

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES GENERALES

LIMITATION DES VIBRATIONS EMISES PAR LES EQUIPEMENTS

PROJET MINATEC

LIMITATION DES VIBRATIONS EMISES PAR LES EQUIPEMENTS

SOMMAIRE

1.	PRESENTATION	3
1.1	OBJET DE L'ISOLATION VIBRATOIRE	3
1.2	DOMAINE D'APPLICATION	3
1.3	CONSISTANCE GENERALE DES TRAVAUX D'ISOLATION VIBRATOIRE	4
1.3.1	Caractéristiques minimales de l'isolation vibratoire	4
1.3.2	Sujétions diverses liées à la mise en place de l'isolation.....	4
1.3.3	Dossier technique	4
2.	CONCEPTION GENERALE DES EQUIPEMENTS	5
2.1	LIMITATION DES FORCES EMISES	5
2.2	EQUILIBRAGE DES MACHINES	7
2.3	SOCLE SUPPORT	8
2.4	APPUIS ANTI-VIBRATILES.....	8
2.4.1	Fréquence propre :	8
2.4.2	Réserve de charge :	9
2.4.3	Mise en précontrainte – Accessibilité – Remplacement :	9
2.4.4	Recommandations diverses	9
2.5	MANCHETTES SOUPLES	10
2.6	TUYAUTERIES ET EQUIPEMENTS RELIES.....	10
2.6.1	Isolation des tuyauteries.....	10
2.6.2	Isolation des équipements « statiques » reliés aux tuyauteries	10
2.6.3	Limitation des points fixes.....	11
2.6.4	Recommandation relative aux rayons	11
2.7	GAINES AERAULIQUES, CAISSONS DE CENTRALES D'AIR.....	11
2.7.1	Gaines aérauliques.....	11
2.7.2	Caissons de centrales d'air.....	11
3.	DOSSIER TECHNIQUE	12

ANNEXE EXEMPLE DE FICHE DE SYNTHESE – VIBRATIONS



LIMITATION DES VIBRATIONS EMISES PAR LES EQUIPEMENTS

1. PRESENTATION

1.1 OBJET DE L'ISOLATION VIBRATOIRE

Le site de MINATEC comporte plusieurs entités de production, au sein desquelles la fabrication de composants électroniques de qualité n'est possible qu'à condition de limiter de façon très sévère le niveau vibratoire sur les planchers de production concernés.

Les planchers sensibles ont ainsi été conçus d'une façon très particulière : type de fondations, trame des poteaux, épaisseur de la dalle, isolation de la structure par des joints périphériques, etc.

Il est par ailleurs impératif de limiter au strict minimum les vibrations émises par la totalité des équipements situés dans les bâtiments . Ceci s'applique :

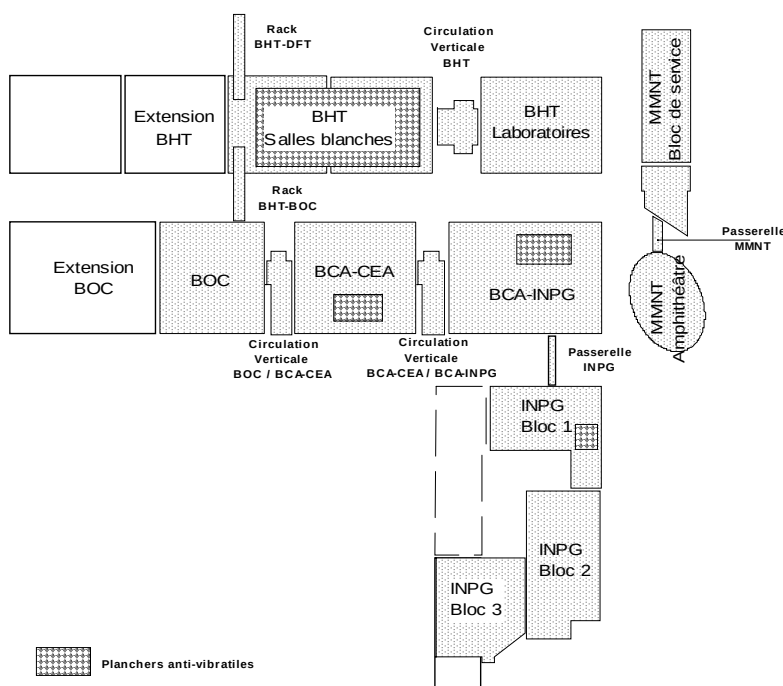
- à la totalité des machines tournantes, pompes, ventilateurs etc.
- à tous les équipements susceptibles de générer et de propager des vibrations tels que les chaudières, les tuyauteries, les gaines (liste non limitative...).

Le présent document a pour objet de définir les dispositions à prendre en considération par chaque entreprise fournissant et/ou installant des équipements, en matière d'isolation vibratoire.

1.2 DOMAINE D'APPLICATION

Les planchers anti-vibratiles étant implantés suivant le schéma joint les prescriptions du présent document s'appliquent essentiellement aux bâtiments : « BHT », « BBKA » et « INPG – Bloc 1 ».

Pour les autres bâtiments, la « Notice acoustique » est applicable. Cependant, les entrepreneurs prendront en compte, pour les autres bâtiments, des dispositions minimales à proposer pour approbation.



LIMITATION DES VIBRATIONS EMISES PAR LES EQUIPEMENTS

1.3 CONSISTANCE GENERALE DES TRAVAUX D'ISOLATION VIBRATOIRE

Les prestations incluses dans les présents travaux comportent 3 aspects, brièvement décrits ci-après. Ces différents sujets sont décrits de façon plus détaillée dans les chapitres ultérieurs.

1.3.1 Caractéristiques minimales de l'isolation vibratoire

Les systèmes d'isolation vibratoire mis en œuvre doivent respecter certaines caractéristiques minimales : équilibrage des machines, socles d'inertie, qualité des appuis anti-vibratiles, etc.

1.3.2 Sujétions diverses liées à la mise en place de l'isolation

L'entrepreneur prend à sa charge toutes les sujétions liées à la mise en place de l'isolation vibratoire, et notamment :

- la fourniture et la mise en œuvre de structures métalliques d'appui ou d'accrochage (cas d'équipements ne reposant pas directement sur le sol tel que nappes de tuyauteries, etc.)
- la fourniture et la mise en œuvre de butées sismiques ; la description des prestations demandées à cet égard fait l'objet d'un document spécifique.

1.3.3 Dossier technique

L'entrepreneur remet au Maître d'œuvre pour approbation un dossier technique décrivant la solution proposée et justifiant les performances anti-vibratiles.

LIMITATION DES VIBRATIONS EMISES PAR LES EQUIPEMENTS

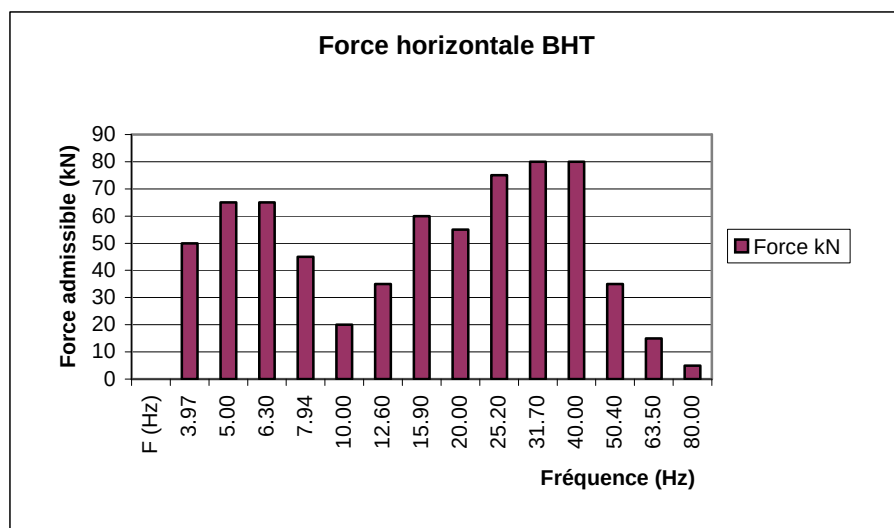
2. CONCEPTION GENERALE DES EQUIPEMENTS

2.1 LIMITATION DES FORCES EMISES

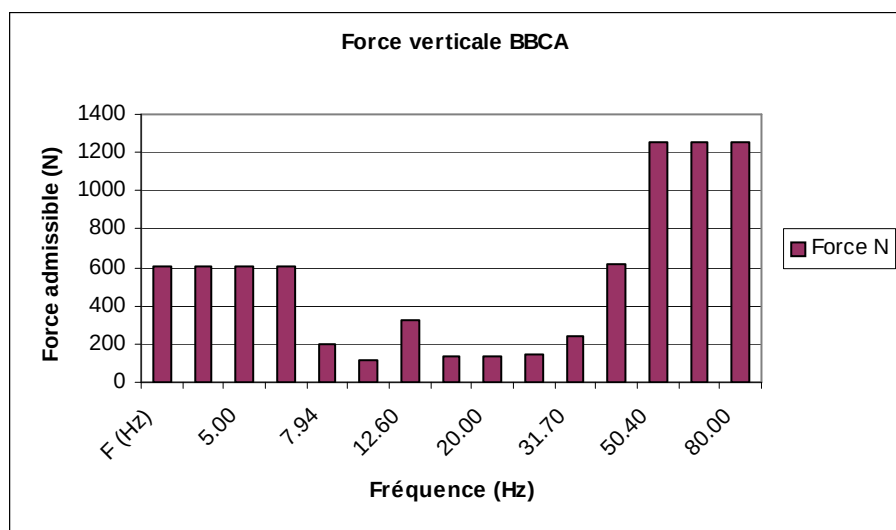
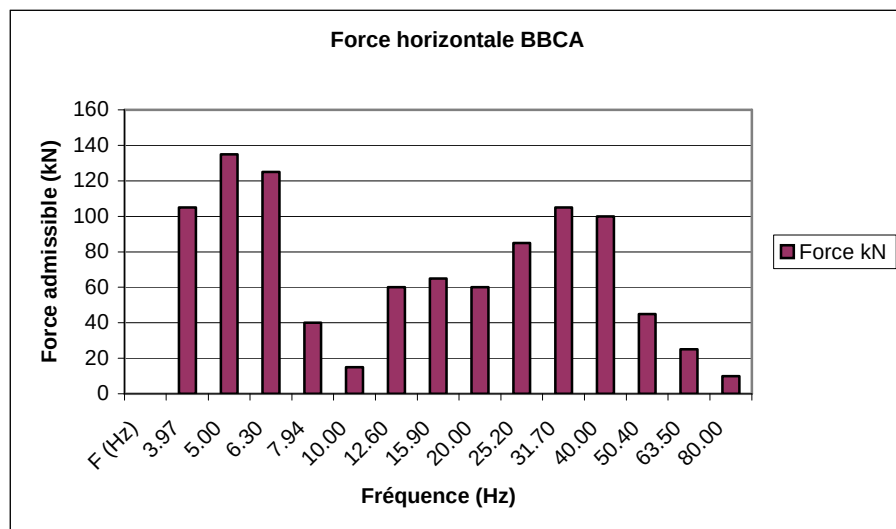
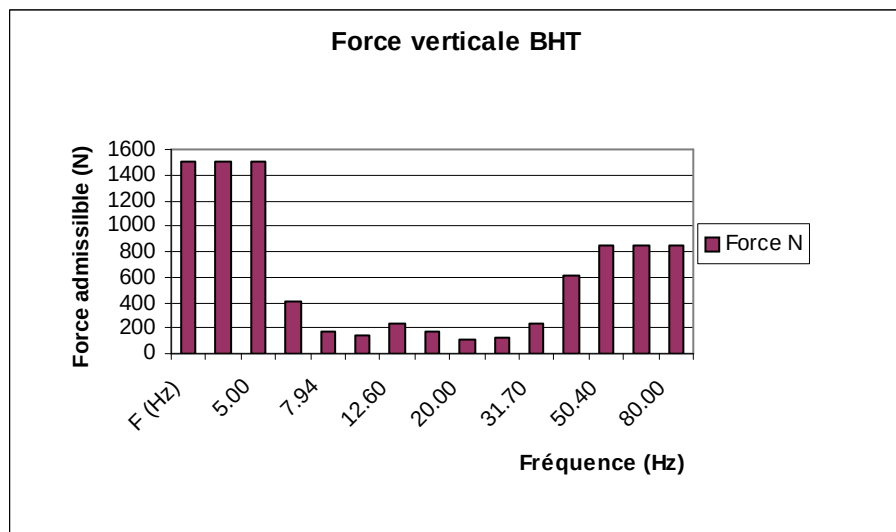
Dans le cadre des critères de réception des ouvrages définis au § 3.4.2 de l'annexe C au CCTP Commun(Indice C), il sera appliqué la règle suivante :

« Les équipements techniques susceptibles d'engendrer des vibrations installés dans une tranche de bâtiment (terrasse + plafond filtrant + basement) n'engendreront pas une force vibratoire supérieure aux valeurs indiquées dans le tableau suivant » :

F (Hz)	BHT		BBCA	
	Force H (kN)	Force V (N)	Force H (kN)	Force V (N)
3.97	0	1 500	0	610
5.00	50	1 500	105	610
6.30	65	1 500	135	610
7.94	65	410	125	610
10.00	45	170	40	200
12.60	20	140	15	120
15.90	35	240	60	320
20.00	60	170	65	140
25.20	55	110	60	140
31.70	75	120	85	150
40.00	80	240	105	240
50.40	80	610	100	620
63.50	35	850	45	1250
80.00	15	850	25	1250
101.00	5	850	10	1250



LIMITATION DES VIBRATIONS EMISES PAR LES EQUIPEMENTS



LIMITATION DES VIBRATIONS EMISES PAR LES EQUIPEMENTS

Nota : Ces valeurs pourront être modifiées après réception en fin de « Gros œuvre »

Compte tenu des critères retenus « Après équipement » qui sont beaucoup plus sévères pour les bâtiments « BBKA » que pour le bâtiment « BHT », il conviendra de placer dans ces premiers bâtiments tout équipement vibrant sur ressort (notamment FFU).

Tout équipement vibrant tel que ventilateur, pompe, etc., ayant reçu un « critère de force » déduit du tableau ci dessus après partage entre lots, sera testé en usine sur banc dans des conditions de fonctionnement équivalents à ceux de leur implantation sur site. Ces essais sont à la charge des entrepreneurs et seront effectués en présence du « Maître d'œuvre ».

2.2 EQUILIBRAGE DES MACHINES

- (i) Les machines électriques tournantes (moteurs) seront impérativement de classe R (réduite), voire de classe S (spéciale) au sens de la norme NF E 90-310. Ceci revient à limiter la vitesse efficace de vibration aux valeurs suivantes (en mm/s), en fonction de la vitesse de rotation N et de la hauteur d'axe H de la machine :

CLASSE	Vitesse N (tr/mn)	Hauteur d'axe H (mm)		
		$80 < H \leq 132$	$132 < H \leq 225$	$225 < H \leq 315$
R	$600 < N \leq 1800$	0.70	1.13	1.76
	$1800 < N \leq 3600$	1.13	1.76	2.83
S	$600 < N \leq 1800$	0.44	0.70	1.13
	$1800 < N \leq 3600$	0.70	1.13	1.76

- (ii) Les autres machines tournantes seront équilibrées de façon à être en zone A au sens de la norme ISO 10 816-1 (qui remplace l'ISO 2372, elle-même équivalente à la norme NF E 90-300). Ceci revient à limiter les vitesses efficaces de vibration aux valeurs suivantes (en mm/s), en fonction de la classe de la machine :

- classe I = machines de puissance ≤ 15 kW
- classe II = machines de taille moyenne, de puissance comprise entre 15 et 75 kW
- classe III = grosses machines ; montage relativement rigide
- classe IV = grosses machines ; montage relativement souple

(Se référer à la norme ISO 10 816-1 pour la définition exacte des classes).

Machine	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
Vitesse eff (mm/s)	0.71	1.12	1.8	2.8

L'équilibrage des machines devra être contrôlé conformément aux indications de la norme NF E 90-300 (ou ISO 2372), et dans les conditions suivantes :

- montage souple (ou montage sur socle monté souple)
- mesures réalisées sur la machine (ou le socle) à proximité des points de fixation.

LIMITATION DES VIBRATIONS EISES PAR LES EQUIPEMENTS

En cas de montage sur un socle dont la masse n'est pas négligeable par rapport à celle de la machine, les limites précédentes sont réduites par un facteur $\frac{M_m}{M_s + M_m}$

avec M_m = masse de la machine
 M_s = masse du socle

Les instruments utilisés pour les mesures seront conformes à la norme NF E 90-100 (ou ISO 2954).

2.3 SOCLE SUPPORT

Les équipements de type machine tournante seront fixés à un socle (de préférence une dalle béton, ou massif) assurant des fonctions :

- d'abaissement du centre de gravité et d'écartement des points d'appuis (cas d'équipements ayant une emprise au sol réduite par rapport à leur hauteur)
- de stabilité vis à vis des régimes transitoires (franchissement des fréquences propres)
- de rigidification de l'ensemble de l'équipement (cas d'éléments composés de plusieurs parties).

Aucune vibration anormale de la machine ou de ses éléments ne devra être observée, aussi bien en régime transitoire qu'en régime permanent. Ce socle reposera sur des appuis anti-vibratiles, décrits ultérieurement.

Les règles suivantes seront adoptées :

- (i) Lorsque cette possibilité existe : préférer le montage de plusieurs équipements sur un même socle plutôt que le montage de chaque équipement sur un socle individuel
- (ii) Donner une rigidité suffisante au socle, pour éviter toute amplification intempestive des vibrations par le socle lui-même, et limiter les possibilités de déformation. Il faudra notamment veiller à ce que les premières fréquences propres de déformation de l'ensemble « socle + machine » ne soient pas voisines des fréquences excitatrices développées par la machine.
- (iii) Donner une masse suffisante au socle, de façon à stabiliser l'équipement (comportement lors des phases transitoires ; position du centre de gravité).
- (iv) Lorsqu'il est prévu d'installer les équipements en plusieurs phases, prévoir sur les socles mis en place en 1ère phase la place nécessaire pour installer les équipements de 2ème phase. Le socle sera lesté de façon adéquate jusqu'à l'installation des équipements de 2ème phase.

2.4 APPUIS ANTI-VIBRATILES

2.4.1 Fréquence propre :

Sauf indication contraire du CCTP ou d'autres articles du présent document, tous les équipements vibrants seront placés sur des appuis anti-vibratiles de fréquence propre basse (de type ressort), présentant une déflexion minimale sous le poids de l'équipement de 2cm.

En assimilant le système à un oscillateur simple, ceci correspond à une fréquence propre inférieure ou égale à 3.5 Hz. Cette fréquence propre doit être observée aussi bien dans le sens vertical que dans le sens horizontal.



LIMITATION DES VIBRATIONS EMISES PAR LES EQUIPEMENTS

Par ailleurs, cette fréquence propre d'ensemble doit être au plus égale au quart de la fréquence propre de fonctionnement la plus basse de la machine .

2.4.2 Réserve de charge :

Les différents appuis doivent être placés de façon à recevoir sensiblement la même charge. Dans le cas d'un ventilateur, tenir compte le cas échéant de la poussée exercée.

Les appuis doivent encore pouvoir fonctionner sous une surcharge accidentelle de 30%.

2.4.3 Mise en précontrainte – Accessibilité – Remplacement :

- Dans le cas où la charge sur les ressorts à un caractère variable (tuyauteries et équipements associés, etc.), les boîtes à ressort et suspentes employées devront posséder un dispositif de mise en précontrainte facilitant leur mise en oeuvre, et permettant leur blocage ultérieur.
- Les différents ressorts devront être visitables, de façon à contrôler qu'ils ne sont pas en surcharge ni en sous-charge
- Ils devront pouvoir être démontés en vue d'un remplacement.

2.4.4 Recommandations diverses

Les règles suivantes seront par ailleurs observées :

- préférer un nombre minimal d'appuis (par exemple 4 plutôt que 6 ou 8, ce qui permet un meilleur excentrement, et donc une plus grande stabilité de l'équipement)
- ils doivent enfin présenter un fonctionnement correct lors des régimes transitoires de l'équipement

LIMITATION DES VIBRATIONS EMISES PAR LES EQUIPEMENTS

2.5 MANCHETTES SOUPLES

(i) Des manchettes souples seront systématiquement interposées au raccord entre :

- les canalisations et gaines d'une part
- les équipements, aussi bien dynamiques que statiques d'autre part

Ces manchettes devront assumer la fonction « classique » de manchons compensateurs, et satisfaire par conséquent aux critères suivants : compatibilité avec le fluide transporté (température, pression), durabilité, possibilités de déplacement adéquates, etc.

Mais elles devront également avoir une fonction anti-vibratile, et satisfaire aux critères suivants :

- n'être munies d'aucun dispositif rigide de contrôle de l'écartement des brides (choix de manchons « auto stables », etc.)
 - avoir une souplesse maximale, de façon à ce que la transmission des forces de vibration de l'équipement à la tuyauterie soit efficacement limitée
- (ii) L'entrepreneur veillera d'une façon générale à ce qu'aucune liaison rigide ne subsiste entre l'ensemble isolé et l'environnement (« mou » suffisant des câbles électriques, etc.).

2.6 TUYAUTERIES ET EQUIPEMENTS RELIES

Les dispositions suivantes seront mises en oeuvre.

2.6.1 Isolation des tuyauteries

- Les tuyauteries acier de diamètre nominal strictement compris entre 50 et 100mm seront maintenues par des appuis anti-vibratiles au voisinage des équipements, sur une distance au moins égale à 10m. Ces appuis devront posséder un dispositif de mise en précontrainte facilitant leur mise en œuvre (montage « rigide », puis déblocage), et avoir des caractéristiques de déflexion comparables à celles des appuis utilisés pour l'équipement.

Il s'agira :

- soit d'appuis ressort
- soit de suspentes de type ressort + élastomères (produits de type MASON, GERB ou équivalent)
- Les tuyauteries de diamètre nominal supérieur ou égal à 100mm seront posées sur appuis anti-vibratiles sur toute leur longueur, de fréquence propre inférieure ou égale à 3.5 Hz.
- En dehors des zones équipées avec des ressorts, un matériau résilient sera systématiquement interposé entre les tuyauteries et leur support, type : DAMMGULAST de MUPRO, ou équivalent. Les caractéristiques de ce matériau seront soumises à l'approbation du Maître d'Oeuvre.

2.6.2 Isolation des équipements « statiques » reliés aux tuyauteries

- Les équipements « statiques » raccordés à des tuyauteries acier de diamètre nominal > 50mm devront eux aussi être placés sur des appuis résilients ou élastiques, conférant à l'ensemble une fréquence propre au plus égale à 8 Hz.

LIMITATION DES VIBRATIONS EMISES PAR LES EQUIPEMENTS

Ceci s'applique notamment aux échangeurs de chaleur, ainsi qu'aux équipements desservis par les tuyauteries.

2.6.3 Limitation des points fixes

- L'attention est attirée sur la nécessité d'éviter de bloquer les tuyauteries ainsi suspendues au sein d'ouvrages fixes tels que murs et cloisons... Des dispositions particulières devront être prises, qui permettent le mouvement relatif de la tuyauterie par rapport à son environnement (traversée souple).
- Les éventuels « points fixes » de ces canalisations, lorsqu'ils ne peuvent être évités, devront présenter des capacités importantes d'amortissement et être situés le plus loin possible des équipements.

D'une façon générale, les conditions d'appuis des canalisations doivent permettre une atténuation très efficace de la transmission des vibrations véhiculées par ces canalisations aux structures de génie civil qui les supportent.

2.6.4 Recommandation relative aux rayons

- Adoption de coudes de grand rayon, quand les flux liquides ou gazeux subissent des changements de direction importants à proximité immédiate de l'équipement considéré.

2.7 GAINES AERAULIQUES, CAISSONS DE CENTRALES D'AIR

2.7.1 Gaines aérauliques

- Vitesse supérieure ou égale à 5m/s, ou poids par support supérieur à 60 kg : ces gaines devront être supportées par un système à ressort (suspentes ou appuis) conférant une fréquence propre au plus égale à 5 Hz..
- Dans tous les autres cas, un matériau résilient sera systématiquement interposé entre les gaines et leur support.

Les caractéristiques de ce matériau seront soumises à l'approbation du Maître d'Oeuvre.

2.7.2 Caissons de centrales d'air

Ces caissons seront posés soit sur appuis de type ressort, soit sur appuis élastomères ponctuels permettant de garantir une fréquence propre d'ensemble au plus égale à 8 Hz, ce qui correspond à une déflexion sous charge de l'ordre de 5mm.

L'attention est attirée sur le fait que les plaques de caoutchouc plein et raide sont prosrites, et qu'il est demandé d'adopter un matériau explicitement conçu pour l'isolation vibratoire.

Les caractéristiques du matériau choisi seront soumises à l'approbation du Maître d'œuvre.

LIMITATION DES VIBRATIONS EMISES PAR LES EQUIPEMENTS

3. DOSSIER TECHNIQUE

L'Entrepreneur soumettra à l'approbation du Maître d'oeuvre un dossier technique décrivant l'équipement (machines et tuyauteries), ainsi que l'ensemble des dispositions anti-vibratiles mises en oeuvre. On y trouvera en particulier les points suivants :

(i) Caractéristiques de l'équipement :

- masse totale
- masse tournante
- fréquence(s) de rotation du moteur, des turbines, etc.
- puissance électrique
- classe d'équilibrage
- pour une tuyauterie : diamètre, caractéristiques

(ii) S'il y a lieu : caractéristiques du socle sur lequel est fixé l'équipement :

- géométrie
- masse

(iii) Caractéristiques des appuis anti vibratiles :

- type / fiche technique du fournisseur
- longueur à vide et en charge
- raideur verticale et horizontale

(iv) Caractéristiques des manchettes souples :

- type / fiche technique du fournisseur
- raideur (ou coefficient d'atténuation des vibrations aux différentes fréquences...)

(v) Note de calculs justifiant les points suivants :

- calcul des réactions d'appuis
- calcul des fréquences propres de l'ensemble

(vi) Plans et schémas permettant de visualiser :

- l'équipement
- le socle éventuel
- les appuis anti vibratiles des machines et des tuyauteries
- les manchettes souples

(vii) Dans le cas de tuyauteries posées sur appuis anti-vibratiles : une notice décrivant le principe de montage (emploi de boîtes à ressort précontraintes, etc.) et d'entretien (précautions à prendre en cas de vidange de la tuyauterie, etc.).

Un exemple de « fiche de synthèse » est joint en annexe, dont le but est de faciliter la constitution de ce dossier d'information.

LIMITATION DES VIBRATIONS EMISES PAR LES EQUIPEMENTS

Le Maître d'Ouvre devra pouvoir disposer d'un délai suffisant (3 semaines minimum) pour examiner le dossier, et formuler d'éventuelles observations qui devront ensuite être prises en compte par l'Entrepreneur.

L'Entrepreneur prendra en conséquence toutes les dispositions utiles, et en particulier communiquera le dossier technique à une date telle que les éventuelles mises au point ne gênent pas ses travaux.

ANNEXE

EXEMPLE DE FICHE DE SYNTHESE – VIBRATIONS

FICHE DE SYNTHESE - VIBRATIONS - MACHINES TOURNANTES

Lot :
Entreprise :

Fiche n°
Indice :

Diffusion : SETEC
Copie :

1 DENOMINATION - CARACTERISTIQUES GENERALES

Nom de l'équipement :

Masse totale kg

Puissance électrique nominale kW

Localisation Bâtiment : Niveau :

2 CARACTERISTIQUES DETAILLEES

2.1 Machines tournantes

[*1] Dans le cas d'un régime variable

	Fréquence de rotation (tr/mn)		Classe d'équilibrage	Masse tournante (kg)	Débit	
	Nominale	mini [*1]			Nominal	mini [*1]
Moteur						
Ventilateur						
Pompe						
Autres...						

2.2 Massif d'appui

- Dimensions (m)

- Matière (béton, acier...)

- Poids (1à2 fois le poids de l'équipement)

2.3 Appuis anti-vibratiles

- Marque

Repère	Type	Nombre	Charge par appui (kg)	Charge max admis. (kg)	Raideur (kN/m)	Déflexion sous charge (mm)

Modes propres	
N°	Fréq propre (Hz)
mode 1	
2	
3	
4	

2.4 Manchons ou manchettes anti-vibratiles

- Marque et type

- Diamètre / section Raideur (kN/m) [*] :

- Modèle autostable (oui / non) [*] Sinon : poussée (kg)

[*] : dans le cas de manchons de tuyauteries

3 DOCUMENTS A JOINDRE IMPERATIVEMENT A CETTE FICHE

- ☞ Localisation de l'équipement par une croix sur un format A4 du niveau considéré
- ☞ Plan de l'équipement + massif + implantation des appuis
- ☞ Fiche technique des appuis, manchons et manchettes
- ☞ Note de calculs (descente de charges, modes propres, % d'atténuation des forces émises)