RAPPORT SECTORIEL

ÉTUDE SECTORIELLE SUR LES VIBRATIONS

PROJET HORNE 5, ROUYN-NORANDA, QUÉBEC

DÉCEMBRE 2017







ÉTUDE SECTORIELLE SUR LES VIBRATIONS

PROJET HORNE 5, ROUYN-NORANDA, QUÉBEC

RESSOURCES FALCO LTÉE

RAPPORT SECTORIEL (VERSION FINALE)

PROJET NO.: 151-11330-09 DATE : DÉCEMBRE 2017

WSP CANADA INC. 1600, BOUL. RENE-LEVESQUE OUEST, 16^E ETAGE MONTREAL (QUÉBEC) H3H 1P9

TÉLÉPHONE : +1 514-340-0046 TÉLÉCOPIEUR : +1 514-340-1337

WSP.COM

SIGNATURES

Chef d'Équipe – Biologie/ Environnement

PRÉPARÉ PAR

#019:142505 Patrice Choquette, ing., M.Sc.A. (OIQ # 142505) Chargé de projet – Acoustique & Vibrations	Le 20 décembre 2017 Date
RÉVISÉ PAR	
Carl Martin, M. Sc., biol.	Le 20 décembre 2017 Date

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Calcul et rédaction Patrice Choquette, ing., M.Sc.A. (OIQ # 142505)

Coordination terrain Maxime Boudreault, ing.

Révision Carl Martin, M Sc. Biol.

Cartographie Mylène Lachapelle

Édition Nancy Laurent, DEC



TABLE DES MATIÈRES

1	MISE EN CONTEXTE ET OBJECTIFS	1
1.1	Mise en contexte	1
1.2	Objectifs de l'étude	1
2	RÉGLEMENTATION ET ENGAGEMENT CORPORATIF	3
2.1	Directive 019 sur l'industrie minière	3
2.2	Engagement corporatif	3
3	MÉTHODOLOGIE	. 5
3.1	Secteur du complexe minier Horne 5 - 2016	5
3.1.1	Localisation des points récepteurs	5
3.1.2	Instrumentation	5
3.2	Secteur des IGRM de surface - 2017	5
3.2.1	Localisation des points récepteurs	5
3.2.2	Instrumentation	5
4	RÉSULTATS	. 9
4.1	Secteur du complexe minier Horne 5 - 2016	9
4.2	Secteur des IGRM de surface - 2017	14
5	ÉVALUATION DES NIVEAUX VIBRATOIRES EN EXPLOITATION	15
5.1	Identification des points d'évaluation	.15
5.2	Géologie	16
5.3	Plan de forage et d'exploitation	.16
5.4	Évaluation des niveaux vibratoires aux récepteurs	18



RÉFÉRENCI	E BIBLIOGRAPHIQUE23
TABLEAUX	
TABLEAU 1:	VITESSES MAXIMALES PERMISES EN FONCTION DES FRÉQUENCES DE VIBRATIONS AU SOL DANS LES CAS OÙ LES HABITATIONS SONT SITUÉES À MOINS DE 1 KM DE LA MINE SOUTERRAINE
TABLEAU 2 :	RÉSULTATS DES MESURES VIBRATOIRES POUR LA PÉRIODE DE PRINTEMPS10
TABLEAU 3 :	RÉSULTATS DES MESURES VIBRATOIRES POUR LA PÉRIODE D'ÉTÉ
TABLEAU 4 :	RÉSULTATS DES MESURES VIBRATOIRES POUR LA PÉRIODE D'AUTOMNE
TABLEAU 5 :	RÉSULTATS DES MESURES VIBRATOIRES POUR LA PÉRIODE DE PRINTEMPS14
TABLEAU 6 :	RÉSULTATS DES MESURES VIBRATOIRES POUR LA PÉRIODE D'ÉTÉ
TABLEAU 7 :	MESURES VIBRATOIRES AVANT-PROJET - RAPPEL DES RÉSULTATS
TABLEAU 8 :	RÉSUMÉ DES DIMENSIONS DE CHANTIER ET DES CHARGES MAXIMALES DES
TABLEAU 9 :	FORAGES
TABLEAU 10 :	•
	D EXPLOSIF A > 1500 M DE PROFONDEUR20
FIGURES	
FIGURE 1:	LOCALISATION DES POINTS RÉCEPTEURS VIBRATIONS DANS LE SECTEUR DU CMH56
FIGURE 2 :	LOCALISATION DU POINT RÉCEPTEUR VIBRATION DANS LE SECTEUR DES IGRM DE SURFACE7
FIGURE 3 :	PLAN DES FAILLES GÉOLOGIQUES MAJEURES AU TOUR DU GISEMENT - VUE DE DESSUS17
FIGURE 4 :	PRÉSENTATION D'UN PATRON DE FORAGE TYPE POUR UN CHANTIER
FIGURE 5:	LIGNES DIRECTRICES VIBRATOIRES SELON LA PERCEPTION HUMAINE21



ANNEXES

- A Représentation graphique des résultats vibratoires 2016
- **B** Représentation graphique des résultats vibratoires 2017

1 MISE EN CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1 MISE EN CONTEXTE

Ressources Falco Ltée (Falco) est une société junior d'exploration ayant acquis des propriétés correspondant au camp minier historique de Rouyn-Noranda.

Ces acquisitions incluent le secteur du complexe de la mine Horne et treize autres anciennes mines. Le gîte Horne 5 est physiquement situé en dessous de l'ancienne mine de cuivre et d'or Horne qui fut exploitée par Noranda de 1926 à 1976. Le complexe industriel de la Fonderie occupe actuellement la surface dans ce secteur. Le gisement Horne 5 correspond à une concentration de sulfures massifs à semi-massifs de types volcanogènes (SMV).

Le projet Horne 5 prévoit l'utilisation d'un ancien puits, l'ouverture d'une nouvelle mine et l'utilisation de certaines infrastructures de surface et souterraines dans une zone industrialisée de la ville de Rouyn-Noranda (complexe minier Horne 5; ci-après « CMH5 ») et des installations de gestion des résidus miniers (IGRM) de surface en prenant avantage de la présence d'un parc à résidus miniers existant (parc Norbec) situé à environ 11 km au nord du CMH5. Outre ces deux sites, des conduites d'eau (1) et de résidus miniers (2) lieront le CMH5 au site des IGRM de surface, et une conduite assurera l'approvisionnement en eau fraîche de l'usine de traitement du minerai à partir du lac Rouyn, à l'est du CMH5.

Dans le cadre de l'étude d'impact de ce projet, Falco a fait appel à WSP Canada inc. afin d'établir un portrait de l'environnement vibratoire du secteur d'implantation du projet Horne 5.

1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Les principaux objectifs de cette étude sont :

- évaluer les niveaux vibratoires de base (avant-projet) dans le secteur d'implantation du CMH5;
- évaluer les niveaux vibratoires de base (avant-projet) dans le secteur d'implantation des IGRM de surface;
- estimer les niveaux vibratoires aux récepteurs sensibles avoisinant le CMH5 dans les conditions d'exploitation du CMH5.

Pour ce faire, des campagnes de mesures vibratoires ont été réalisées en 2016 et 2017 à un ensemble de stations correspondant à des récepteurs sensibles répartis à proximité des infrastructures projetées.

2 RÉGLEMENTATION ET ENGAGEMENT CORPORATIF

2.1 DIRECTIVE 019 SUR L'INDUSTRIE MINIÈRE

Bien qu'elle ne constitue pas un texte réglementaire, la Dir. 019 sur l'industrie minière a été rédigée de manière à soutenir la LQE. Plus précisément, l'article 2.4.2 de la Dir. 019, portant sur le bruit et les vibrations lors d'un sautage stipule que :

« L'exploitant d'une mine active (incluant la période des travaux de mise en valeur de l'exploitation du gisement minier) doit mettre en place un système d'autosurveillance et conserver, dans un registre prévu à cet effet et pendant au moins deux ans, toutes les données de suivi des opérations de sautage (vitesses de vibrations, fréquences de vibrations au sol, pressions d'air, patrons de sautage). »

Dans le cas de l'exploitation d'une mine souterraine située à moins de 1 km d'un point d'impact, l'exploitant doit installer un réseau de surveillance des vibrations au sol et des pressions d'air à proximité des habitations ou des puits artésiens (entre une et trois stations installées aux habitations les plus rapprochées de la mine, à moins d'un avis contraire justifiant un autre emplacement), en plus de se conformer aux niveaux vibratoires présentés au tableau 1.

Tableau 1: Vitesses maximales permises en fonction des fréquences de vibrations au sol dans les cas où les habitations sont situées à moins de 1 km de la mine souterraine

Fréquence des vibrations au sol (Hz)

Vitesse maximale permise (mm/s)

Fréquence ≤ 15	12,7
15 < Fréquence < 20	19
20 < Fréquence < 25	23,0
Fréquence > 25	25,0

De plus, pour une profondeur d'exploitation au-delà de 100 m:

- la vitesse maximale des vibrations permises au sol dues aux opérations de sautage et enregistrées au point d'impact ne peut excéder 12,7 mm/s; et
- les sautages effectués entre 19 h et 7 h doivent l'être à heure fixe et l'exploitant doit en aviser la population concernée située à moins de 1 km, de même que de tout changement dans l'horaire des sautages.

2.2 ENGAGEMENT CORPORATIF

Dans le cadre de ce projet, Falco a formulé bon nombre d'engagements concernant l'exploitation du gisement. Parmi ces engagements, on peut noter l'intention de planifier les dynamitages pour respecter une limite vibratoire de 5 mm/s en tous points à la surface. Cette précaution additionnelle est prévue pour la protection des installations de la Fonderie Horne et le milieu bâti environnant.

À titre informatif, un niveau vibratoire de 5 mm/s est la limite généralement imposée pour éviter les tassements ou glissements lors de la présence de sols pulvérulents lâches (sols peu compétents) ou lorsque tout risque de dommage cosmétique veut être évité à proximité de résidences unifamiliales (structures de bois sur fondation de béton).

Ceci dit, l'hypothèse principale de cette limite vibratoire et que l'ensemble des infrastructures de la Fonderie Horne et des infrastructures à proximité n'utilisent pas d'équipements nécessitant un seuil d'exposition aux vibrations inférieur à cette valeur.

3 MÉTHODOLOGIE

3.1 SECTEUR DU COMPLEXE MINIER HORNE 5 - 2016

3.1.1 LOCALISATION DES POINTS RÉCEPTEURS

Des mesures vibratoires en continu ont été réalisées sur trois périodes de deux semaines (printemps, été et automne). Ces mesures ont eu lieu à six points récepteurs (période de printemps). Cinq autres points récepteurs ont été ajoutés par la suite (périodes d'été et d'automne) pour un total de onze points récepteurs (figure 1).

Les mesures vibratoires en période de printemps ont été menées du 9 au 24 mai 2016. En période d'été, du 28 juin au 6 août 2016. En période d'automne, du 19 octobre au 3 novembre 2016.

3.1.2 INSTRUMENTATION

Les instruments suivants ont été utilisés lors des mesures vibratoires :

— 18 sismographes modèle Micromate de marque Instantel, N.S.: UM10413, UM10411, UM10616, UM10406, UM10409, UM10412, UM10414, UM10407, UM10615, UM10614, UM10408, UM10394, UM10405, UM8533, UM10390, UM10391, UM10392, UM10393.

3.2 SECTEUR DES IGRM DE SURFACE - 2017

3.2.1 LOCALISATION DES POINTS RÉCEPTEURS

Des mesures vibratoires en continu ont été réalisées sur deux périodes de deux semaines (printemps et été). Ces mesures ont eu lieu à un point récepteur (figure 2).

Les mesures sonores en période de printemps ont été menées du 19 mai au 1^{er} juin 2017. En période d'été, les mesures ont été réalisées du 24 juillet au 4 août 2017.

3.2.2 INSTRUMENTATION

Les instruments suivants ont été utilisés lors des mesures vibratoires :

– 1 sismographe modèle Micromate de marque Instantel, N.S.: UM10616.

Vib05
Vib07
Vib02
Vib03
Vib04
Vib04
Vib08

Coogle earth
Sayan See Vib06

Figure 1 : Localisation des points récepteurs vibrations dans le secteur du CMH5

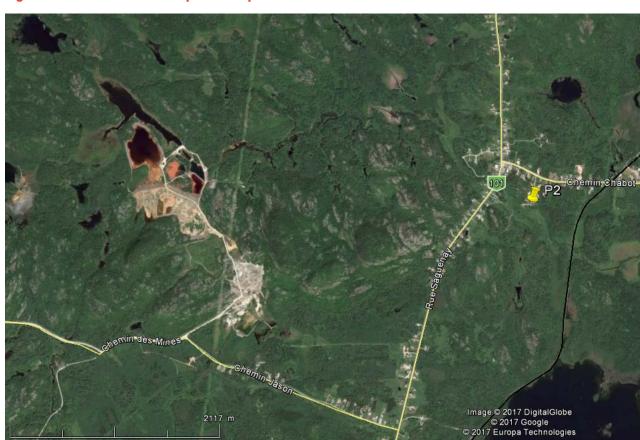


Figure 2 : Localisation du point récepteur vibration dans le secteur des IGRM de surface

4 RÉSULTATS

4.1 SECTEUR DU COMPLEXE MINIER HORNE 5 - 2016

Les tableaux 2 à 4 présentent les résultats des mesures vibratoires aux points récepteurs durant les trois périodes étudiées (printemps, été et automne).

Les résultats des mesures vibratoires sous forme graphique sont disponibles à l'annexe A. Un graphique de la somme vectorielle de crête (*peak vector sum*) en fonction du temps et un graphique des vitesses particulaires de crête (*peak particule velocity*) en fonction de la fréquence sont présentés pour chaque point à chaque période de mesure.

Lors de la période du printemps, six points de mesure ont été utilisés (Vib01 à Vib06). Cinq points supplémentaires (Vib07 à Vib11) ont été ajoutés pour les périodes d'été et d'automne.

Le climat vibratoire pour les trois périodes étudiées était assez faible.

Pour l'ensemble des points de mesures, pour les périodes du printemps, de l'été et de l'automne :

- les valeurs moyennes minimum enregistrées furent de 0,064, 0,072 et 0,079 mm/s (Vib04, Vib09 et Vib03) respectivement;
- les valeurs moyennes maximum enregistrées furent de 0,232, 0,274 & 0,299 mm/s (Vib06, Vib05 et Vib07) respectivement;
- les valeurs minimum enregistrées furent de 0,046, 0,045 et 0,043 mm/s (Vib05, Vib04 et Vib09) respectivement;
- les valeurs maximum enregistrées furent de 2,68, 2,653 et 6,549 mm/s (Vib03, Vib03 et Vib03) respectivement.

Comme pour les mesures acoustiques, le trafic ferroviaire est probablement responsable des vibrations plus importantes enregistrées au point Vib03.

Tableau 2 : Résultats des mesures vibratoires pour la période de printemps

Points de mesure	Sismographes	Statistiques	Trans. ^a PPV ^d (mm/s)	Trans.ª Fréq. ^f (Hz)	Vert. ^b PPV ^d (mm/s)	Vert. ^b Fréq.f (Hz)	Long.c PPV ^d (mm/s)	Long. ^c Fréq. ^f (Hz)	PVS ^e (mm/s)
Vib01	UM 10394	Moyenne	0,101		0,110		0,153		0,191
		Minimum	0,039	57,0	0,032	>100	0,032	>100	0,050
		Maximum	0,307	51,0	0,339	N/A	0,457	22,0	0,495
		Écart type	0,038	24,9	0,044	26,1	0,068	25,0	0,088
Vib02	UM 10411	Moyenne	0,074		0,071		0,051		0,092
		Minimum	0,032	>100	0,039	>100	0,032	>100	0,047
		Maximum	0,520	28,0	0,883	34,0	0,402	30,0	0,910
		Écart type	0,018	23,2	0,015	16,6	0,012	27,0	0,019
Vib03	UM 10409	Moyenne	0,055		0,122		0,097		0,142
		Minimum	0,032	>100	0,039	>100	0,039	>100	0,049
		Maximum	1,734	>100	2,640	6,3	1,639	>100	2,680
		Écart type	0,040	25,1	0,071	23,7	0,045	23,7	0,079
Vib04	UM 10408	Moyenne	0,048		0,052		0,052		0,064
		Minimum	0,039	73,0	0,032	>100	0,032	>100	0,047
		Maximum	0,268	43,0	0,134	57,0	0,260	39,0	0,281
		Écart type	0,006	19,3	0,008	23,9	0,010	25,2	0,008
Vib05	UM 10407	Moyenne	0,113		0,074		0,107		0,140
		Minimum	0,039	85,0	0,032	64,0	0,039	>100	0,046
		Maximum	1,064	11,0	0,473	17,0	1,442	11,0	1,635
		Écart type	0,082	13,6	0,032	18,1	0,102	15,2	0,115
Vib06	UM 10405	Moyenne	0,202		0,123		0,079		0,232
		Minimum	0,039	N/A	0,032	>100	0,032	>100	0,072
		Maximum	0,481	18,0	0,441	2,0	0,473	2,7	0,498
		Écart type	0,095	24,1	0,048	25,4	0,028	27,1	0,102
Note	Note a Trans.: Valeur de la vibration maximum enregistrée lors d'intervalles de 15 secondes sur l'axe transversal b Vert.: Valeur de la vibration maximum enregistrée lors d'intervalles de 15 secondes sur l'axe vertical c Long.: Valeur de la vibration maximum enregistrée lors d'intervalles de 15 secondes sur l'axe longitudinal d PPV.: Peak particule velocity pour vitesse particulaire de crête e PVS.: Peak vector sum pour somme vectoriel maximale f Fréq.: Fréquence								

Tableau 3: Résultats des mesures vibratoires pour la période d'été

Points de mesure	Sismographes	Statistiques	Trans.ª PPV ^d (mm/s)	Trans.ª Fréq. ^f (Hz)	Vert. ^b PPV ^d (mm/s)	Vert. ^b Fréq. ^f (Hz)	Long. ^c PPV ^d (mm/s)	Long. ^c Fréq. ^f (Hz)	PVS ^e (mm/s)
Vib1	UM 8533	Moyenne	0,063		0,047		0,073		0,084
		Minimum	0,039	73,0	0,032	>100	0,039	>100	0,052
		Maximum	2,380	15,0	0,993	51,0	0,875	57,0	2,437
		Écart type	0,016	23,5	0,010	21,2	0,017	25,0	0,021
Vib2	Um 10406	Moyenne	0,056		0,067		0,050		0,078
		Minimum	0,032	>100	0,047	85,0	0,032	>100	0,061
		Maximum	0,812	30,0	2,018	27,0	1,096	28,0	2,056
		Écart type	0,014	27,1	0,013	13,6	0,008	23,3	0,014
Vib3	UM 10391	Moyenne	0,063		0,057		0,061		0,079
		Minimum	0,039	>100	0,032	73,0	0,032	>100	0,046
		Maximum	1,308	15,0	2,593	6,1	1,301	3,5	2,653
		Écart type	0,041	25,8	0,063	27,0	0,039	25,3	0,067
Vib4	UM 10407	Moyenne	0,064		0,052		0,058		0,077
		Minimum	0,032	>100	0,032	>100	0,032	>100	0,045
		Maximum	0,772	51,0	0,520	32,0	0,662	32,0	0,994
		Écart type	0,016	25,9	0,010	25,9	0,014	26,5	0,020
Vib5	UM 10392	Moyenne	0,191		0,176		0,179		0,274
		Minimum	0,039	>100	0,039	85,0	0,039	>100	0,056
		Maximum	1,726	11,0	0,662	11,0	1,442	11,0	1,834
		Écart type	0,118	6,3	0,055	6,5	0,099	4,0	0,132
Vib6	UM 10393	Moyenne	0,051		0,057		0,068		0,080
		Minimum	0,032	>100	0,032	>100	0,032	>100	0,046
		Maximum	0,410	15,0	0,315	24,0	0,772	14,0	0,875
		Écart type	0,012	24,5	0,012	24,9	0,025	24,7	0,026
Vib7	UM 10405	Moyenne	0,177		0,104		0,078		0,199
		Minimum	0,039	>100	0,039	>100	0,032	1,0	0,047
		Maximum	0,426	N/A	0,370	17,0	0,292	18,0	0,465
		Écart type	0,073	26,6	0,037	26,1	0,025	27,0	0,084
Vib8	UM 10394	Moyenne	0,086		0,096		0,126		0,153
		Minimum	0,039	>100	0,032	>100	0,039	64,0	0,047
		Maximum	0,993	85,0	1,277	>100	1,017	51,0	1,452
		Écart type	0,028	25,5	0,033	28,7	0,043	24,4	0,057

Tableau 3: Résultats des mesures vibratoires pour la période d'été (suite)

Points de mesure	Sismographes	Statistiques	Trans. ^a PPV ^d (mm/s)	Trans.ª Fréq. ^f (Hz)	Vert. ^b PPV ^d (mm/s)	Vert. ^b Frég. ^f (Hz)	Long. ^c PPV ^d (mm/s)	Long. ^c Fréq. ^f (Hz)	PVSe (mm/s)
	Sisinographics	Statistiques	11 V (111111/3)	11cq. (112)	11 V (111111/3)	1104. (112)	11 V (111111/3)	11cq. (112)	1 7 3 (11111/3)
Vib9	UM 10408	Moyenne	0,059		0,057		0,050		0,072
		Minimum	0,039	64,0	0,039	>100	0,032	>100	0,053
		Maximum	0,544	10,0	0,646	6,1	0,292	3,4	0,662
		Écart type	0,010	23,7	0,022	25,2	0,011	26,3	0,021
Vib10	UM 10409	Moyenne	0,055		0,077		0,053		0,089
		Minimum	0,039	>100	0,039	>100	0,032	>100	0,056
		Maximum	0,095	22,0	0,150	N/A	0,095	1,7	0,156
		Écart type	0,007	24,0	0,023	27,6	0,009	26,3	0,018
Vib11	UM 10390	Moyenne	0,064		0,050		0,088		0,101
		Minimum	0,039	>100	0,032	>100	0,039	>100	0,056
		Maximum	0,134	N/A	0,126	64,0	0,166	N/A	0,177
		Écart type	0,018	26,8	0,008	26,0	0,026	24,7	0,024
Note a Trans.: Valeur de la vibration maximum enregistrée lors d'intervalles de 15 secondes sur l'axe transversal b Vert.: Valeur de la vibration maximum enregistrée lors d'intervalles de 15 secondes sur l'axe vertical c Long.: Valeur de la vibration maximum enregistrée lors d'intervalles de 15 secondes sur l'axe longitudinal d PPV.: Peak particule velocity pour vitesse particulaire de crête e PVS.: Peak vector sum pour somme vectoriel maximale f Fréq.: Fréquence									

Tableau 4: Résultats des mesures vibratoires pour la période d'automne

Points de mesure	Sismographes	Statistiques	Trans. ^a PPV ^d (mm/s)	Trans. ^a Fréq. ^f (Hz)	Vert. ^b PPV ^d (mm/s)	Vert. ^b Fréq. ^f (Hz)	Long. ^c PPV ^d (mm/s)	Long. ^c Fréq. ^f (Hz)	PVS ^e (mm/s)
Vib1	Vib1 UM 10413	Moyenne	0,076		0,105		0,060		0,121
		Minimum	0,039	>100	0,039	>100	0,039	>100	0,049
		Maximum	0,166	85,0	0,181	4,0	0,166	73,0	0,192
		Écart type	0,012	16,9	0,021	20,2	0,007	20,3	0,023
Vib2	UM 10411	Moyenne	0,067		0,107		0,063		0,120
		Minimum	0,047	43,0	0,032	>100	0,039	>100	0,064
		Maximum	0,370	3,8	0,623	56,0	0,315	51,0	0,629
		Écart type	0,009	14,2	0,024	21,2	0,008	19,8	0,020
Vib3	UM 10616	Moyenne	0,060		0,056		0,065		0,079
		Minimum	0,032	>100	0,032	>100	0,032	>100	0,045
		Maximum	1,986	16,0	5,943	11,0	2,168	16,0	6,549
		Écart type	0,050	27,0	0,081	28,5	0,048	25,5	0,090
Vib4	UM 10406	Moyenne	0,089		0,070		0,050		0,102
		Minimum	0,039	85,0	0,032	>100	0,032	>100	0,061
		Maximum	1,348	20,0	0,930	51,0	2,530	27,0	2,686
		Écart type	0,020	18,3	0,016	23,6	0,016	25,1	0,023

Tableau 4 : Résultats des mesures vibratoires pour la période d'automne (suite)

Points de mesure	Sismographes	Statistiques	Trans. ^a PPV ^d (mm/s)	Trans. ^a Fréq. ^f (Hz)	Vert. ^b PPV ^d (mm/s)	Vert. ^b Fréq. ^f (Hz)	Long.c PPVd (mm/s)	Long. ^c Fréq. ^f (Hz)	PVS ^e (mm/s)
Vib5	UM 10409	Moyenne	0,065		0,155		0,118		0,183
		Minimum	0,032	>100	0,039	>100	0,039	51,0	0,052
		Maximum	0,875	10,0	0,575	<1,0	0,899	22,0	0,921
		Écart type	0,035	23,6	0,026	24,8	0,034	9,3	0,040
Vib6	UM 10412	Moyenne	0,099		0,059		0,075		0,114
		Minimum	0,039	N/A	0,032	2,7	0,032	<1,0	0,045
		Maximum	1,001	N/A	0,567	>100	0,914	8,7	1,004
		Écart type	0,030	20,1	0,014	22,9	0,023	14,6	0,032
Vib07	UM 10414	Moyenne	0,245		0,130		0,165		0,299
		Minimum	0,071	N/A	0,055	51,0	0,055	12,0	0,088
		Maximum	1,411	14,0	1,332	20,0	1,056	19,0	1,502
		Écart type	0,050	11,6	0,028	8,9	0,031	8,6	0,061
Vib8	UM 10407	Moyenne	0,094		0,086		0,069		0,117
		Minimum	0,039	>100	0,039	>100	0,039	>100	0,053
		Maximum	0,378	39,0	0,331	51,0	0,292	>100	0,397
		Écart type	0,024	25,6	0,018	20,8	0,019	23,3	0,029
Vib9	UM 10615	Moyenne	0,107		0,077		0,067		0,124
		Minimum	0,032	>100	0,032	>100	0,032	>100	0,043
		Maximum	0,851	85,0	0,962	5,3	0,828	57,0	1,169
		Écart type	0,026	19,7	0,026	14,5	0,014	19,6	0,032
Vib10	UM 10614	Moyenne	0,042		0,103		0,136		0,159
		Minimum	0,032	>100	0,047	64,0	0,063	4,4	0,072
		Maximum	0,142	17,0	0,173	85,0	0,205	13,0	0,232
		Écart type	0,004	14,9	0,016	14,3	0,020	4,4	0,025
Vib11	UM 10408	Moyenne	0,071		0,059		0,082		0,098
		Minimum	0,047	>100	0,039	85,0	0,039	64,0	0,062
		Maximum	0,142	21,0	0,134	64,0	0,158	14,0	0,173
		Écart type	0,005	10,4	0,005	21,8	0,010	14,2	0,009
Note	b Vert.: V c Long.: V d PPV.: Pe e PVS.: Pe	aleur de la vibra Valeur de la vibra Pak particule vel	ration maximum ention maximum ention maximum ention maximum ention pour vitessour somme vect	enregistrée lors enregistrée lors se particulaire d	d'intervalles de s d'intervalles de le crête	15 secondes su	ır l'axe vertical		

4.2 SECTEUR DES IGRM DE SURFACE - 2017

Les tableaux 5 et 6 présentent les résultats des mesures vibratoires au point récepteur du secteur des IGRM de surface durant les deux périodes actuellement mesurées (printemps et été).

Les résultats des mesures vibratoires sous forme graphique sont disponibles à l'annexe B. Un graphique de la somme vectorielle de crête (*peak vector sum*) en fonction du temps et un graphique des vitesses particulaires de crête (*peak particule velocity*) en fonction de la fréquence sont présentés pour chaque point à chaque période de mesure. De façon générale, le climat vibratoire pour les périodes étudiées était assez faible.

Pour l'ensemble des mesures, en périodes du printemps et de l'été:

- la valeur moyenne minimum enregistrée fut de 0,044, mm/s;
- la valeur moyenne maximum enregistrée fut de 0,065 mm/s;
- la valeur minimum enregistrée fut de 0,032 mm/s;
- la valeur maximum enregistrée fut de 0,888 mm/s.

La circulation routière est probablement responsable des vibrations plus importantes enregistrées au point de mesure.

Tableau 5: Résultats des mesures vibratoires pour la période de printemps

Points de mesure	Statistiques	Trans. PPV ^a (mm/s)	Trans. Fréq. (Hz)	Vert. ^b PPV ^a (mm/s)	Vert. ^b Fréq. (Hz)	Long. ^c PPV ^a (mm/s)	Long. ^c Fréq. (Hz)	PVS b (mm/s)
P2	Moyenne	0,048		0,044		0,053		0.062
	Minimum		>100	0,032	>100	0,032	>100	0,042
	Maximum	0,481	37	0,268	23	0,859	23	0,888
	Écart type	0,008	20	0,005	17	0,009	24	0,009
Note a PPV.: Peak particule velocity pour vitesse particulaire de crête b PVS.: Peak vector sum pour somme vectoriel maximale								

Tableau 6: Résultats des mesures vibratoires pour la période d'été

Points de mesure	Statistiques	Trans. PPV ^a (mm/s)	Trans. Fréq. (Hz)	Vert. ^b PPV ^a (mm/s)	Vert. ^b Fréq. (Hz)	Long. ^c PPV ^a (mm/s)	Long. ^c Fréq. (Hz)	PVS b (mm/s)
P2	Moyenne	0,046		0,055		0,048		0,065
	Minimum	0,039	85	0,039	>100	0,032	47	0,049
	Maximum	0,213	37	0,292	15	0,252	>100	0,309
	Écart type	0,006	18	0,006	22,58	0,007	24	0,006

5 ÉVALUATION DES NIVEAUX VIBRATOIRES EN EXPLOITATION

L'objectif de cette portion de l'étude est d'évaluer de manière théorique les répercussions vibratoires des activités de sautage sur les récepteurs les plus rapprochées du gisement minier, et ce, de manière à pouvoir fournir des recommandations pour minimiser ces répercussions sur l'ensemble de la communauté de Rouyn-Noranda. Cette évaluation prend en considération le plan d'exploitation actualisé de la mine ainsi que la conception des tirs de mine qui s'y rattache.

Pour mener à bien cette étude, la méthodologie suivante a été suivie :

- analyse des études géologiques disponibles;
- analyse des caractéristiques environnementales du site (type de structures et zonage);
- analyse des méthodes d'exploitation prévues du gisement;
- évaluation des vibrations sur les structures et les humains en fonction des critères établis pour le projet;
- identification des mesures d'atténuation nécessaires au respect des critères examinés lors des activités de sautage, le cas échéant.

5.1 IDENTIFICATION DES POINTS D'ÉVALUATION

La figure 1 de la section 3.1 présente les points de mesure vibratoire avant-projet. Parmi ces points, les points suivants sont d'un intérêt particulier pour l'évaluation des impacts vibratoires :

- Vib01 : secteur résidentiel de la rue des Lilas;
- Vib02 : club de golf Noranda;
- Vib03 et Vib04 : secteurs résidentiels de la ville de Rouyn-Noranda (rue Laurier et 4^e rue);
- Vib08 : Centre intégré de santé et des services sociaux de l'Abitibi-Témiscamingue;
- Vib11 : digue séparant le BNO du lac Osisko (propriété de Glencore Canada).

De plus un 12° point d'évaluation vibratoire a été ajouté pour les besoins de cet exercice, soit un point positionné aux installations de la Fonderie Horne (Vib12; non visible à la figure 1). Le gisement Horne 5 se trouve à 650 m sous ce point d'évaluation.

Le tableau 7 présente les niveaux vibratoires moyens et maximums mesurés à ces stations lors des campagnes de mesure avant-projet en 2016.

Tableau 7: Mesures vibratoires avant-projet - rappel des résultats

Point d'évaluation	Vibration moyenne (mm/s)	Vibration maximale (mm/s)
Vib01 – Rue des Lilas	0,13	2,4
Vib02 – Golf	0,11	2,0
Vib03 - Rue Laurier	0,12	5,9
Vib04 – 4° rue	0,05	2,5
Vib08 - Hôpital	0,13	1,3
Vib11 - Digue	0,09	0,2

Il est possible de remarquer que l'ensemble des mesures vibratoires d'avant-projet sont inférieures à 5 mm/s à l'exception de la valeur maximale enregistrée au point Vib03.

5.2 GÉOLOGIE

Indépendamment des caractéristiques d'une structure, la sensibilité de celle-ci aux vibrations est fonction des sols sur lesquels elle repose. En effet, le risque d'endommagement d'une structure augmente avec la faible capacité portante des sols. Les dépôts argileux et organiques, par exemple, sont favorables à la transmission des ondes sismiques de basses fréquences qui génère les plus grands déplacements. Les opérations de dynamitage produisent une combinaison d'ondes de corps (volumiques) et de surface qui sont fonction de la géologie entre la source de vibration et le point de mesure¹. C'est pourquoi la présente section tente de synthétiser les caractéristiques géologiques du secteur.

Selon les informations géotechniques disponibles, les dépôts meubles sont d'une épaisseur relativement faible dans le secteur entourant le gisement. La faible épaisseur des dépôts meubles (moins de 20 m) réduit grandement les probabilités que les dépôts meubles amplifient les vibrations par phénomène de résonance (accumulation d'énergie entre la surface et le roc).

Le roc quant à lui a été caractérisé comme étant peu fissuré et de bonne densité. La propagation vibratoire sera donc efficace dans ce type de roc.

La figure 3 présente une vue de dessus des failles connues de la géologie locale.

Sachant que les installations de la Fondrie Horne (Vib 12) sont directement au-dessus du gisement et que la municipalité de Rouyn-Noranda (Vib 3 et Vib 4) se trouve au sud-ouest du gisement Horne 5, il est possible d'observer l'absence de faille majeure pouvant potentiellement influencer la propagation vibratoire vers ces secteurs. Une faille au nord du gisement pourrait toutefois atténuer les vibrations en direction du golf (Vib 2) et de la digue (Vib 11)

5.3 PLAN DE FORAGE ET D'EXPLOITATION

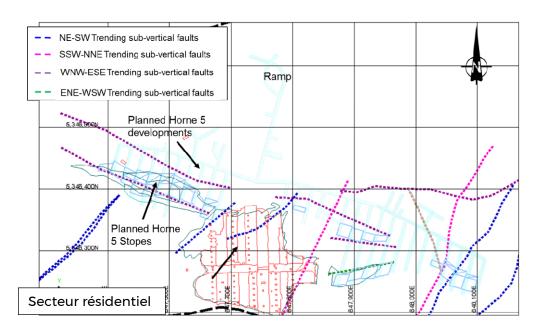
La séquence d'exploitation suivra une logique pyramidale. Les premiers chantiers sont réalisés à la base du gisement avec une progression vers le haut et les parois finales du chantier. Il faut donc comprendre que les chantiers se rapprocheront de la surface avec le temps. Chaque chantier sera foré de l'étage supérieur et le minerai sera ensuite récupéré par la rampe d'accès du chantier inférieur.

Les chantiers auront des dimensions et charges explosives variables selon la profondeur et la dimension du gisement. Selon les analyses préliminaires, la variabilité est suffisante pour devoir construire différents patrons de forage et de chargement.

De façon générale, les dynamitages seront planifiés en un ou deux stages. Le premier stage aura comme objectif d'ouvrir la base du chantier pour fournir l'espace nécessaire au deuxième dynamitage. La figure 4 présente un patron de forage d'exploitation typique.

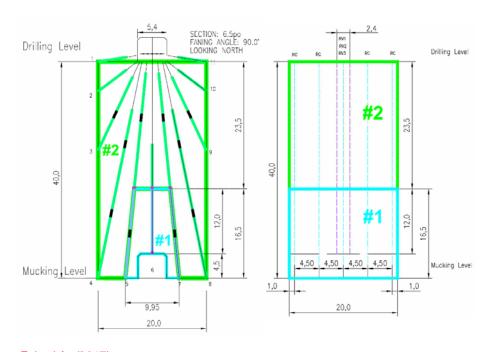
WSP N°.151-11330-09 PAGE 16

Transit noise and vibration impact assessment, Federal Transit Administration – Office of Planning and Environment, rapport FTA-VA-90-1003-06, mai 2006, 261 pages.



Source: Ressources Falco Itée (2017)

Figure 3: Plan des failles géologiques majeures au tour du gisement - vue de dessus



Source: Ressources Falco Itée (2017)

Figure 4: Présentation d'un patron de forage type pour un chantier

Le tableau 8 présente une synthèse des chantiers prévus pour l'exploitation du gisement. Comme il est possible de le constater, plus un chantier est près de la surface, plus la longueur de chargement ou quantité d'explosif est fiable.

Tableau 8 : Résumé des dimensions de chantier et des charges maximales des forages

Patron de forage	Description	Niveau - Profondeur (m)	Charge maximale (m)
1	Stage 1 - Étagé Stage 2 - Étagé	L750 to L830	13 to 16
2	Stage 1 – Sautage unique Stage 2 - Étagé	L870 to L1110	17 to 27
3	Stage 1 – Sautage unique Stage 2 - Sautage unique	L1150 to L1310	29 to 35
4	Stage 1 – Sautage unique Stage 2 - Sautage unique	L710 and L750	22 to 25
5	Stage 1 – Sautage unique Stage 2 - Sautage unique	L1340 to L1880	Aucune limite
6	Stage 1 – Sautage unique Stage 2 - Sautage unique	L1340 to L1880	Aucune limite
7	Stage 1 – Sautage unique Stage 2 - Sautage unique	L1790 to L2060	Aucune limite

La mine sera équipée d'une foreuse en mesure de forer un diamètre de 165 mm (6,5 po). La densité d'explosif envisagé est de 1,25 g/cm³.

5.4 ÉVALUATION DES NIVEAUX VIBRATOIRES AUX RÉCEPTEURS SENSIBLES

Cette section évalue théoriquement les événements vibratoires que pourrait générer un dynamitage aux points d'évaluation. Il est important de garder en tête que, étant donné l'absence de mesure prise directement sur le terrain, les estimations sont réalisées à partir d'hypothèses qui tentent de refléter un scénario conservateur, mais représentatif des opérations prévues :

- l'analyse géologique fait mention d'un roc peu fracturé avec peu de failles majeures pouvant influencer la propagation vibratoire. La présence d'anciennes galeries n'a pas été prise comme facteur d'atténuation des vibrations : à défaut de mesures tangibles, l'impact de celles-ci ne peut être pris en considération;
- lorsque d'importantes quantités de dépôt meuble sont présentes autour du site, il est possible que des ondes sismiques soient amplifiées par ces dépôts. Or, dans le cas à l'étude, étant donné que le territoire autour de la future mine n'a que très peu de ce type de dépôt, ce phénomène n'a pas été considéré.

En fonction des éléments ci-haut listés, il est possible d'établir les marges de manœuvre supplémentaires dont l'exploitant pourrait disposer et de statuer sur l'importance de réaliser une mise à jour des calculs de propagation à l'aide d'une campagne de sautage à petite échelle avant l'exploitation commerciale, pour corriger les paramètres d'évaluation des vibrations.

À partir des hypothèses précédentes, il est possible d'évaluer les vibrations (PPV) en tous points entourant la mine lors de dynamitage.

$$PPV = A(SD_2)^{-2}$$
 Équ. 1

où:

- PPV: vitesse maximale des particules (mm/s);
- A & B: constante de dynamitage et de site (type de dynamitage et constante d'atténuation du terrain respectivement).

$$SD_2 = \frac{R}{W^{4/2}}$$
 Équ. 2

où:

- SD₂: facteur de distance corrigé (Square root scaled distance);
- W: charge maximale par délai (kg d'explosif utilisé);
- R: distance source/récepteur (m).

Selon la littérature technique², la valeur typique pour les constantes de terrain dans le cadre du présent projet sont de A = 200 et B = 1,9. Toutefois, ces valeurs pourraient varier en fonction des particularités du site et des opérations, d'où l'importance d'un suivi avec des sismographes pour raffiner les équations théoriques. Le tableau 9 présente le résultat des équations 1 et 2.

Le calcul suppose encore l'utilisation de trous de forage de 6,5 po de diamètre avec une charge explosive d'une densité de 1,25 g/cm³.

Tableau 9: Détermination des charges explosives maximales pour le respect de 5 mm/s en surface.

Profondeur (m)	Mesure vibratoire -somme vectorielle de crête (mm/s)	Masse d'explosifs (kg)	Longueur de la charge par trou ^a (m)	Longueur maximale de la charge par trou ^a (m)
600	4,94	240	8,98	8
650	4,98	285	10,66	10
700	4,43	285	10,66	10
750	4,67	350	13,09	13
800	4,69	400	14,97	14
850	4,25	400	14,97	14
900	4,64	500	18,71	18
950	4,26	500	18,71	18
1 000	4,84	650	24,32	24
1 100	4,66	750	28,06	28
1 200	4,48	850	31,80	31
1 300	4,31	950	35,54	35

Les résultats permettent de respecter 5 mm/s en surface (installations de la Fonderie Horne), mais il est intéressant de connaître les niveaux vibratoires aux autres points de mesure lorsque cette amplitude vibratoire est générée. Le tableau 10 présente les niveaux vibratoires aux points d'évaluation de la figure 1 lorsque les vibrations seront les plus susceptibles de se propager sur de longues distances (à 1300 m de profondeur et plus).

Blasters' Handbook 18th edition, 2011, The International Society of Explosives Engineers (ISEE), 1030 pages.

Tableau 10 : Vibrations aux points d'évaluation lors du sautage de 950 kg d'explosif à > 1300 m de profondeur

Station	Profondeur (m)	Distance horizontale (m)	Hypoténuse	Mesure vibratoire - somme vectorielle de crête (mm/s)
Vib01	1 300	1 725	2 160,0	1,74
Vib02	1 300	975	1 625,0	3,00
Vib03	1 300	1 365	1 885,0	2,25
Vib04	1 300	500	1 392,8	4,00
Vib05	1 300	1 150	1 735,7	2,64
Vib06	1 300	1 660	2 108,5	1,8
Vib07	1 300	525	1 402,0	3,96
Vib08	1 300	1 350	1 874,2	2,28
Vib09	1 300	2 980	3 251,2	0,8
Vib10	1 300	1 900	2 302,2	1,54
Vib11	1 300	900	1 581,1	3,15
Fonderie Horne	1 300	350	1 346,3	4,27

À titre informatif, le seuil de perception des vibrations pour l'humain est de près de 1 mm/s (figure 5). Les résultats du tableau 10 démontrent donc que le respect des vibrations à 5 mm/s à la Fonderie Horne va générer des vibrations potentiellement perceptibles dans les secteurs résidentiels adjacents (Vib03 et Vib04). Ceci dit, les bâtiments résidentiels peuvent amortir une partie des vibrations (jusqu'à 50 %) et il est donc possible que les vibrations perçues soient inférieures selon le lieu de réception. Une attention particulière devrait être apportée au point d'évaluation Vib08 (Centre intégré de santé et des services sociaux de l'Abitibi-Témiscamingue) afin de s'assurer que la génération de vibrations n'affectera pas l'instrumentation médicale (microscope, IRM, etc.).

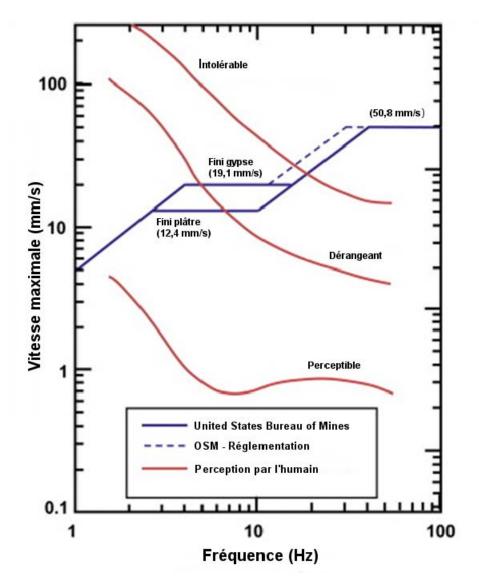


Figure 5: Lignes directrices vibratoires selon la perception humaine

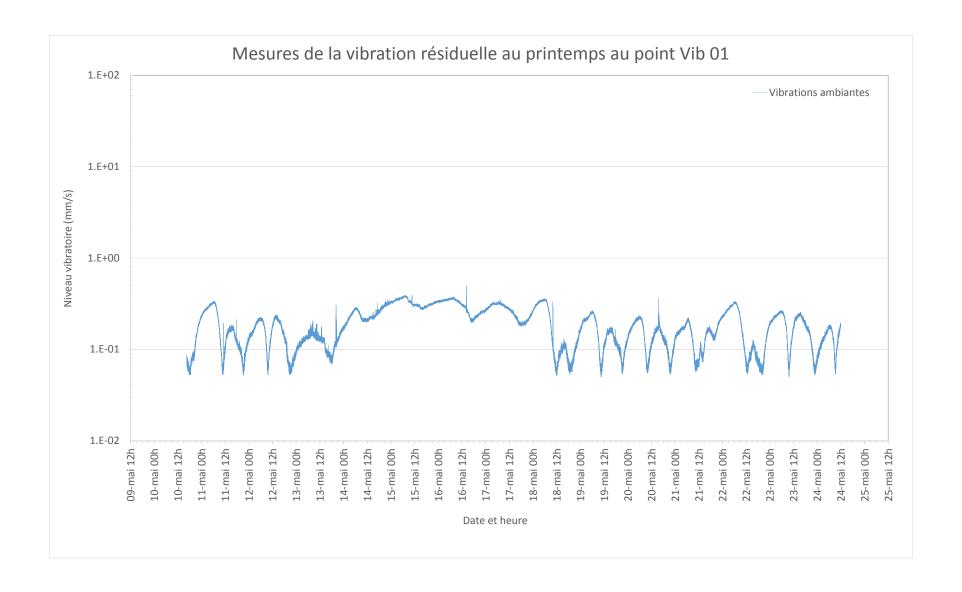
RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

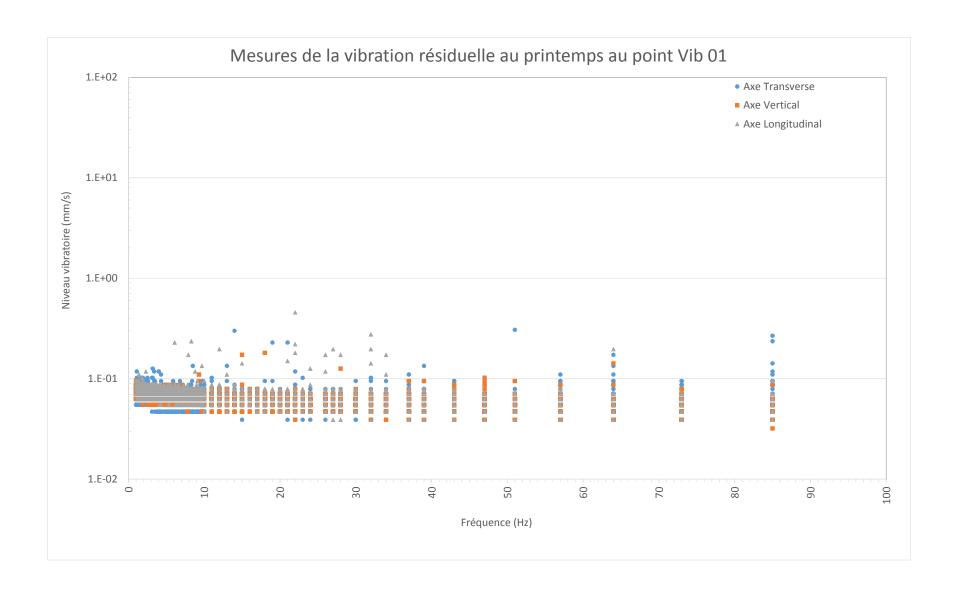
_	RESSOURCES FALCO LTÉE. 2017. Horne 5 Project - Feasibility Study. NI 43-101 - Technical Report. Pagination multiple.

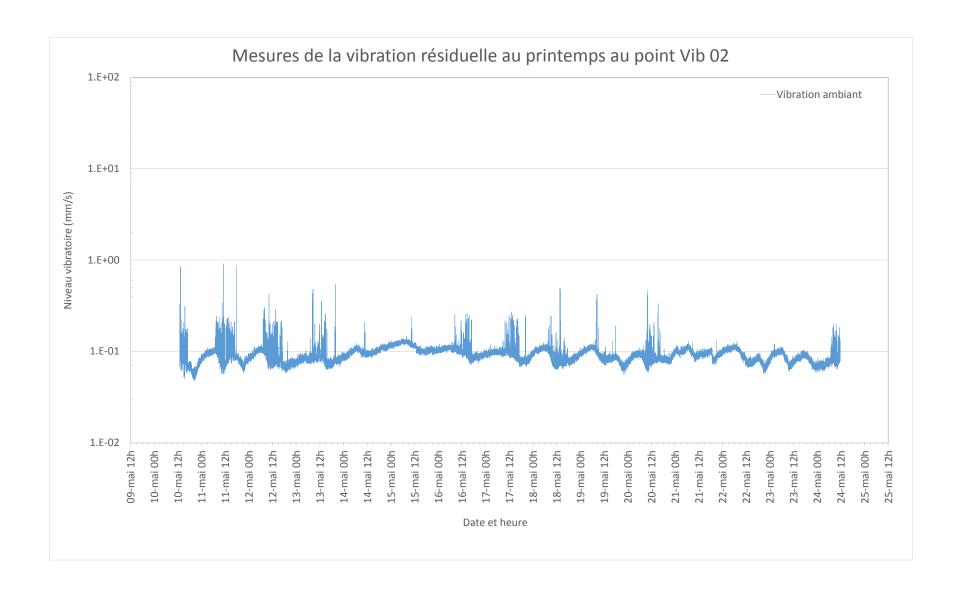
ANNEXE

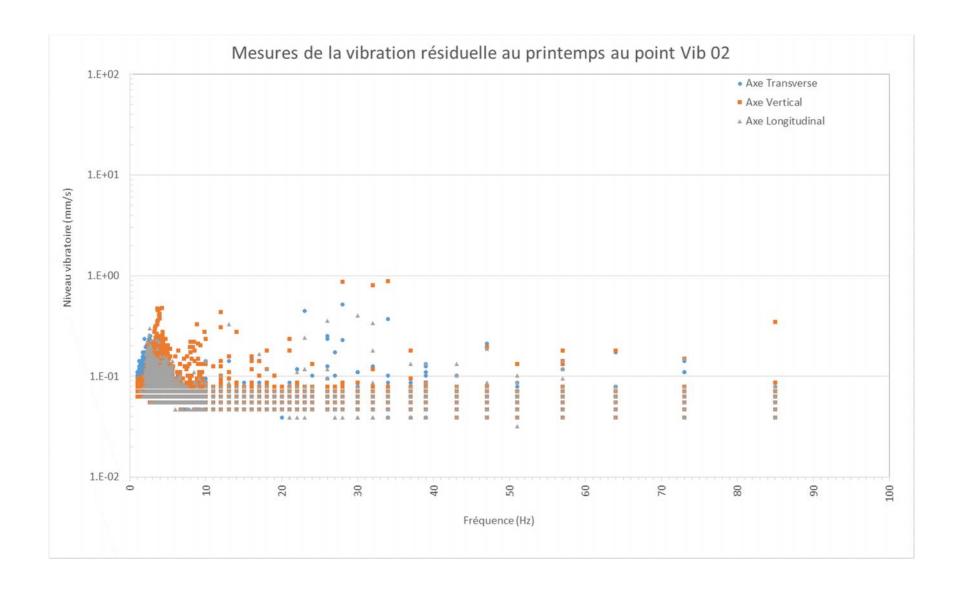
A

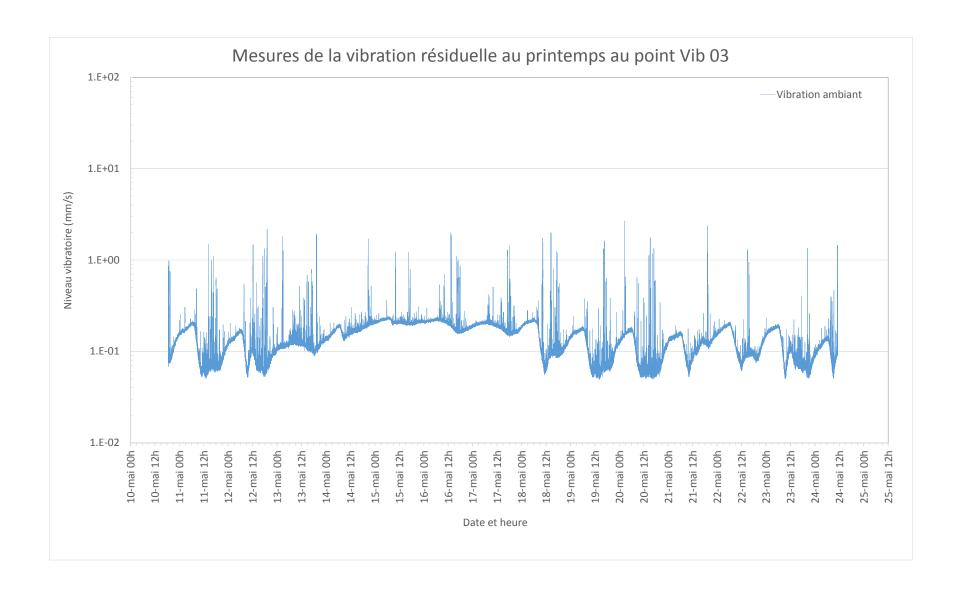
REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES RÉSULTATS VIBRATOIRES - 2016

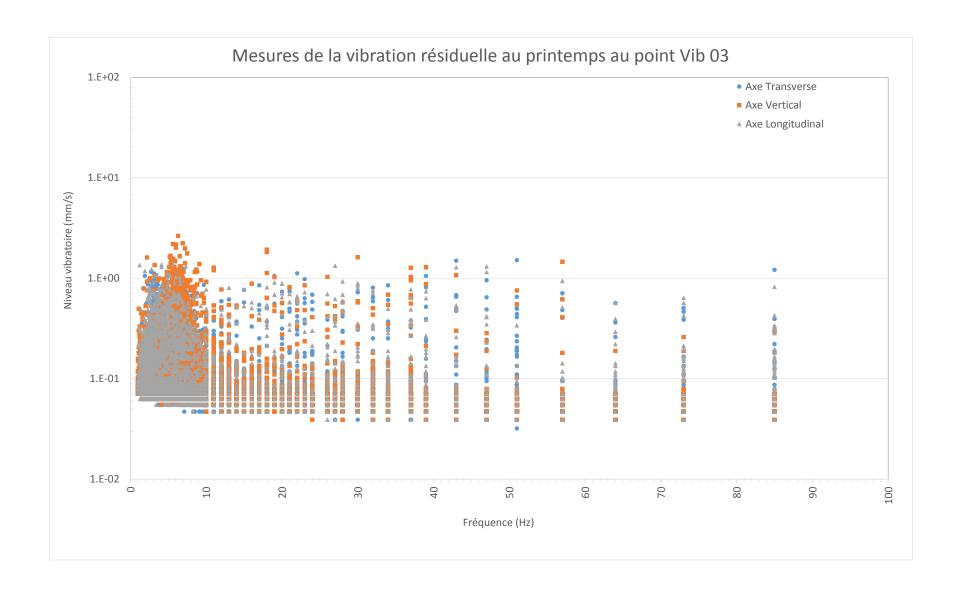


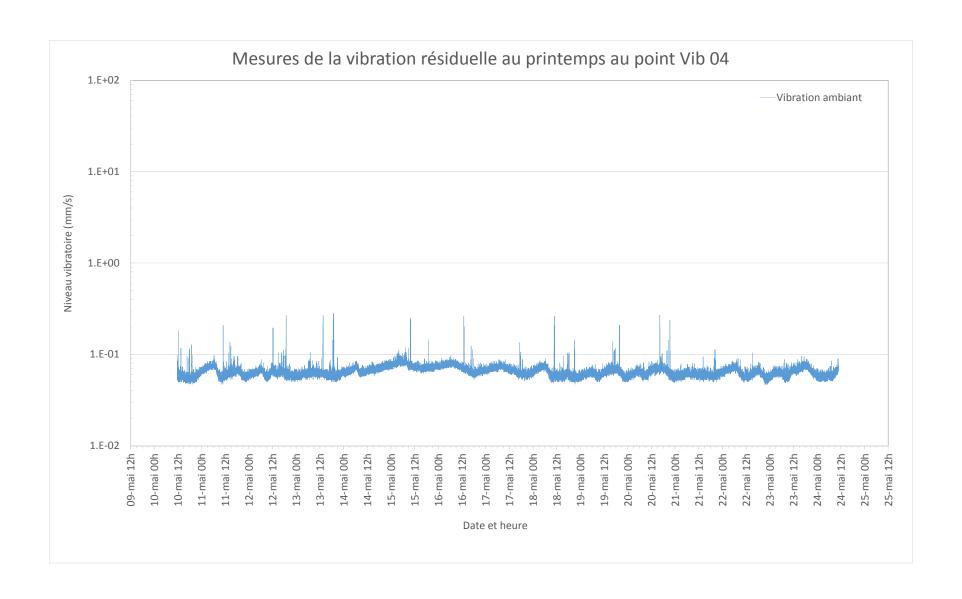


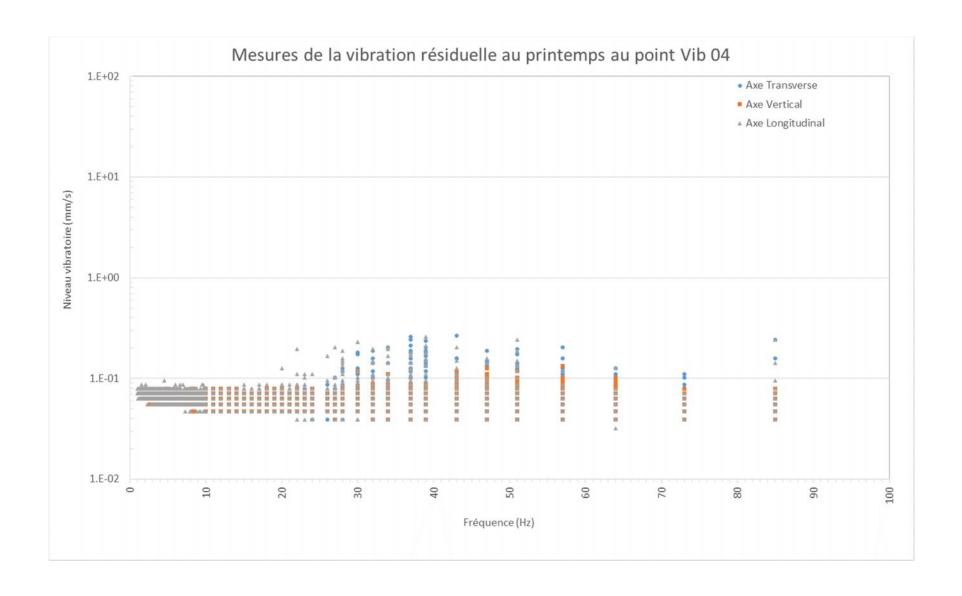


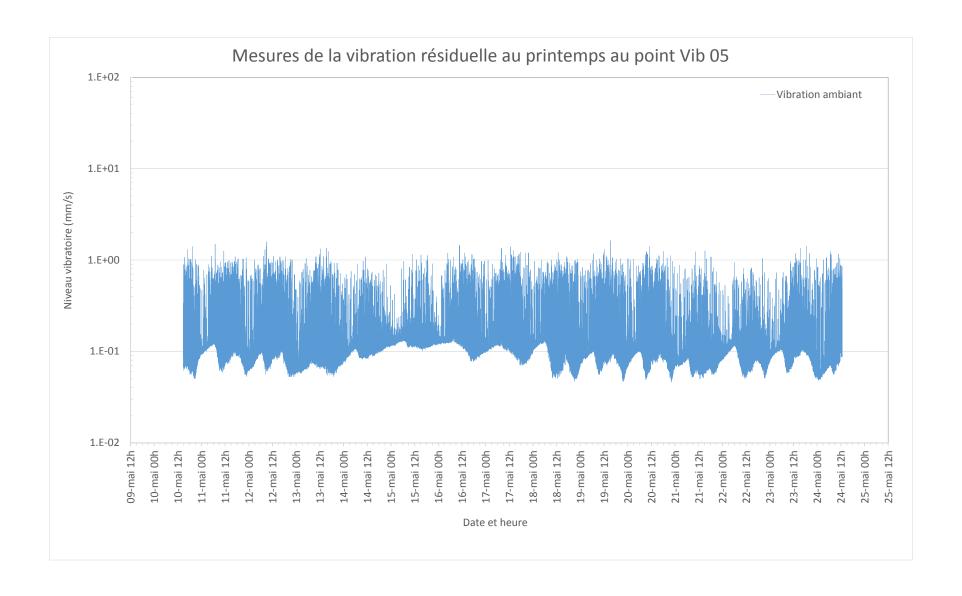


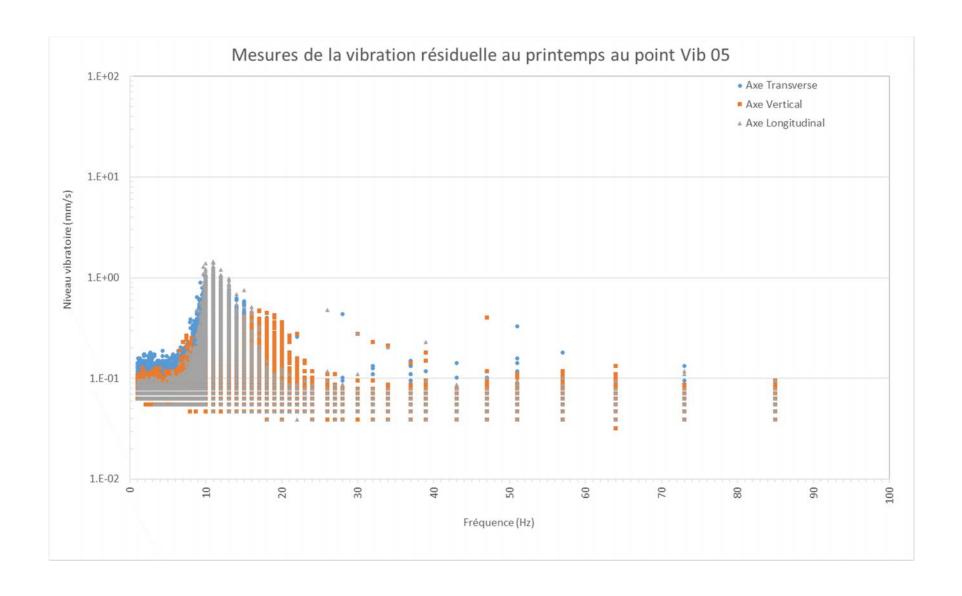


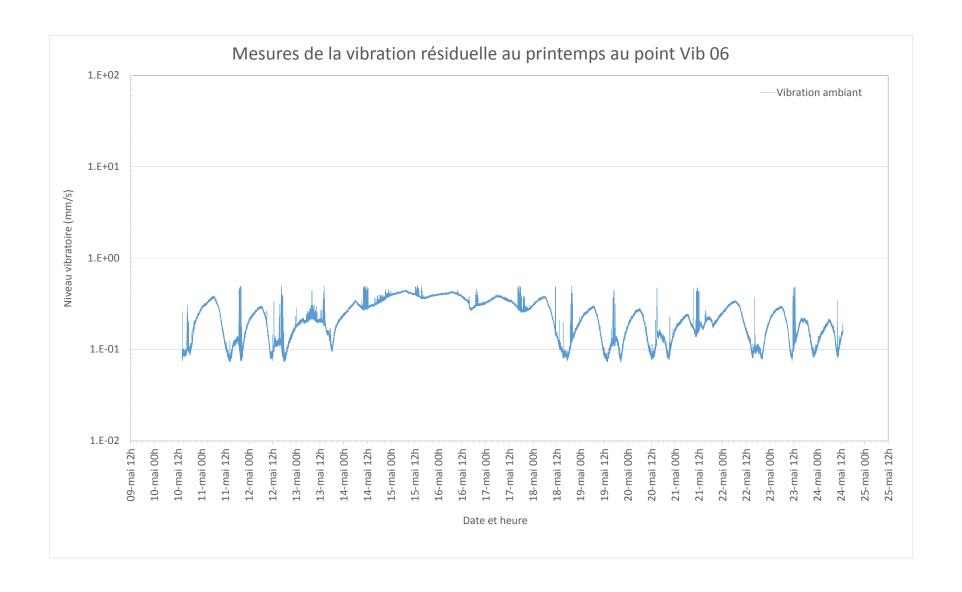


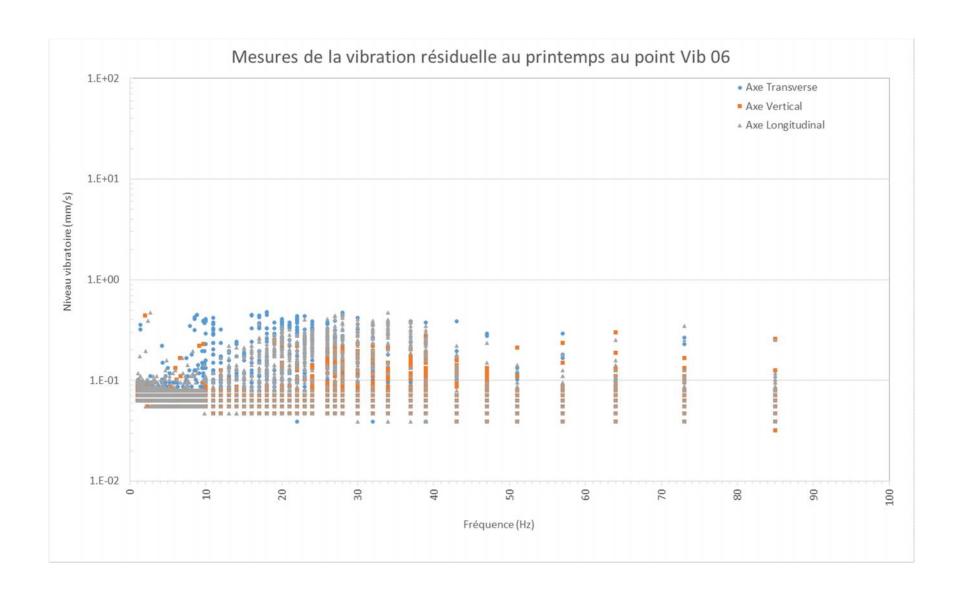


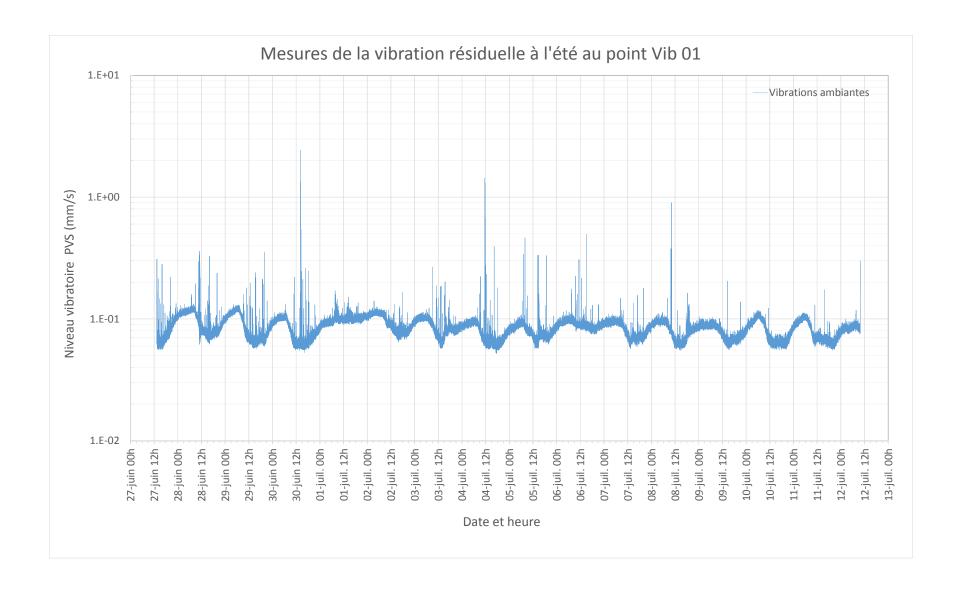


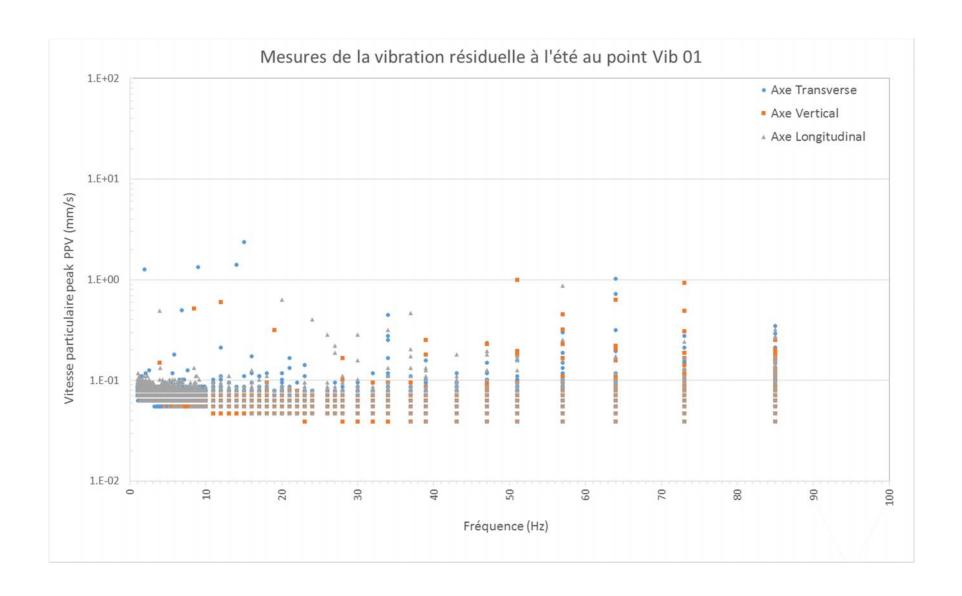


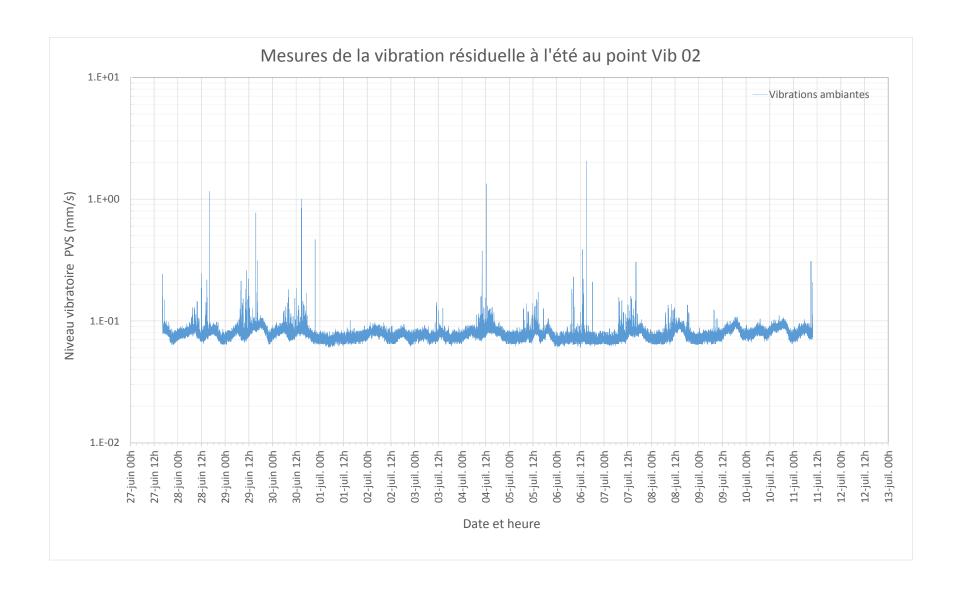


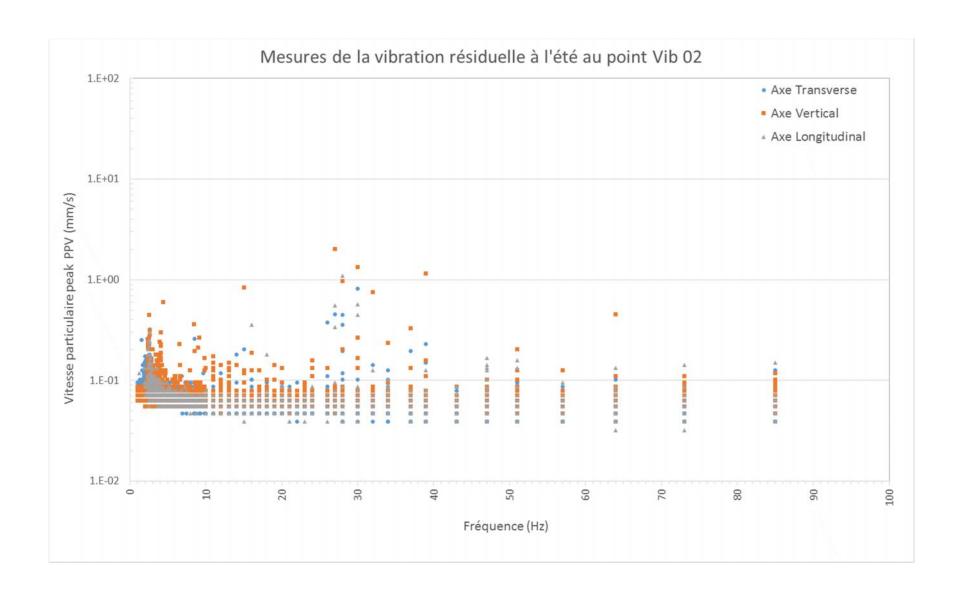


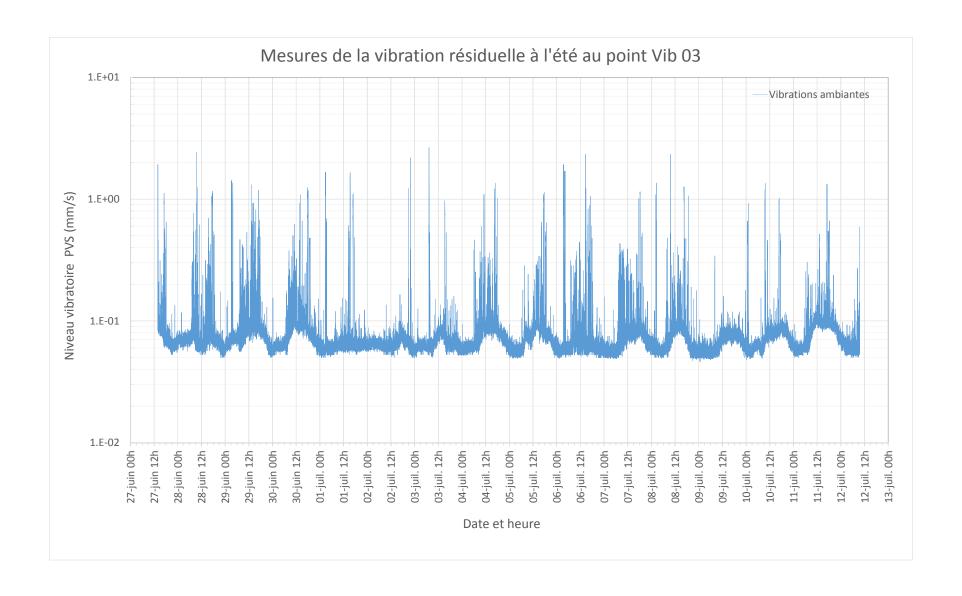


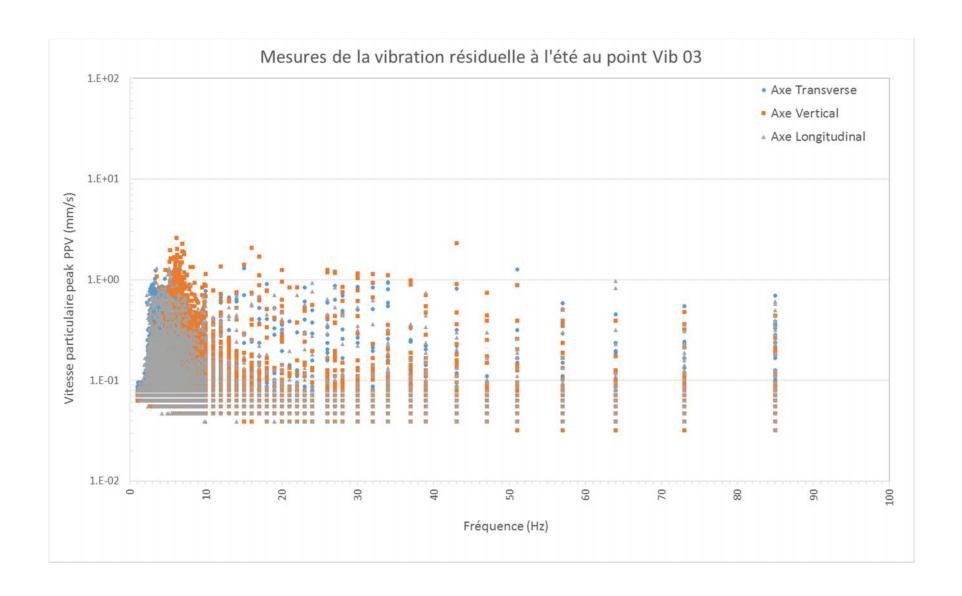


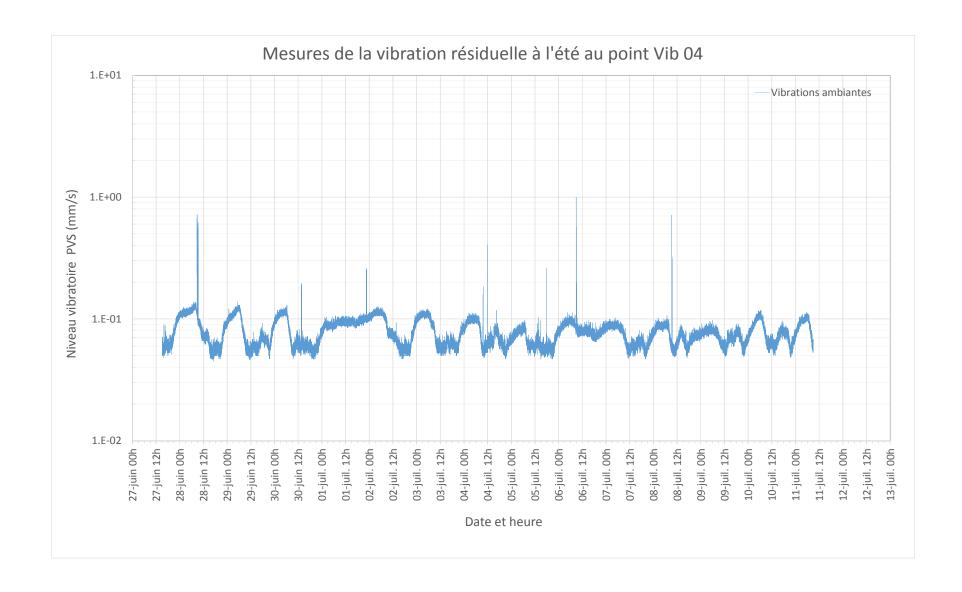


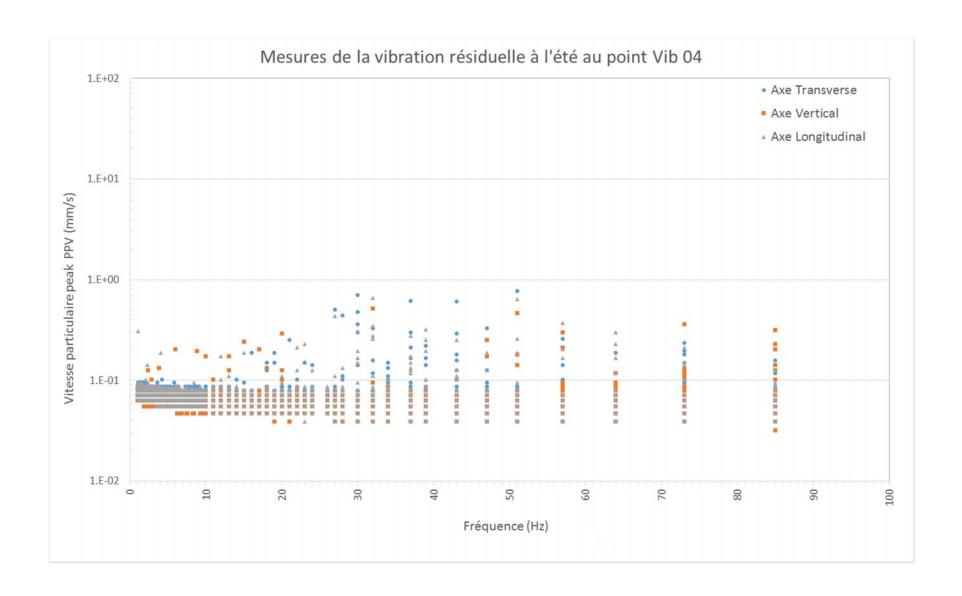


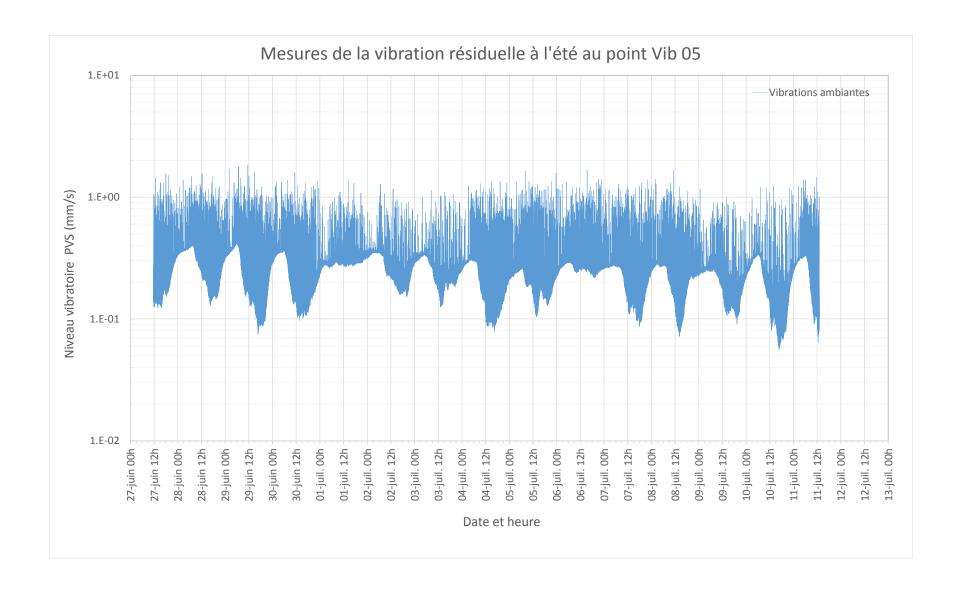


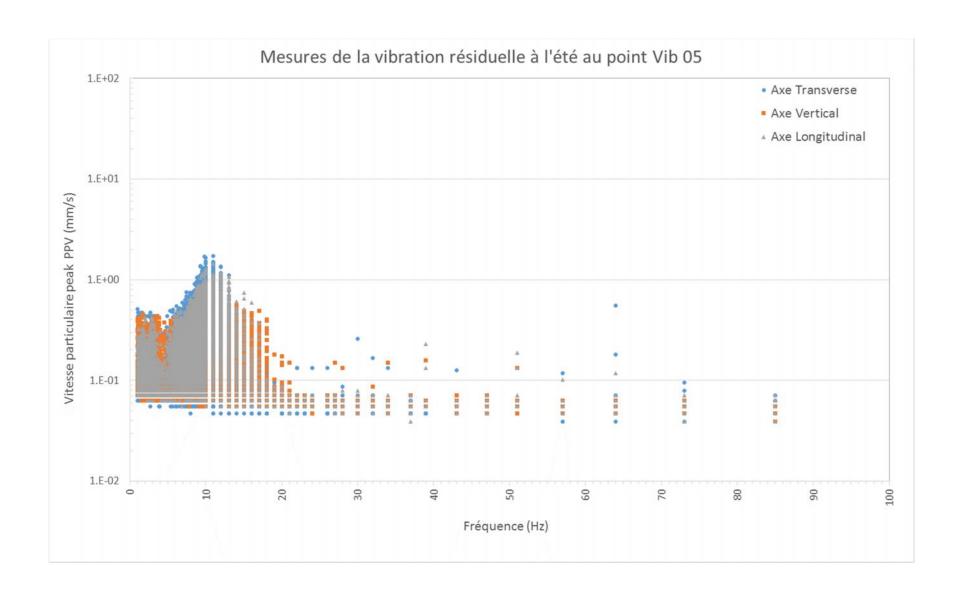


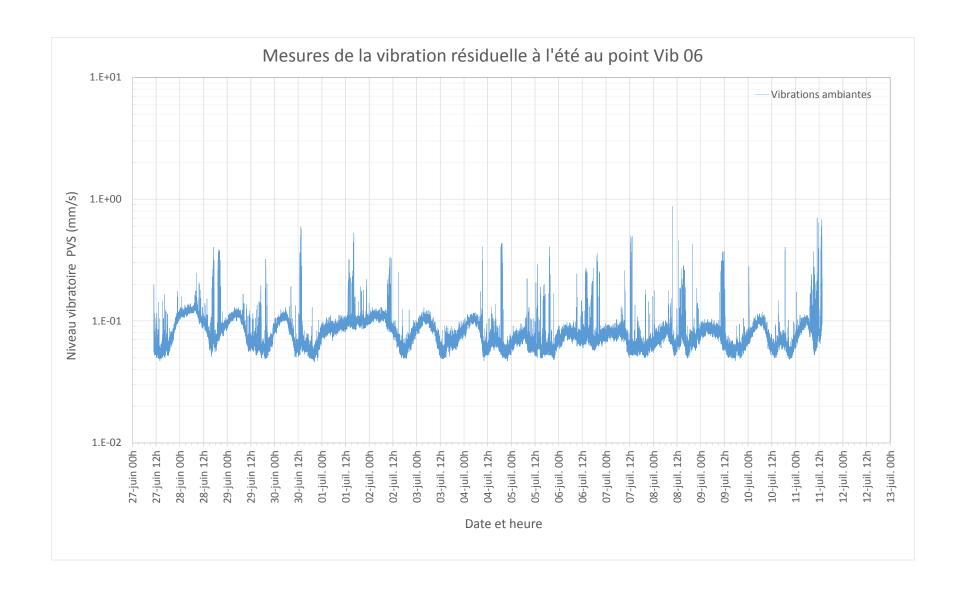


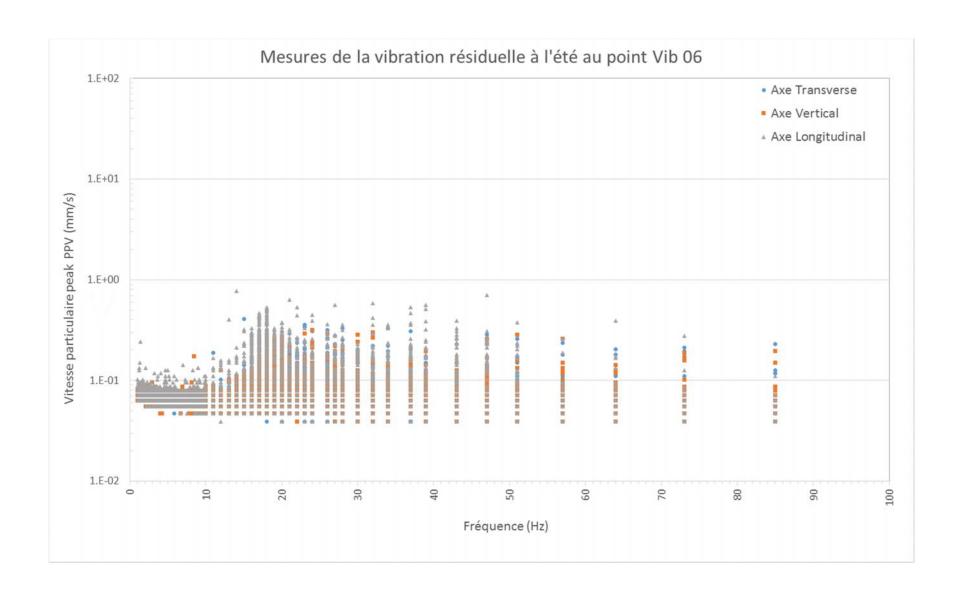


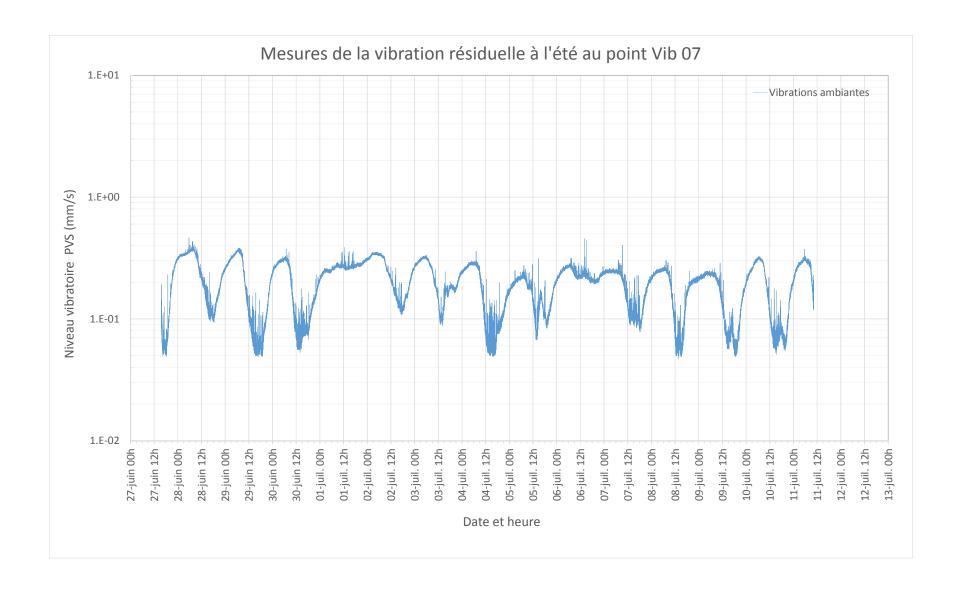


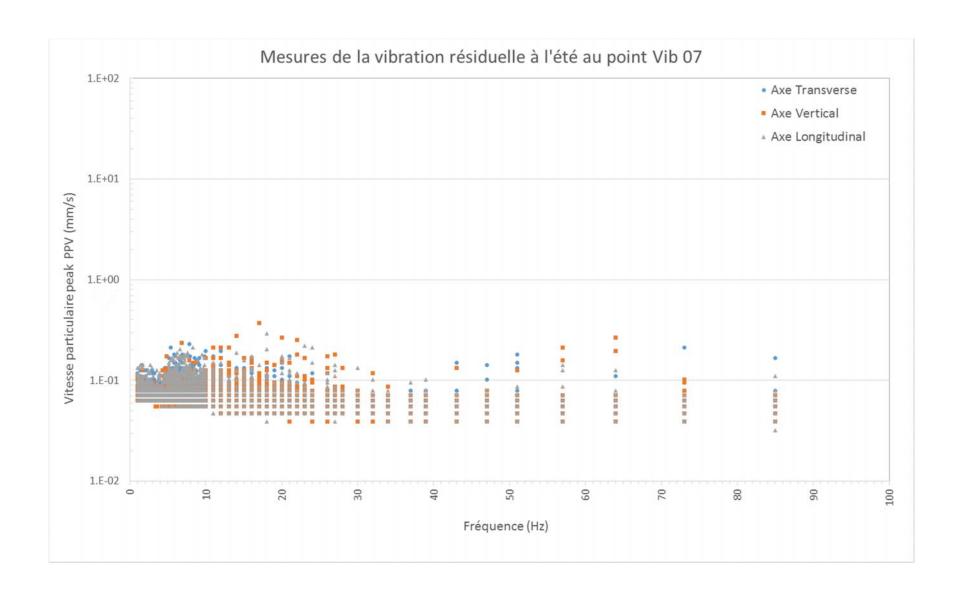


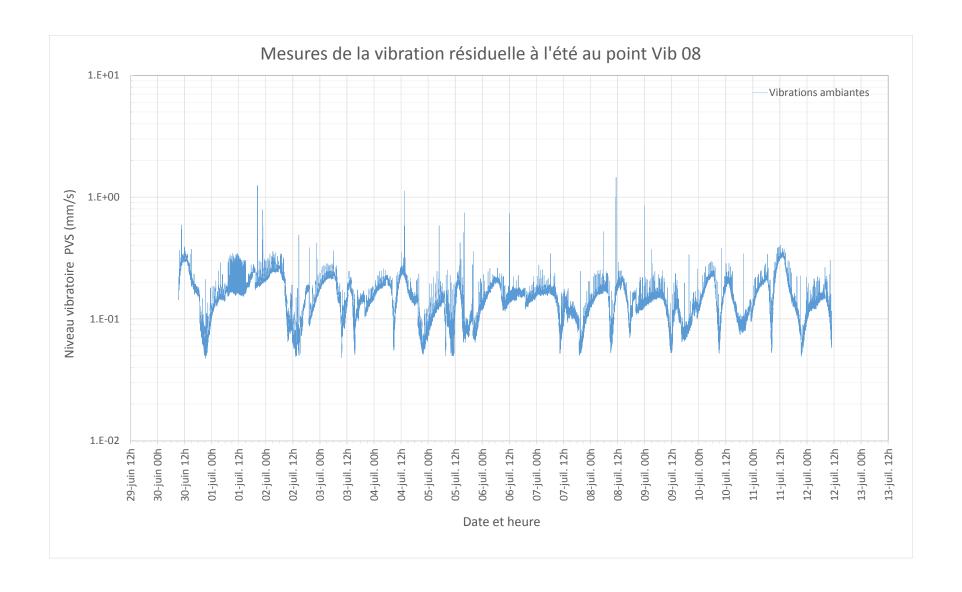


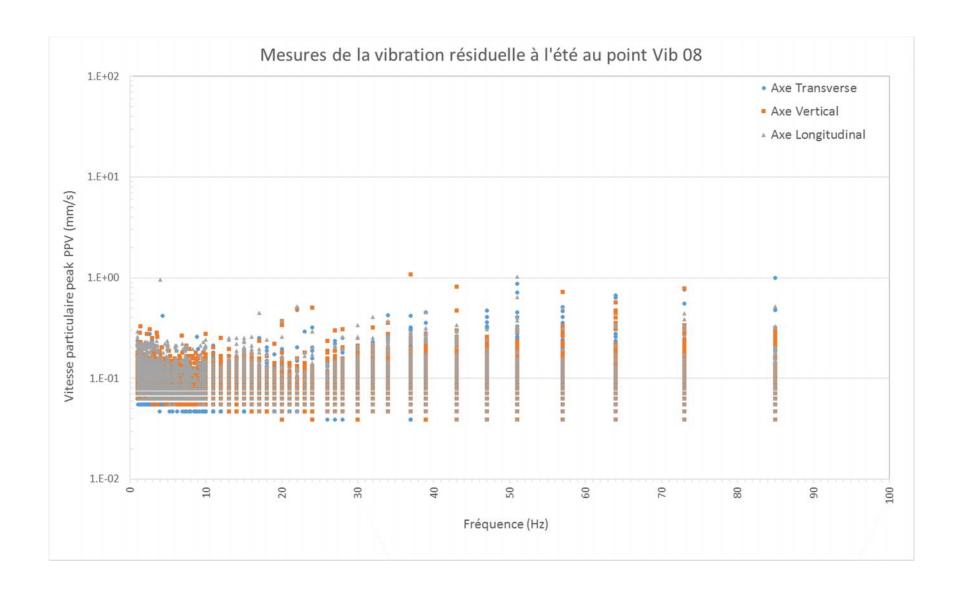


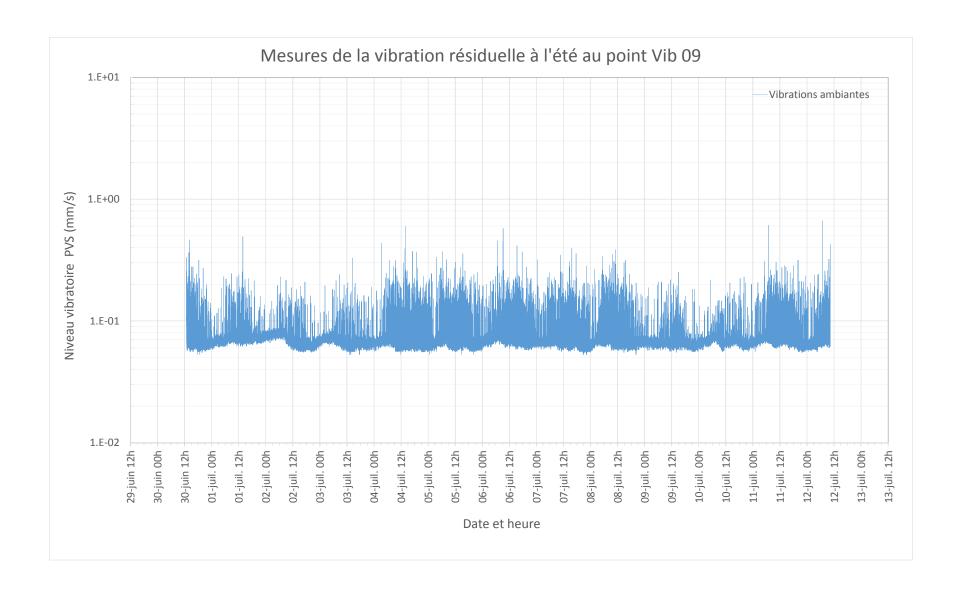


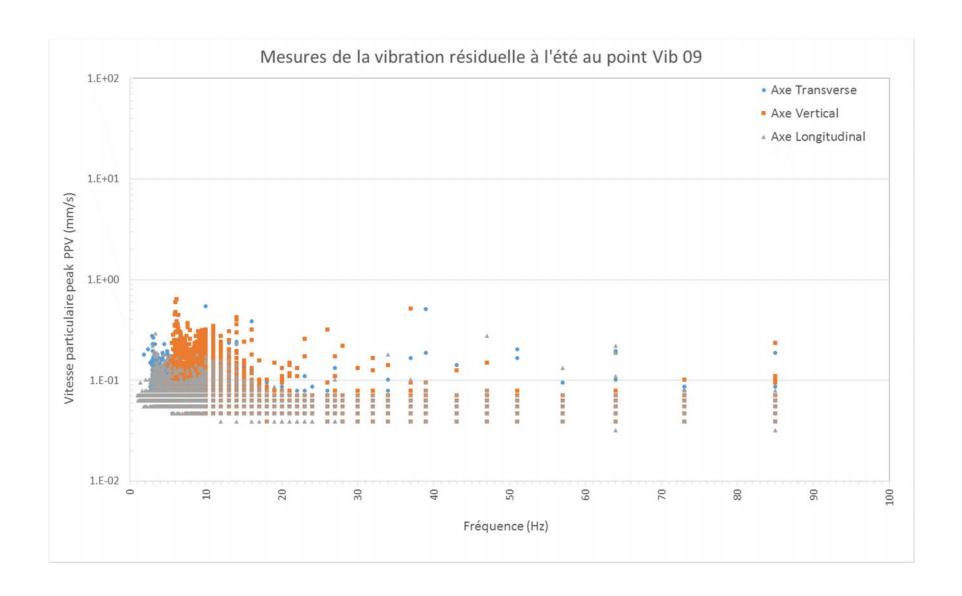


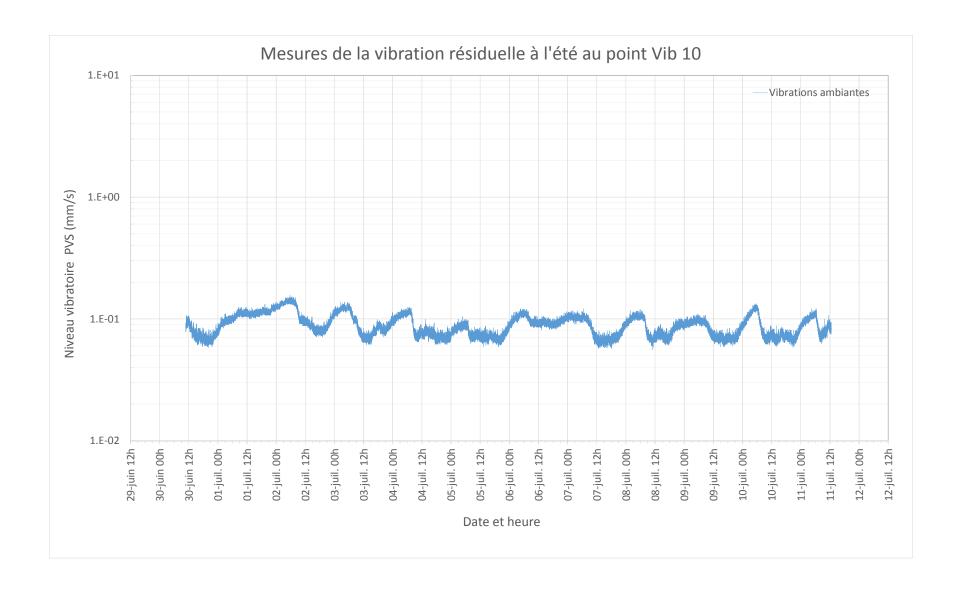


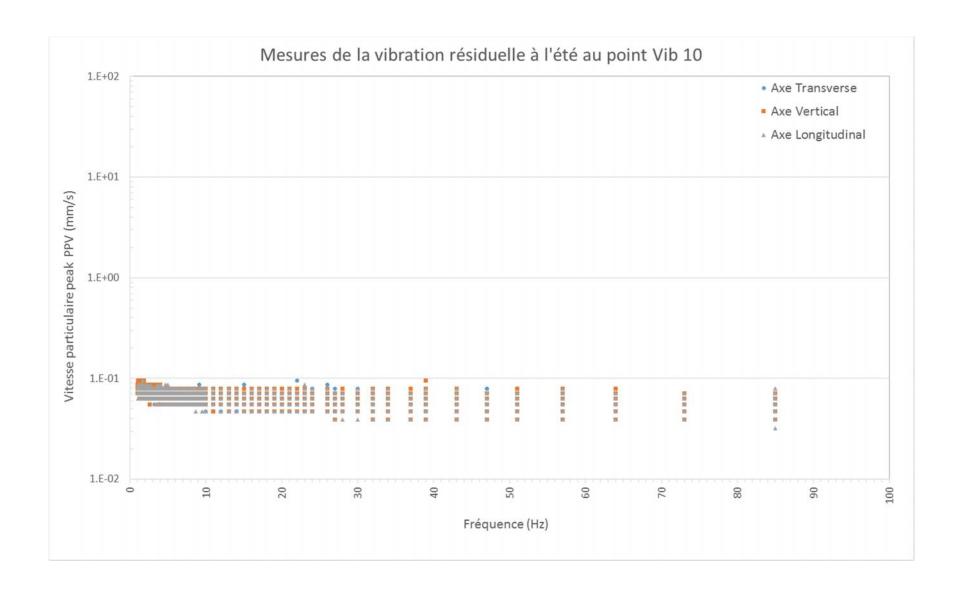


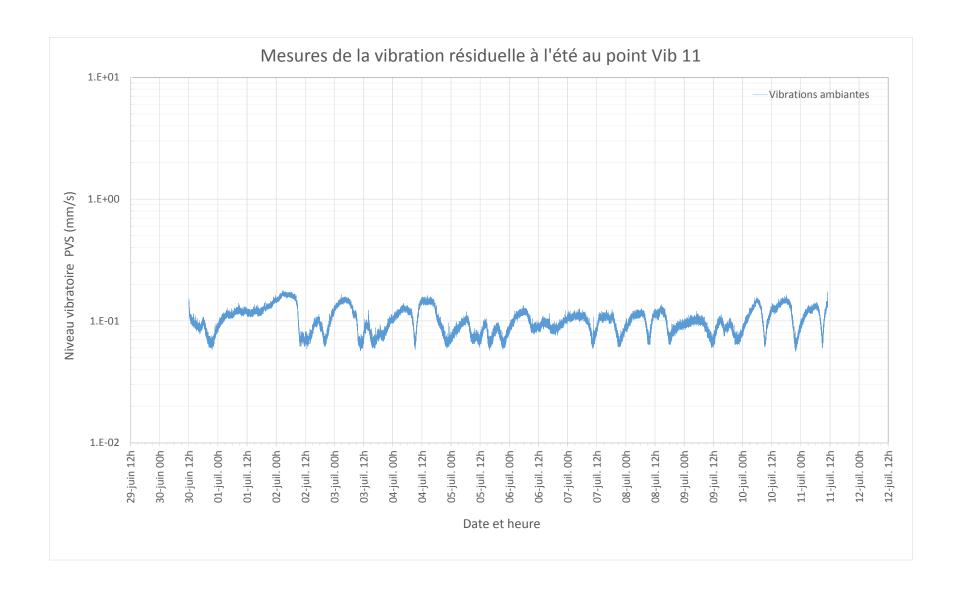


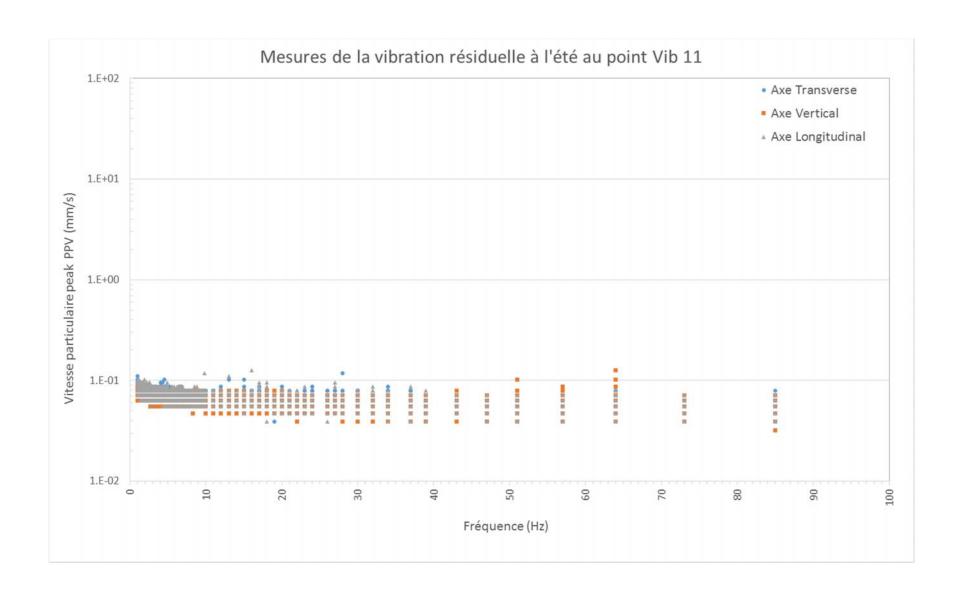


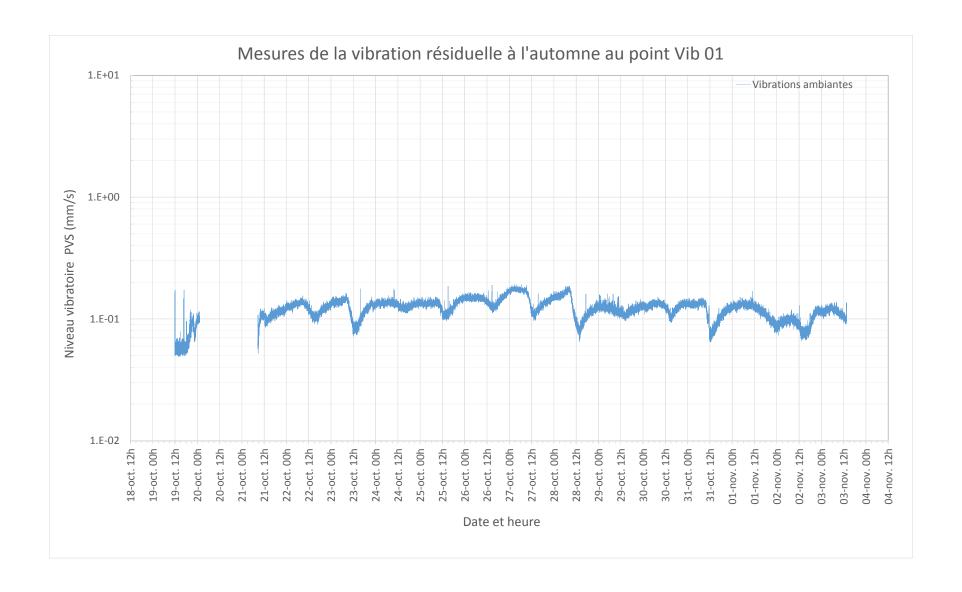


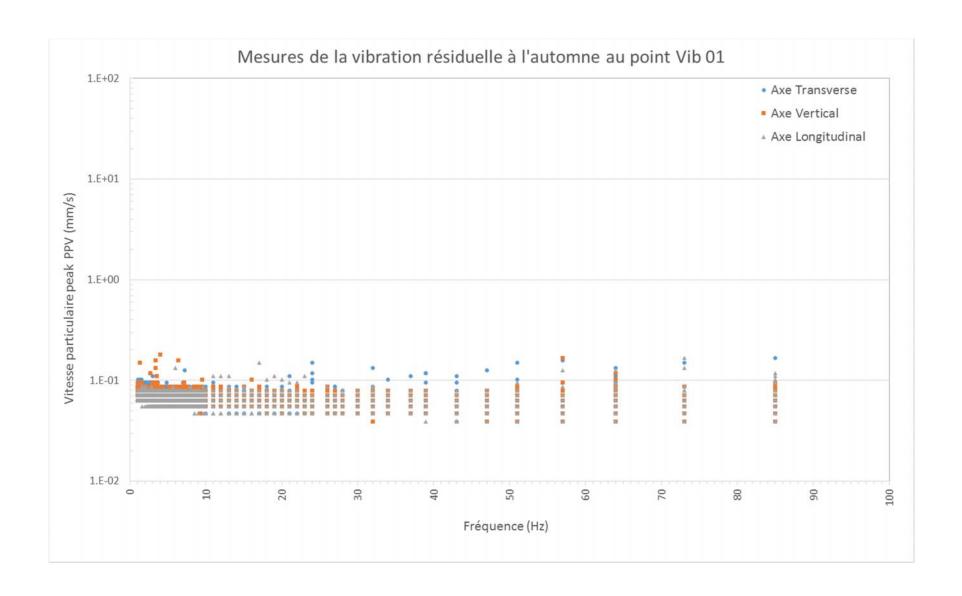


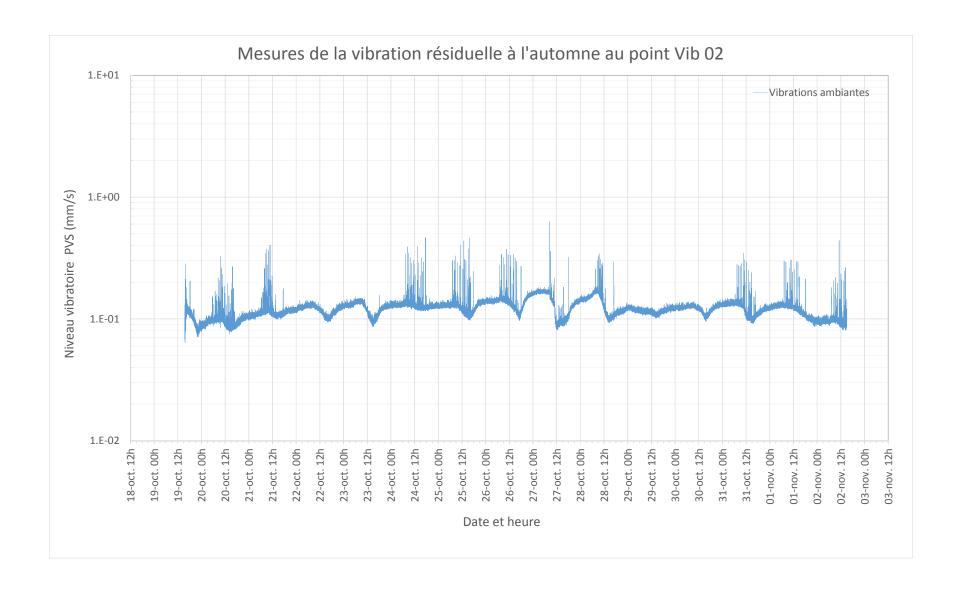


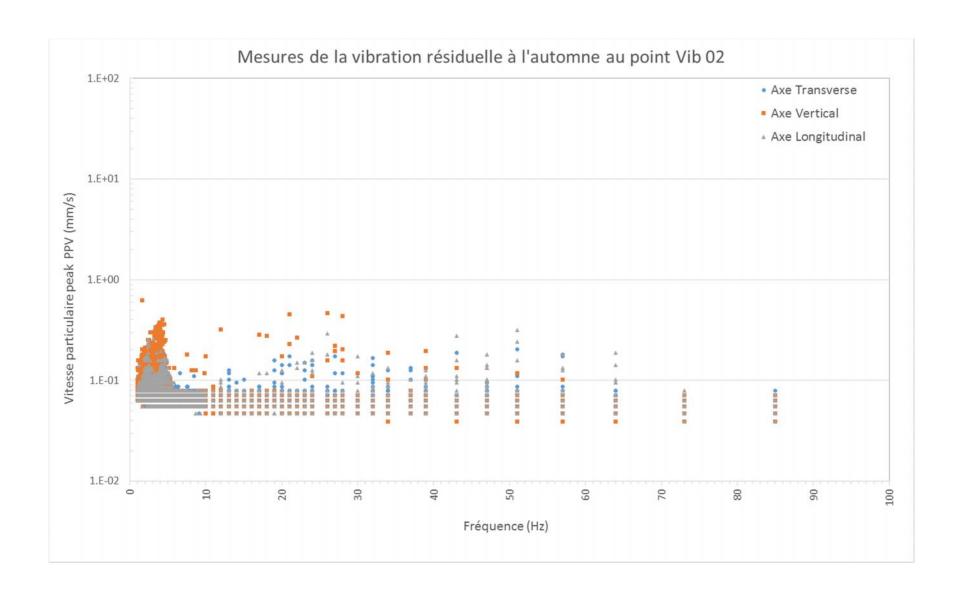


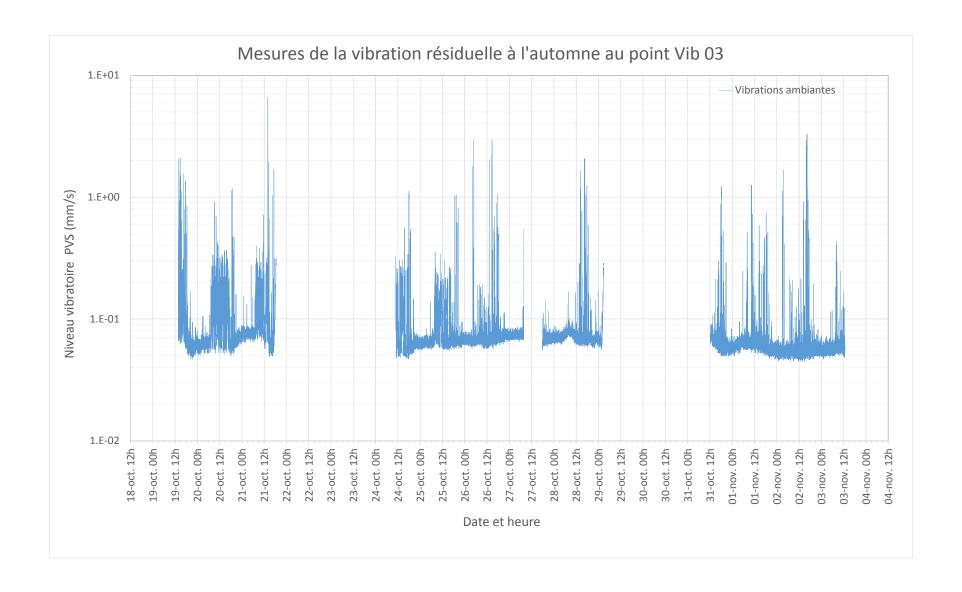


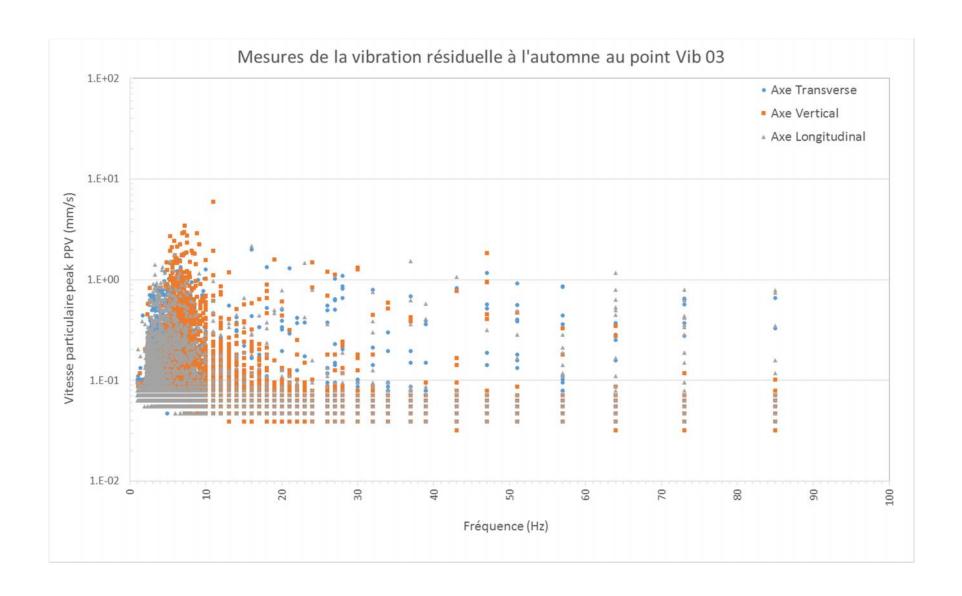


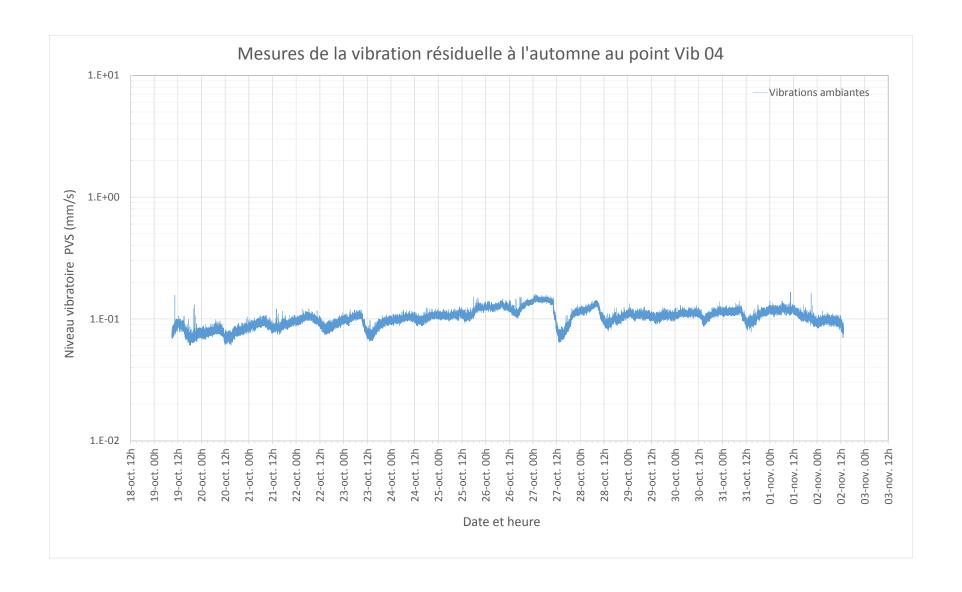


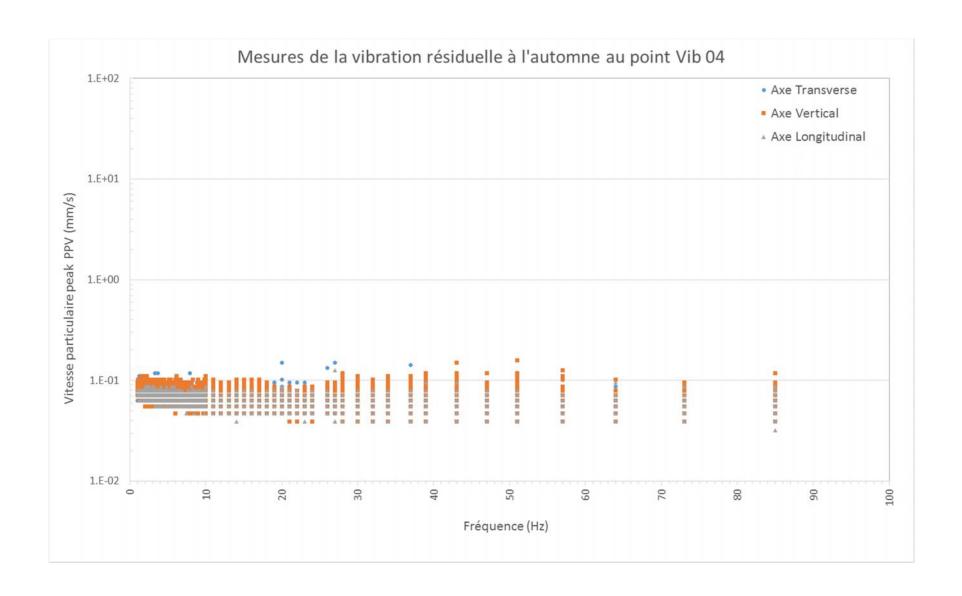


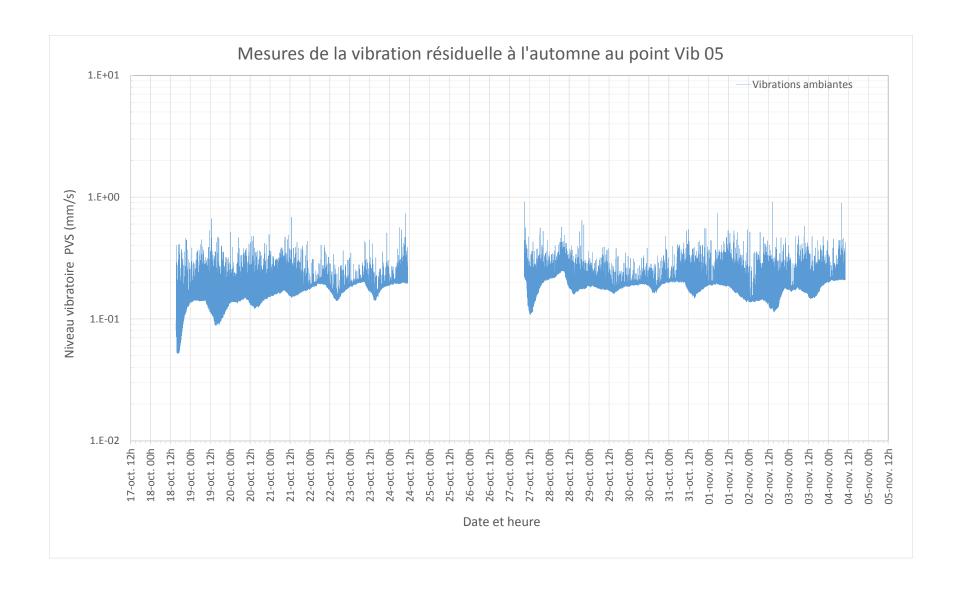


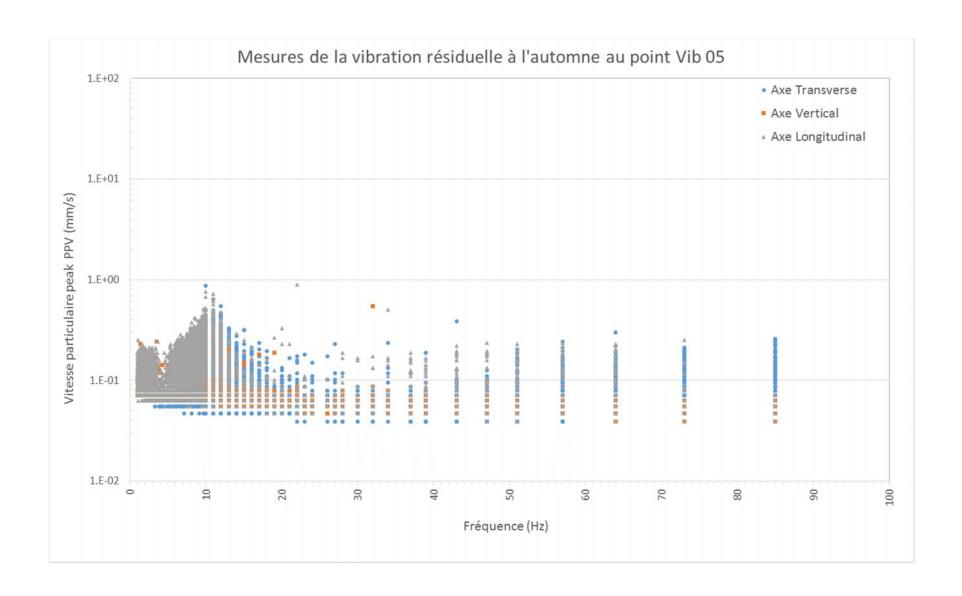


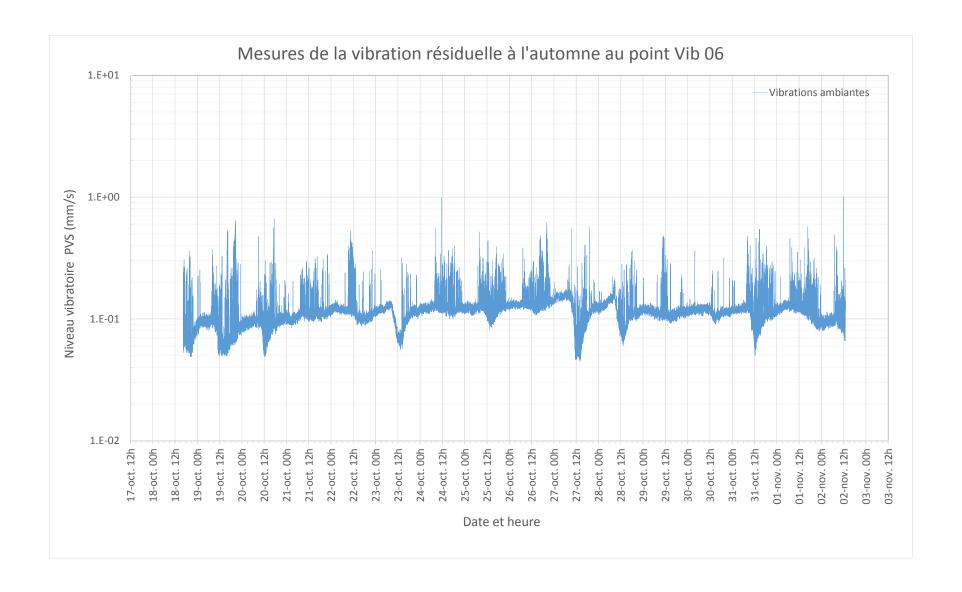


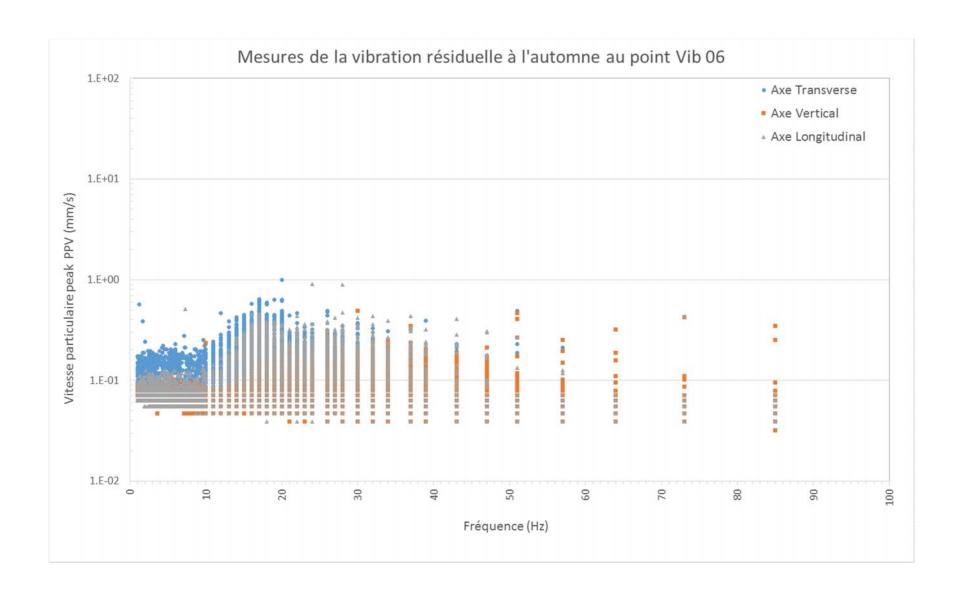


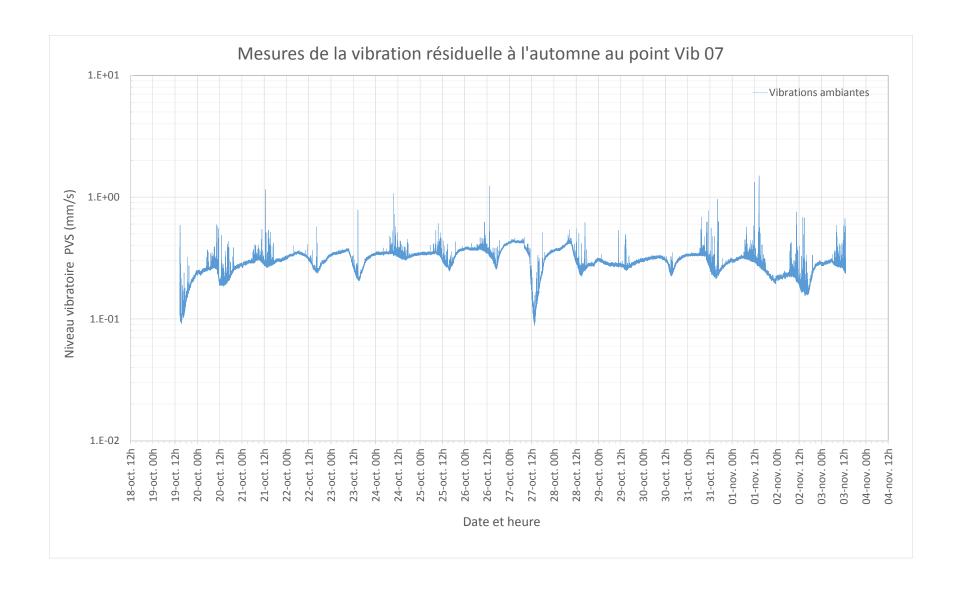


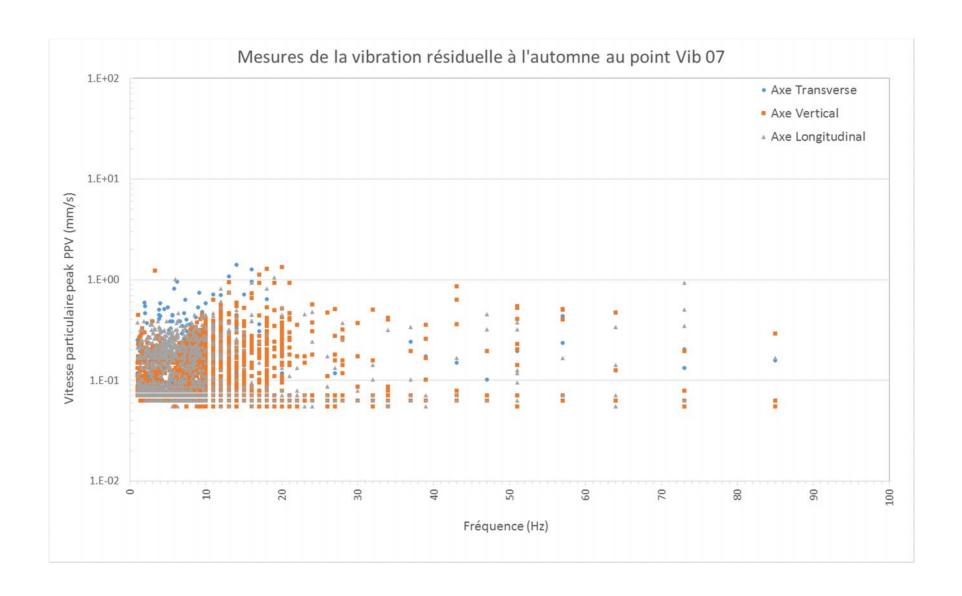


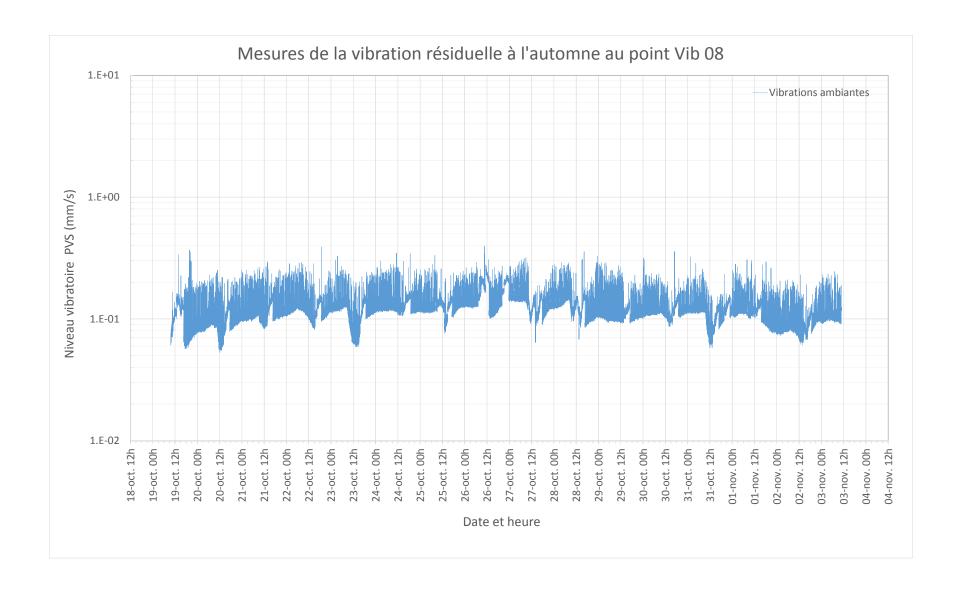


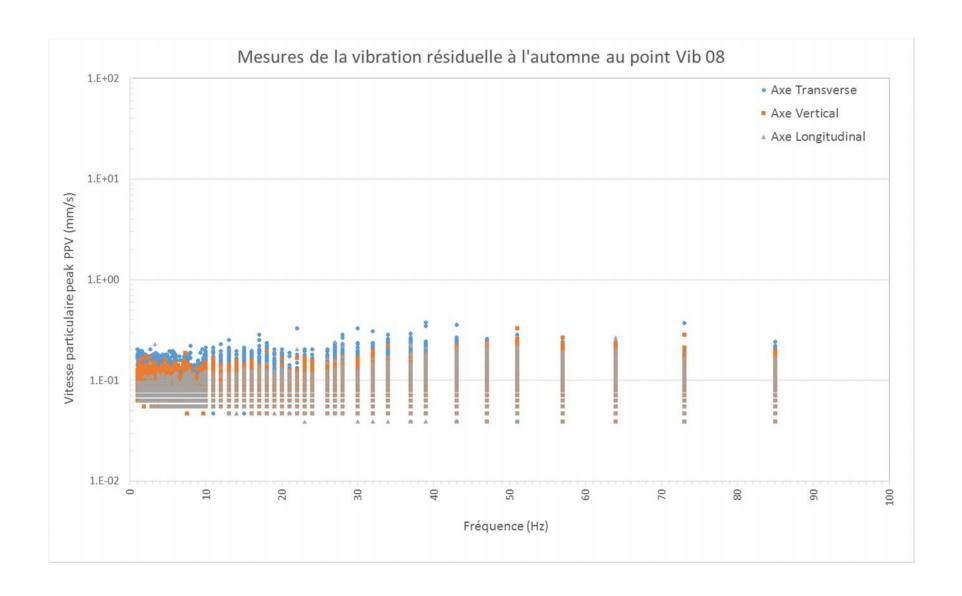


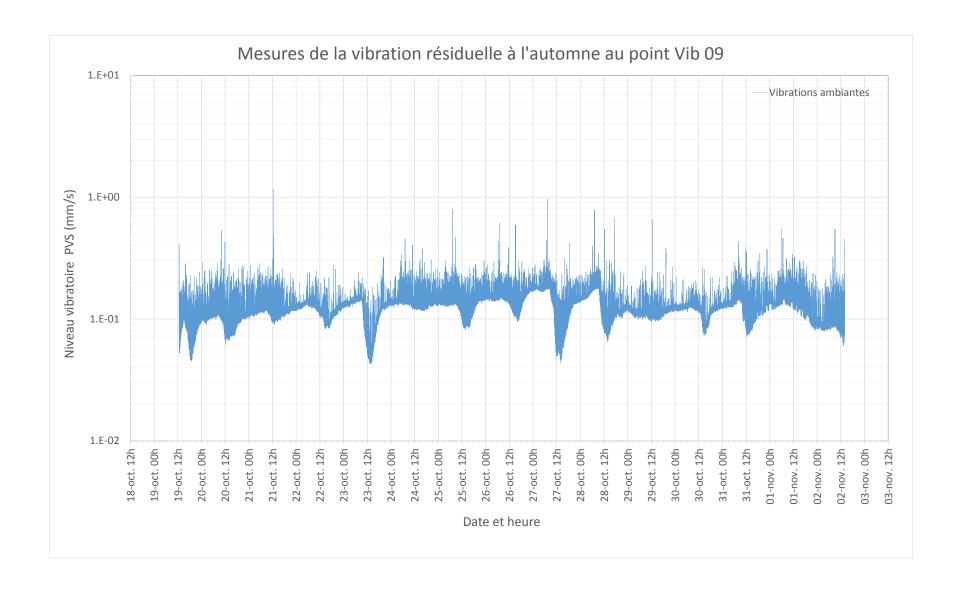


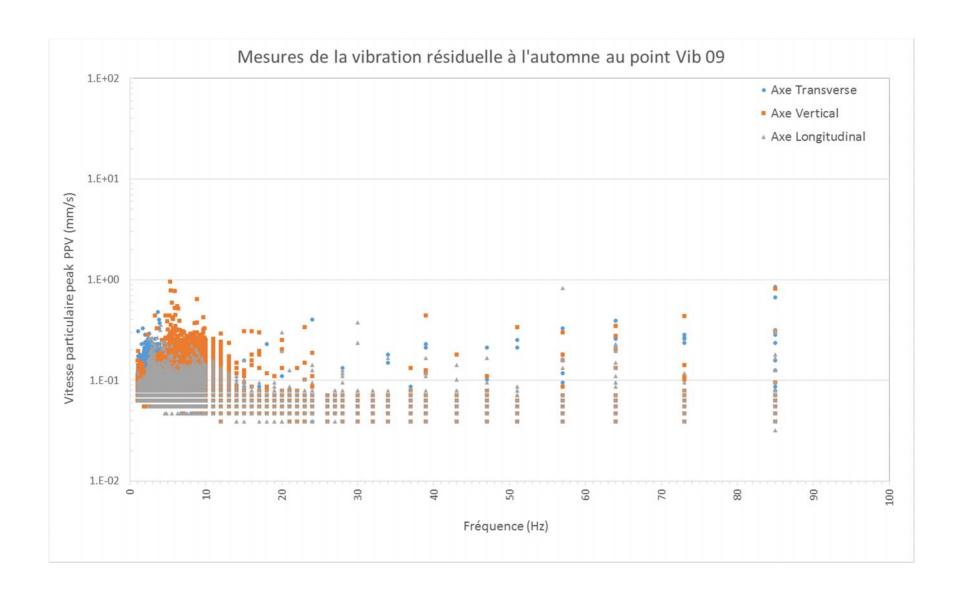


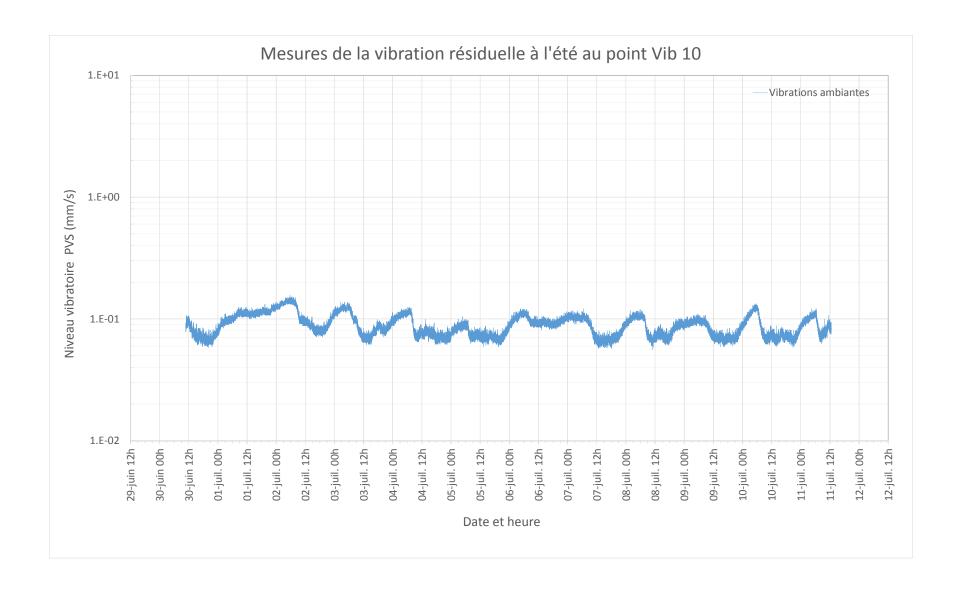


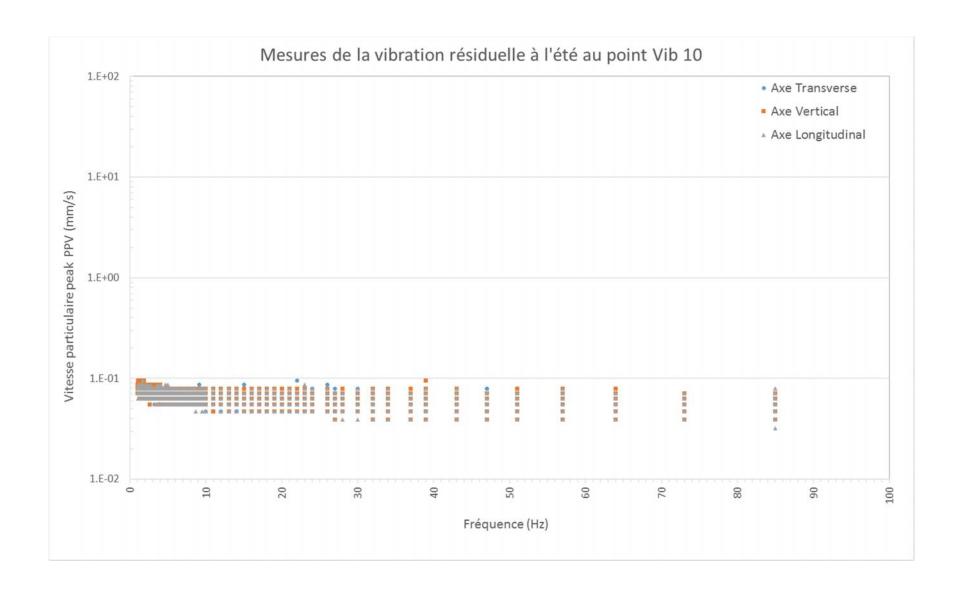


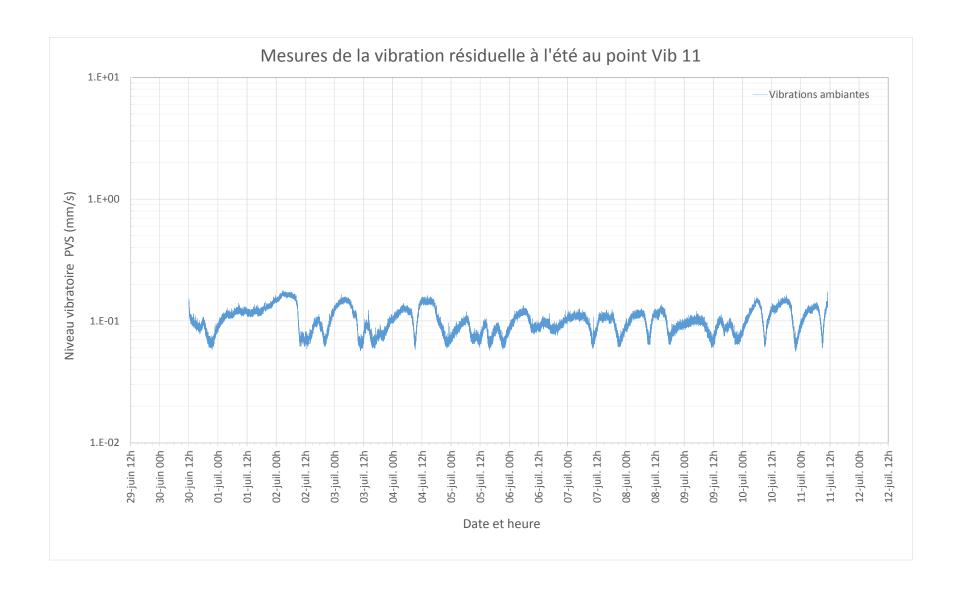


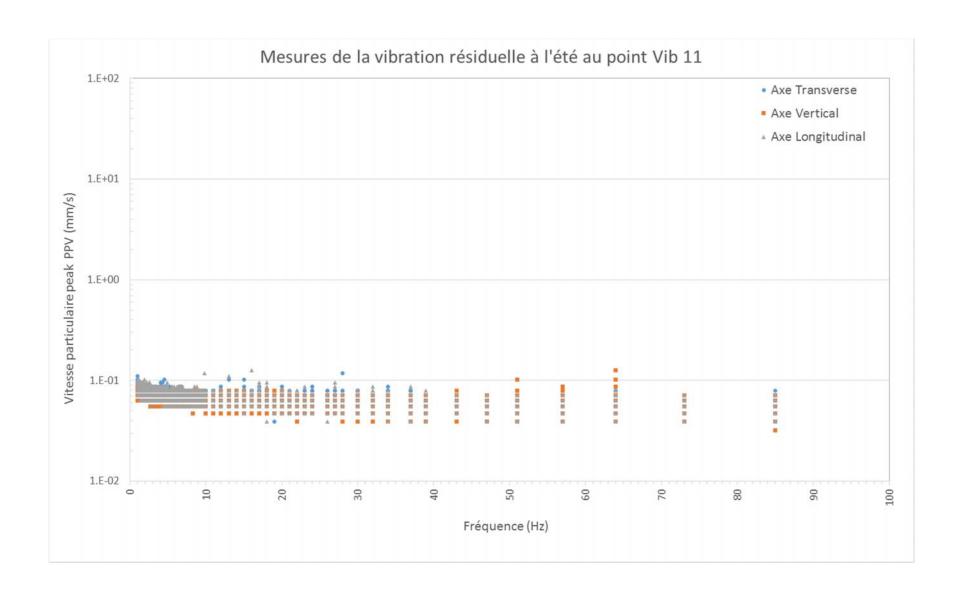












ANNEXE

B

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES RÉSULTATS VIBRATOIRES - 2017

