



Orsay, le 3 Août 2015

**ET. PUBLIC D'AMENAGEMENT  
ORLY RUNGIS SEINE AMONT  
2 avenue Jean Jaurès  
94600 CHOISY-LE-ROI**

**A l'attention de Monsieur LEAO**

*Mél. : J.LEAO@epa-orsa.fr*

**N/Réf. : ELT/ 17433\_EPAORSA\_ARDOINES\_VIB\_ind1\_BA1785.doc**

**Objet : NUISANCES FERROVIAIRES - ZAC Gare Ardoines**

Monsieur,

Veillez trouver ci-joint le rapport concernant l'étude vibratoire citée en objet.

Restant à votre disposition pour tout renseignement complémentaire, je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de ma considération distinguée.

Etienne LALIGANT

P.J. : Rapport d'étude (42 pages y compris celle-ci).

**RAPPORT DE MESURES VIBRATOIRES**

**NUISANCES FERROVIAIRES**

**ZAC GARE ARDOINES - VITRY-SUR-SEINE (94)**



<b>Rédaction</b>		<b>Vérification</b>	<b>Approbation</b>
<i>E. Lalignant</i>		<i>C. Laurent</i>	<i>A. Fournol</i>
<b>Emetteur</b> <i>A.V.L.S.</i>	<b>Etude réalisée à la demande et pour le compte de</b>  <b>ET. PUBLIC D'AMÉNAGEMENT ORLY RUNGIS SEINE AMONT</b>		<b>Etude</b> <i>BA1785</i>
<b>Date</b>  3 Août 2015			<b>Rapport</b> <i>17433_EPAORSA_ARDOINES _VIB_ind1_BA1785</i>

*Ce document ne peut en aucun cas être utilisé (même par extrait) sans autorisation préalable écrite de la société AVLS*

## TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b>PREAMBULE .....</b>	<b>3</b>
1.1	GENERALITES.....	3
<b>2</b>	<b>TEXTES DE RÉFÉRENCES.....</b>	<b>3</b>
2.1	NORMES ISO 2631-2 ET ISO 10137 .....	3
2.2	CIRCULAIRE DU 23/07/1986.....	4
2.3	GABARITS ASHRAE.....	5
<b>3</b>	<b>ÉTAT DES LIEUX VIBRATOIRE.....</b>	<b>6</b>
3.1	ZONES CONSIDEREES.....	6
3.2	METHODOLOGIE.....	7
3.2.1	<i>Matériel utilisé pour chaque point mesuré .....</i>	<i>7</i>
3.2.2	<i>Choix des points de mesures .....</i>	<i>7</i>
3.2.3	<i>Phase de mesure .....</i>	<i>7</i>
3.2.4	<i>Analyse des données brutes .....</i>	<i>7</i>
3.2.5	<i>Calcul des niveaux vibratoires de planchers .....</i>	<i>8</i>
3.2.6	<i>Calcul des niveaux acoustiques régénérés.....</i>	<i>9</i>
3.2.7	<i>Comparaison aux critères normatifs.....</i>	<i>9</i>
3.3	RESULTATS .....	10
<b>4</b>	<b>AIDE À LA DÉCISION.....</b>	<b>12</b>
4.1	IMPLANTATION GENERALE .....	12
4.2	SOLUTIONS ANTIVIBRATILES.....	12
4.2.1	<i>Tranchées d'isolation.....</i>	<i>12</i>
4.2.2	<i>Traitement des voies ferrées .....</i>	<i>12</i>
4.2.2.1	<i>Pose de voies antivibratiles .....</i>	<i>12</i>
4.2.2.2	<i>Déplacement des joints de rails et aiguillages .....</i>	<i>12</i>
4.2.2.3	<i>Meulage des voies.....</i>	<i>12</i>
4.2.2.4	<i>Circulations ferroviaires de nuit.....</i>	<i>13</i>
4.2.3	<i>Suspension des bâtiments.....</i>	<i>13</i>
4.2.3.1	<i>Suspension élastomère .....</i>	<i>13</i>
4.2.3.2	<i>Suspension sur boîtes à ressorts .....</i>	<i>13</i>
4.3	CARTOGRAPHIE.....	14
4.4	PRECONISATIONS .....	16
4.5	CONCLUSION.....	17
<b>ANNEXE I</b>	<b>TERMINOLOGIE.....</b>	<b>18</b>
	<i>Bande de tiers octave .....</i>	<i>18</i>
	<i>Le dB(A).....</i>	<i>18</i>
	<i>Niveau de pression acoustique.....</i>	<i>18</i>
	<i>Niveau de vitesse vibratoire .....</i>	<i>18</i>
	<i>Niveau (vibratoire ou acoustique) équivalent .....</i>	<i>18</i>
<b>ANNEXE II</b>	<b>PLAN D'ETAT PARCELLAIRE DE LA ZAC DES ARDOINES.....</b>	<b>19</b>
<b>ANNEXE III</b>	<b>RESULTATS ZONE 1.....</b>	<b>20</b>
<b>ANNEXE IV</b>	<b>RESULTATS ZONE 2.....</b>	<b>26</b>
<b>ANNEXE V</b>	<b>RESULTATS ZONE 3.....</b>	<b>31</b>
<b>ANNEXE VI</b>	<b>RESULTATS ZONE 4.....</b>	<b>36</b>
<b>ANNEXE VII</b>	<b>RESULTATS ZONE 5.....</b>	<b>39</b>

# **RAPPORT DE MESURES VIBRATOIRES**

## **NUISANCES FERROVIAIRES**

### **ZAC GARE ARDOINES - VITRY-SUR-SEINE (94)**

## **1**            **PREAMBULE**

### **1.1**           **Généralités**

Le projet d'aménagement de la ZAC des Ardoines à Vitry-sur-Seine (94) à proximité des voies SNCF et du dépôt ferroviaire des Ardoines nécessite une évaluation du risque de nuisance vibratoire, tant en ressenti tactile qu'en ressenti acoustique induit par ces vibrations.

Ce rapport présente :

- Les textes de références dans le domaine vibratoire,
- Les campagnes de mesures réalisées le 3 juillet, 7 juillet et 21 juillet 2015 sur les parcelles CJ 20, CJ 257, DJ 131, DJ 92 et Rue Léon Geoffroy entre CJ 255 et CJ 26.
- Les résultats et calculs prédictifs permettant de déterminer le risque de gêne dans les futurs bâtiments selon leur utilisation.
- Des éléments d'aide à la conception

## **2**            **TEXTES DE RÉFÉRENCES**

### **2.1**           **Normes ISO 2631-2 et ISO 10137**

Les spectres vibratoires relevés au cours de cette campagne de mesures 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* ». Elles 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 le niveau sonore régénéré).

Ces gabarits, exprimés en vitesse vibratoire, présentent des valeurs constantes dans les tiers d'octave de 8 Hz à 80 Hz comme représenté dans la Figure 1.

La vitesse vibratoire étant affichée en décibels référence  $5.10^{-8}$  m/s, les seuils suivants sont proposés, entre 8 Hz et 80 Hz :

- Perception par les individus / Salles d'opération, Locaux sensibles : 66 dB<sub>v</sub> (base),
- Résidence nuit : 69 dB<sub>v</sub>,
- Résidence jour : 72 dB<sub>v</sub>,
- Bureaux 1 calmes, Open Space : 72 dB<sub>v</sub>,
- Bureaux 2, Ecoles : 78 dB<sub>v</sub>,
- Ateliers : 84 dB<sub>v</sub>.

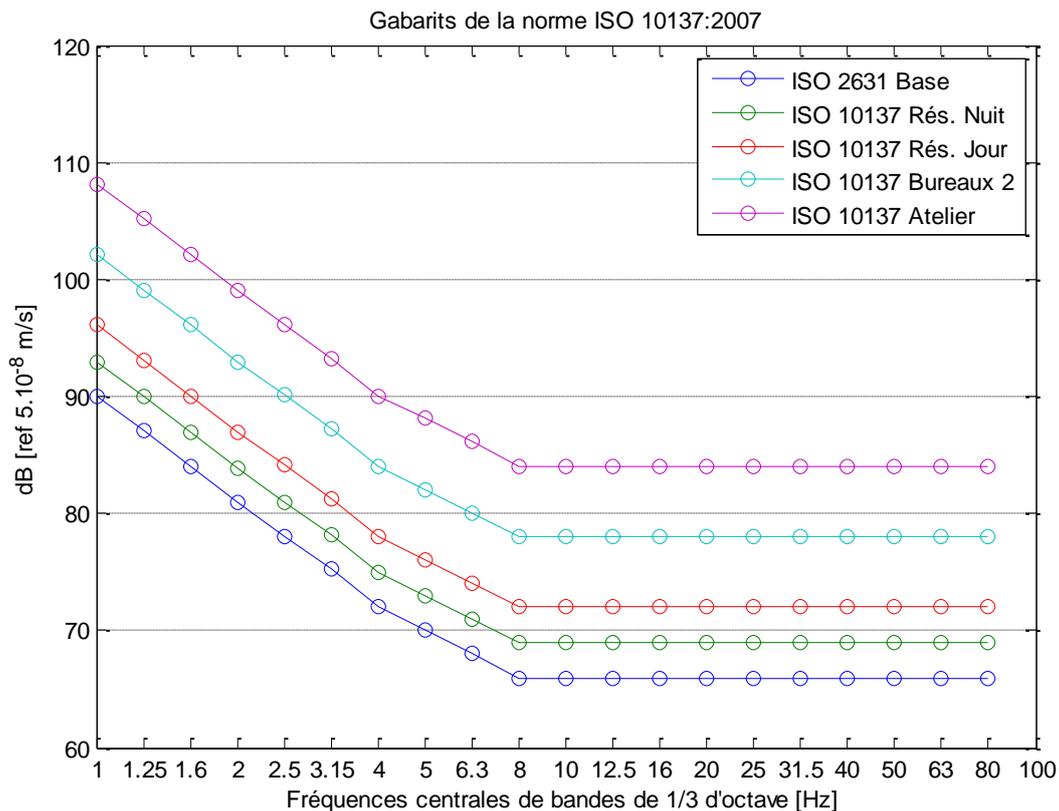


Figure 1 - Gabarits de la norme ISO 10137

## 2.2

### Circulaire du 23/07/1986

Dans le cas du risque de dommages induit par les vibrations sur les structures du bâtiment, le seul texte applicable est la circulaire du 23 juillet 1986 du Ministère de l'Environnement "relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement" et plus particulièrement les valeurs admissibles pour les structures de bâtiments.

Cette circulaire définit des critères de vibration admissibles par les bâtiments en fonction du type de construction et du type de vibration (entretenu ou impulsif).

Pour cette étude, le critère considéré correspond à une « construction très sensible » et est fixé à 2mm/s crête, c'est-à-dire le critère le plus contraignant.

### 2.3 Gabarits ASHRAE

La représentation spectrale en tiers d'octave est intéressante car elle concentre en peu de données une représentation caractéristique du site étudié, et permet ainsi des comparaisons rapides.

Elle a été mise à profit notamment par l'ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air conditioning Engineers, à l'origine de la plupart des nuisances vibratoires dans les laboratoires) et par l'ISO pour définir un gabarit de « qualité vibratoire » de sites destinés à recevoir des équipements très sensibles aux vibrations : microscopes électroniques, équipements de recherche, laboratoires.

Le gabarit est représenté sous forme de spectres tiers d'octave de vitesse vibratoire notés « Vibration Criteria » tel que dans la Figure 2.

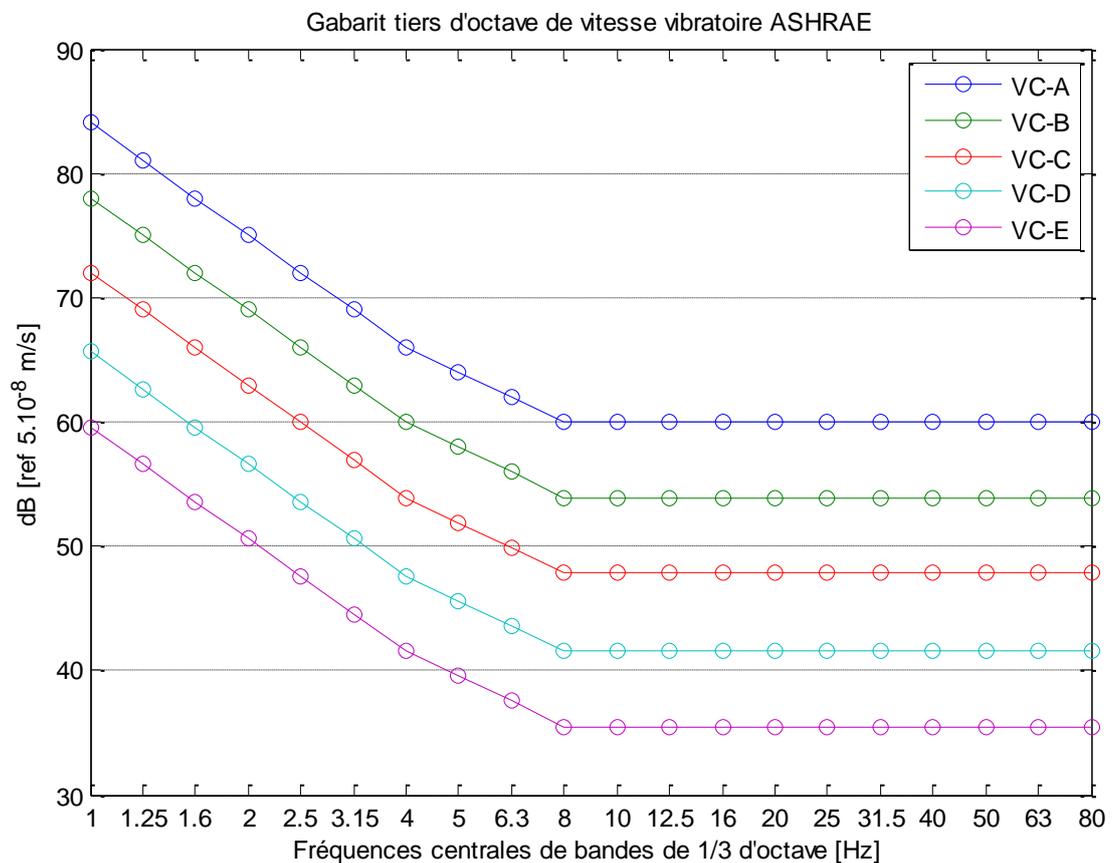


Figure 2 - Gabarits ASHRAE de vitesse vibratoire en dB ref.  $5.10^{-8}$  m/s

Ces gabarits peuvent être comparés directement aux spectres relevés au cours de cette campagne de mesures, les échelles en ordonnées étant compatibles.

### 3 ÉTAT DES LIEUX VIBRATOIRE

#### 3.1 Zones considérées

La campagne de mesure a consisté en l'enregistrement de signaux vibratoires sur 5 zones de la future Z.A.C des Ardoines pour un total de 12 points.

Les différentes zones sont référencées par rapport au plan d'état parcellaire de la Z.A.C des Ardoines donné en ANNEXE II de la manière suivante :

- Zone 1 : Parcelle CJ 20
- Zone 2 : Parcelle CJ 257
- Zone 3 : Parcelle DJ 131
- Zone 4 : Parcelle DJ 92
- Zone 5 : Rue Léon Geoffroy entre CJ 255 et CJ 26

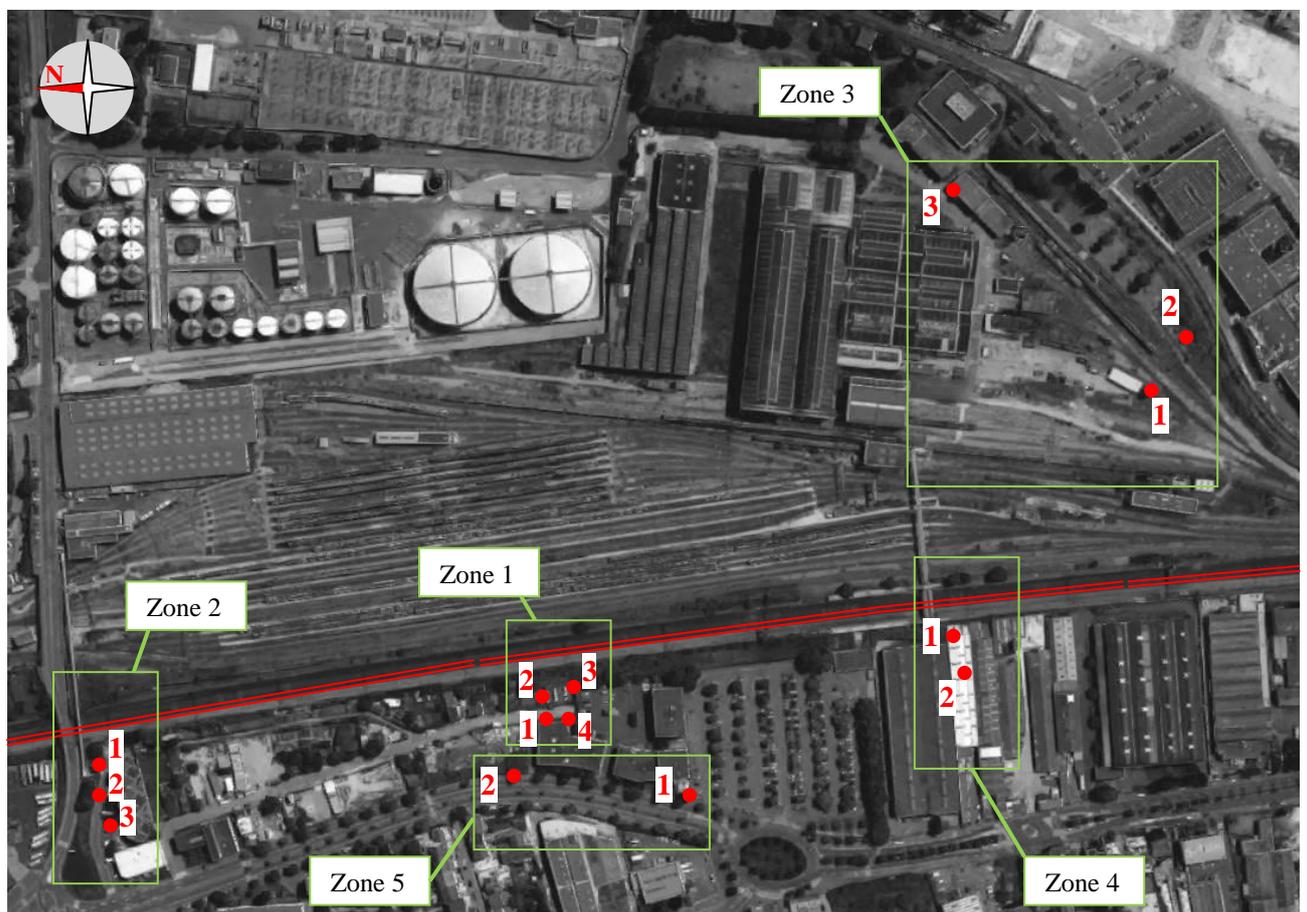


Figure 3 - Cartographie des zones et points de mesure

Les sources vibratoires considérées sont les trains au passage en gare des Ardoines de type RER, TER, Corail, Fret et Locomotives seules (HLP). Certains de ces convois marquent un arrêt en gare des Ardoines.

## 3.2 Méthodologie

### 3.2.1 Matériel utilisé pour chaque point mesuré

- 1 vélocimètre 3D IDETEC, 1 Hz, 30 V/(m/s),
- 1 système d'acquisition 4 voies PXI 9234
- 1 marteau d'impact PCB 086D20 0.24 mV/N – 22 kN crête,
- 1 ordinateur portable DELL Latitude E4200

### 3.2.2 Choix des points de mesures

Les points de mesures sont sélectionnés dans un premier temps en fonction de leur position par rapport aux voies ferrées.

Une zone de mesure comporte généralement des points graduellement éloignés des voies afin de caractériser la décroissance spatiale du niveau vibratoire.

Dans un second temps, la localisation concrète d'un point est choisie en fonction de la raideur du support sur lequel le capteur sera fixé.

Pour évaluer cette raideur, une mesure d'admittance au marteau de choc est réalisée sur le support. L'admittance caractérise l'inertie et la rigidité du support, et fait apparaître d'éventuelles résonances parasites.

Si cette courbe ne présente pas de résonance alors la surface envisagée pour poser le capteur est validée. En effet dans ce cas le comportement propre du support n'aura pas d'influence sur le résultat mesuré.

### 3.2.3 Phase de mesure

Durant la phase de mesure, les valeurs de vitesses vibratoires sont relevées dans les trois directions (Verticale, Longitudinale, Transversale) avec une fréquence d'échantillonnage de 2048Hz.

L'opérateur relève également les passages de trains (Heure, direction, type).

### 3.2.4 Analyse des données brutes

Les critères vibratoires donnés par les normes étant généralement exprimés en décibels référence  $5.10^{-8}$  m/s sur des tiers d'octave, les données brutes sont également représentées de cette manière.

Le spectre en tiers d'octave permet de donner une image compacte de la répartition d'énergie en fonction de la fréquence.

Le seuil de ressenti tactile est fixé par la norme ISO 2631-2, gabarit « base ».

Ce seuil est différent selon les directions de mesures.

Le niveau brut **maximal** donné dans le Tableau 1 tient compte de la différence de sensibilité humaine selon les directions et de la fréquence.

### 3.2.5 Calcul des niveaux vibratoires de planchers

On considère que les niveaux vibratoires mesurés sur site en des points raides des structures existantes sont proches des niveaux qui seront mesurés dans la construction future sur les infrastructures.

Or, on observe de façon courante, pour les constructions sans solution de désolidarisation vibratoire, une amplification des niveaux vibratoires entre les infrastructures et les planchers des superstructures pouvant varier de 15 à 20 dB.

Pour rendre compte de cette amplification, un gabarit est additionné aux données brutes. Des gabarits différents sont utilisés dans le cas de constructions de type « résidences » ou de type « bureaux ». Ces gabarits sont représentés sur la Figure 4. Les différences tiennent essentiellement à la taille des pièces et donc des planchers qui varient entre ces deux cas.

Les niveaux **maximaux** amplifiés sont donnés dans le Tableau 1.

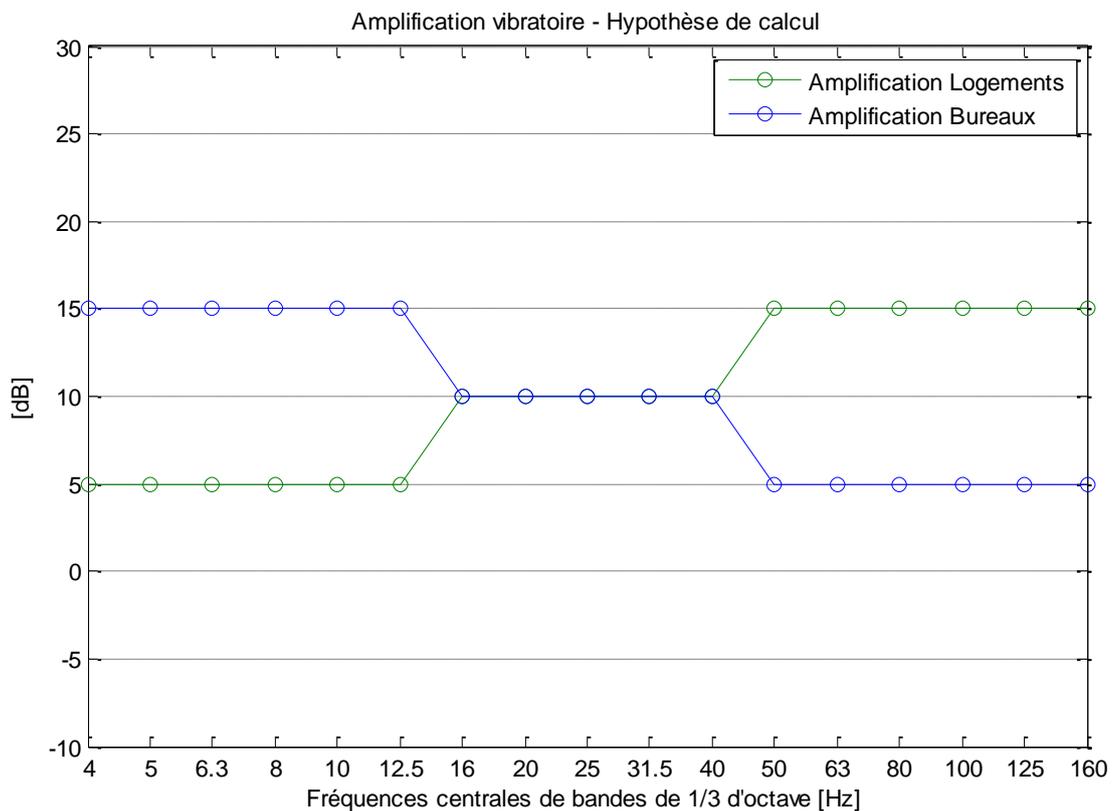


Figure 4 - Gabarits d'amplification verticale

### 3.2.6 Calcul des niveaux acoustiques régénérés

À partir des résultats prévisionnels de niveaux vibratoires, il est possible d'estimer les niveaux sonores (pression acoustique) 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 :

$$L_p = L_v + 10\log(\sigma) + 10\log\left(\frac{4S\text{Tr}}{0,16V}\right),$$

en décibels, avec :

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

On obtient donc un spectre prévisionnel de pression sonore au passage des trains, en termes de  $L_{eq}$  1s maximum rencontré sur le temps de passage. Le niveau acoustique issu du phénomène de rayonnement vibratoire est appelé niveau acoustique régénéré.

Les caractéristiques du volume utilisées pour la simulation sont :

- Cas d'une pièce de logement :  $20\text{m}^2$  moyennement meublée (surface au sol de 5m par 4m, hauteur sous plafond de 3 m).
- Cas d'une pièce de bureau :  $12\text{m}^2$  (4m par 3m), hauteur 2,5m

Les niveaux sonores globaux en dB(A) sont reportés dans le Tableau 1.

Ce niveau acoustique global représente l'impact acoustique du spectre basse fréquence (ici entre 16Hz et 160Hz) pondéré par la sensibilité de l'oreille humaine (pondération A).

On considère généralement un objectif de 30dB(A) en niveau régénéré pour un logement.

### 3.2.7 Comparaison aux critères normatifs

Les niveaux de vitesse vibratoire **amplifiés** par le plancher sont comparés aux gabarits normés cités précédemment.

Le Tableau 1 présente cette comparaison en affichant en vert les normes respectées et en rouge, les normes dépassées.

Dans le cas du niveau sonore, la valeur est affichée en rouge si elle dépasse 30dB(A).

### 3.3 Résultats

Les résultats complets sont donnés dans ANNEXE III à ANNEXE VII.  
 Ils sont représentés sous la forme de faisceaux de spectres en tiers d'octave.

Chaque spectre est lié au passage d'un train ou à moment de calme (spectre résiduel).  
 Les gabarits d'amplification pour le cas de logements et pour le cas de bureaux ont été appliqués et les spectres de régénération acoustique sont également présentés.  
 Seuls les spectres associés à la direction verticale sont donnés car les maxima de dépassements des normes ont été mesurés selon cette direction.

Le Tableau 1 ci-dessous fait la synthèse des mesures et calculs présentés auparavant.

Pour chaque point de mesure les résultats principaux sont donnés et comparés aux valeurs recommandées par l'ISO 2631-2, l'ISO 10137 et par l'ASHRAE.

Le dépassement de ces normes est indiqué dans les cases correspondantes selon le code couleur suivant :

- vert si la norme est respectée,
- rouge si elle est dépassée.

	Zone 1				Zone 2			Zone 4		Zone 3			Zone 5	
	Pt 1	Pt 2	Pt 3	Pt 4	Pt 1	Pt 2	Pt 3	Pt 1	Pt 2	Pt 1	Pt 2	Pt 3	Pt 1	Pt 2
Distance aux voies [m]	37	20	20	37	15	35	50	13	41	110	147	250	98	66
Niveau Brut maximal [dBv]	50.9	55.1	56.7	50.2	52.6	51.8	54.1	58.2	53.0	50.8	51.6	50.4	47.5	48.1
Niveau Amplifié Logement [dBv]	57.9	67.1	71.7	57.1	66.1	65.4	64.1	70.8	63.0	55.8	54.8	60.4	57.5	58.1
Niveau Amplifié Bureaux [dBv]	65.9	65.1	64.5	65.2	67.6	66.8	66.0	68.2	64.6	65.8	66.6	60.8	59.7	61.5
ISO 2631-2 Base Logements [dBv]	-8.06	1.14	5.70	-8.86	0.14	-0.55	-1.87	4.85	-2.96	-10.17	-11.16	-5.54	-8.50	-7.91
ISO 10137 Rés. Nuit [dBv]	-10.98	-1.78	2.78	-11.78	-2.78	-3.47	-4.79	1.93	-5.88	-13.10	-14.08	-8.46	-11.42	-10.83
ISO 10137 Rés. Jour [dBv]	-14.08	-4.88	-0.32	-14.88	-5.88	-6.57	-7.89	-1.17	-8.98	-16.19	-17.18	-11.56	-14.52	-13.93
ISO 2631-2 Base Bureaux [dBv]	-0.06	-0.88	-1.45	-0.77	1.65	0.87	0.01	2.25	-1.34	-2.17	-1.38	-5.21	-6.31	-4.47
ISO 10137 Bureaux 1 [dBv]	-6.08	-6.90	-7.47	-6.79	-4.37	-5.15	-6.01	-3.77	-7.36	-8.19	-7.40	-11.23	-12.33	-10.49
ISO 10137 Bureaux 2 [dBv]	-12.10	-12.92	-13.49	-12.81	-10.39	-11.17	-12.03	-9.79	-13.38	-14.21	-13.43	-17.25	-18.35	-16.51
ASHRAE VC-A [dBv]	-2.04	7.16	11.72	-2.84	6.16	5.48	4.15	10.87	3.06	-4.15	-5.14	0.48	-2.48	-1.89
ASHRAE VC-B [dBv]	3.99	13.19	17.74	3.18	12.18	11.50	10.17	16.89	9.09	1.87	0.88	6.50	3.54	4.13
ASHRAE VC-C [dBv]	10.01	19.21	23.76	9.20	18.20	17.52	16.19	22.91	15.11	7.89	6.90	12.52	9.56	10.15
Acoustique Logement [dBA]	28.22	30.01	34.20	23.59	29.65	27.75	27.02	36.30	24.57	21.16	18.58	12.88	24.71	21.33
Acoustique Bureau [dBA]	29.39	31.05	35.29	24.62	30.79	28.75	28.01	37.26	25.43	22.19	19.62	13.85	25.82	22.30

**Tableau 1 - Niveaux vibratoires et acoustiques aux points de mesures. Valeurs en dépassement par rapports aux normes de références.**

### **Normes ISO2631-2, ISO10137 et régénération acoustique**

On constate des dépassements pour les points situés au plus près des voies, jusqu'au critère « ISO 10137 Résidence Nuit » dans les zones 1 et 4 associés à des niveaux acoustiques régénérés importants.

La zone 2, pour le cas de bureaux, présente un risque de perception tactile des vibrations induites par un niveau résiduel élevé dans les basses fréquences.

Dans les zones 3 et 5, les plus éloignées des voies, les niveaux vibratoires sont imperceptibles.

Les dépassements constatés en niveaux sonores régénérés sont systématiquement associés à un dépassement du gabarit « bureau » de vibrations tactiles.

### **Recommandations ASHRAE**

Enfin il apparaît que les gabarits A B et C proposés par l'ASHRAE sont couramment dépassés dans ces zones.

### **Circulaire du 23 juillet 1986 (construction très sensible)**

Les niveaux vibratoires ne sont jamais dépassés vis-à-vis de ce critère.

## **4** **AIDE À LA DÉCISION**

Ce chapitre présente les principes généraux d'aménagement relatifs aux nuisances vibratoires engendrées par la circulation ferroviaire.

### **4.1** **Implantation générale**

Le premier principe est d'organiser l'implantation des bâtiments de manière à ce que les bâtiments les plus sensibles (laboratoires, logements) se trouvent les plus éloignés des voies ferroviaires.

### **4.2** **Solutions antivibratiles**

#### **4.2.1** **Tranchées d'isolation**

Les tranchées d'isolation permettent en principe de faire écran à la propagation d'onde sur une certaine profondeur. Elles peuvent être vides ou comblées de matériaux élastomères ou de béton.

Cependant leur efficacité dépend du rapport entre leur profondeur et les longueurs d'onde à atténuer.

Dans le cas des vibrations ferroviaires (basses fréquences, donc grandes longueurs d'onde), leur efficacité est très incertaine.

#### **4.2.2** **Traitement des voies ferrées**

##### *4.2.2.1 Pose de voies antivibratiles*

Les poses de voies dites « antivibratiles » atténuent le niveau sonore régénéré dans les bâtiments riverains.

Une couche de matériau résilient est placée entre les traverses et la plate-forme, et en complément au niveau de l'attache de rail sur les traverses.

Par contre les niveaux vibratoires tactiles peuvent se trouver légèrement augmentés.

##### *4.2.2.2 Déplacement des joints de rails et aiguillages*

Les joints de rails et les appareils de voie (aiguillages) engendrent des chocs qui peuvent être ressentis à plusieurs dizaines de mètres.

Les supprimer ou les déplacer permet ainsi de régler le problème associé.

##### *4.2.2.3 Meulage des voies*

Les circulations ferroviaires induisent progressivement une usure qui augmente la rugosité des rails, et donc les niveaux vibratoires engendrés au roulage.

Ainsi une opération périodique de meulage des voies permet de revenir à des niveaux de rugosité acceptables.

Dans ce cas une démarche est à engager auprès de l'exploitant ferroviaire.

#### 4.2.2.4 Circulations ferroviaires de nuit

Les circulations nocturnes ajoutent une nuisance spécifique pour les logements, qui n'existe pas pour une activité de bureaux.

Il est donc important de quantifier le trafic nocturne et sa nature (fret), ceci peut avoir un impact sur la disposition relative des bâtiments.

### **4.2.3 Suspension des bâtiments**

#### 4.2.3.1 Suspension élastomère

Dans le cas de vibrations dont le contenu est plus riche dans les hautes fréquences, il peut être avantageux de suspendre le bâtiment sur des plots de matériaux élastomères tels que le polyuréthane ou le néoprène (résonance vers 10 Hz, et atténuation de 5dB<sub>v</sub> à partir de 40-50Hz).

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

#### 4.2.3.2 Suspension sur boîtes à ressorts

La suspension d'un bâtiment sur boîtes à ressorts permet d'assurer une atténuation des phénomènes dynamiques à partir de 15Hz et jusqu'à 20dB<sub>v</sub>.

Une boîte à ressort est composée de ressorts en acier, qui induisent une résonance verticale vers 3.5 Hz.

La structure du bâtiment doit être conçue pour permettre l'insertion des boîtes.

### **4.3**                    **Cartographie**

D'après les résultats présentés, il est possible de dresser une cartographie mettant en évidence les zones où les niveaux vibratoires sont problématiques pour des constructions courantes.

La Figure 5 représente la zone de mesure globale à partir du plan d'état parcellaire de la Z.A.C des Ardoines donné en ANNEXE II.

Trois zones d'intérêt sont délimitées de part et d'autre des voies ferrées les plus utilisées (sont donc exclues les voies de triage).

La zone la plus proche des voies de couleur orange est large de 20m, elle représente la zone où les niveaux vibratoires engendrent un risque de gêne certain pour des logements (dans le cas de bureaux le seuil de gêne est plus élevé). La distance de 20m est mesurée à partir du rail le plus proche et perpendiculairement aux voies.

La zone intermédiaire, représentée en jaune ici, montre des résultats variables selon les zones avec une gêne potentielle pour des logements, mais pas pour des bureaux. Elle s'étend jusqu'à 37m des voies environ.

La zone verte présente des niveaux vibratoires non susceptibles d'engendrer une gêne, et ne requiert pas la mise en oeuvre d'un traitement antivibratile pour des logements ou bureaux.

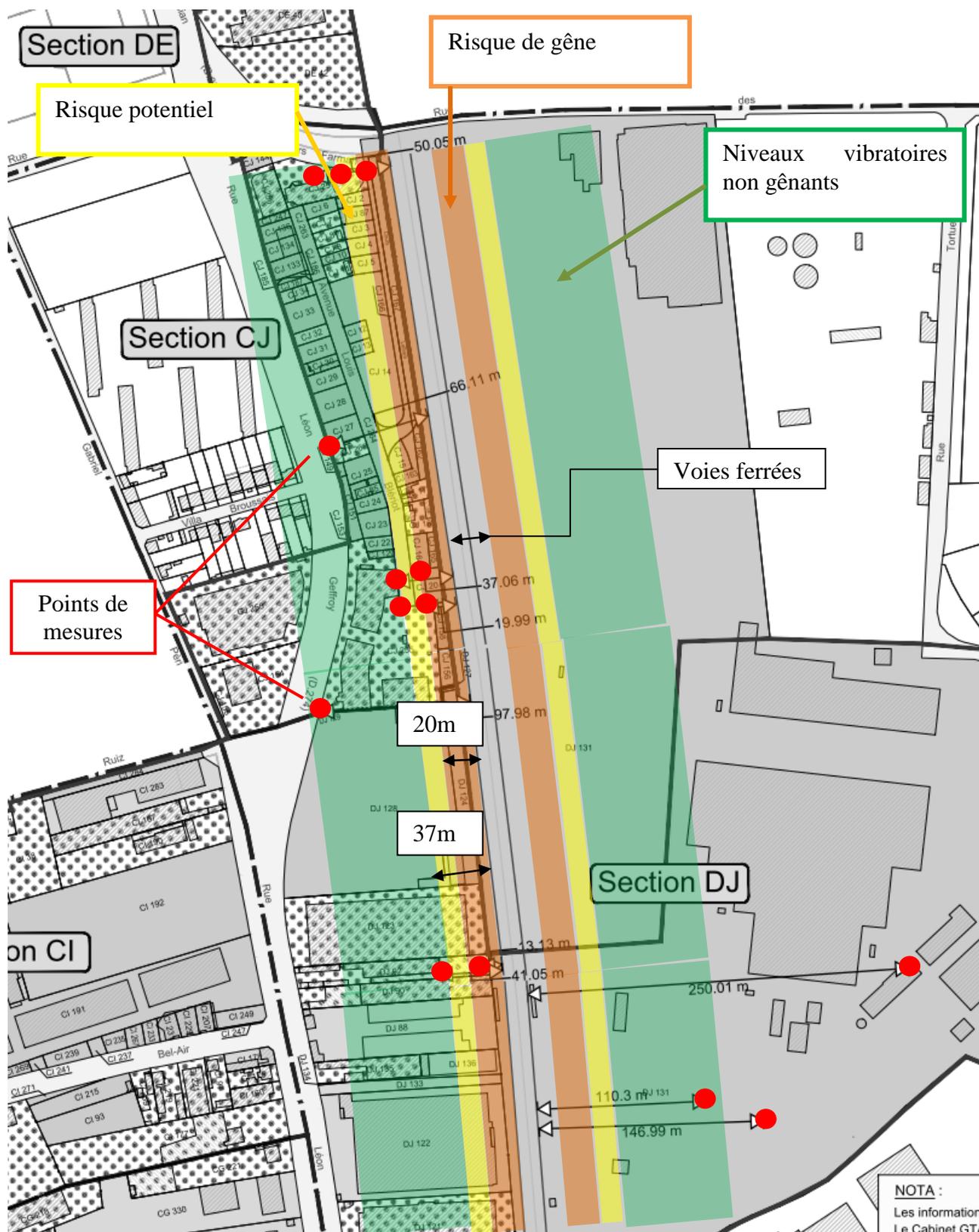


Figure 5 - Cartographie des besoins en traitements antivibratiles

La Figure 6 issue de cette cartographie présente de façon plus détaillée la zone nord située en bordure de voie aux abords de l'avenue Louis Blériot notamment.

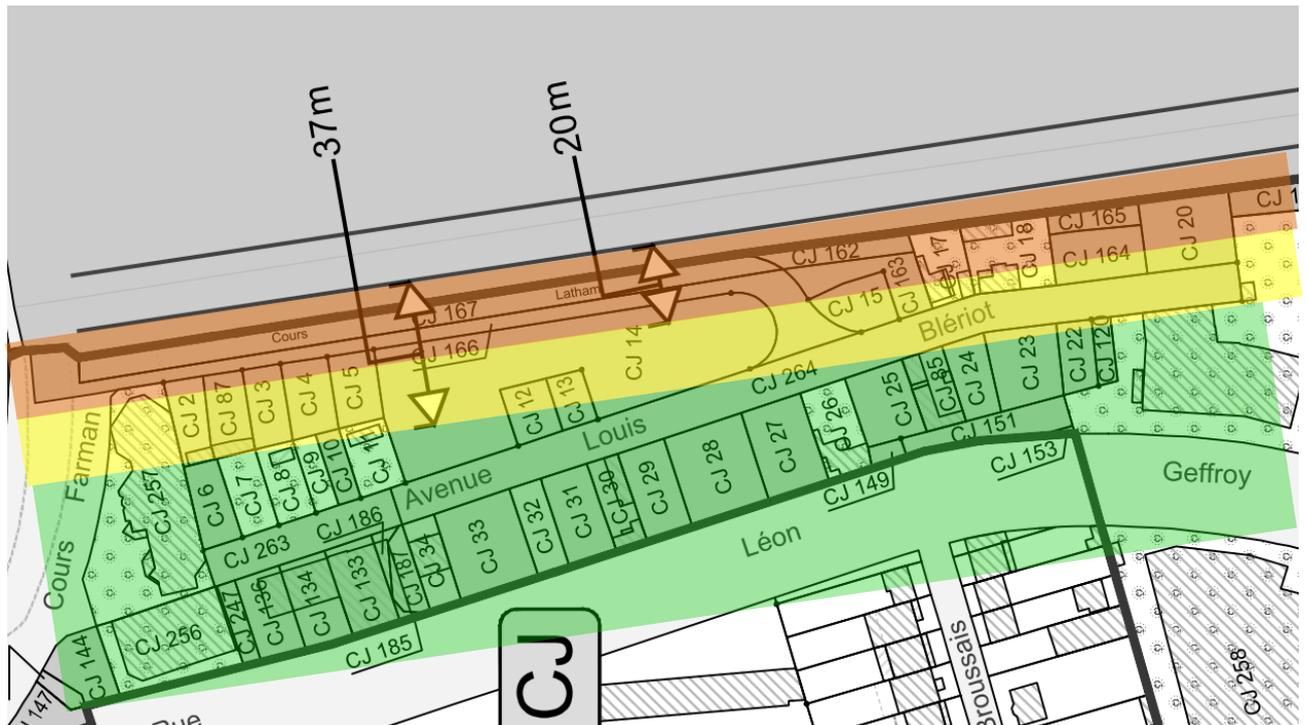


Figure 6 - Cartographie des parcelles autour de l'Avenue Louis Blériot

#### 4.4 Préconisations

##### **Normes ISO2631-2, ISO10137 et régénération acoustique**

Pour les abords de voies (Zone orange), il est recommandé de mettre en œuvre des traitements antivibratiles de type suspension de bâtiment par boîtes à ressorts pour les logements, ressorts ou résilients à définir pour des bureaux.

Pour la zone intermédiaire (Jaune), un diagnostic au cas par cas est nécessaire compte tenu des possibilités. Un immeuble de bureaux ne nécessitera a priori pas de traitement particulier.

Pour la zone la plus éloignée des voies (Verte) la mise en œuvre d'une solution antivibratile n'est pas nécessaire.

##### **Recommandations ASHRAE**

Dans le cas d'installations sensibles tels que des laboratoires, on constate que les critères vibratoires proposés par l'ASHRAE (A, B, C) sont couramment dépassés.

##### **Circulaire du 23 juillet 1986 (construction très sensible)**

Les niveaux vibratoires ne sont jamais dépassés vis-à-vis de ce critère.

## 4.5 Conclusion

Dans le cadre du projet de réaménagement de la Z.A.C des Ardoines à Vitry-sur-Seine, une étude vibratoire a été menée afin de quantifier les niveaux vibratoires existant sur le site à l'état initial (2015).

Dans un premier temps, une campagne de mesures vibratoires a été réalisée sur site en 14 points de mesure afin d'évaluer l'impact de la circulation ferroviaire aux abords du site.

Dans un second temps, les niveaux vibratoires futurs ont été déterminés pour des logements et bureaux sans principe de désolidarisation antivibratile.

Dans un troisième temps, les niveaux acoustiques futurs régénérés aux passages de trains ont été calculés sur la base des résultats précédents.

Des principes généraux et solutions courantes limitant l'impact des vibrations ont été décrits en tant qu'aide à la conception.

Enfin, une cartographie de la zone a été définie à partir de la comparaison des résultats aux normes et recommandations existantes, à savoir :

- Perception tactile (ISO2631-2 et ISO10137),
- Régénération acoustique,
- Recommandations de l'ASHRAE,
- Construction résistante (circulaire du 23 juillet 1986).

Il est à noter que cette étude vise à évaluer les risques de gênes vibratoires sur la future Z.A.C. des Ardoines dans sa globalité mais elle ne dispense pas d'études supplémentaires au cas par cas pour toutes constructions de nouveaux bâtiments. En effet, le comportement dynamique d'une zone peut varier de façon importante entre deux points, même rapprochés.

## ANNEXE I TERMINOLOGIE

### **Bande de tiers octave**

Une bande de tiers d'octave est une bande de fréquences vérifiant la relation :  $f_{max} = 2^{1/3} f_{min}$   
Les fréquences centrales de bande de tiers d'octave sont normalisées. Dans la bande de fréquence d'intérêt de la présente étude, il s'agit des fréquences suivantes :  
4 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 Hz

### **Le dB(A)**

L'oreille n'est pas sensible de la même manière aux différentes fréquences du domaine audible [20 – 20 000 Hz] : sa sensibilité maximum est constatée autour de 1000 Hz, et décroît dès que la fréquence devient plus grave ou nettement plus aiguë.  
Pour tenir compte de cette sensibilité et après de nombreuses mesures et études, les acousticiens ont mis au point une série de filtres de pondération : les filtres A, B, C et D.  
Pour les bruits aériens standards autres que le bruit des avions, le filtre utilisé est le filtre A.  
Le dB(A) correspond donc à une moyenne pondérée du spectre en octave ou en tiers d'octave d'un bruit, tenant compte de la sensibilité de l'oreille humaine en fonction de la fréquence.

### **Niveau de pression acoustique**

Le niveau de pression acoustique  $L_p$  est défini en dB par la relation :

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

Où :

$p$  est la pression acoustique,

$p_0$  est la pression acoustique de référence ( $p_0 = 2.10^{-5}$  Pa).

### **Niveau de vitesse vibratoire**

Le niveau de vitesse vibratoire  $L_v$  est défini en dB par la relation :

$$L_v = 20 \log (v/v_0)$$

Où :

$v$  est la vitesse vibratoire en m/s,

$v_0$  est la vitesse vibratoire de référence ( $v_0 = 5.10^{-8}$  m/s).

### **Niveau (vibratoire ou acoustique) équivalent**

Le niveau  $Leq_T$  est défini comme étant le niveau équivalent, mesuré sur des tranches consécutives de T secondes.

On utilise généralement le  $Leq_{1s}$ .

ANNEXE II PLAN D'ETAT PARCELLAIRE DE LA ZAC DES ARDOINES

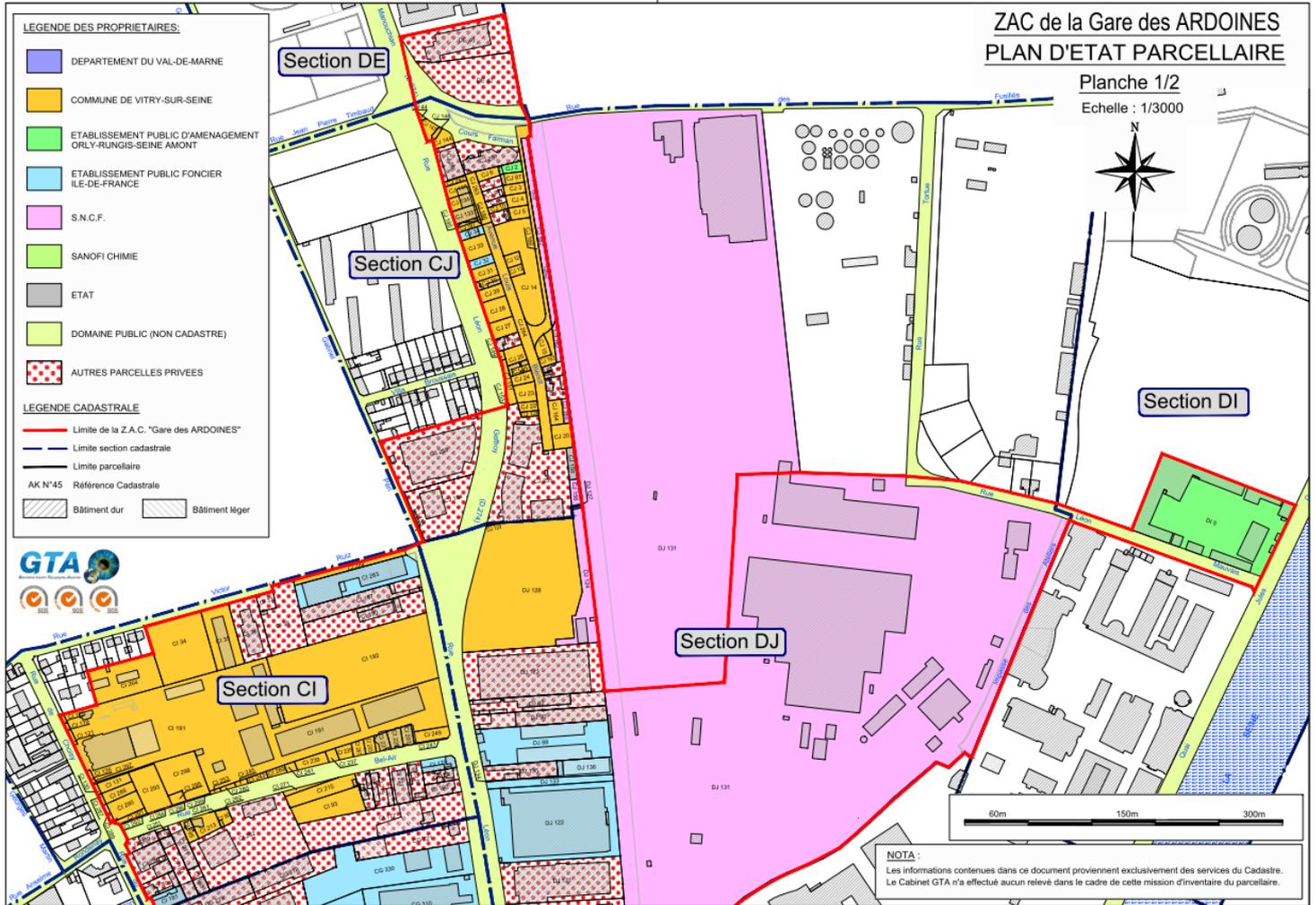


Figure 7 - Plan d'état parcellaire de la Z.A.C des Ardoines

ANNEXE III RESULTATS ZONE 1



Figure 8 - Vélocimètre au point de mesure 1



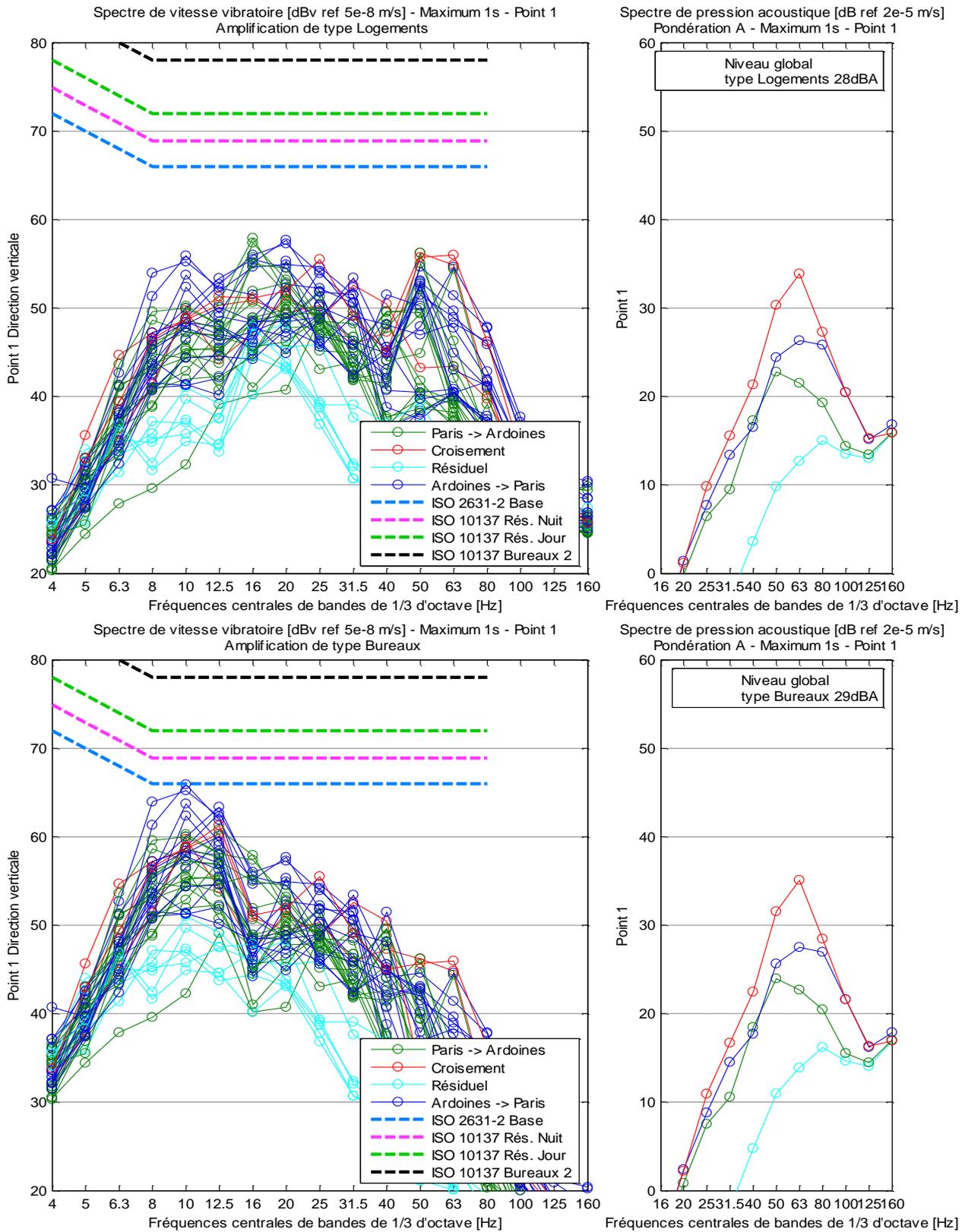
Figure 9 - Vélocimètre au point de mesure 2



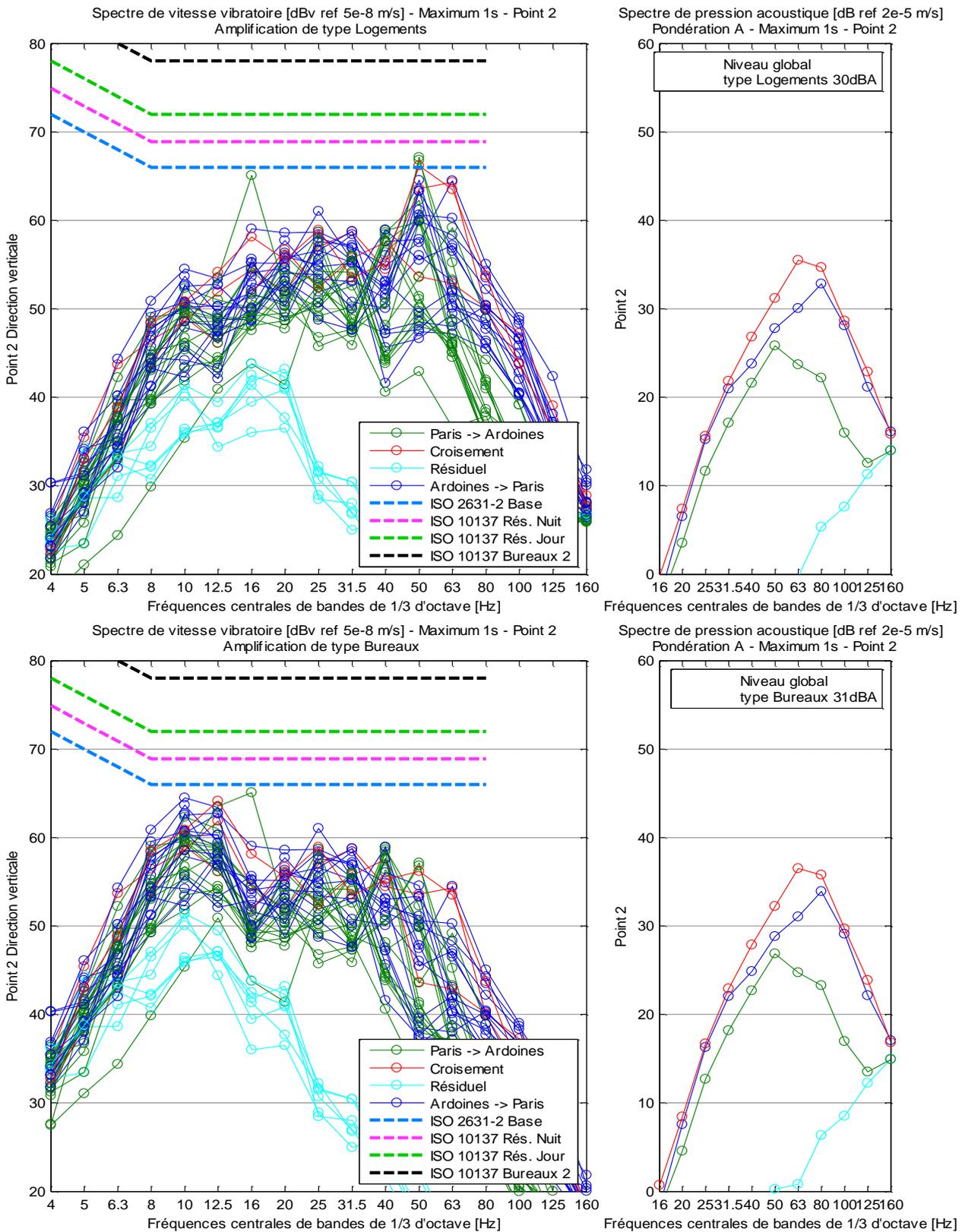
Figure 10 - Vélocimètre au point de mesure 3



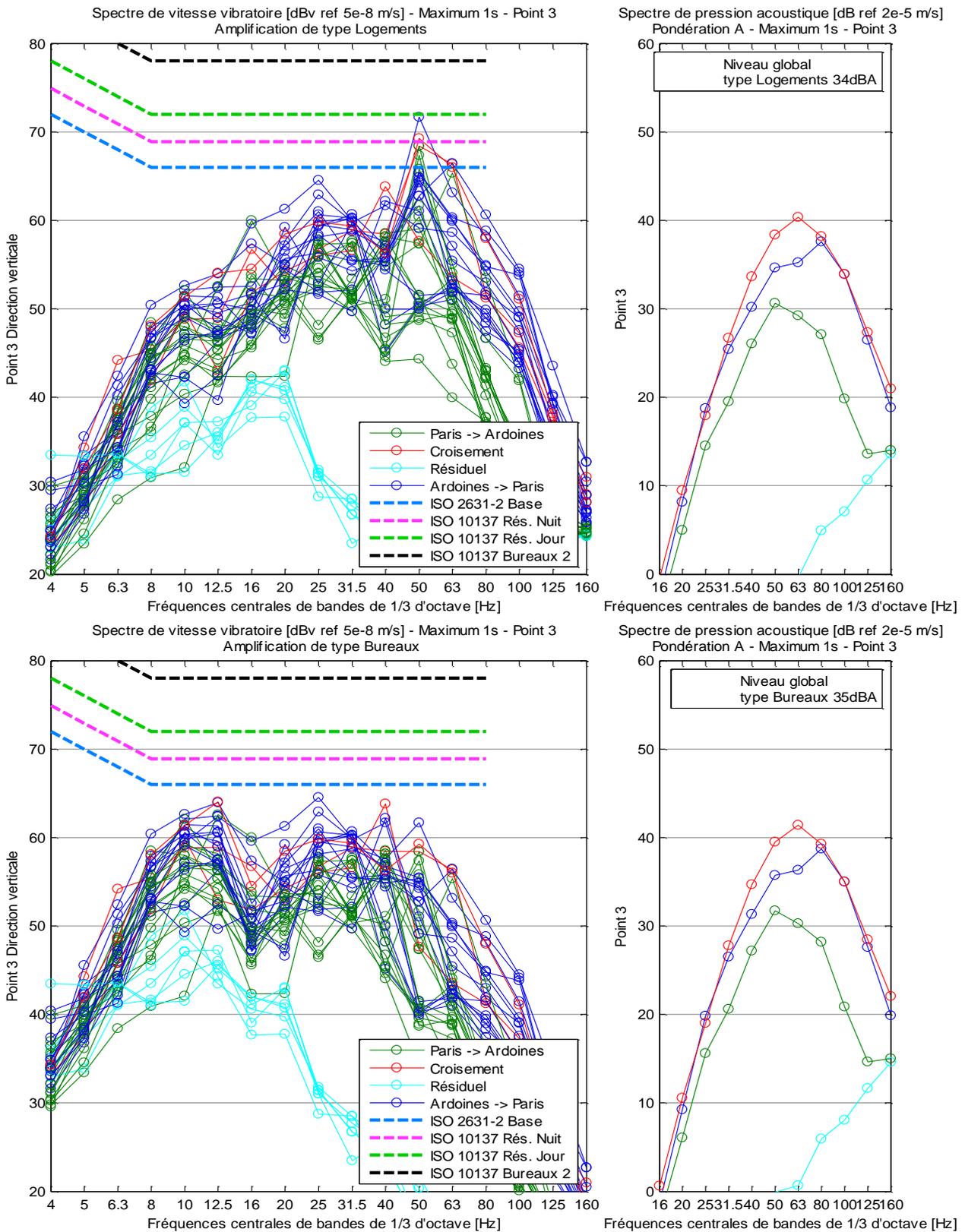
Figure 11 - Vélocimètre au point de mesure 4



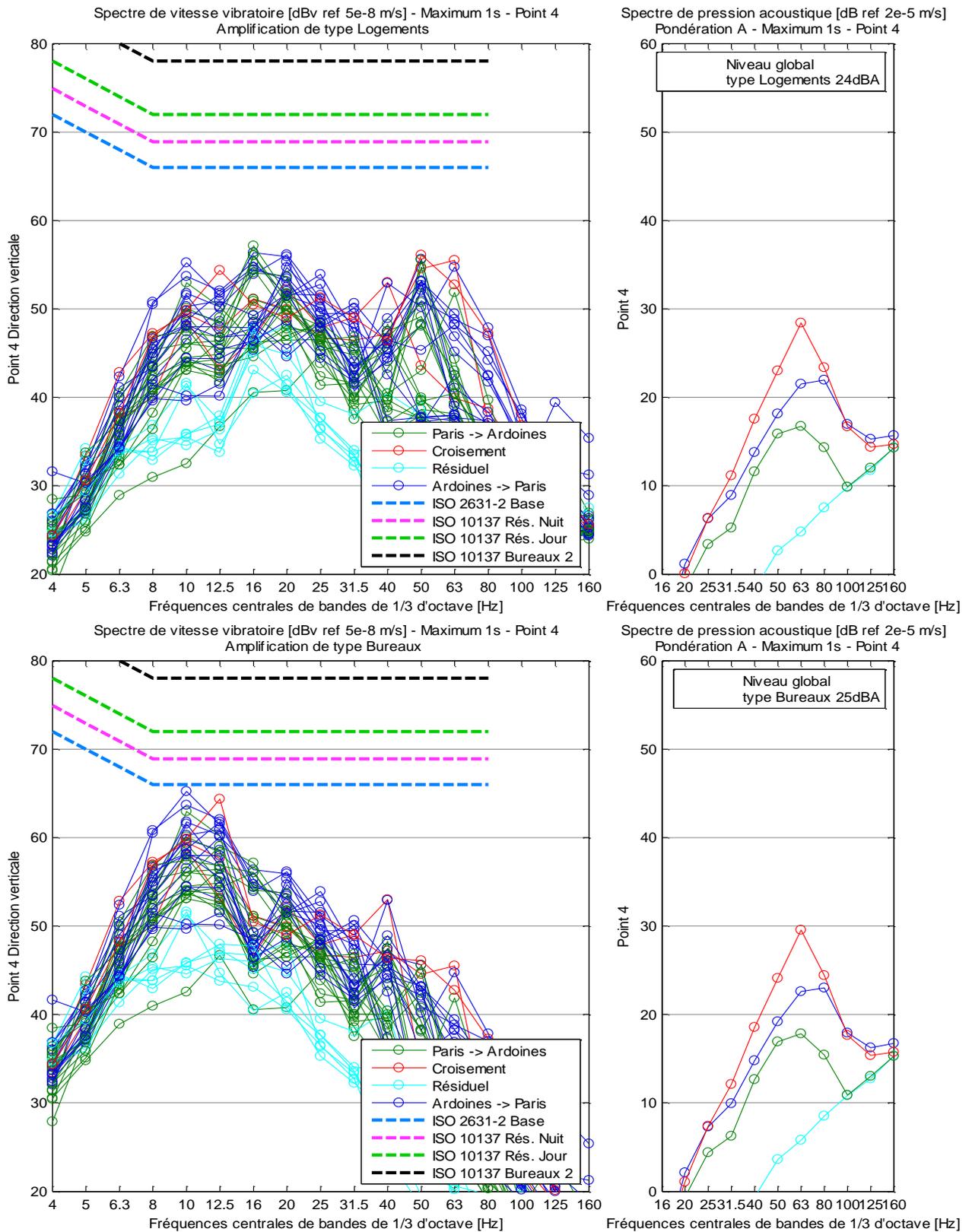
**Figure 12 - Zone 1 - Point 1 - Spectres de vitesse vibratoire avec amplifications de planchers et spectres acoustiques régénérés associés**



**Figure 13 - Zone 1 - Point 2 - Spectres de vitesse vibratoire avec amplifications de planchers et spectres acoustiques régénérés associés**



**Figure 14 - Zone 1 - Point 3 - Spectres de vitesse vibratoire avec amplifications de planchers et spectres acoustiques régénérés associés**



**Figure 15 - Zone 1 - Point 4 - Spectres de vitesse vibratoire avec amplifications de planchers et spectres acoustiques régénérés associés**

ANNEXE IV RESULTATS ZONE 2



Figure 16 - Vélocimètre au point de mesure 1



Figure 17 - Vélocimètre au point de mesure 2

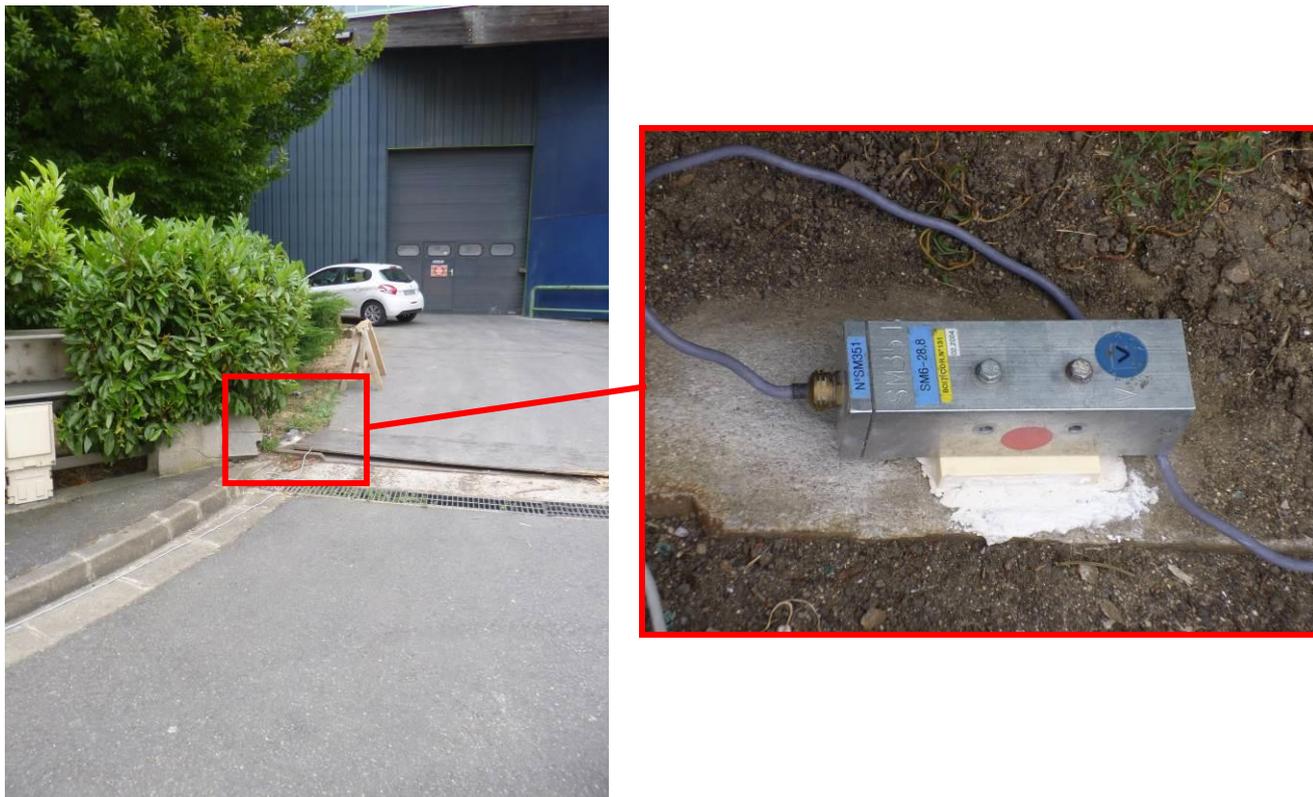
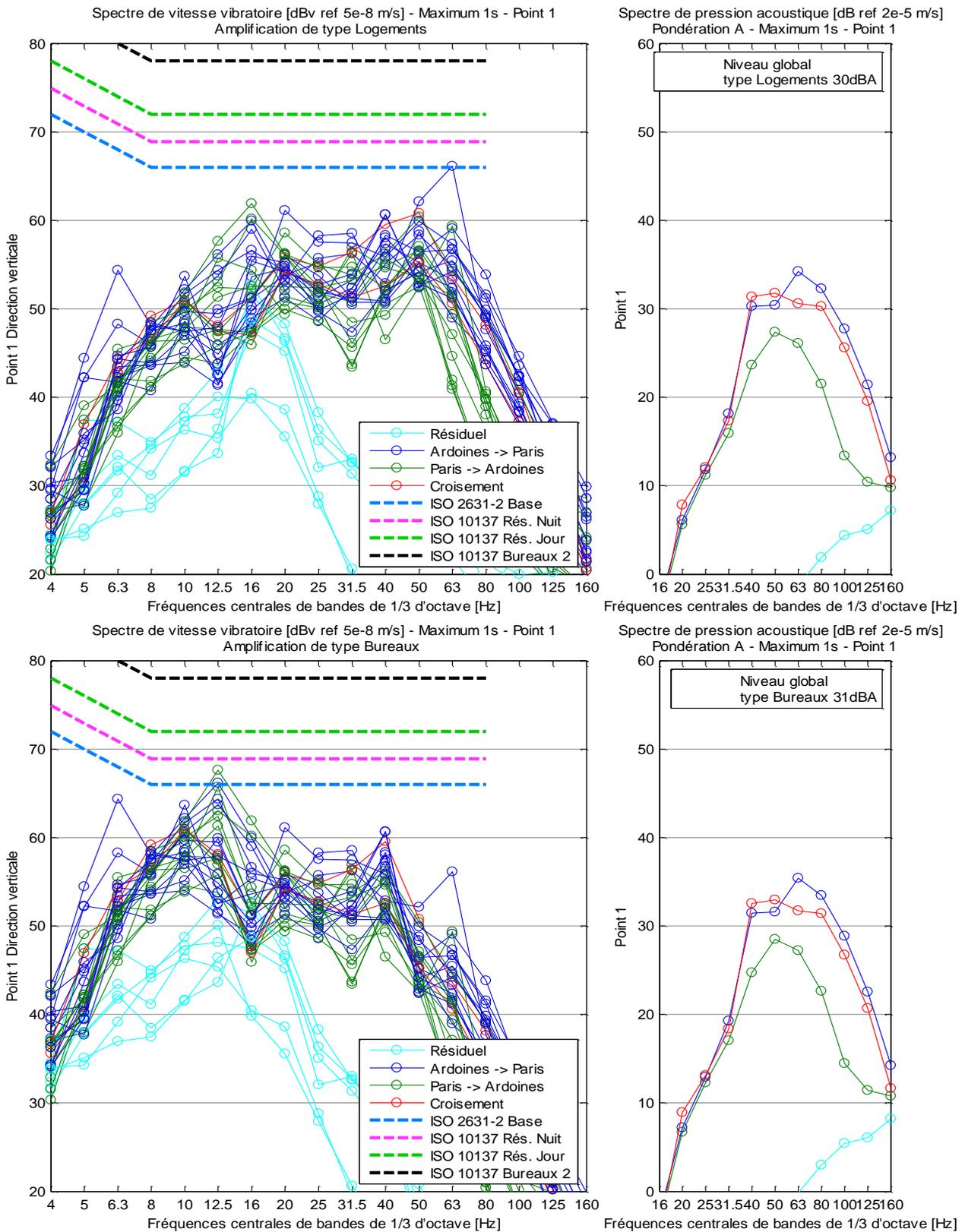
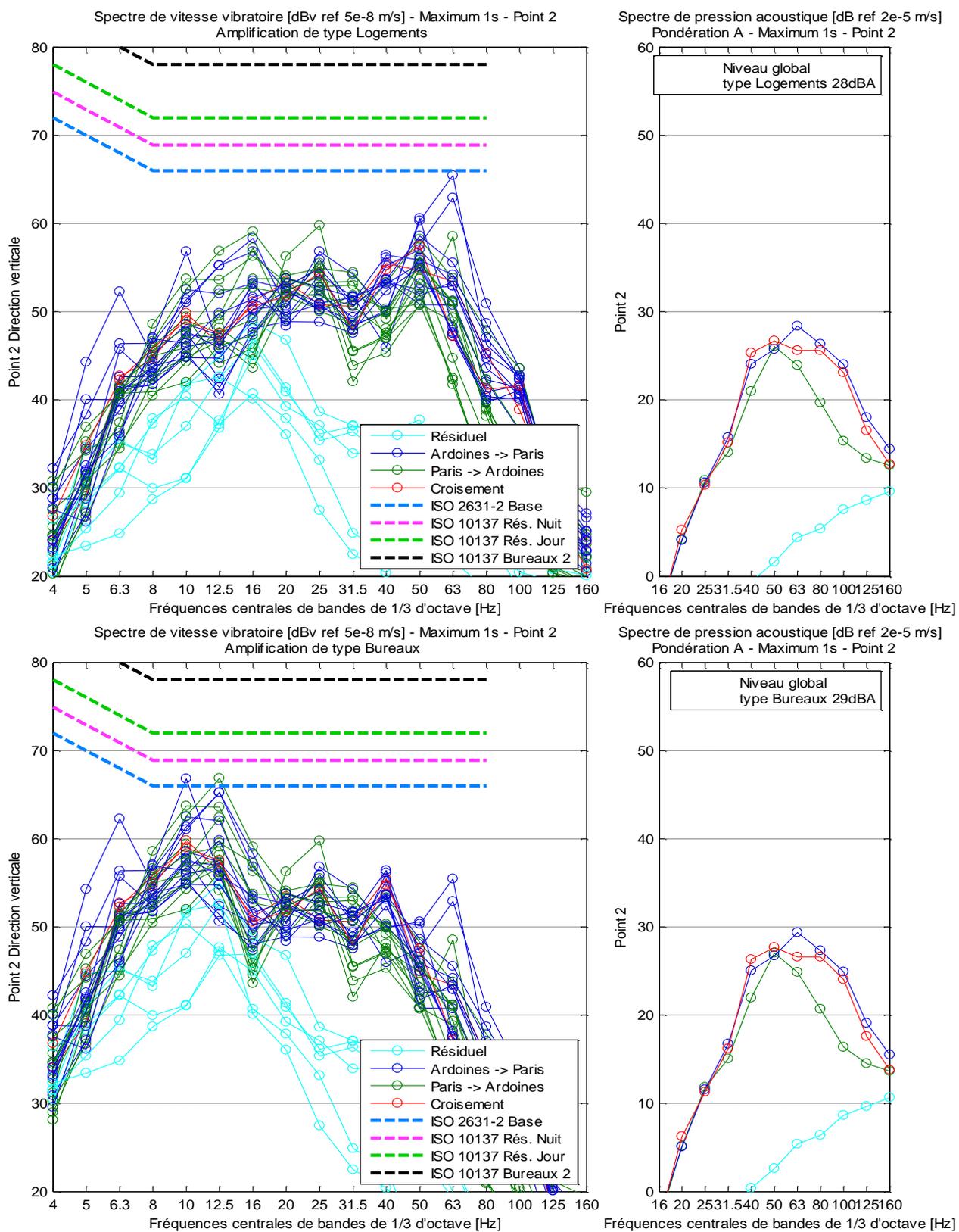


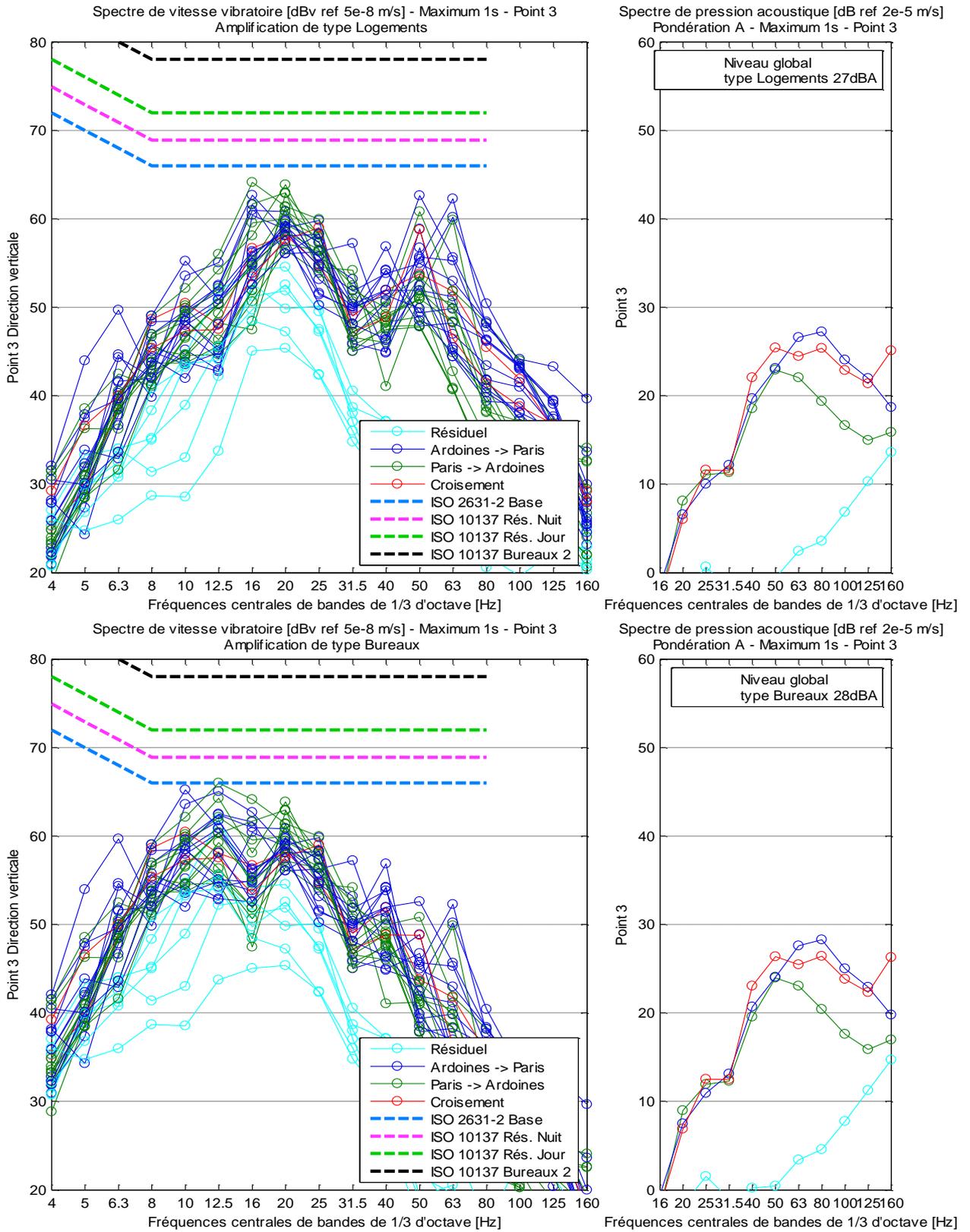
Figure 18 - Vélocimètre au point de mesure 3



**Figure 19 - Zone 2 - Point 1 - Spectres de vitesse vibratoire avec amplifications de planchers et spectres acoustiques régénérés associés**



**Figure 20 - Zone 2 - Point 2 - Spectres de vitesse vibratoire avec amplifications de planchers et spectres acoustiques régénérés associés**



**Figure 21 - Zone 2 - Point 3 - Spectres de vitesse vibratoire avec amplifications de planchers et spectres acoustiques régénérés associés**

ANNEXE V RESULTATS ZONE 3



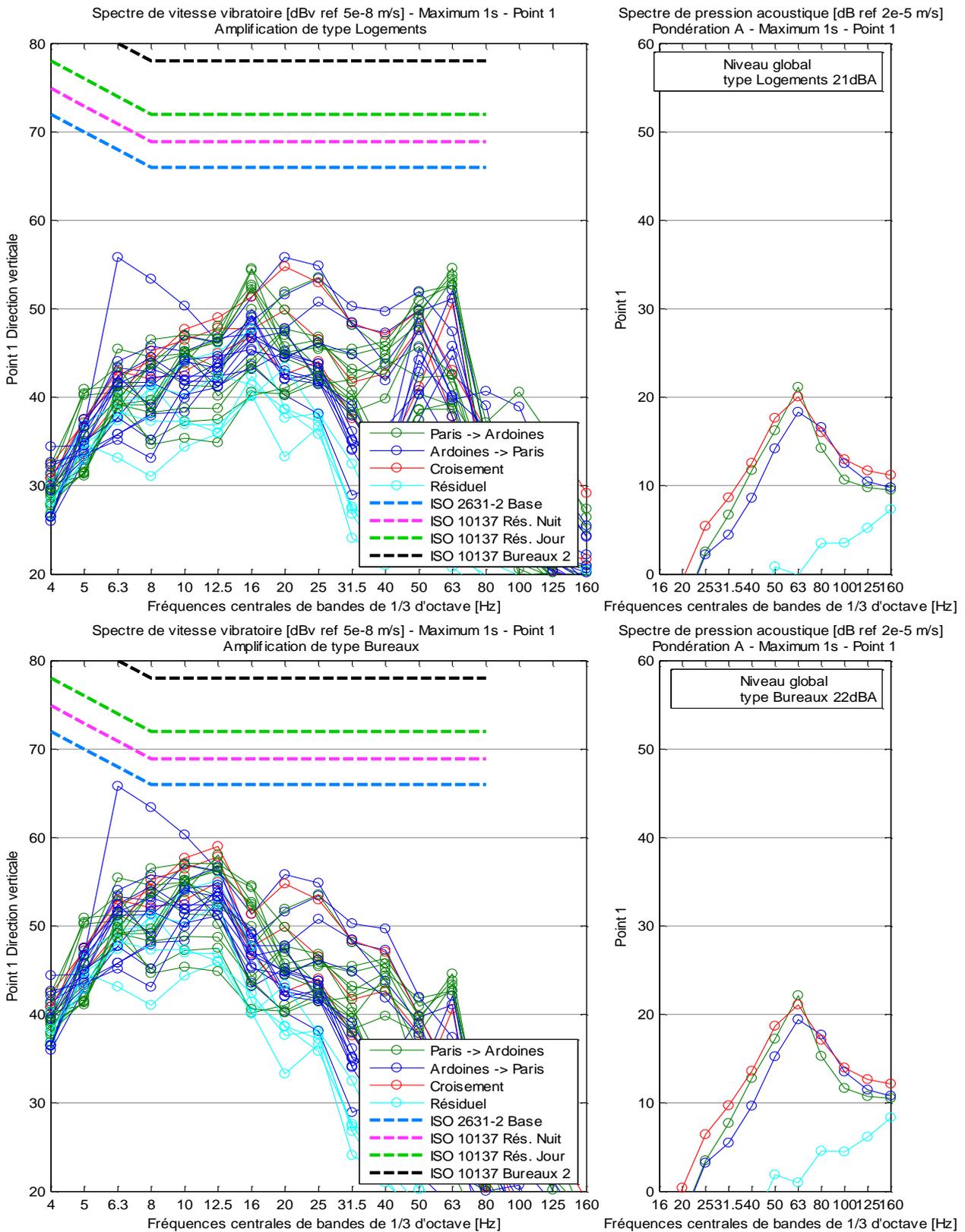
Figure 22 - Vélocimètre au point de mesure 1



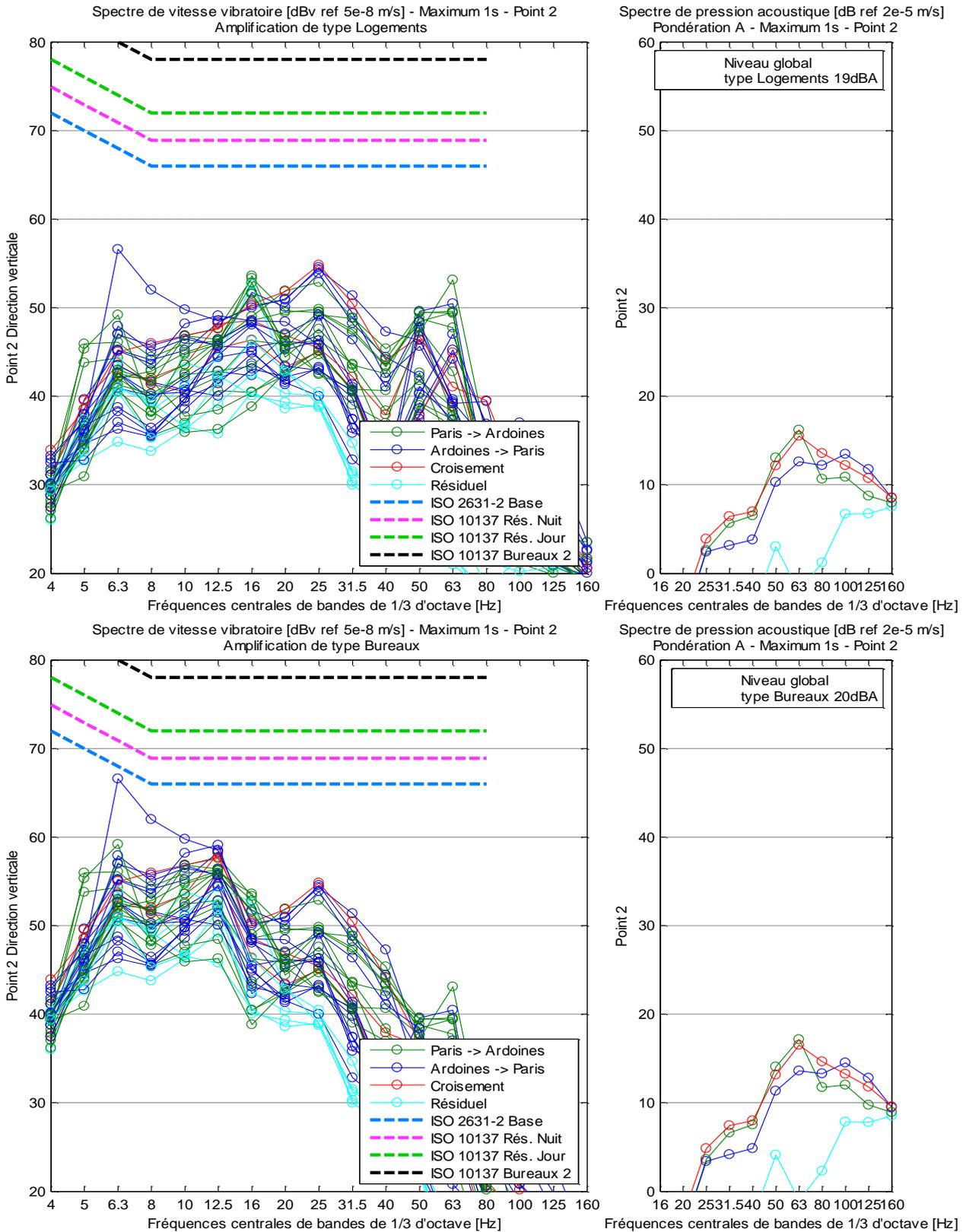
Figure 23 - Vélocimètre au point de mesure 2



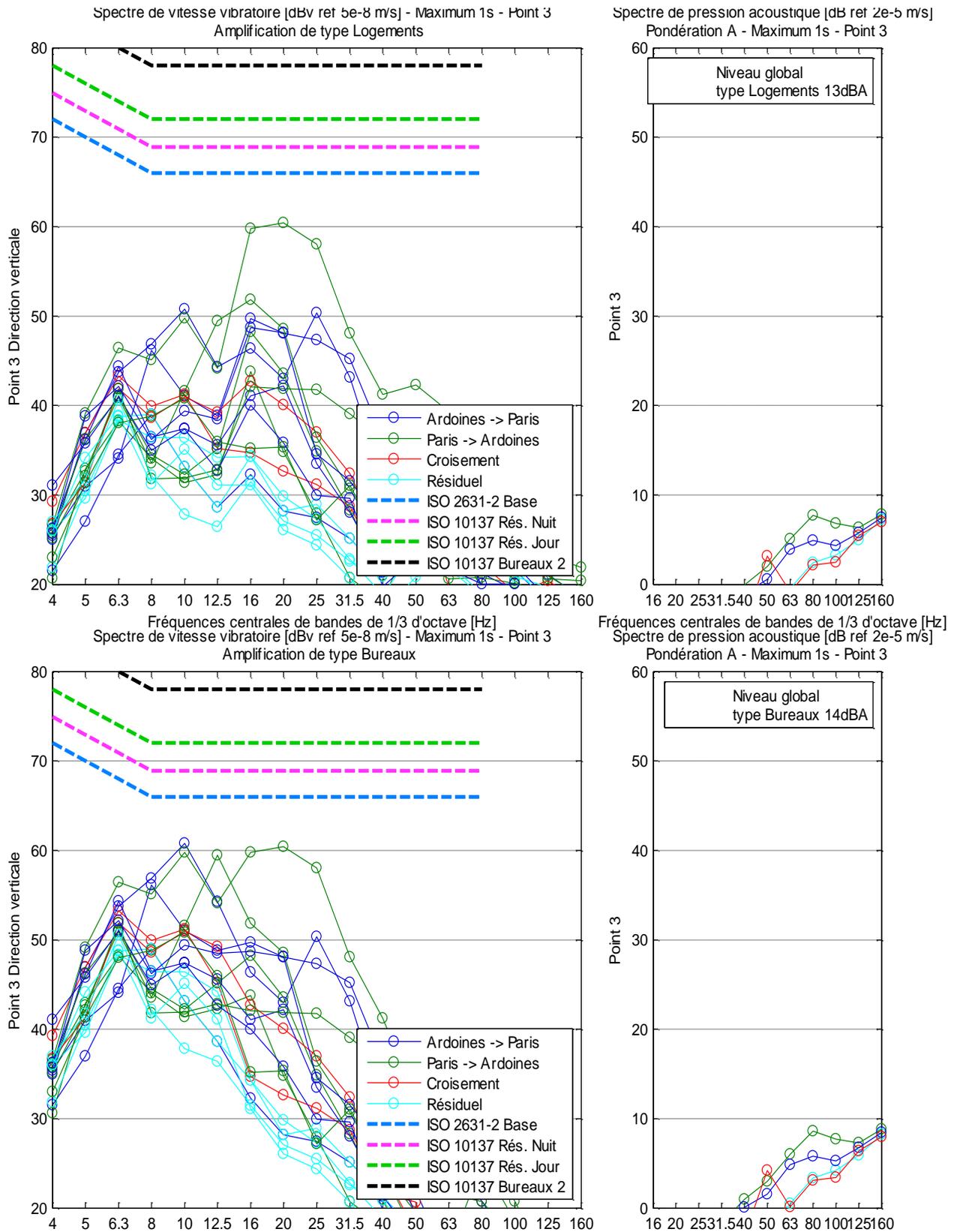
Figure 24 - Vélodimètre au point de mesure 3



**Figure 25 - Zone 3 - Point 1 - Spectres de vitesse vibratoire avec amplifications de planchers et spectres acoustiques régénérés associés**



**Figure 26 - Zone 3 - Point 2 - Spectres de vitesse vibratoire avec amplifications de planchers et spectres acoustiques régénérés associés**



**Figure 27 - Zone 3 - Point 3 - Spectres de vitesse vibratoire avec amplifications de planchers et spectres acoustiques régénérés associés**

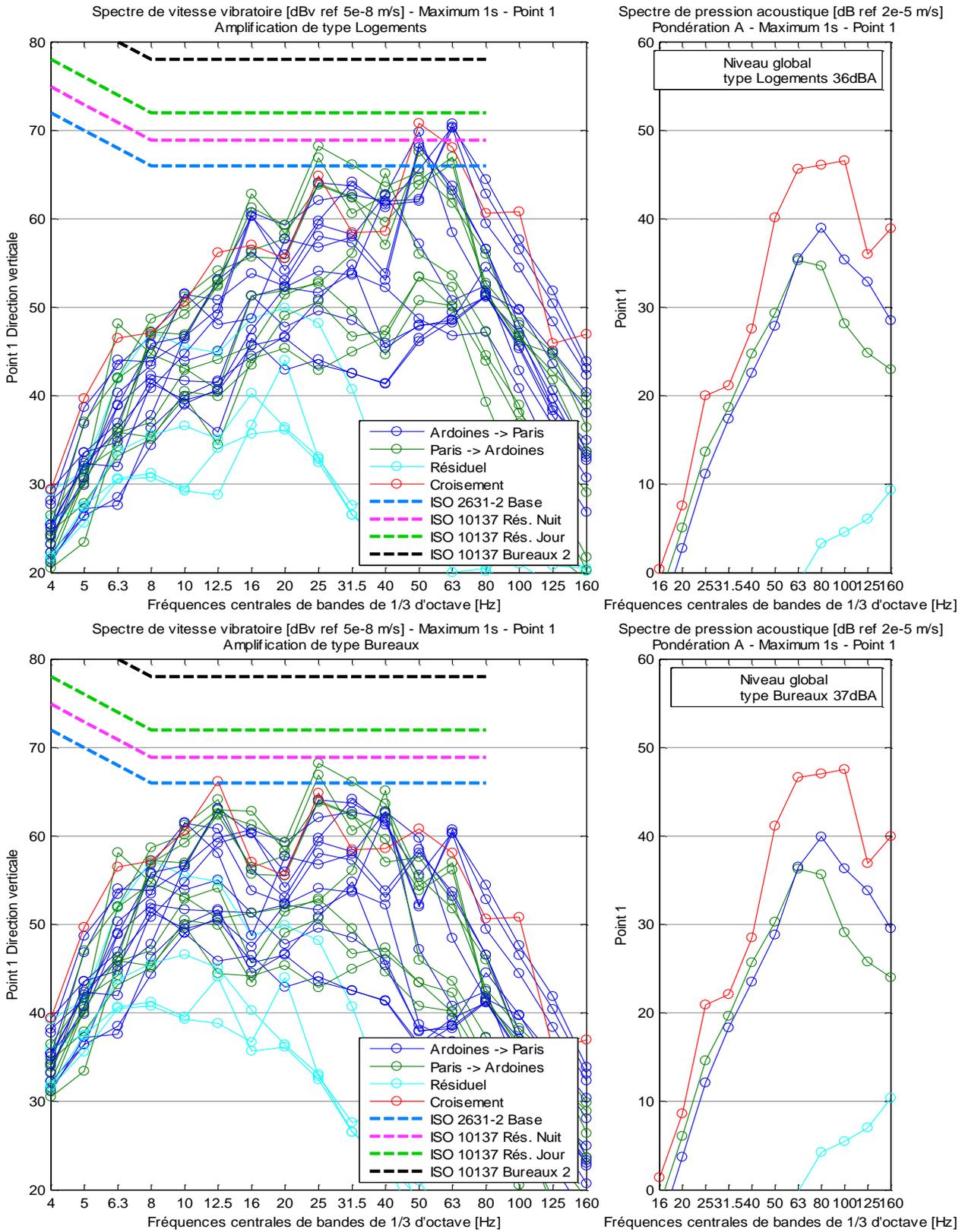
ANNEXE VI RESULTATS ZONE 4



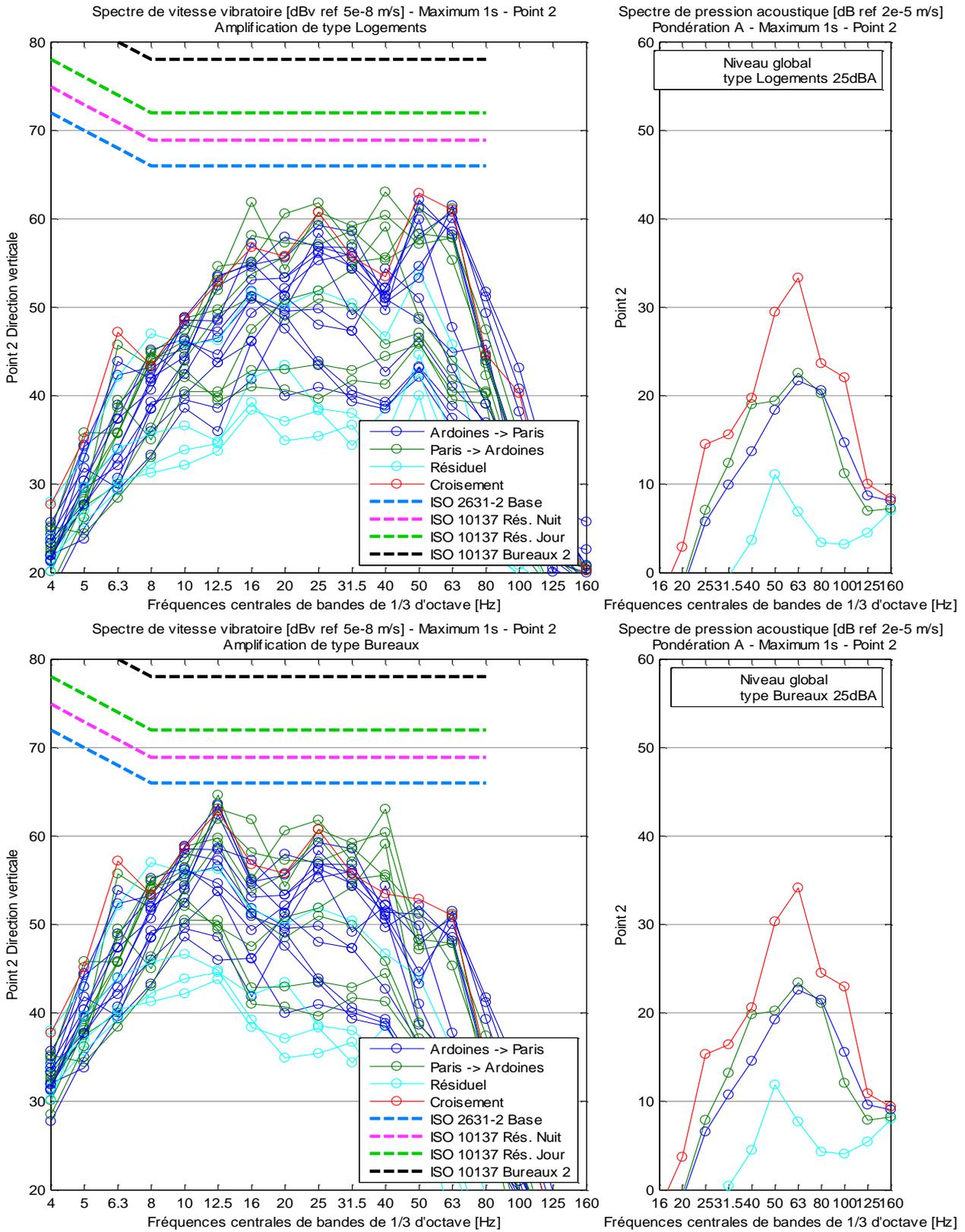
Figure 28 - Vélocimètre au point de mesure 1



Figure 29 - Vélocimètre au point de mesure 2



**Figure 30 - Zone 4 - Point 1 - Spectres de vitesse vibratoire avec amplifications de planchers et spectres acoustiques régénérés associés**

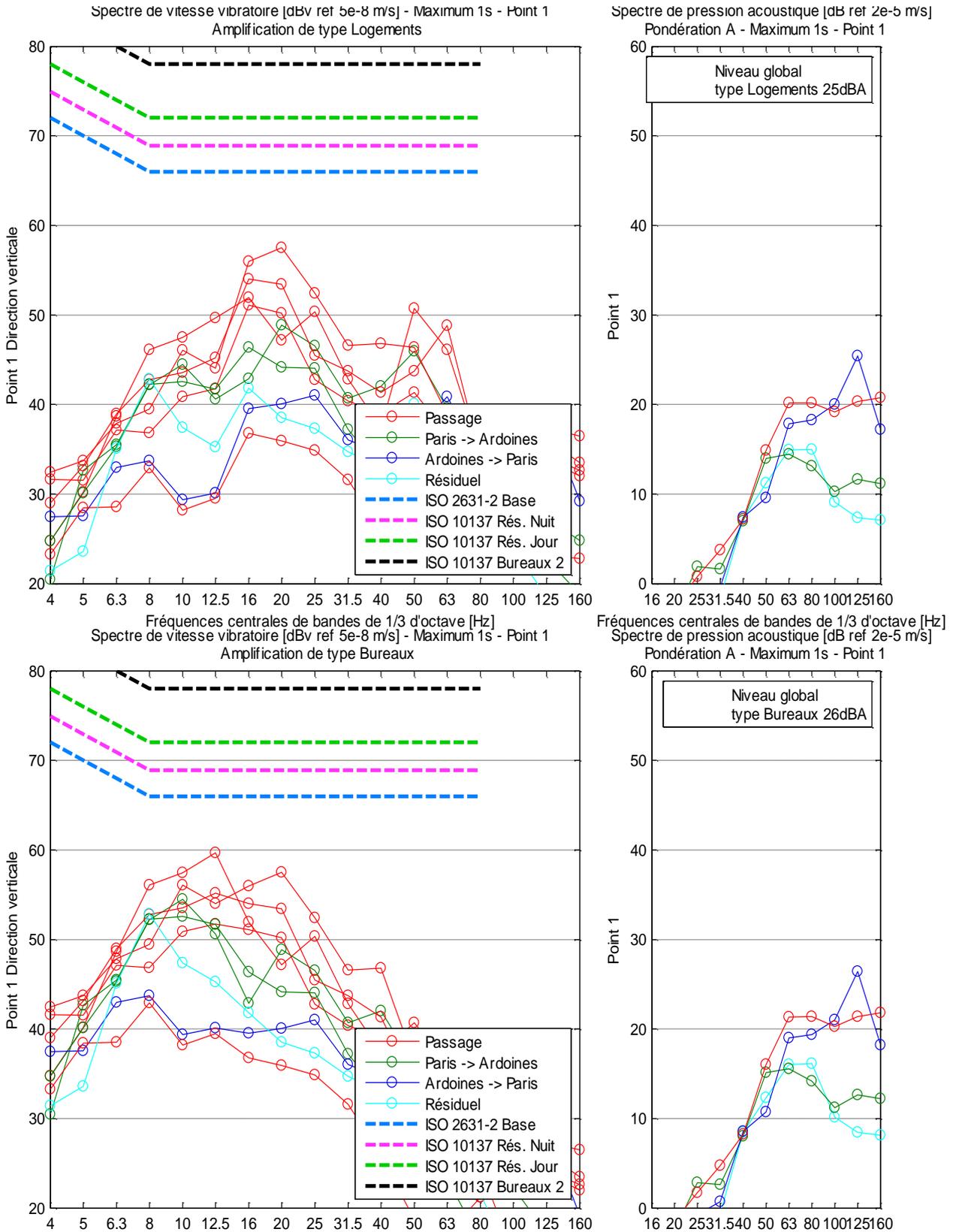


**Figure 31 - Zone 4 - Point 2 - Spectres de vitesse vibratoire avec amplifications de planchers et spectres acoustiques régénérés associés**

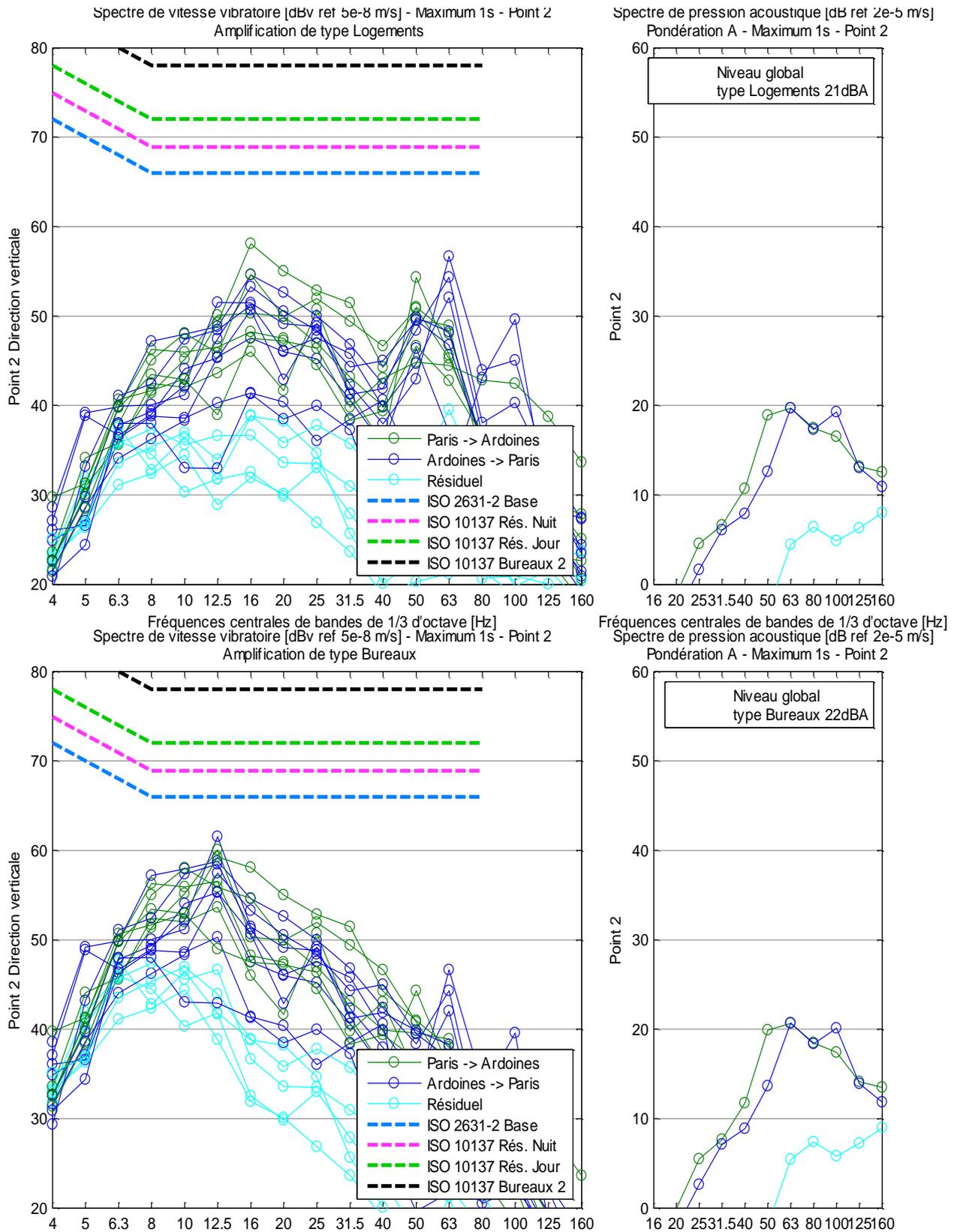
ANNEXE VII RESULTATS ZONE 5



Figure 32 - Vélocimètre au point de mesure 1



**Figure 33 - Zone 5 - Point 1 - Spectres de vitesse vibratoire avec amplifications de planchers et spectres acoustiques régénérés associés**



**Figure 34 - Zone 5 - Point 2 - Spectres de vitesse vibratoire avec amplifications de planchers et spectres acoustiques régénérés associés**