

## Etude vibratoire

---

**Maître d'ouvrage :** ALTAREA COGEDIM  
87 rue de Richelieu  
75002 PARIS

---

**Maître d'œuvre :** Studio d'Architecture  
GALLIOT - VANNIER  
16 rue du 8 mai 1945  
91350 GRIGNY

---

**Mission :** Diagnostic vibratoire

---

Rédacteur	Relecteur	N° opération	Nombre pages
Gautier Chéneau Technicien	Fatima Nguyen Ingénieur conseil	2000-28	20

---

---

Date		Indice
29/03/2021	Première diffusion	0

---

**TABLE DES MATIERES**

1	INTRODUCTION .....	1
2	CARACTERISATION DES NIVEAUX VIBRATOIRES SUR SITE.....	2
2.1	Présentation du projet .....	2
2.2	Campagne de mesures sur site.....	3
2.3	Résultats des mesures.....	4
3	ETAT PROJETE : PREVISION DES FUTURS NIVEAUX VIBRATOIRES.....	12
3.1	Niveau vibratoire.....	12
3.2	Régénération acoustique.....	14
4	SYNTHESE ET CONCLUSION.....	17
4.1	Synthèse .....	17
4.2	Recommandations .....	17

## 1 INTRODUCTION

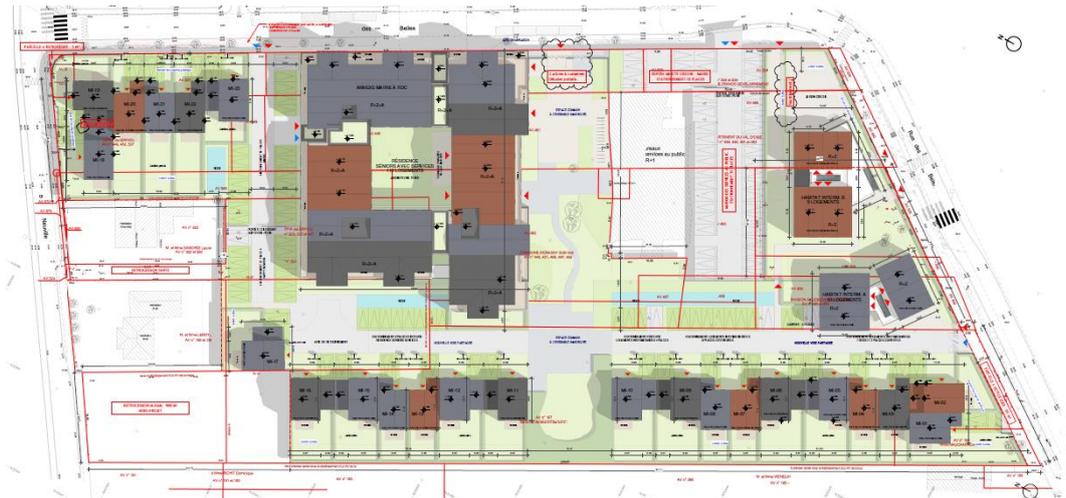
Dans le cadre de la construction de futurs logements Cogedim proches de la voie aérienne de la Ligne J à la station Eragny-Neuville, Altia a été missionné pour établir un diagnostic vibratoire du site du projet. En effet, étant donné que le projet s'implante à proximité de voies ferrées, il est important de bien évaluer le risque de nuisance vibratoire (vibrations tactiles et bruit solidien) lors des passages de trains, afin de statuer sur la nécessité ou non de prévoir des moyens de désolidarisation sous les bâtiments à construire.

Le présent rapport décrit la campagne de mesures réalisée sur site, les résultats et les calculs prédictifs permettant de déterminer le risque de gêne dans les futurs bâtiments, et les solutions adaptées à prévoir en matière de dispositifs de désolidarisation.

## 2 CARACTERISATION DES NIVEAUX VIBRATOIRES SUR SITE

### 2.1 Présentation du projet

Le plan de masse ayant servi de base à l'étude nous a été transmis par Cogedim et est daté du 01 mars 2021. Il est reporté ci-après.



 Voies ferrées à proximité du projet

## 2.2 Campagne de mesures sur site

Nous avons organisé une campagne de mesures vibratoires le mercredi 24 mars 2021 à partir de 09h30 jusqu'à 12h00. Pendant cette période, nous avons constaté le passage de plusieurs trains.

### 2.2.1 Généralités

La campagne de mesures a consisté en l'enregistrement des vitesses vibratoires dans les trois directions de l'espace en plusieurs points de mesure.

Afin de bien caractériser la circulation des trains dans les deux sens, l'enregistrement a duré plus de 30 minutes à chaque points, ce qui a permis de faire des relevés et analyses sur plusieurs passages de trains.

### 2.2.2 Matériel utilisé

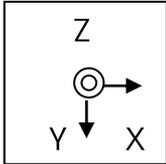
Les mesures ont été réalisées au moyen d'un analyseur de vibrations GEA avec capteur MEMS tri axial numérique.

### 2.2.3 Emplacement des points de mesures

Le choix de la position du point de mesure a été dicté par les impératifs suivants :

- Nécessité de mesurer les niveaux vibratoires sur une structure suffisamment raide et massive afin d'être représentative des futures infrastructures du projet ;
- Proximité des points de mesures avec l'implantation des futurs bâtiments ;
- Sécurité du point de mesure et de la chaîne de mesure durant toute la période de mesurage.

Les points de mesures choisis sont précisés dans le schéma ci-dessous. Ces trois points se situent au niveau du futur projet.



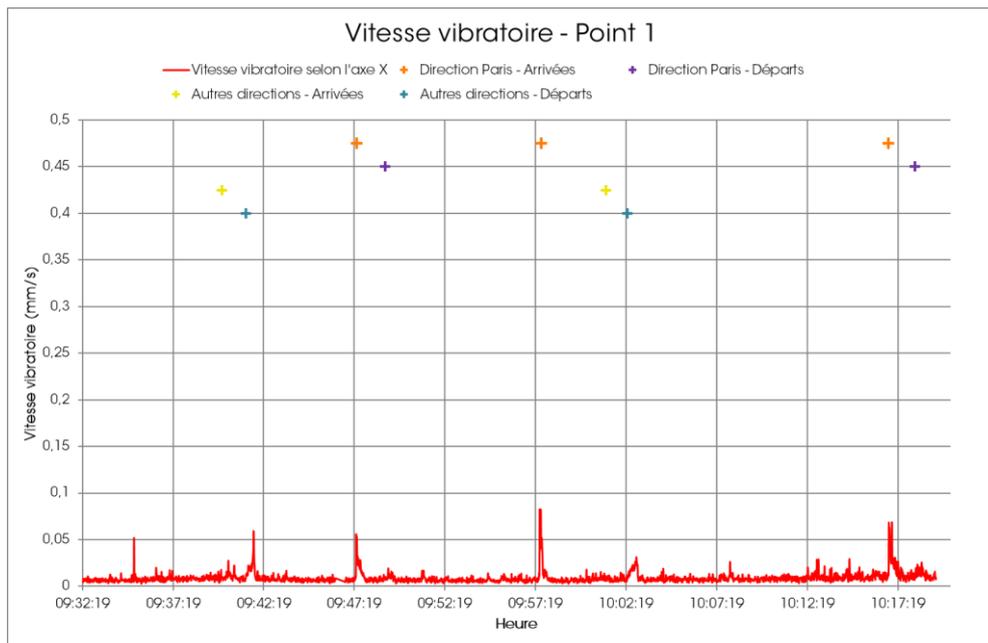
La figure ci-dessus indique aussi la convention retenue pour la dénomination des trois directions : (Z - Vertical ascendant // X - Longitudinal aux voies de circulation // Y - Transversal aux voies de circulation).

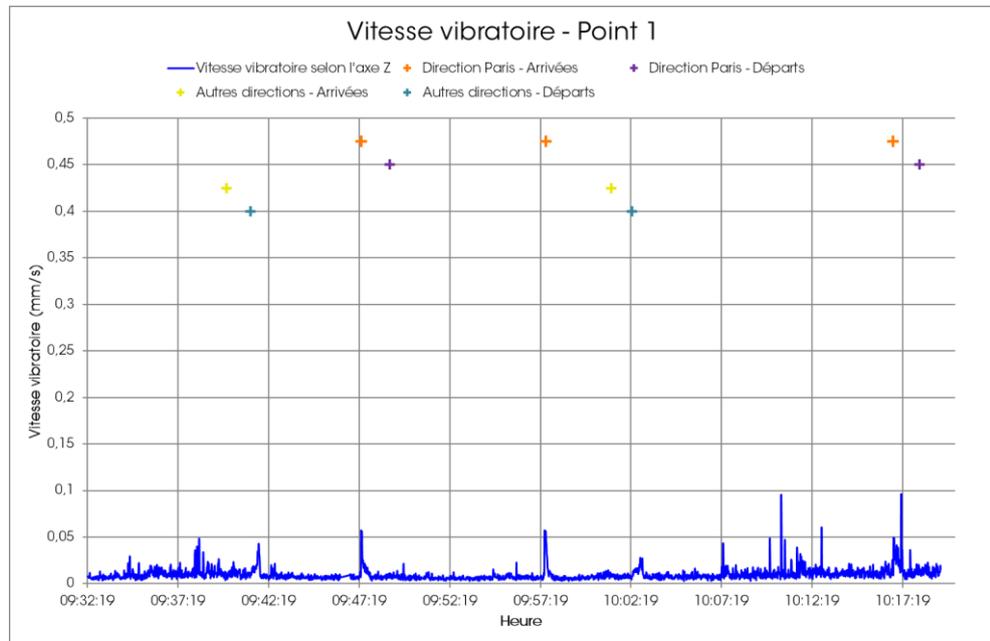
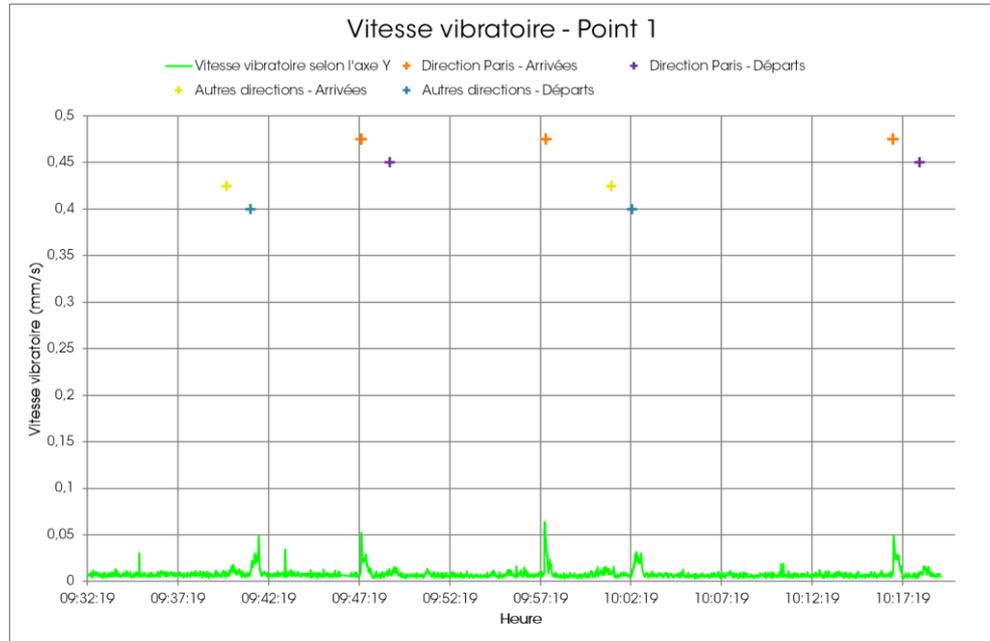
### 2.3 Résultats des mesures

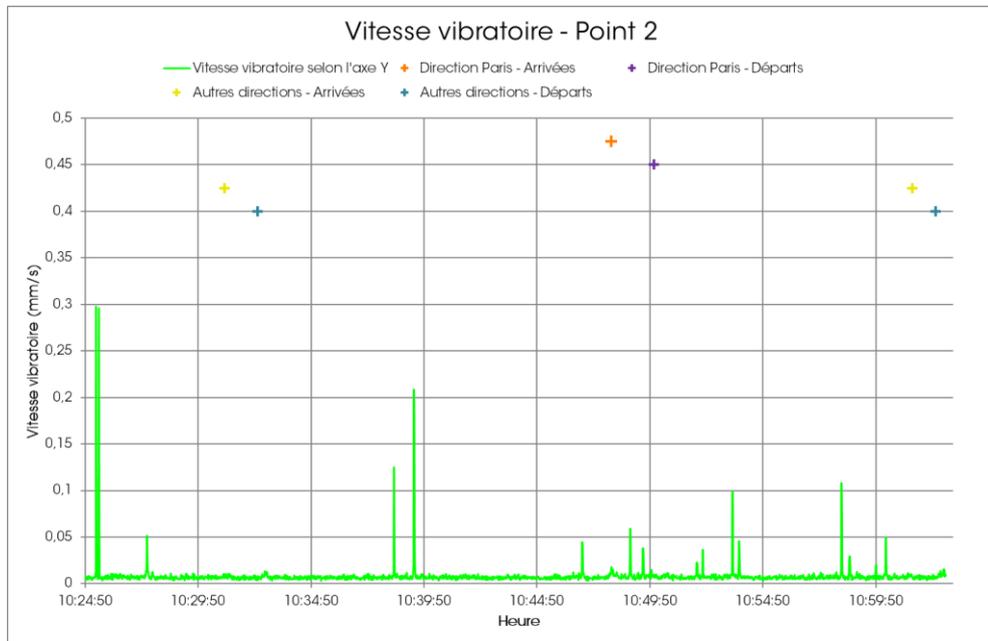
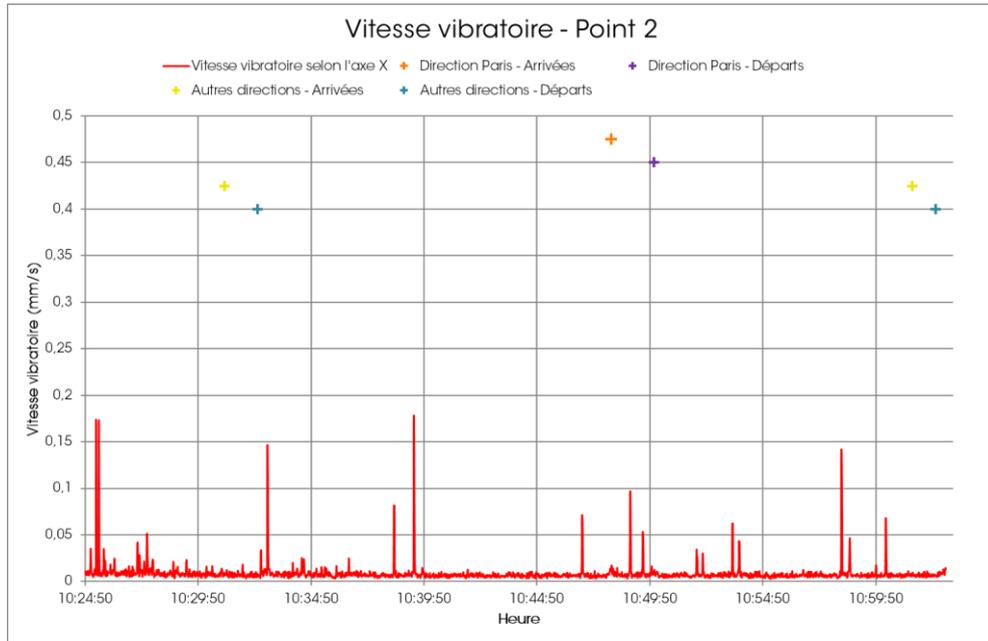
Sur la période de mesures, plusieurs trains ont été enregistrés.

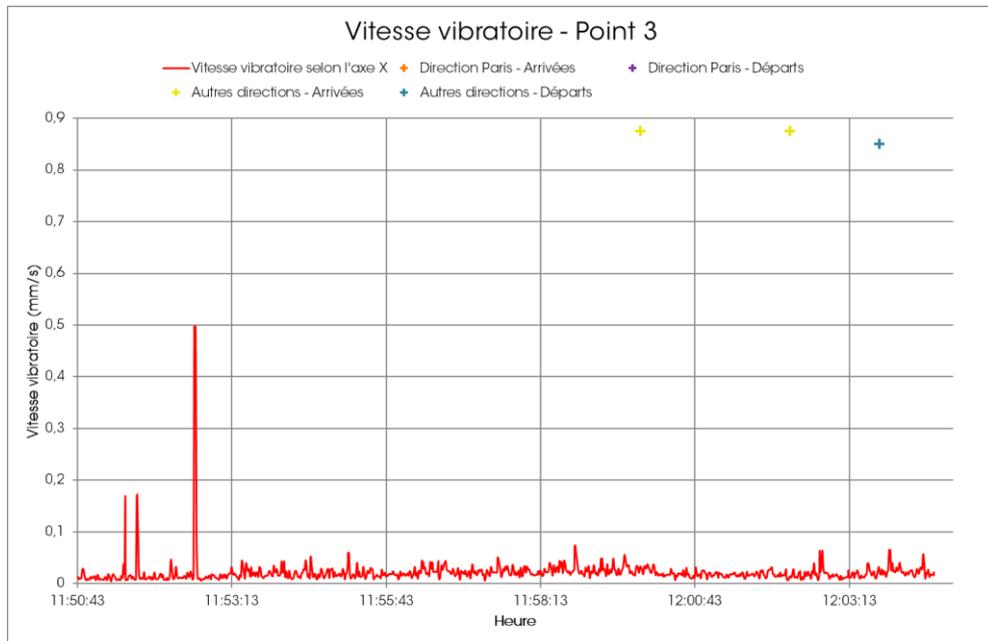
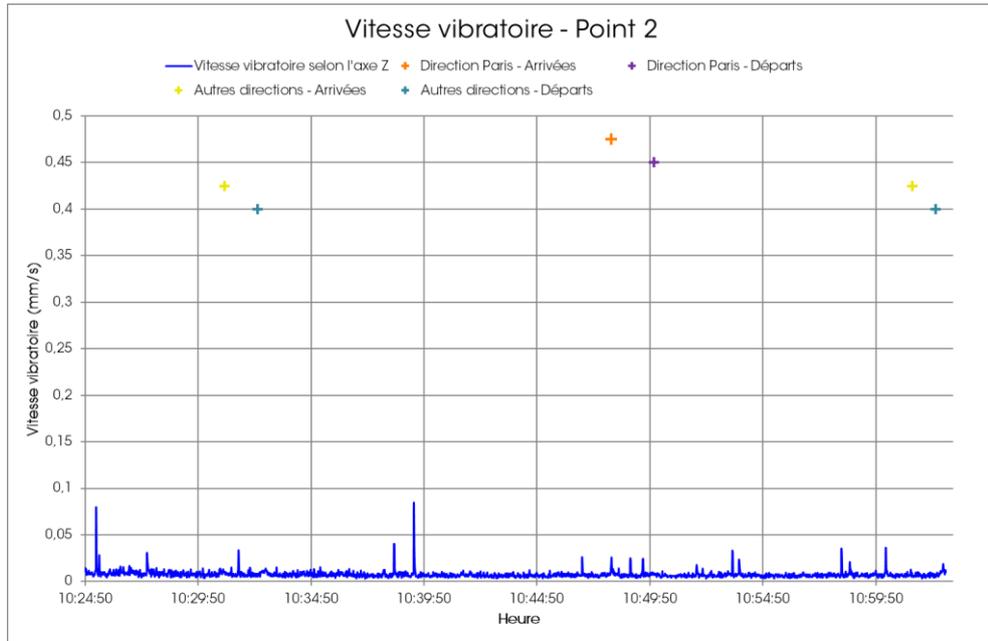
La plupart des passages de trains ont permis de faire l'acquisition de signaux. En effet, l'acquisition et l'analyse des niveaux vibratoires se fait à partir d'un seuil de déclenchement de 0,05 mm/s.

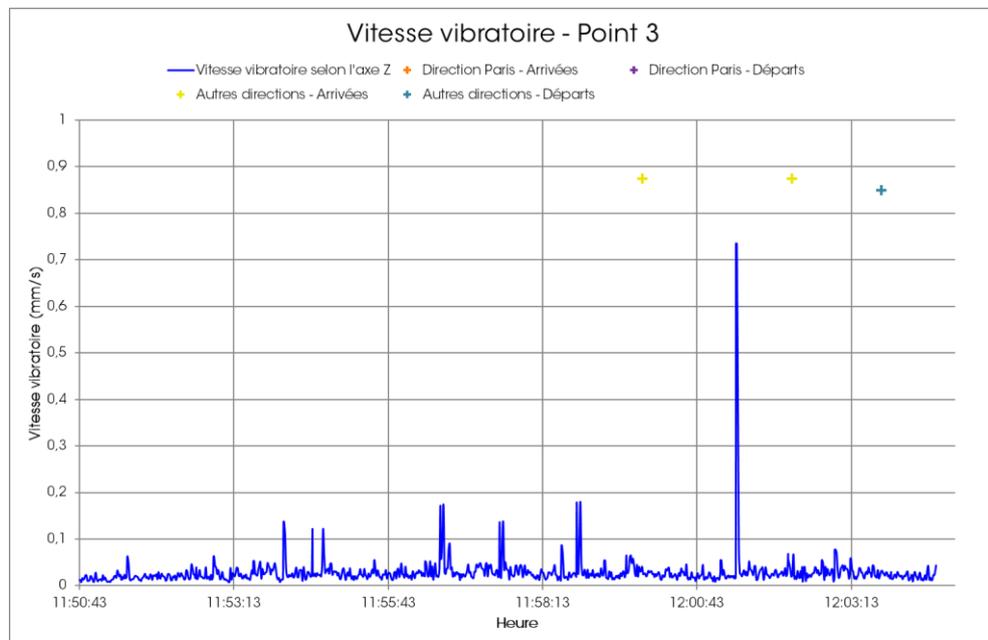
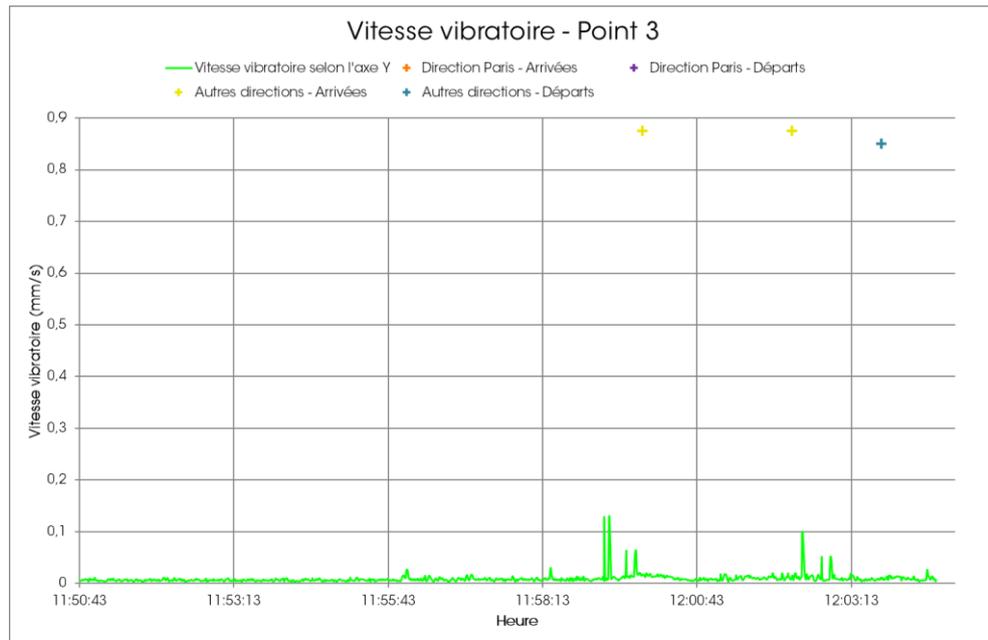
Les figures suivantes présentent les spectres temporels des vitesses vibratoires sur l'ensemble de la mesure selon différents axe.





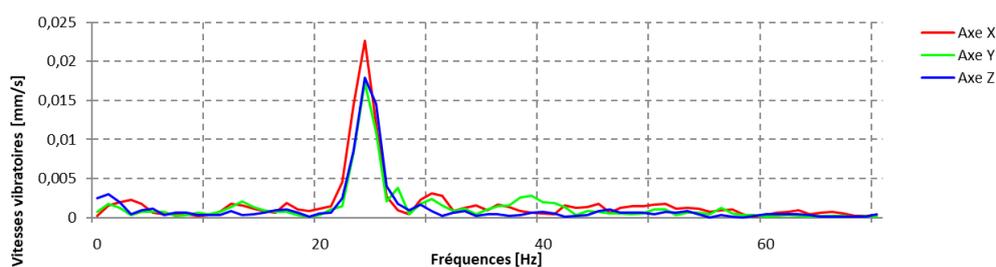
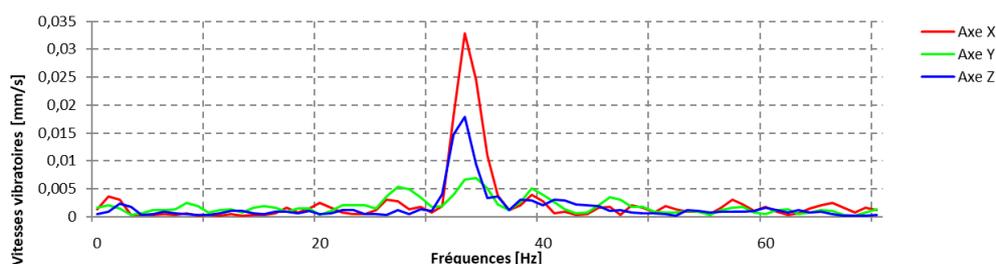






On constate que pour le Point 1, les augmentations de vitesse vibratoire sont bien générés par certains passages de train. Cependant, concernant les points 2 et 3, les passages de trains ne concordent pas avec les pics de vitesses vibratoires. Pour les points 2 et 3, ces pics sont principalement générés par les passages de véhicules sur la Rue des Belles Hâtes. Les passages de trains à ces points ne génèrent pas une vitesse vibratoire pouvant être ressentie et perçue tactilement.

Les courbes suivantes représentent les spectres en bande fine de deux pics mesurés lors d'un passage de train sur le point 1.

Train arrivant à 09h41min20 au point 1 :Train sans arrêt à 09h57min37 au point 1 :

On constate que pour les 3 axes, les niveaux maximaux sont observés dans les bandes de fréquences comprises entre 30 et 40 Hz.

Dans les paragraphes suivants, les spectres ne seront plus représentés en bande fine, mais en tiers d'octave uniquement, permettant la comparaison directe aux normes ISO 2631-2 et ISO 10137, puis le calcul des niveaux de bruit régénérés.

### 2.3.1 Comparaison des résultats aux normes ISO 2631-2 et ISO 10137

#### Rappel :

Les spectres mesurés sont comparés aux recommandations de la norme ISO 10137 de 2007 « Bases du calcul des constructions – Aptitude au service des bâtiments et des passerelles sous vibration » reprenant la norme ISO 2631-2 de 1989 « Estimation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps – Vibrations continues et induites par les chocs dans les bâtiments ».

Ces normes proposent des seuils d'acceptabilité – ou gabarits – pour les différents usages des bâtiments, pour ce qui concerne la perception tactile des vibrations uniquement (et non l'acoustique régénérée).

Ces gabarits, exprimés en niveau vitesse vibratoire, présentent des valeurs constantes dans les tiers d'octave de 8 Hz à 80 Hz.

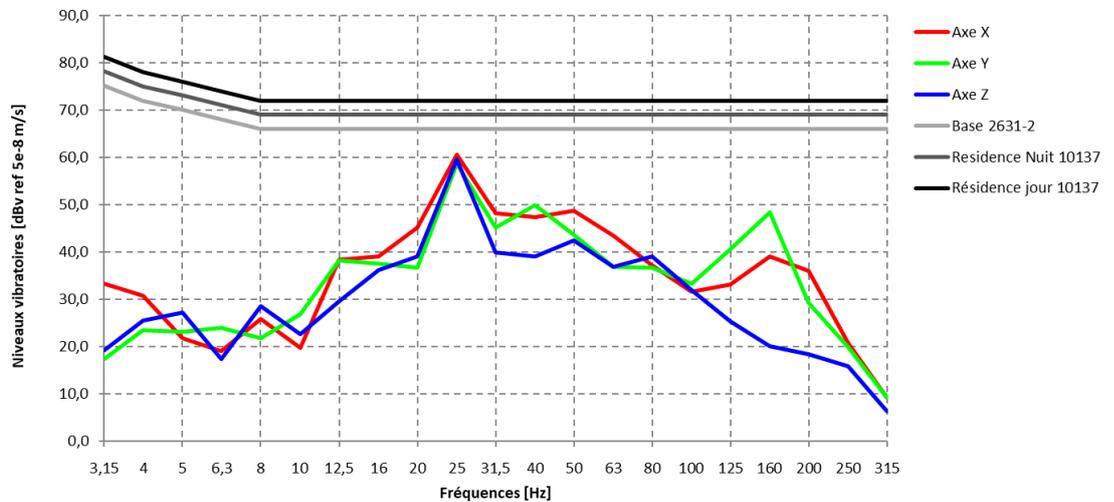
La vitesse vibratoire étant affichée en décibels référence  $5 \cdot 10^{-8}$  m/s, les seuils suivants sont proposés suivant plusieurs gabarits, entre 8 Hz et 80 Hz :

- Gabarit Base (perception des individus selon norme 2631-2) : 66 dBv,
- Gabarit Résidence nuit (selon norme 10137) : 69 dBv,
- Gabarit Résidence jour (selon norme 10137) : 72 dBv,
- Gabarit Bureaux calmes (selon norme 10137) : 72 dBv.

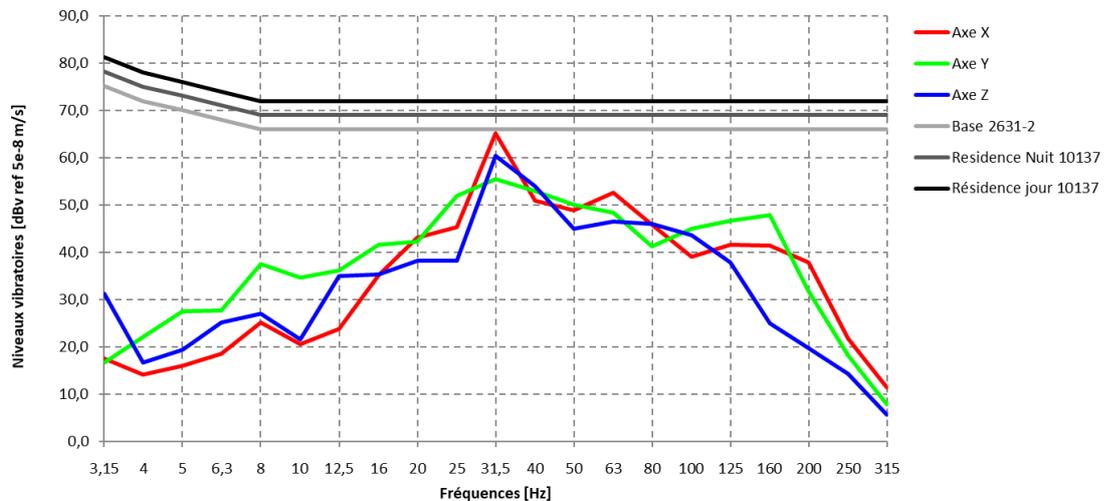
### Comparaison aux niveaux vibratoires mesurés :

Les figures suivantes présentent les spectres tiers d'octave de vitesse vibratoire correspondant aux passages des différents trains présentés ci-dessus.

#### Train arrivant à 09h41min20 au point 1 :



#### Train sans arrêt à 09h57min37 au point 1 :



Le gabarit Base ISO 2631-2 caractérise le seuil de perception tactile des individus.

Les niveaux vibratoires mesurés aux points de mesure ne dépassent pas les seuils définis pour les gabarits Residence Nuit et Jour de la norme 10137, par contre ils dépassent les seuils définis pour le gabarit base de la norme 2631-2.

Ces niveaux correspondent à ceux qui pourraient impacter les fondations des bâtiments à construire. Les niveaux prévisionnels dans le bâtiment dépendent aussi du bâti : nature de la structure, hauteur, nature des planchers.

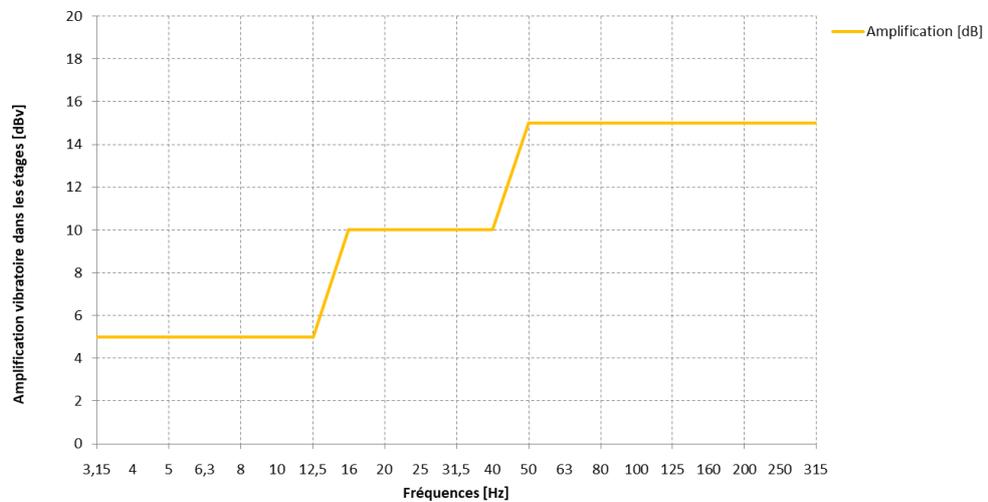
A partir des niveaux de vitesses mesurés, on peut prédire les niveaux vibratoires qui seront mesurés dans les bâtiments, une fois construits. Cela est explicité dans le paragraphe suivant.

### 3 ETAT PROJETE : PREVISION DES FUTURS NIVEAUX VIBRATOIRES

#### 3.1 Niveau vibratoire

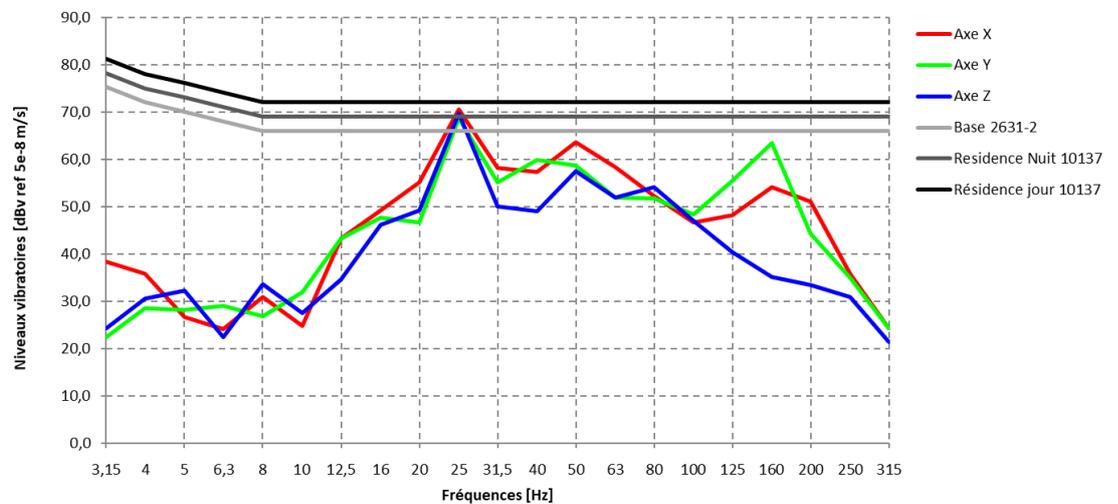
On constate, par expérience, une amplification des niveaux vibratoires entre les infrastructures et les planchers des superstructures pouvant varier de 5 à 15 dB, pour les constructions sans solution de désolidarisation vibratoire.

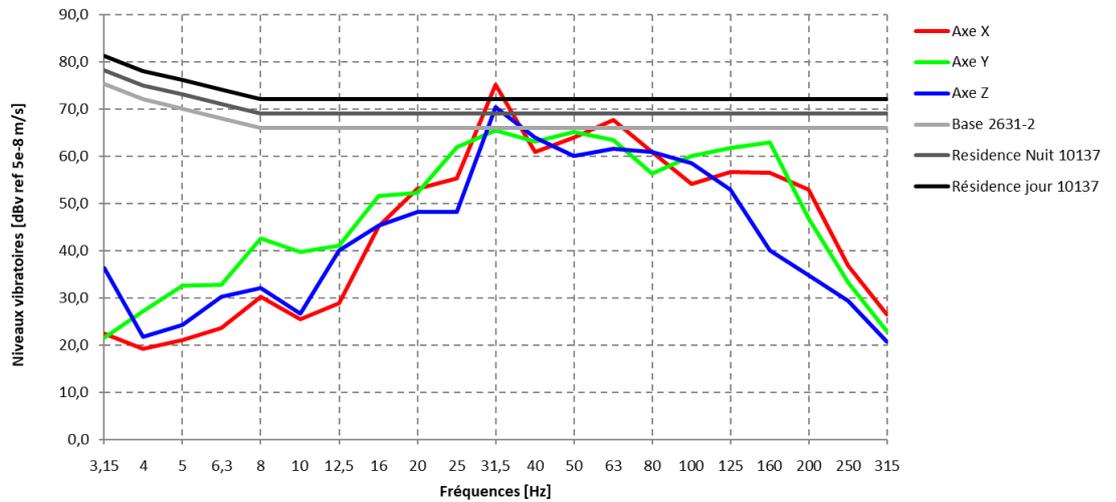
Le gabarit utilisé pour rendre compte de cette amplification de plancher est représenté sur la figure suivante.



On présente ci-après les spectres tiers d'octave de vitesse vibratoire en dBv calculés à partir des différents points de mesures, en prenant en compte cette hypothèse d'amplification de plancher.

Train arrivant à 09h41min20 au point 1 :



Train sans arrêt à 09h57min37 au point 1 :

La comparaison des niveaux vibratoires calculés au centre des planchers avec les gabarits des normes ISO 2631-2 et ISO 10137 met en évidence que pour les trois axes, les niveaux vibratoires prévisionnels de l'ensemble des trains dépassent les seuils définis dans les normes ISO 2631-2 et ISO 10137 essentiellement pour la bande de fréquence à 31.5 Hz.

On peut conclure que les niveaux vibratoires risquent d'engendrer une gêne dans les futurs logements car ils seront perceptibles tactilement si aucun dispositif antivibratoire n'est intégré dans la construction.

## 3.2 Régénération acoustique

### 3.2.1 Principe du calcul

A partir des résultats prévisionnels de niveaux vibratoires, il est possible d'estimer les niveaux acoustiques rayonnés par les parois dans les futurs logements. En effet, connaissant le spectre de vitesse vibratoire  $L_v$  d'un local en décibels référence  $5.10^{-8}$  m/s, le niveau de pression acoustique qui y règne peut être approximé par la relation :

$$L_p = L_v + 10 \log(\sigma) + 10 \log(4S_{Tr}/0,16V)$$

en décibels, avec :

- $L_p$  : spectre de pression acoustique en décibels référence  $2.10^{-5}$  Pa ;
- $\sigma$  : le coefficient de rayonnement des parois ;
- $Tr$  : spectre de durée de réverbération en secondes ;
- $V$  : volume du local en  $m^3$  ;
- $S$  : somme des surfaces rayonnantes, en  $m^2$ .

On obtient donc un spectre prévisionnel de pression sonore à l'intérieur du logement au passage des tramways ( $L_{Aeq}$  moyen sur la durée du passage d'un train).

Les caractéristiques du volume utilisé pour la simulation sont celles d'une pièce de logement de  $20 m^2$  moyennement meublée, (surface au sol de 5 m par 4 m, hauteur sous plafond de 3 m).

La durée de réverbération a été fixée à 0,8 seconde à 100 Hz (valeur couramment mesurée), cependant la réverbération n'influe pas comme telle sur les niveaux sonores à des fréquences aussi basses, mais plutôt par l'effet des modes propres des volumes.

### 3.2.2 Résultats

En recomposant les niveaux en global, les niveaux acoustiques régénérés lors des passages de trains pourront dépasser 50 dB(A), comme le montre le tableau récapitulatif ci-dessous.

Train arrivant à 09h41min20 au point 1 :

F[Hz]	Résultant X [dB]	Résultant Y [dB]	Résultant Z [dB]	Lp [dB]
3,15	29,6	13,6	15,5	29,8
4	27,0	19,8	21,7	28,7
5	17,9	19,3	23,5	25,7
6,3	18,3	23,2	16,7	25,1
8	25,1	21,0	27,9	30,3
10	20,7	27,9	23,6	29,8
12,5	40,6	40,5	31,9	43,8
16	48,1	46,6	45,1	51,6
20	54,2	45,7	48,1	55,6
25	69,6	67,7	68,6	73,5
31,5	57,9	54,9	49,7	60,0
40	57,0	59,5	48,7	61,7
50	63,4	58,3	57,1	65,3
63	58,7	52,1	52,2	60,3
80	52,5	51,9	54,4	57,8
100	47,4	49,1	47,8	52,9
125	48,9	56,3	41,2	57,1
160	55,3	64,6	36,3	65,1
200	52,7	45,8	35,0	53,6
250	37,8	36,9	32,9	41,1
315	26,9	27,0	24,1	31,0
<b>Global (A)</b>				<b>52,9</b>

Train sans arrêt à 09h57min37 au point 1 :

F[Hz]	Résultant X [dB]	Résultant Y [dB]	Résultant Z [dB]	Lp [dB]
3,15	13,7	12,9	27,5	27,8
4	10,4	18,3	12,9	19,9
5	12,3	23,7	15,6	24,6
6,3	17,8	26,9	24,4	29,2
8	24,4	36,9	26,3	37,4
10	21,5	35,6	22,7	36,0
12,5	26,1	38,4	37,2	41,0
16	44,1	50,6	44,3	52,3
20	52,1	51,3	47,2	55,4
25	54,4	60,9	47,2	61,9
31,5	74,9	65,2	70,0	76,4
40	60,6	62,7	63,7	67,3
50	63,5	64,8	59,6	67,9
63	67,9	63,6	61,8	70,0
80	61,1	56,5	61,2	64,9
100	54,8	60,8	59,3	63,8
125	57,4	62,5	53,7	64,1
160	57,8	64,2	41,2	65,1
200	54,6	48,5	36,4	55,6
250	38,8	35,2	31,4	40,9
315	29,2	25,5	23,3	31,5
<b>Global (A)</b>				<b>55,1</b>

A l'intérieur des chambres à coucher, les valeurs guides proposées comme seuils d'acceptabilité supérieurs par l'OMS sont de  $L_{Aeq} = 30\text{dB(A)}$  pour le bruit continu et  $L_{Amax} = 42\text{dB(A)}$  pour les événements sonores simples. En effet, il est

considéré qu'au delà d'un niveau de pression sonore maximum instantané de 42 dB(A), une personne qui est en train de dormir est susceptible de se réveiller.

Les passages des trains généreront des niveaux sonores allant au-delà des niveaux recommandés par l'OMS si aucun dispositif antivibratile est mis en œuvre.

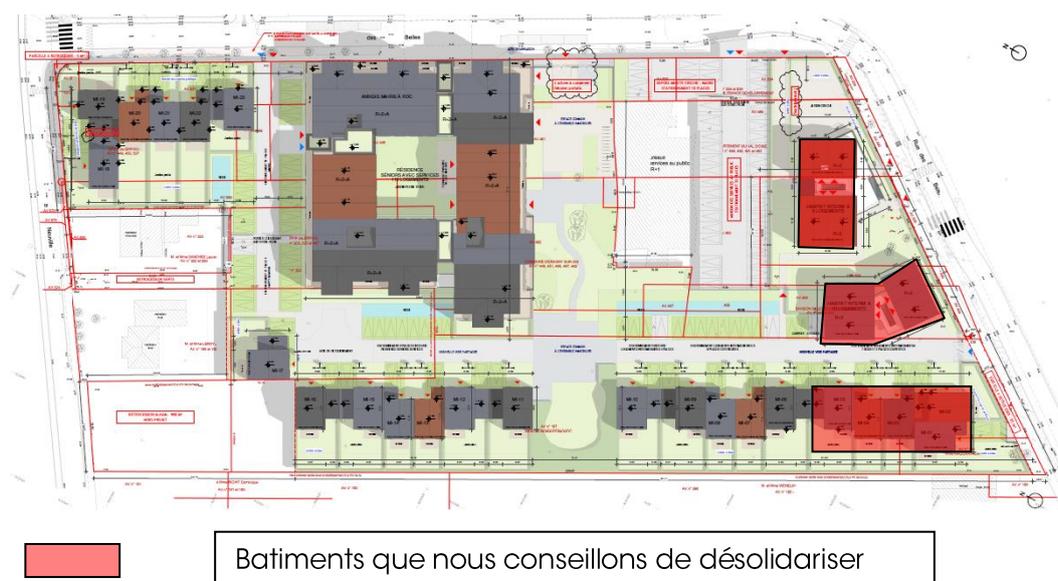
## 4 SYNTHÈSE ET CONCLUSION

### 4.1 Synthèse

Au vu de l'ensemble des résultats analysés dans ce présent document, nous confirmons que les niveaux vibratoires qui seront générés lors des passages de trains dans les logements situés les plus proches des voies ferrées sont au dessus des seuils de perception tactile et devraient entraîner une gêne à la fois vibratoire et acoustique, si aucune désolidarisation est prévue.

Les résultats de ce diagnostic nous ont permis de définir précisément le type de solutions de désolidarisation à mettre en œuvre. Celle-ci est décrite de manière sommaire dans le chapitre suivant, et sera affiné en cours de conception, en fonction des plans définitifs et des descentes de charges.

Les bâtiments concernés par la désolidarisation antivibratile sont repérés ci-après.



### 4.2 Recommandations

Le risque de plaintes liées aux nuisances ferroviaires est réel sur ce projet de logements, car les niveaux vibratoires seront perceptibles et pourront dépasser les seuils indiqués par les normes ISO-2631-2 et ISO 10137, pour les bâtiments repérés en rouge dans le plan ci-dessus.

De plus, les niveaux sonores régénérés lors des passages de trains pourront émerger des niveaux ambiants, particulièrement en soirée et tôt le matin, et donc constituer une gêne.

Cependant il n'existe aucune réglementation limitant le niveau sonore produit par les circulations ferroviaires. Réglementairement, le promoteur pourrait donc décider de ne rien faire.

Toutefois pour écarter tout risque de plaintes des futurs acheteurs, il est fortement recommandé de désolidariser les bâtiments repérés en rouge au niveau des fondations par insertion d'appuis antivibratiles.

Etant donné le contenu spectral des vibrations générées lors des passages du métro, la solution faisant appel à des plots de polyuréthane est la plus appropriée sur ce site. En effet, la solution par boîte à ressorts étant surdimensionnée vis-à-vis des atténuations à atteindre.

La fréquence de résonance verticale induite par ces appuis devra être inférieure ou égale à 10 Hz.

Les épaisseur des appuis à prévoir sera compris entre 37,5 et 50 mm et pourront être de type sylodyn HRBHS 6000 des établissements Geztner ou équivalent acoustique.

La structure du bâtiment doit être conçue pour permettre l'insertion de ces appuis.