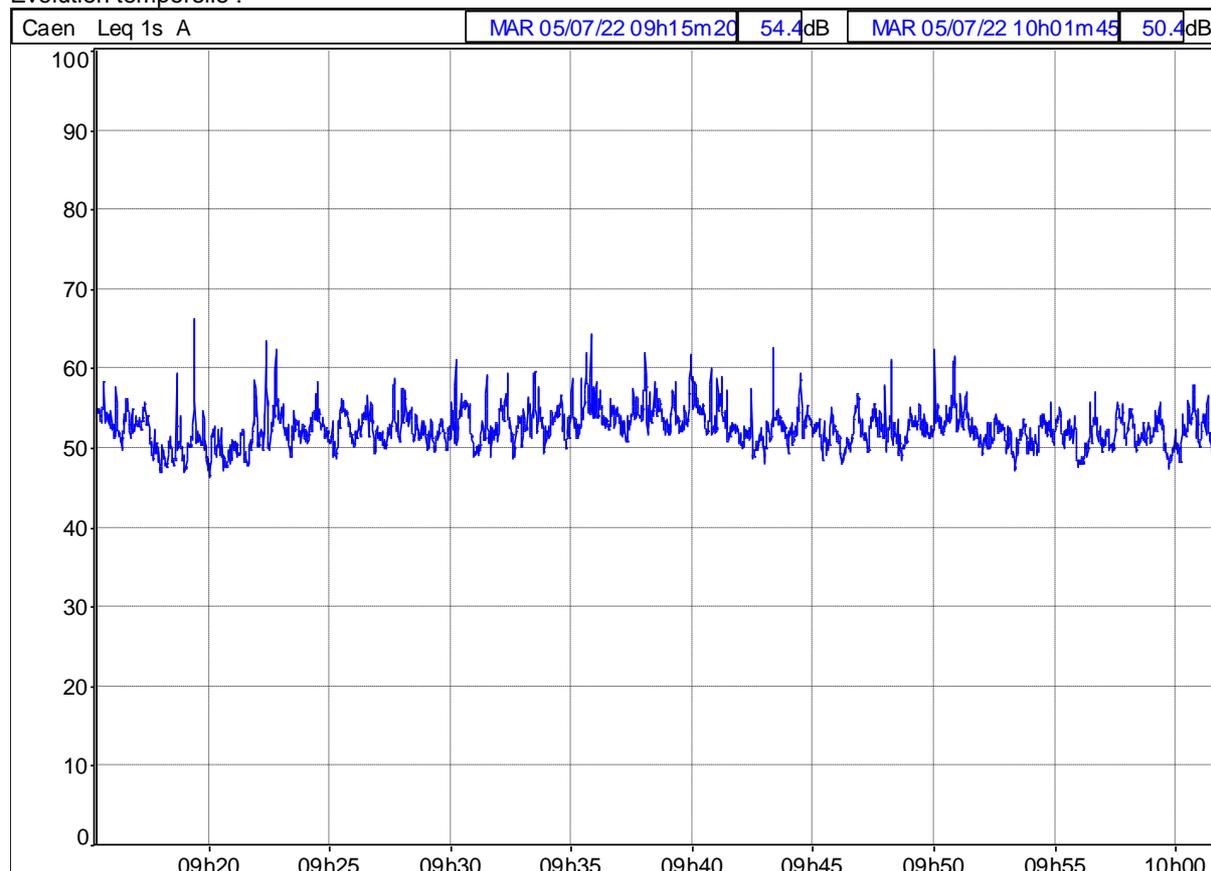


Niveaux de LAeq, listage du spectre et indices statistiques :

Fichier	220704_Pt0_nocturne_CAEN.CMG										
Début	04/07/22 23:46:12										
Fin	04/07/22 23:47:12										
Voie	Type	Pond.	Unité	Leq	Lmin	Lmax	L99	L95	L90	L50	L10
Caen	Leq	A	dB	41,9	40,5	44,8	40,4	40,5	40,9	41,6	42,8
Caen	Oct 63Hz	Lin	dB	59,6	56,0	63,1	55,8	57,3	57,5	59,2	61,0
Caen	Oct 125Hz	Lin	dB	48,6	46,2	51,7	46,1	47,2	47,5	48,1	49,4
Caen	Oct 250Hz	Lin	dB	42,7	40,6	45,0	40,5	41,0	41,3	42,7	43,6
Caen	Oct 500Hz	Lin	dB	37,0	34,5	41,3	34,4	34,9	35,1	36,7	38,6
Caen	Oct 1kHz	Lin	dB	36,9	34,4	41,4	34,3	34,7	34,7	36,4	38,2
Caen	Oct 2kHz	Lin	dB	33,2	29,8	36,3	29,7	30,5	31,1	33,1	34,9
Caen	Oct 4kHz	Lin	dB	26,2	24,1	29,1	23,9	24,1	24,5	25,7	27,9
Caen	Oct 8kHz	Lin	dB	16,3	13,5	26,2	13,4	13,7	13,9	14,7	18,3

4 Point 2 - Période diurne

Évolution temporelle :

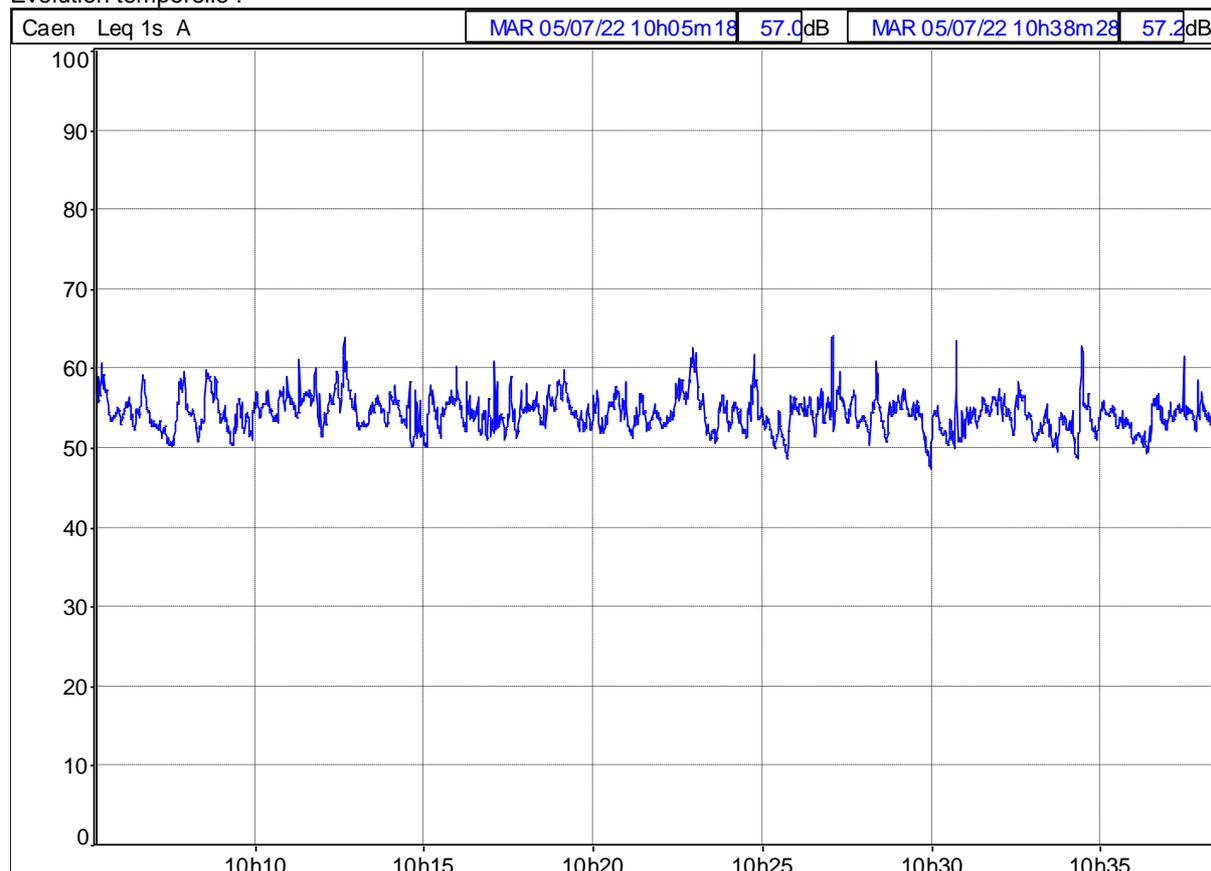


Niveaux de LAeq, listage du spectre et indices statistiques :

Fichier	220705_Pt2_CAEN.CMG										
Début	05/07/22 09:15:20										
Fin	05/07/22 10:01:46										
Voie	Type	Pond.	Unité	Leq	Lmin	Lmax	L99	L95	L90	L50	L10
Caen	Leq	A	dB	53,2	46,2	66,1	47,5	48,8	49,6	52,2	55,0
Caen	Oct 63Hz	Lin	dB	66,3	57,2	74,8	59,3	61,1	62,0	65,4	69,0
Caen	Oct 125Hz	Lin	dB	57,0	48,7	72,5	50,5	51,6	52,4	55,3	58,9
Caen	Oct 250Hz	Lin	dB	52,8	45,0	68,3	46,4	47,7	48,5	51,4	54,7
Caen	Oct 500Hz	Lin	dB	49,1	40,9	68,9	42,4	43,8	44,6	47,6	51,0
Caen	Oct 1kHz	Lin	dB	48,4	41,1	64,9	42,4	43,8	44,7	47,5	50,4
Caen	Oct 2kHz	Lin	dB	45,5	37,3	57,7	39,0	40,5	41,5	44,5	47,5
Caen	Oct 4kHz	Lin	dB	38,4	28,3	54,6	30,6	32,1	33,0	36,3	40,3
Caen	Oct 8kHz	Lin	dB	29,4	16,7	51,0	18,0	19,7	20,7	24,7	30,9

5 Point 3 - Période diurne

Évolution temporelle :

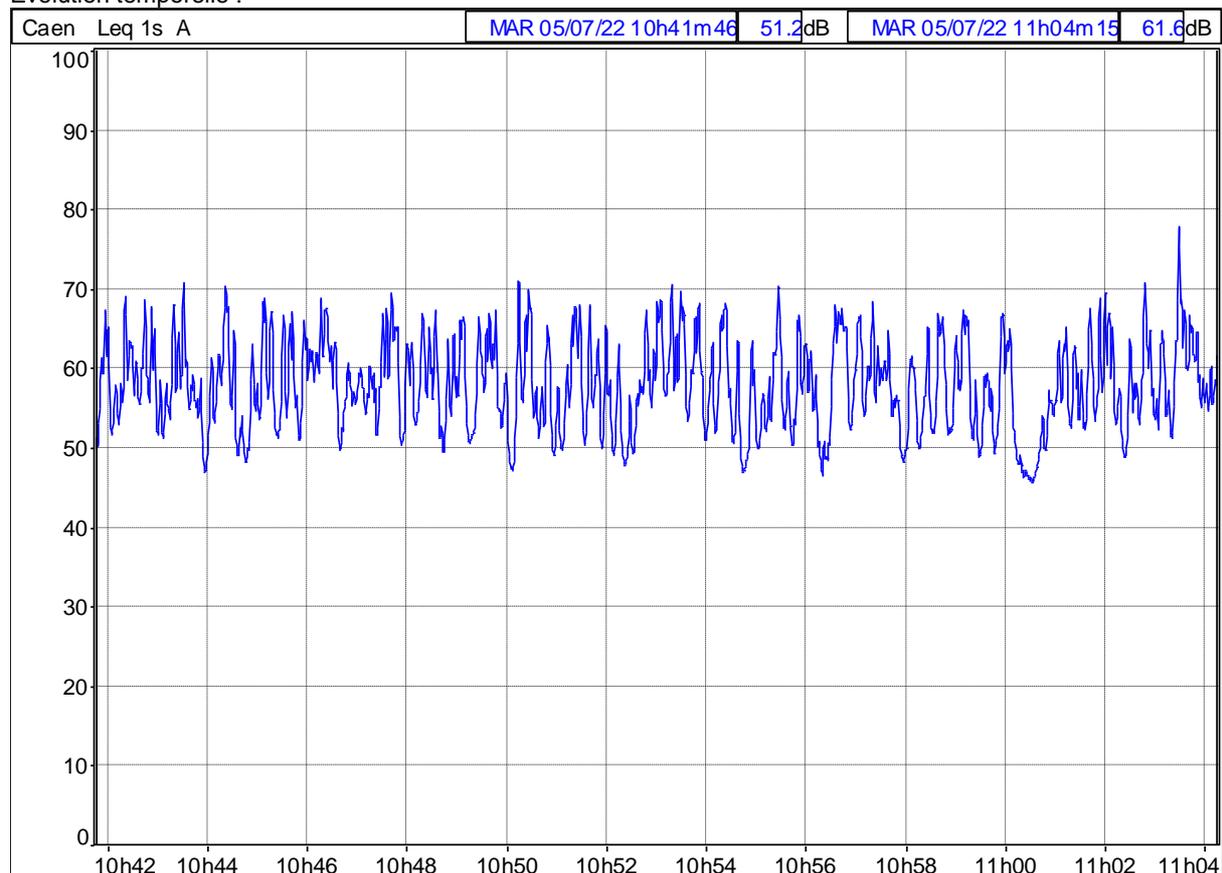


Niveaux de LAeq, listage du spectre et indices statistiques :

Fichier	220705_Pt3_CAEN.CMG										
Début	05/07/22 10:05:18										
Fin	05/07/22 10:38:29										
Voie	Type	Pond.	Unité	Leq	Lmin	Lmax	L99	L95	L90	L50	L10
Caen	Leq	A	dB	54,9	47,4	64,0	49,4	50,8	51,5	54,2	56,8
Caen	Oct 63Hz	Lin	dB	67,3	59,1	76,2	61,5	63,0	63,8	66,7	69,3
Caen	Oct 125Hz	Lin	dB	60,0	52,7	80,3	53,3	54,3	55,0	57,7	62,0
Caen	Oct 250Hz	Lin	dB	54,3	46,1	67,2	47,7	49,5	50,3	52,9	56,4
Caen	Oct 500Hz	Lin	dB	49,3	40,7	61,3	43,3	45,0	45,7	48,2	51,3
Caen	Oct 1kHz	Lin	dB	50,3	43,4	58,5	44,9	46,1	47,0	49,8	52,2
Caen	Oct 2kHz	Lin	dB	47,6	39,4	58,1	41,6	42,9	43,8	46,8	49,8
Caen	Oct 4kHz	Lin	dB	42,3	30,2	61,5	32,7	34,6	35,8	40,1	44,3
Caen	Oct 8kHz	Lin	dB	34,5	17,4	59,2	20,9	23,4	24,8	29,9	35,7

6 Point 4 - Période diurne

Évolution temporelle :



Niveaux de LAeq, listage du spectre et indices statistiques :

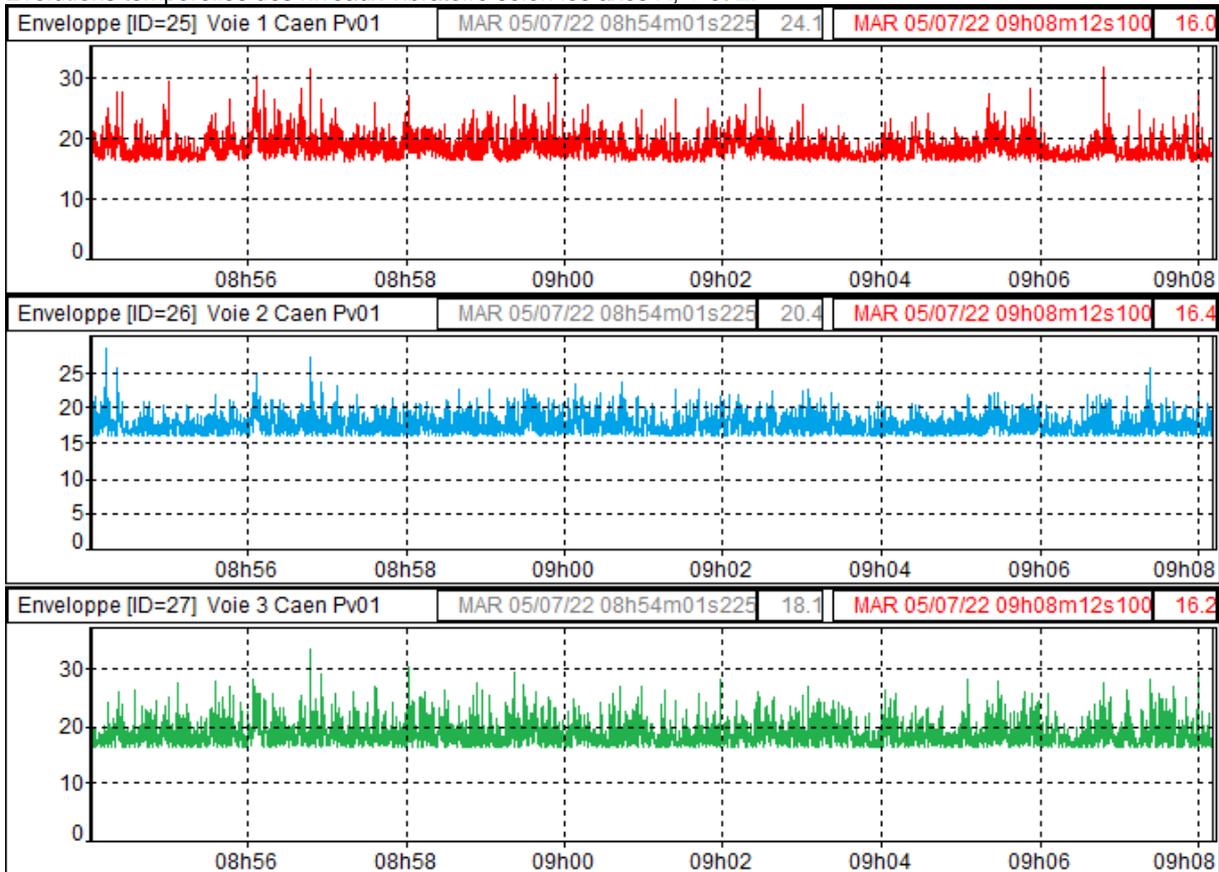
Fichier	220705_Pt4_CAEN.CMG										
Début	05/07/22 10:41:46										
Fin	05/07/22 11:04:16										
Voie	Type	Pond.	Unité	Leq	Lmin	Lmax	L99	L95	L90	L50	L10
Caen	Leq	A	dB	61,5	45,7	77,7	46,7	48,9	50,2	57,5	65,9
Caen	Oct 63Hz	Lin	dB	67,2	59,5	79,8	60,4	62,0	62,8	66,1	69,6
Caen	Oct 125Hz	Lin	dB	58,6	49,6	72,6	50,6	51,9	52,8	56,8	61,1
Caen	Oct 250Hz	Lin	dB	53,9	41,7	73,5	43,2	44,3	45,4	50,8	56,7
Caen	Oct 500Hz	Lin	dB	54,7	40,1	69,0	41,3	42,4	43,5	50,6	58,8
Caen	Oct 1kHz	Lin	dB	58,6	40,9	73,8	42,1	45,0	46,5	54,5	63,0
Caen	Oct 2kHz	Lin	dB	55,0	37,0	72,6	38,4	41,0	43,4	50,6	59,4
Caen	Oct 4kHz	Lin	dB	46,6	27,9	66,4	28,8	31,2	33,2	40,3	50,5
Caen	Oct 8kHz	Lin	dB	37,5	15,2	58,5	17,2	19,0	21,0	28,9	40,0

**Annexe [3] : Mesures vibratoires - Evolutions temporelles et spectres des niveaux**

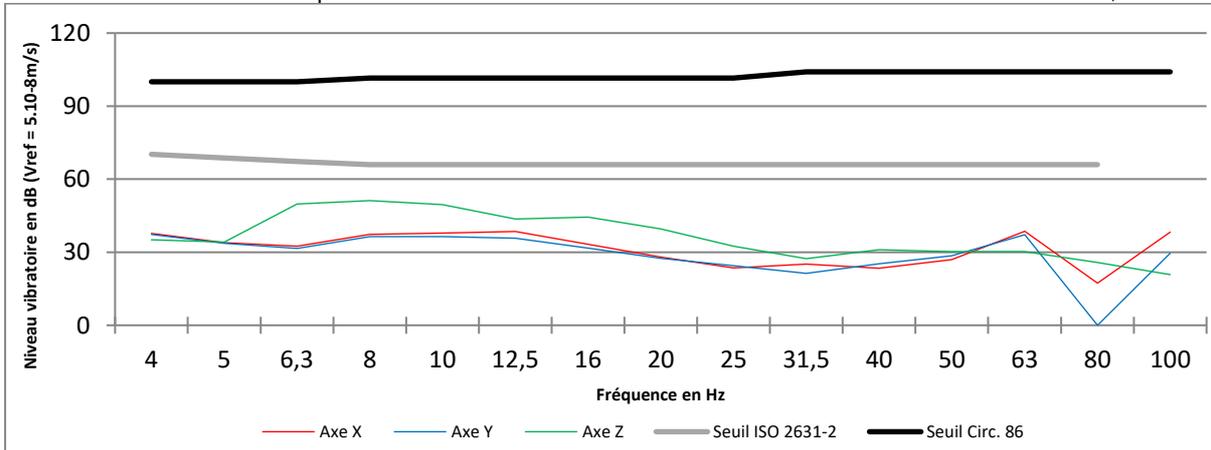
1 Mesure vibratoire – Pv 01



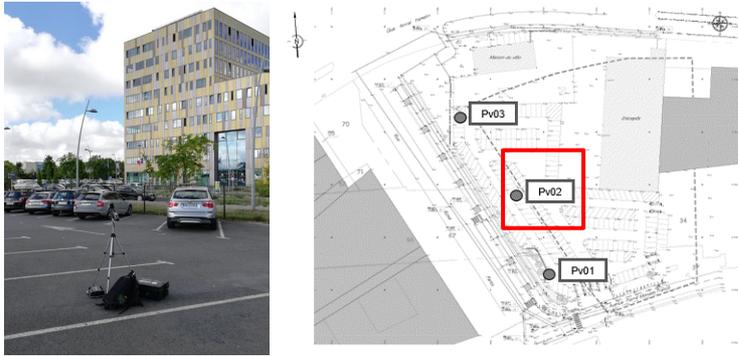
Evolutions temporelles des niveaux vibratoire selon les axes X, Y et Z.



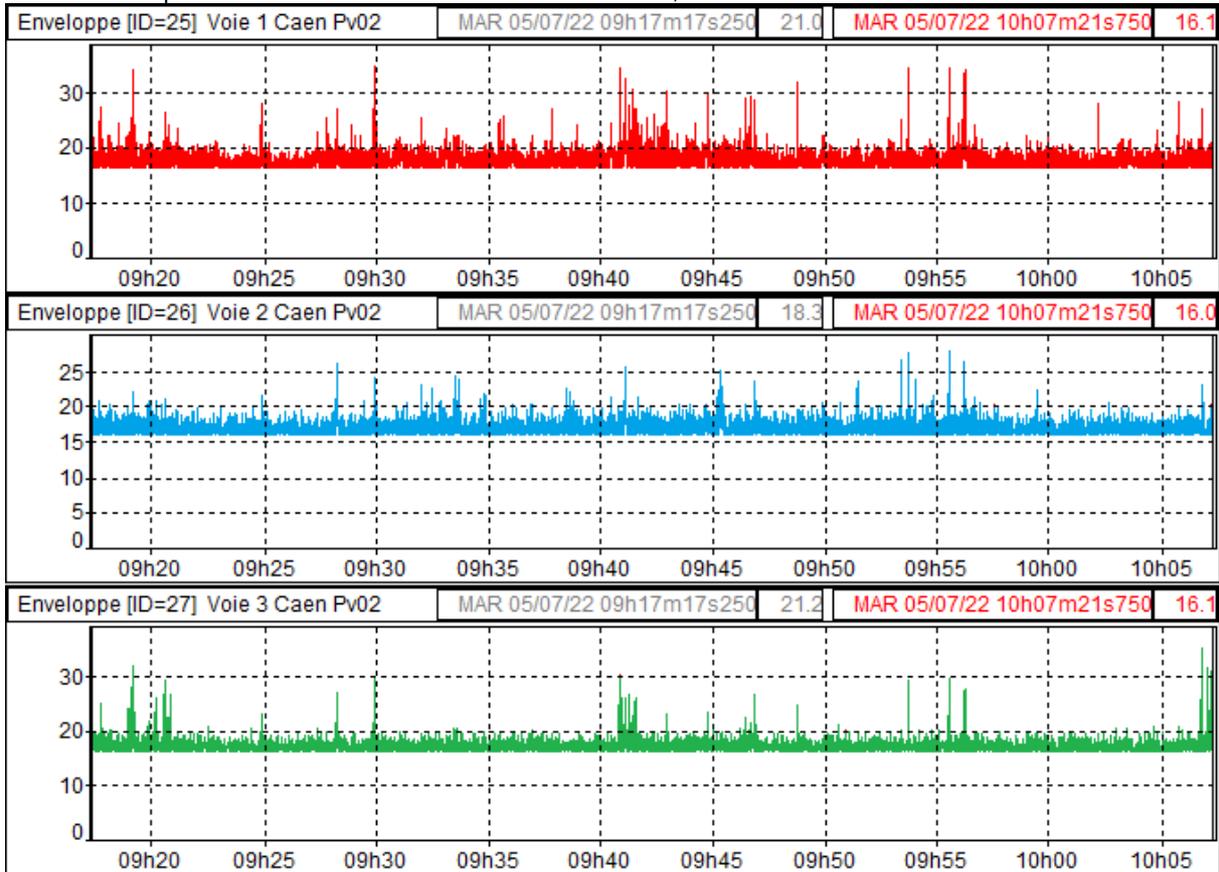
Evolution des maximums fréquentielles des vibrations lors de l'ensemble de la mesure selon les axes X, Y et Z.



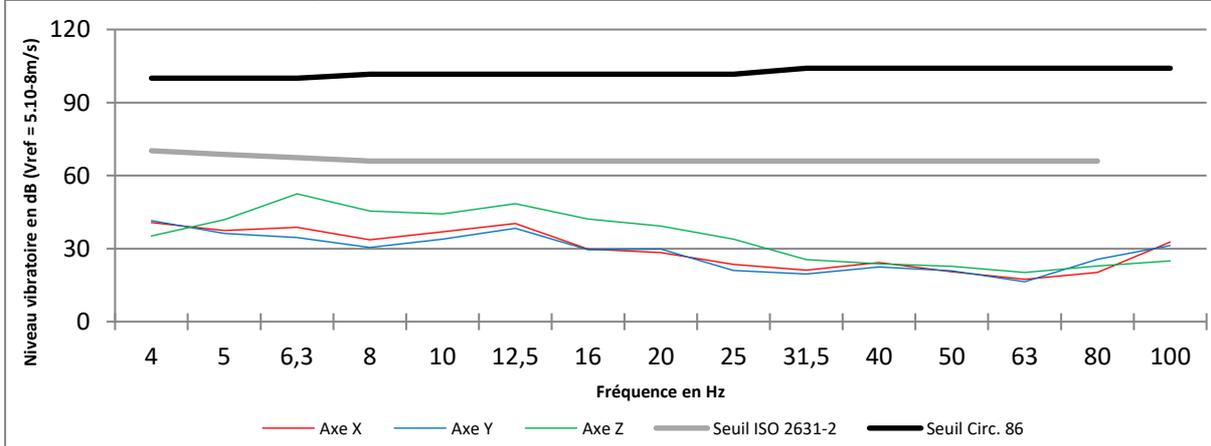
2 Mesure vibratoire – Pv 02



Evolutions temporelles des niveaux vibratoire selon les axes X, Y et Z.



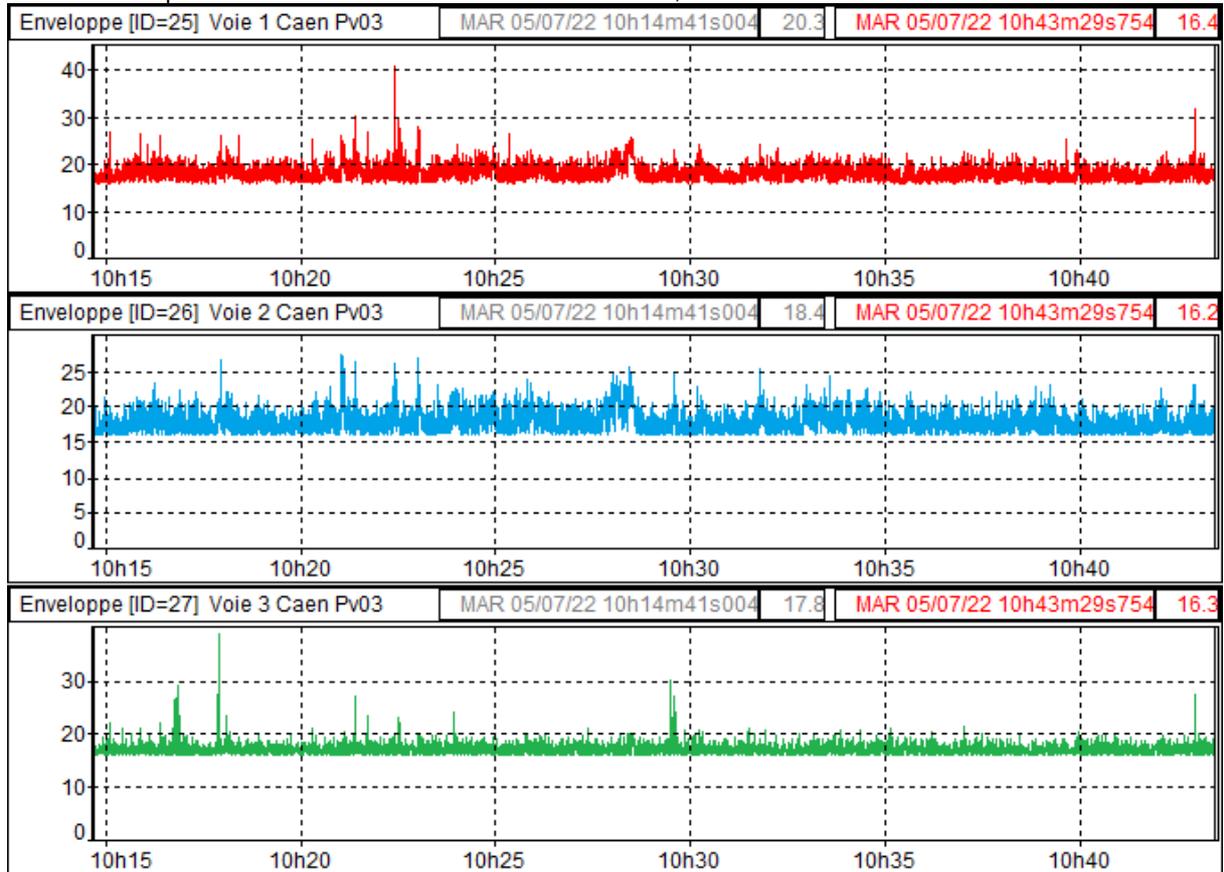
Evolution des maximums fréquentielles des vibrations lors de l'ensemble de la mesure selon les axes X, Y et Z.



### 3 Mesure vibratoire – Pv 03



Evolutions temporelles des niveaux vibratoire selon les axes X, Y et Z.



Evolution des maximums fréquentielles des vibrations lors de l'ensemble de la mesure selon les axes X, Y et Z.

