

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-13-LK-068490-01 Version du : 18/10/2013
 Dossier N° : 13E048245 Date de réception : 16/10/2013
 Référence Dossier : Exploitation de : RINXENT
 Référence Commande : 010863

Page 3/4

N° Echantillon		006	007	008	009	010	Limites de Quantification
Date de prélèvement :		02/10/2013	03/10/2013	02/10/2013	03/10/2013	02/10/2013	
Début d'analyse :		17/10/2013	17/10/2013	17/10/2013	17/10/2013	17/10/2013	
Mesures gravimétriques							
LK00G : Volume (donnée client)	m ³	4.95	5.05	4.87	4.80	5.00	
<small>Analyse réalisée sur le site de Saverne</small>							
LSA59 : Poussières inhalables sur mousse							<small>Analyse réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488</small>
<small>Détermination gravimétrique - NF X 43-262</small>							
Poussières inhalables sur mousse après correction	mg	* 1.15	* 3.51	* 5.35	* 28.45	* 7.68	<small>Air lieux de travail : 0.66</small>
Incertitude de la mesure	mg	* 0.13	* 0.13	* 0.13	* 0.13	* 0.13	
LK00C : Concentration en poussières inhalables	mg/m ³	0.23	0.69	1.10	5.93	1.54	
<small>Analyse réalisée sur le site de Saverne</small>							
<small>Calcul</small>							

006 : 977585 - 6 - Bascule

007 : 977417 - 7 - Pistes et stocks

008 : 977318 - 8 - Pierres à chaux

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne

5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne

Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env

SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

009 : 977516 - 9 - Recomposition

010 : 977240 - 10 - Produits finis

ACCREDITATION
 N° 1- 1488
 Site de saverne
 Portée disponible sur
www.cofrac.fr



RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-13-LK-068490-01 Version du : 18/10/2013
 Dossier N° : 13E048245 Date de réception : 16/10/2013
 Référence Dossier : Exploitation de : RINXENT
 Référence Commande : 010863

Page 4/4

N° Echantillon		011	012	013		Limites de Quantification
Date de prélèvement :		03/10/2013	07/10/2013	03/10/2013		
Début d'analyse :		17/10/2013	17/10/2013	17/10/2013		
Mesures gravimétriques						
LK00G : Volume (donnée client)	m ³	4.85	4.80	4.20		
<i>Analyse réalisée sur le site de Saverne</i>						
LSA59 : Poussières inhalables sur mousse						Analyse réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488
<i>Détermination gravimétrique - NF X 43-262</i>						
Poussières inhalables sur mousse après correction	mg	* 2.18	* 3.40	* 2.14		Air lieux de travail : 0.66
Incertitude de la mesure	mg	* 0.13	* 0.13	* 0.13		
LK00C : Concentration en poussières inhalables	mg/m ³	0.45	0.71	0.51		
<i>Analyse réalisée sur le site de Saverne</i>						
<i>Calcul</i>						

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 4 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation qui sont identifiés par *.

Laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement : portée disponible sur <http://www.labeau.ecologie.gouv.fr>

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

Laboratoire agréé par le ministre chargé des installations classées par arrêté du JO du 07/01/2011. Mention des types d'analyses pour lesquels l'agrément a été délivré sur www.eurofins.fr ou disponible sur demande.



Rui Ventura
 Responsable de Département
 Laboratoire



Parc d'activités Forbach-Ouest
57600 FORBACH

Tél. 03 87 83 48 00
Fax 03 87 83 48 35
Mél : atest.labo@atest.fr

CARRIERES DE LA VALLEE HEUREUSE

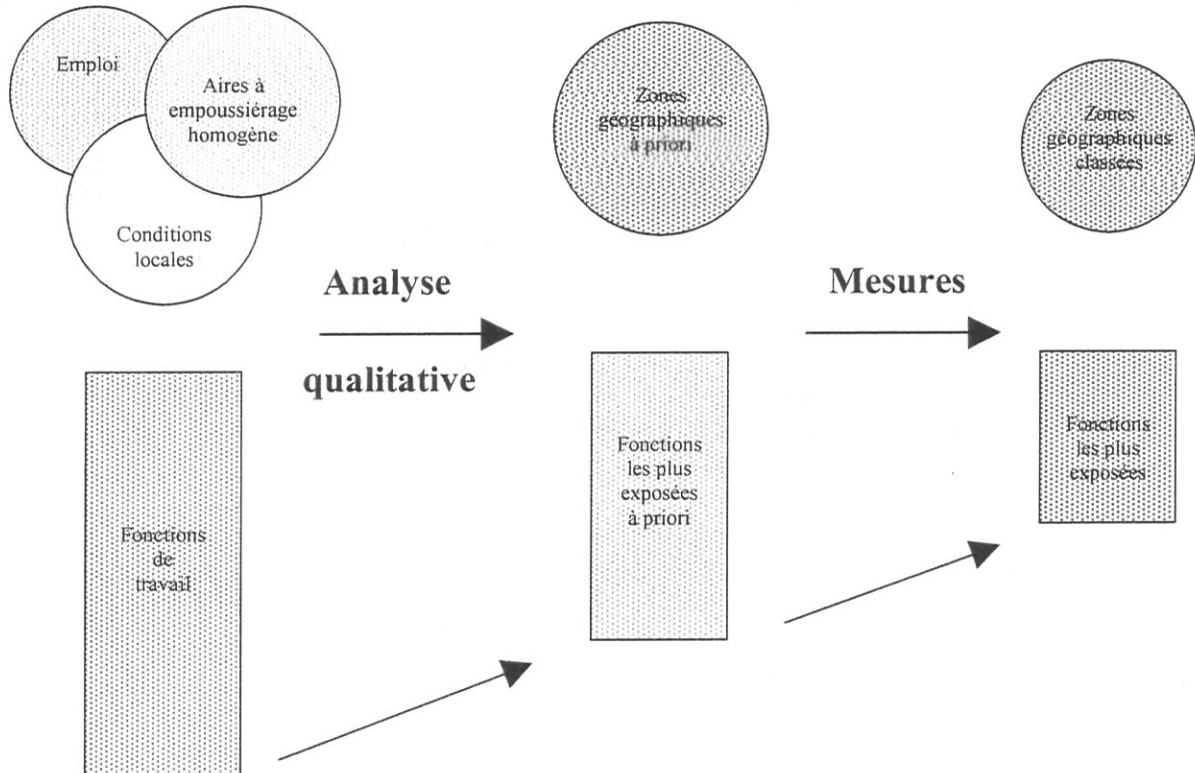
Application du décret n° 94-784 du 02 septembre 1994 du R.G.I.E.

<p>RAPPORT D'ETUDE CAMPAGNE D'EVALUATION INITIALE</p>
--

CARRIERES DE LA VALLEE HEUREUSE

CAMPAGNE D'ÉVALUATION INITIALE

Le processus défini par le "Guide de l'Exploitant" en conformité avec les textes réglementaires indique les étapes suivantes :



ETUDE DU SITE

L'étude des installations avec le responsable d'exploitation nous a permis de déterminer :

- les **aires de mesure** pour l'identification des **sources d'émission de poussières** et des niveaux de concentrations en **poussières inhalables**
- les **fonctions de travail du site et le choix de la méthode de prélèvement** pour les mesures de **poussières alvéolaires**, afin de déterminer leur empoussiérage.

AIRES DE MESURAGE	FONCTIONS DE TRAVAIL CONSIDEREES
ATELIER DE MAINTENANCE	1- Conducteur engins de production – Chargement
SALLE DE CONTROLE INTERNE	2- Conducteur engins production – Transport
AIRE DU CONCASSEUR PRIMAIRE AP5 BRS	3- Conducteur d'engins reprise trémies – Stockage
AIRE DE CHARGEMENT PRODUITS FINS	4- Conducteur d'engins chargement clients
AIRE BASCULE	5- Préposé bascule
ZONE D'EXTRACTION DE LA ROCHE	6- Préposé au chargement – Recomposition
AIRE DE DECHARGE	7- Préposé au chargement produit fins

AIRE DE DECOMPOSITION	8- Pilote AP5 BRS
AIRE DU BROYEUR PRIMAIRE A MACHOIRES	9- Chef de poste
AIRE DE CHARGEMENT PIERRE A CHAUX	10- Conducteur d'installation
AIRE DU CONCASSEUR GIRATOIRE ET RECRIBLAGE	11- Contrôleur interne
ZONE DES PISTES ET STOCKS EXTERIEURS	12- Conducteur ou accrocheur locotracteur
ATELIER DE MARBRERIE	13- Foreur
	14- Ouvrier chantier blocs
	15- Laborantin
	16- Electricien
	17- Opérateur atelier mécanique
	18- Marbrier
TOTAL : 13	TOTAL : 18

APPAREILS DE PRELEVEMENT ET TEMPS DE FONCTIONNEMENT

- En ce qui concerne les **fonctions de travail** étudiées lors de cette campagne, les appareils CIP 10 équipés d'une tête « alvéolaires » ont été portés.

PERIODE DE LA CAMPAGNE

Les prélèvements ont été effectués par l'exploitant **du 08 au 18/10/02**

RESULTATS

VOIR LE RAPPORT D'ESSAI N°02/528

INTERPRETATION DES RESULTATS :

Classement des fonctions de travail selon la valeur du taux d'empoussiérage "e" :

- 1ère classe : $e \leq 0,25$
- 2ème classe : $0,25 < e \leq 0,5$
- 3ème classe : $0,5 < e \leq 1$

Nous avons procédé à la détermination de l'**empoussiérage de référence Er** (plus petite des valeurs : $25K/Q$ ou 5 mg/m^3) et du **produit Ef x Q**, afin de bien définir la ou les **zones géographiques** et pour chaque zone **la fonction la plus exposée**.

N° de fonct.	Fonction de travail	Empouss. Ef (mg / m3)	% Quartz Q	Empouss. de référ. Er (mg/m3)	Taux empouss. e = Ef/Er	Classe	Produit Ef x Q
1	Conducteur d'engins production - Chargement	0,17	0,48	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
2	Conducteur d'engins production - Transport	0,20	0,30	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
3	Conducteur d'engins reprise trémies - Stockage	0,25	1,38	18,12	0,01	1,00	0,35
4	Conducteur d'engins chargement clients	0,11	0,16	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
5	Préposé bascule	0,16	0,23	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
6	Préposé au chargement - Recomposition	0,50	0,20	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
7	Préposé au chargement produit fins	0,75	0,17	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
8	Pilote AP5 BRS	0,53	0,80	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
9	Chef de poste	1,21	0,21	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
10	Conducteur d'installation	3,15	0,18	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
11	Contrôleur interne	0,46	0,36	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
12	Conducteur ou accrocheur locotracteur	0,12	0,16	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
13	Foreur	0,13	0,36	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
14	Ouvrier chantier blocs	0,08	0,22	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
15	Laborantin	0,42	0,27	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
16	Electricien	0,84	0,17	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
17	Opérateur atelier mécanique	0,30	0*	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			
18	Marbrerie	2,01	0*	Non soumis taux de quartz inférieur à 1%			

REGROUPEMENT DES FONCTIONS ETUDIÉES PAR ZONES GÉOGRAPHIQUES :

Ce regroupement en une ou plusieurs zones géographiques est effectué suivant **3 critères**:

- a) empoussiérage comparable
- b) taux de quartz comparable
- c) fonctions liées entre elle

Classement des zones géographiques

- La Zone A comprend l'ensemble des fonctions du site et est représentée par « Conducteur d'engins reprise trémies -Stockage »:

Cette zone est en classe 1

**REGLES DE COMPATIBILITE ENTRE CLASSEMENT DES ZONES GEOGRAPHIQUES
ET APTITUDE DU PERSONNEL**

Carrières → Mines →	1ère classe		2ème classe	3ème Classe	classe D
	classe A		classe B	classe C	
	$e \leq 0,25$		$0,25 < e \leq 0,5$	$0,5 < e \leq 1$	
	$E \leq 0,05Er$	$E \leq 0,25Er$	$0,25Er < E \leq 0,5Er$	$0,5Er < E \leq Er$	
Aptitude 1	OUI	OUI	OUI	OUI	Carrières : NON Mines : $e_{an} < 1$
Aptitude 2	OUI	OUI	OUI	OUI si exposition moyenne sur 12 mois d'1 fonction évoluant dans différentes zones géographiques (taux moyen) $e_{an} < 0,5$	
Aptitude 3	OUI	OUI	OUI si exposition moyenne sur 12 mois d'1 fonction évoluant dans différentes zones géographiques (taux moyen) $e_{an} < 0,25$		
Aptitude 4	OUI pour 1 seule fonction de travail évoluant dans 1 zone géographique de classe 1	OUI si exposition moyenne sur 12 mois d'1 fonction évoluant dans différentes zones géographiques (taux moyen) $e_{an} < 0,05$			

SUITES A DONNER

- **Poussières alvéolaires siliceuses** :

Ce site sera représenté par la fonction :

-Conducteur d'engins reprise trémies -Stockage

La prochaine campagne devra avoir lieu en Eté 2003, sans détermination du taux de quartz.

PJ : Rapport d'analyse n° 02/528

Fait à Forbach, le Vendredi 14/11/02

Sébastien HERSENT



Parc d'activités Forbach-Ouest
57600 FORBACH

Tél. 03 87 83 48 00
Fax 03 87 83 48 35
Mél : atest.labo@atest.fr

**CARRIERES DE LA VALLEE HEUREUSE
HYDREQUENT
67 720 RINXENT**
A l'attention de M. DELHAYE

Forbach, le 3 février 2003

Contact : Sébastien HERSENT

tél : 03.87.83.48.11
Fax : 03.87.83.48.36

N° client : 749 (à rappeler lors de toute correspondance)

Concerne : - Etude d'empoussiérage – Application du titre EM du R.G.I.E.

Monsieur,

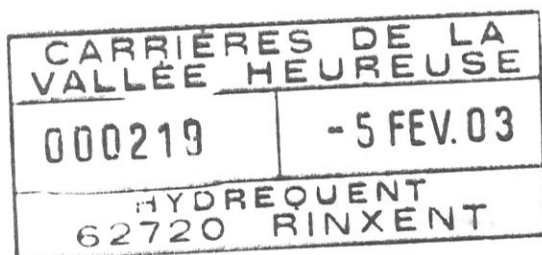
Nous vous faisons parvenir ci-joint le rapport d'étude pour la campagne d'empoussiérage réglementaire d'hiver 2002-2003.

Nous vous remercions pour la confiance que vous nous témoignez et restons à votre disposition pour toute autre prestation faisant appel à nos compétences.

Dans cette attente, nous vous adressons, Monsieur, nos salutations distinguées.

Le Chargé d'affaires,

Sébastien HERSENT





Parc d'activités Forbach-Ouest
57600 FORBACH

Tél. 03 87 83 48 00
Fax 03 87 83 48 35
Mél : atest.labo@atest.fr

Société:

CARRIERES DE LA VALLEE HEUREUSE

N° référence client:

749

Exploitation:

LA VALLEE HEUREUSE

Rapport d'étude d'empoussiérage Titre 'EM' du R.G.I.E.

Application du décret n° 94-784 du 02 septembre 1994

Campagne réglementaire :

Hiver 2002/2003

1°) LES PRELEVEMENTS

Norme: NF X 43-262

Matériel: CIP 10 marque ARELCO équipé d'une tête alvéolaire

Responsable: échantillonnage réalisé par l'exploitant

Nos préconisations: appareil porté pendant une durée optimale de 40 heures d'activité

Les conditions effectives d'échantillonnage et leur durée pour cette campagne sont reprises dans le rapport d'analyses ci-joint

2°) LES ANALYSES

Les méthodes mises en oeuvre et les résultats des analyses concernant cette campagne figurent dans le rapport d'analyses ci-joint

3°) INTERPRETATION DES RESULTATS - CLASSEMENT

Comme l'exigent les prescriptions du titre EM, nous avons calculé la moyenne des résultats d'empoussiérage (concentration) de la présente campagne et de la précédente

Zone Géogr.	Points de prélèvements	Résultats de la campagne précédente Été 2002			Résultats camp. Hiver 2002-2003			RESULTATS ET CLASSEMENT A L'ISSUE DE LA PRESENTE CAMPAGNE			
		Conc. mg/m ³	Taux Quartz %	Taux d'empouss. e	Classe	Conc. mg/m ³	Taux Quartz %	Conc. mg/m ³	Taux d'empouss. e	Classe	aptitude du personnel requis
n°1	3 Chauffeur D 400	0,25	1,38	0,01	1	1,11	0,8	Non soumis			

Nos observations particulières:

Après la campagne d'évaluation, le site était représenté par la fonction "Chauffeur D400". Le taux de quartz étant inférieur à 1%, le site est non soumis aux poussières alvéolaires siliceuses.

4°) SUITES A DONNER

Prochaine campagne de mesures: **Non soumis**

Lors de cette campagne, l'empoussiérage devra être à nouveau déterminé.

La caractérisation d'une zone géographique étant fonction de la moyenne des 2 concentrations (valeurs relevées en été et en hiver).

En cas de modification notable des conditions d'empoussiérage, seule la nouvelle valeur mesurée sera prise en compte et constituera le point de départ d'une nouvelle période de mesurage

Pièce jointe:

Rapport d'analyses n° 03/011

Fait à Forbach, le : 3 février 2003

Le Chargé d'affaires
Sébastien HERSENT



photo Atest



Parc d'activités Forbach-Ouest - 57600 FORBACH - Tél. 03 87 83 48 00 - Fax 03 87 83 48 35 - Mél : atest.labo@atest.fr

V/Cde : **SM/RD/1028**
 V/Réf : **La vallée Heureuse**
 N/Réf : **030203/CB-01**
 N° client : **749**

CARRIERES DE LA VALLEE HEUREUSE
HYDREQUENT
62720 RINXENT

Contact : **M. Sébastien HERSENT**
 Tel : **03 87 83 48 11**
 Fax : **03 87 83 48 35**

A l'attention de M.DELHAYE

Forbach, le 3 février 2003

RAPPORT D'ESSAI N° 03/011

Concerne : Analyses d'échantillons de poussières.

Méthodes d'analyses :

Concentration des poussières alvéolaires : méthode de la coupelle rotative NF X 43-262

Dosage du quartz par spectrométrie IRTF selon la Norme : NF XP X 43-243

Cadre réglementaire : R.G.I.E. – décret 94 – 784 du 02/09/1994 – titre « Empoussiérage »

Campagne réglementaire R.G.I.E.

Conditions climatiques : /

Responsable des mesures : M. DELHAYE (Carrière de la vallée heureuse)

N° et date analyse	Période de prélèvement	Fonction de travail ou aire de mesurage	N° CIP	N° coupelle	Temps de prélt en h	Poids prélevé	Concentr. Alvéolaire		Taux de quartz	
						Masse mg	Conc. mg/m3	Incert. %	Taux %	Incert. %
v 549 29/01/03	20 au 22/01/03	Chauffeur D 400	984	656	45	29,89	1,11	5,95	0,80	16,81

Observations :

Le laboratoire n'est pas responsable de la représentativité des échantillons car il n'a pas assuré le prélèvement.

L'accréditation de la section Essais du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation.

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à essai et ne peut être reproduit partiellement sans l'approbation écrite du laboratoire d'essais.

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte

1 page(s).

Le responsable de la section,
Adrien OMETTO

P.O.

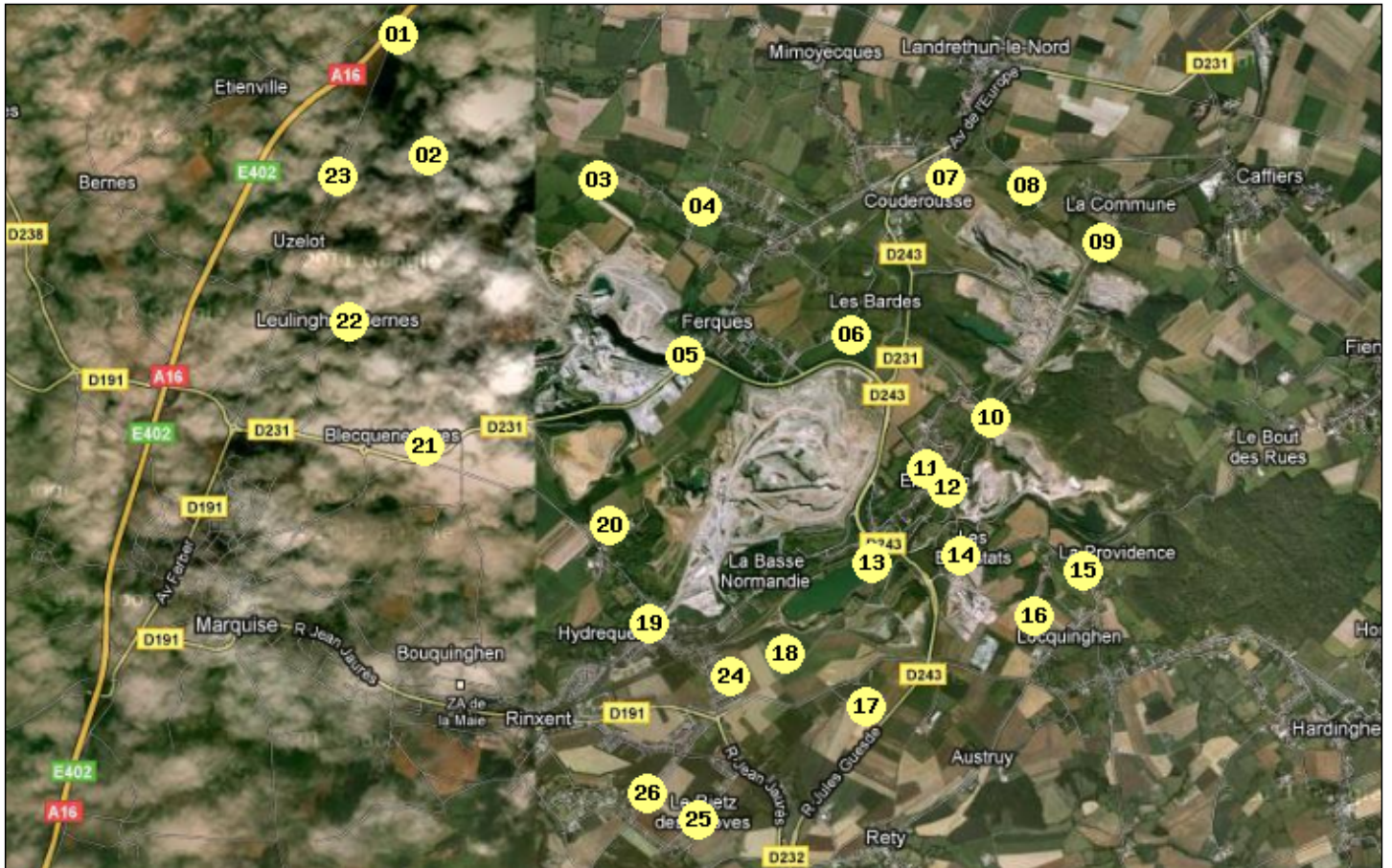
FEYC.

9.2.5 Rapport des mesures d'empoussièrement – Réseau de mesure CIME

Rapport POUSSIÈRES SÉDIMENTABLES DIEM

Réseau de mesures CIME

Positionnement des plaquettes



Extrait de l'arrêté - calcul du RPK

l'expression des retombées de poussières en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ sur l'intervalle à la station :

- en valeur brute globale RP_{BG}
- en valeur corrigée $RP_K = \frac{(I \times RP_{BG})}{t_E} - [(1-t_E) \times RP_{réf}] - RP_{réf}$

où I est l'intervalle d'exposition de la station en jours,

où t_E est le temps en jours pendant lequel la station est sous le vent du périmètre autorisé PA, où $RP_{réf}$ est la valeur globale en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ de la station à faible exposition la plus proche.

Rapport POUSSIÈRES SÉDIMENTABLES DIEM - suite

Résultat des retombées de poussières pour la période du 29/11/2014 au 30/01/2015

N° des Plaquettes	RPbg	RPk	RPbg	RPk	RPbg	RPk	RPbg	RPk
	poussières totales brutes	poussières totales corrigées	carbonate brutes	carbonate corrigées	magnésie brutes	magnésie corrigées	carbonate + magnésie brutes	carbonate + magnésie corrigées
01 CB	2	8	0	1	0	2	1	3
02 CB	2	2	0	0	1	1	2	2
03 CB	1	2	0	0	0	1	1	1
04 CB	4	6	3	4	1	1	3	5
05 CB	17	21	15	19	0	1	16	20
06 VH	0	0	0	0	0	0	0	0
07 STK	2	8	1	2	0	0	1	2
08 STK	2	3	1	1	0	0	1	1
09 STK	1	2	1	1	0	0	1	1
10 STK/MDF	1	2	1	1	0	0	1	1
11 VH	1	2	1	1	0	0	1	1
12 MDF/CDB	1	4	1	3	0	0	1	3
13 VH	1	2	1	1	0	0	1	1
14 CDB	1	4	1	3	0	0	1	3
15 MDF	2	6	1	3	0	0	1	4
16 CDB	2	4	1	3	0	0	1	3
17 VH/CDB	1	5	0	1	0	0	0	1
18 VH	1	4	0	2	0	0	0	2
19 VH	2	17	0	2	0	0	0	2
20 CB/VH	0	1	0	0	0	0	0	0
21 CB	1	2	0	0	0	0	0	0
22 CB	0	1	0	1	0	0	0	1
23 CB	4	17	0	2	0	1	1	2
24 VH	3	14	2	11	0	1	2	12
25 VH	9	65	3	25	0	3	4	28
26 VH	0	4	3	36	0	3	3	39

Rapport POUSSIÈRES SÉDIMENTABLES DIEM - suite

Résultat des retombées de poussières pour la période du 31/01/2015 au 27/03/2015

N° des Plaquettes	RPbg	RPk	RPbg	RPk	RPbg	RPk	RPbg	RPk
	poussières totales brutes	poussières totales corrigées	carbonate brutes	carbonate corrigées	magnésie brutes	magnésie corrigées	carbonate + magnésie brutes	carbonate + magnésie corrigées
01 CB	2	8	2	8	0	0	2	8
02 CB	5	6	4	4	0	0	4	5
03 CB	7	15	7	14	0	1	7	14
04 CB	10	21	7	16	0	1	8	17
05 CB	45	77	34	58	1	2	35	60
06 VH	0	0	0	0	0	0	0	0
07 STK	13	39	1	4	0	0	1	4
08 STK	6	15	2	4	0	1	2	5
09 STK	11	26	5	12	0	1	6	13
10 STK/MDF	11	13	8	9	1	1	9	10
11 VH	9	23	7	18	0	1	8	19
12 MDF/CDB	12	26	7	14	1	1	7	16
13 VH	5	10	2	4	0	1	2	5
14 CDB	18	28	13	19	2	3	15	23
15 MDF	4	10	3	6	0	1	3	7
16 CDB	22	111	8	38	1	4	8	42
17 VH/CDB	7	15	6	13	0	1	6	14
18 VH	5	12	5	11	0	1	5	11
19 VH	37	128	23	79	1	3	23	82
20 CB/VH	21	34	10	15	0	1	10	16
21 CB	59	105	7	12	0	1	7	12
22 CB	51	125	8	21	1	2	9	22
23 CB	10	23	6	13	1	1	6	14
24 VH	17	42	2	6	0	0	2	6
25 VH	16	61	5	20	0	1	5	21
26 VH	8	31	3	14	0	1	4	15

Rapport POUSSIÈRES SÉDIMENTABLES DIEM - suite

Résultat des retombées de poussières pour la période du 28/03/2015 au 29/05/2015

N° des Plaquettes	RPbg	RPk	RPbg	RPk	RPbg	RPk	RPbg	RPk
	poussières totales brutes	poussières totales corrigées	carbonate brutes	carbonate corrigées	magnésie brutes	magnésie corrigées	carbonate + magnésie brutes	carbonate + magnésie corrigées
01 CB	4	28	0	0	2	13	2	13
02 CB	62	66	5	5	1	1	6	6
03 CB	18	29	8	13	1	1	9	14
04 CB	79	134	56	94	2	4	58	98
05 CB	212	330	176	273	6	9	182	282
06 VH	0	0	0	0	0	0	0	0
07 STK	29	148	4	19	0	2	4	21
08 STK	2	4	1	1	0	0	1	1
09 STK	49	83	28	48	1	2	29	50
10 STK/MDF	66	75	37	42	5	6	42	48
11 VH	3	5	2	4	0	0	3	5
12 MDF/CDB	36	93	19	51	3	8	22	58
13 VH	24	40	10	17	2	4	12	21
14 CDB	40	88	24	53	9	19	33	71
15 MDF	25	83	13	44	1	4	14	48
16 CDB	70	154	37	81	4	9	41	89
17 VH/CDB	153	509	5	17	1	3	6	19
18 VH	8	23	8	22	1	1	8	23
19 VH	41	175	28	116	1	5	29	121
20 CB/VH	46	96	23	48	1	2	24	50
21 CB	0	0	0	0	0	0	0	0
22 CB	50	140	20	55	1	4	21	59
23 CB	39	106	6	16	1	2	7	18
24 VH	45	143	11	36	1	4	13	40
25 VH	105	647	20	125	3	17	23	141
26 VH	24	134	8	47	1	4	9	51

Rapport POUSSIÈRES SÉDIMENTABLES DIEM - suite

Résultat des retombées de poussières pour la période du 30/05/2015 au 31/07/2015

N° des Plaquettes	RPbg	RPk	RPbg	RPk	RPbg	RPk	RPbg	RPk
	poussières totales brutes	poussières totales corrigées	carbonate brutes	carbonate corrigées	magnésie brutes	magnésie corrigées	carbonate + magnésie brutes	carbonate + magnésie corrigées
01 CB	2	11	1	9	0	1	2	10
02 CB	10	11	0	0	1	1	1	1
03 CB	9	13	1	2	1	1	2	2
04 CB	232	339	51	75	2	4	54	78
05 CB	54	71	34	45	1	1	35	46
06 VH	0	0	0	0	0	0	0	0
07 STK	41	204	0	0	0	1	0	1
08 STK	20	31	0	0	0	0	0	0
09 STK	41	59	16	24	1	1	17	25
10 STK/MDF	48	51	19	20	4	4	22	24
11 VH	3	5	0	0	0	0	0	0
12 MDF/CDB	15	53	0	0	1	2	1	2
13 VH	6	8	0	0	0	0	0	0
14 CDB	24	69	5	14	3	8	8	22
15 MDF	47	185	6	23	1	5	7	28
16 CDB	37	67	10	19	2	4	13	23
17 VH/CDB	9	42	0	0	0	2	0	2
18 VH	3	13	0	0	0	0	0	0
19 VH	32	233	9	69	1	4	10	73
20 CB/VH	50	126	12	31	1	2	13	34
21 CB	79	248	28	87	2	6	29	93
22 CB	11	43	0	0	0	0	0	0
23 CB	15	55	0	0	0	0	0	0
24 VH	94	467	4	22	1	5	6	27
25 VH	42	301	3	23	1	7	4	30
26 VH	8	66	0	0	0	0	0	0

Rapport POUSSIÈRES SÉDIMENTABLES DIEM - suite

Résultat des retombées de poussières pour la période du 01/08/2015 au 25/09/2015

N° des Plaquettes	RPbg	RPk	RPbg	RPk	RPbg	RPk	RPbg	RPk
	poussières totales brutes	poussières totales corrigées	carbonate brutes	carbonate corrigées	magnésie brutes	magnésie corrigées	carbonate + magnésie brutes	carbonate + magnésie corrigées
01 CB	3	13	1	2	0	0	1	3
02 CB	2	2	0	0	0	0	0	0
03 CB	6	9	4	6	0	0	4	7
04 CB	85	159	28	52	1	2	29	55
05 CB	11	17	7	12	0	0	8	12
06 VH	0	0	0	0	0	0	0	0
07 STK	58	180	6	18	0	1	6	19
08 STK	2	5	1	1	0	0	1	1
09 STK	8	14	3	6	0	1	4	7
10 STK/MDF	10	12	1	1	1	1	1	1
11 VH	10	19	4	9	1	1	5	10
12 MDF/CDB	3	8	0	0	0	0	0	1
13 VH	4	8	1	1	0	0	1	2
14 CDB	6	12	3	5	1	1	3	6
15 MDF	6	19	0	0	0	1	0	1
16 CDB	5	16	2	5	0	1	2	6
17 VH/CDB	3	9	0	0	0	0	0	0
18 VH	5	14	1	1	0	0	1	2
19 VH	8	50	0	1	0	1	0	2
20 CB/VH	11	20	1	2	0	1	1	3
21 CB	0	0	0	0	0	0	0	0
22 CB	7	18	0	0	0	0	0	1
23 CB	96	255	5	13	1	1	5	14
24 VH	26	94	0	0	0	0	0	0
25 VH	10	66	0	0	0	0	0	0
26 VH	2	15	0	0	0	0	0	0

Rapport POUSSIÈRES SÉDIMENTABLES DIEM - suite

Résultat des retombées de poussières pour la période du 26/09/2015 au 27/11/2015

N° des Plaquettes	RPbg	RPk	RPbg	RPk	RPbg	RPk	RPbg	RPk
	poussières totales brutes	poussières totales corrigées	carbonate brutes	carbonate corrigées	magnésie brutes	magnésie corrigées	carbonate + magnésie brutes	carbonate + magnésie corrigées
01 CB	2	9	0	0	0	0	0	0
02 CB	2	2	0	0	0	0	0	0
03 CB	5	9	0	0	0	0	0	0
04 CB	59	125	27	58	1	2	28	59
05 CB	8	16	6	11	0	0	6	12
06 VH	0	0	0	0	0	0	0	0
07 STK	2	5	0	0	0	0	0	0
08 STK	8	18	0	0	0	0	0	0
09 STK	7	14	0	0	0	0	0	0
10 STK/MDF	3	4	0	0	0	0	0	0
11 VH	7	22	1	2	0	0	1	3
12 MDF/CDB	4	7	0	0	0	0	0	0
13 VH	4	7	0	0	0	0	0	0
14 CDB	8	14	2	3	1	1	3	4
15 MDF	16	66	1	2	0	2	1	4
16 CDB	5	19	0	0	0	0	0	0
17 VH/CDB	73	278	0	0	1	3	1	3
18 VH	6	16	1	4	0	0	1	4
19 VH	4	20	0	1	0	0	0	2
20 CB/VH	13	26	0	1	0	0	1	1
21 CB	0	0	0	0	0	0	0	0
22 CB	5	12	0	0	0	0	0	0
23 CB	12	26	1	3	0	0	1	3
24 VH	5	15	2	6	0	0	2	6
25 VH	5	39	0	0	0	0	0	0
26 VH	26	190	0	0	0	1	0	1

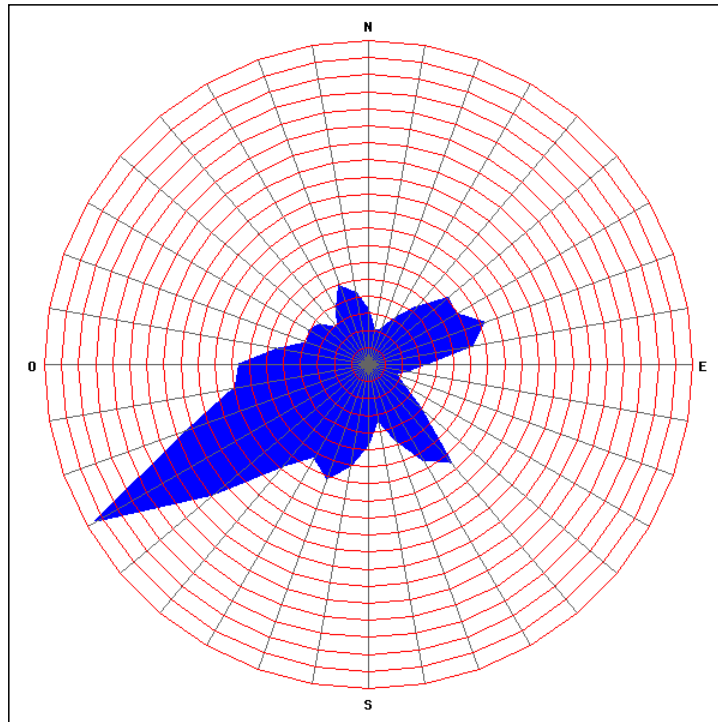
Rapport POUSSIÈRES SÉDIMENTABLES DIEM - suite

Résultat des retombées de poussières pour la période du 28/11/2015 au 27/01/2016

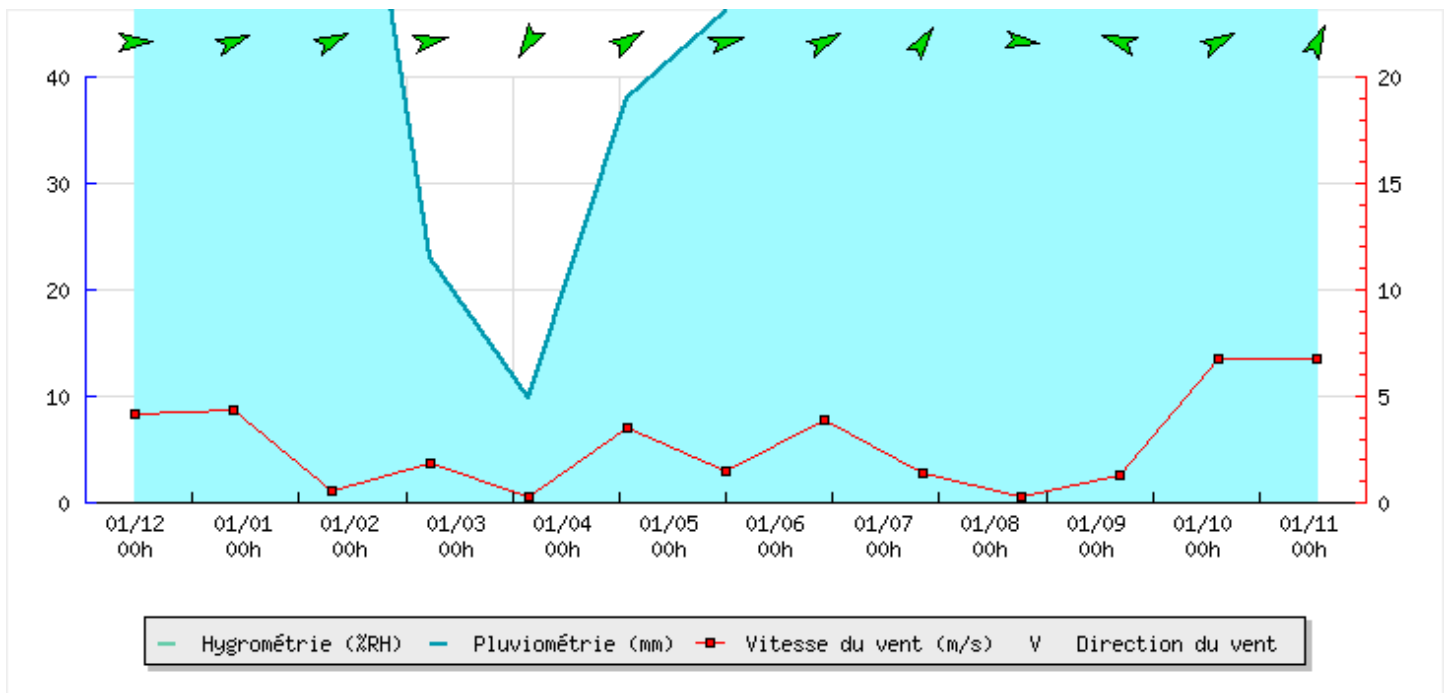
N° des Plaquettes	RPbg	RPk	RPbg	RPk	RPbg	RPk	RPbg	RPk
	poussières totales brutes	poussières totales corrigées	carbonate brutes	carbonate corrigées	magnésie brutes	magnésie corrigées	carbonate + magnésie brutes	carbonate + magnésie corrigées
01 CB	0	1	0	0	0	0	0	0
02 CB	0	0	0	0	0	0	0	0
03 CB	0	0	0	0	0	0	0	0
04 CB	20	24	18	21	1	1	19	22
05 CB	6	7	4	4	0	0	4	4
06 VH	0	0	0	0	0	0	0	0
07 STK	0	1	0	0	0	0	0	0
08 STK	2	3	0	0	0	0	0	0
09 STK	5	6	1	1	0	0	1	1
10 STK/MDF	1	1	0	0	0	0	1	1
11 VH	1	2	0	1	0	0	0	1
12 MDF/CDB	0	1	0	1	0	0	0	1
13 VH	1	1	0	0	0	0	0	0
14 CDB	2	4	2	3	0	0	2	3
15 MDF	1	7	0	2	0	0	0	2
16 CDB	2	7	0	0	0	0	0	0
17 VH/CDB	0	6	0	2	0	0	0	2
18 VH	0	7	0	2	0	0	0	2
19 VH	1	205	0	15	0	0	0	15
20 CB/VH	2	11	0	2	0	1	0	2
21 CB	1	6	0	3	0	0	0	3
22 CB	1	7	0	1	0	0	0	1
23 CB	1	2	0	1	0	0	0	1
24 VH	1	46	0	14	0	0	0	14
25 VH	2	140	0	27	0	7	1	33
26 VH	1	128	0	73	0	0	0	73

Rapport POUSSIÈRES SÉDIMENTABLES DIEM

Rose des vents



Valeurs concernant la météo



9.2.6 Règles techniques concernant les vibrations et rapports des mesures

REGLES TECHNIQUES EN MATIERE DE VIBRATIONS

SOMMAIRE	
ANNEXE « REGLES TECHNIQUES EN MATIERES DE VIBRATIONS »	
1. Préambule	p. 1
2. Rappels techniques	p. 2
2.1 Origine et description du phénomène	p. 2
2.2 Causes, origines, gravités et effets des vibrations	p. 3
2.2.1 Rappels	
2.2.2 Notions sur les critères de nuisances de vibrations	
3. Normes d'émission des vibrations	p. 6
3.1 La recommandation GFEE	p. 6
3.2 L'AM du 22.09.1994	p. 10
3.3 Seuils vibratoires à retenir	p. 13
3.4 Rappels et loi d'amortissement	p. 14
3.5 Ondes aériennes du tir	p. 18

1 Préambule

Les principales règles concernant les normes vibratoires sans effets dommageables sur l'environnement comprennent :

- les textes publiés en 1974 et 1982 pour l'Association Française des Travaux en Souterrain (AFTES)
- les règles techniques annexées à la circulaire n° 86-23 du 23 juillet 1986, relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement
- les nouvelles recommandations élaborées par le Groupe Français d'Energie Explosive (GFEE) et adoptées les 15.03.1991 et 16.05.1991
- les prescriptions techniques édictées par l'arrêté ministériel du 22 septembre 1944, concernant l'exploitation des carrières.

Les **textes AFTES** sont relativement anciens et constituaient des références couramment utilisées en France.

Les **règles techniques du 23 juillet 1986** concernent les installations classées et prennent en compte des catégories de sources liées aux industries avec :

- les **sources continues ou assimilées** (machines à vibrations continues, sources émettant des impulsions à intervalles assez courts sans limitation du nombre d'émission)
- les **sources impulsionnelles à impulsions répétées** (sources émettant des impulsions à intervalles assez courts avec une durée d'émissions inférieure à 500 ms, un espacement de temps entre 2 émissions supérieur à 1 s et un nombre d'émissions limité)

Ces **règles**, difficilement applicables aux tirs de mines en carrière, sont applicables aux **installations de traitement de matériaux**.

Les expériences acquises, le progrès et les moyens technologiques de mesures et d'études ont conduit le **groupe Français d'Energie Explosive** à proposer, en l'absence de réglementation spécifique concernant les tirs de mines, une recommandation.

Cette **recommandation** a été **adoptée** les 15.03.1991 et 16.05.1991 et l'**arrêté ministériel du 22.09.1994** a repris certains seuils vibratoires à ne pas dépasser.

En Allemagne, les parutions de la norme DIN 4150 (1986) prennent également en considération la vitesse particulière et la fréquence des vibrations.

En définitive, bien qu'il n'existe pas de réglementation précise et définitive admise par tous pour apprécier l'objectivité des risques de dégâts ou de nuisances, les paramètres de nocivité retenus découlent de la mesure des vibrations solidiennes et portent, bien évidemment, sur la vitesse particulière et la fréquence associée.

Compte tenu des différentes recommandations et réglementations utilisées pour l'appréciation des risques et dégâts aux habitations, il apparaît utile de préciser, dans un tableau comparatif, les principaux critères les plus récents en usage actuellement.

Il peut être remarqué que toutes ces recommandations ou réglementations prennent en considération le couple vitesse-fréquence.

SYNOPSIS COMPARATIF DES RECOMMANDATIONS ET REGLEMENTATIONS ACTUELLES									
REGLEMENTATION UTILISEE	CRITERES DE CLASSIFICATION DES CONSTRUCTIONS ET BANDE DE FREQUENCE MONOFREQUENTIELLE								
	Très sensible			Sensible			Résistante		
	4 à 8 Hz	8 à 30 Hz	> 30 Hz	4 à 8 Hz	8 à 30 Hz	> 30 Hz	4 à 8 Hz	8 à 30 Hz	> 30 Hz
AFTES VR (1) A 6 Hz > 10 Hz	3 -	- 5	- 5	10 -	- 15	- 15	30 -	- 50	- 50
DIN Vmax (2)	3	4	> 5	5	7	> 10	20	25	> 30
GFEE Vmax 1 à 5 Hz 5 à 12 Hz 12 à 45 Hz > 45 Hz	< 2 - - -	- < 10 < 25	- - < 40 < 40	2 à 10 - -	- 10 10 à 25	- - 25 à 40 40	5 à 25 - -	- 25 25 à 65	- - 65 à 100 100
A.M du 22.09.1994 Vmax 1 à 5 Hz 5 à 30 Hz 30 à 80 Hz 2 à 10 Hz 10 à 26,7 Hz	N.B 1. : l'arrêté du 22.09.1994 ne précise pas de critère de classification des constructions. N.B 2. : en cas d'un signal numérique composé de deux fréquences, c'est la somme des deux amplitudes maximales qu'il convient de considérer.								
Règles techniques de 1986 dites DPP (2) Vibrations continues ou assimilées Vibrations impulsionnelles à impulsions rejetées	2	3	4	3	5	6	5	6	8
(1) VR : vitesse particulaire résultante (F > 10 Hz) et VR déduite de l'amplitude pour F = 6 Hz (2) Vmax : valeur maximale de la vitesse particulaire la plus élevée des trois composantes de vibrations	4	6	9	6	9	18	8	12	15

2 Rappels techniques

2.1 Origine et description du phénomène

Les vibrations proviennent éventuellement de la circulation des engins et des installations fixes mais essentiellement des tirs de mines effectués pour l'abattage de matériaux. Elles constituent un effet direct, indirect et temporaire induit lors de l'abattage des matériaux (quelquefois permanent dans les conséquences).

L'apparition **des vibrations** est la **conséquence** d'une **rupture de l'état d'équilibre d'un système**, rupture provoquée soit par une excitation entretenue, soit par un choc, soit par une instabilité.

Ainsi une **vibration** peut-être définie comme étant un **mouvement oscillatoire d'une particule** ou d'un corps à partir de sa position de référence (ou position de repos) et les vibrations qui se propagent constituent des "ondes de vibrations".

Le "front d'onde" constitue la surface de séparation entre les particules d'un matériau au repos et les particules en mouvement. Le front d'onde de vibration se déplace dans les terrains à une vitesse appelée "vitesse de propagation" ou célérité de l'onde. Cette vitesse est généralement comprise entre 1 000 m/s et 6 000 m/s.

En arrière du front d'onde, une **particule de matière** est soumise à un **mouvement oscillatoire** dans l'espace.

Ce **mouvement** peut être **décomposé** en **trois composantes** selon **trois directions orthogonales**. On utilise souvent à cette fin un trièdre de référence lié à la direction du tir (composantes radiale, tangentielle, et verticale) ou, lorsqu'il s'agit d'un élément de structure, aux directions principales de cette dernière.

Chaque **composante** peut être **caractérisée** :

- . soit par le **déplacement** effectué dans le temps par la particule à partir de sa position de repos (on utilise également le terme d'élongation),
- . soit par la **vitesse** avec laquelle ce déplacement s'effectue, dite "**vitesse particulière**", ou vitesse matière (à ne pas confondre avec la vitesse de propagation des ondes),
- . soit par l'**accélération du mouvement** qui quantifie la variation de la vitesse particulière dans le temps.

Ces trois grandeurs sont liées par des relations mathématiques qui permettent de déduire, à partir de la connaissance d'une composante, les deux autres composantes.

Il résulte de ces relations mathématiques que pour un mouvement sinusoïdal de fréquence donnée, les amplitudes du déplacement, de la vitesse et de l'accélération sont liées.

Il est intéressant de noter que pour une vitesse donnée, aux basses fréquences correspondent les déplacements les plus importants, et aux hautes fréquences correspondent de faibles déplacements et de fortes accélérations.

Ainsi les **principaux paramètres** qui interviennent dans l'**évaluation des vibrations mécaniques** sont :

- . la **fréquence**
- . le déplacement, la **vitesse** ou l'accélération
- . la **durée du phénomène**

Le déplacement, la vitesse et l'accélération sont liés entre eux par l'intermédiaire de la fréquence.

L'expérience montre que la **vitesse particulière** et la **fréquence** sont les **paramètres les plus significatifs des effets des vibrations sur les constructions**.

Il est analysé :

- . les effets des vibrations
- . les normes d'émission
- . les niveaux de vibrations et les valeurs limites

Le nomogramme ci-joint permet de déterminer rapidement une composante à partir d'autres composantes.

2.2 Causes, origines, gravités et effets des vibrations

2.2.1 RAPPELS

Les vibrations mécaniques peuvent avoir des effets et conséquences sur :

- . les constructions (bâtiments, relais hertziens, antennes, etc ...)
- . les personnes et le cadre de vie
- . la sécurité (chute de blocs par exemple)
- . les structures de terrains (fissuration)

Les effets sur les constructions comprennent :

- . les effets directs (fissuration) résultant de la mise en résonance par les vibrations entretenues ou bien d'excitations répétées ou non, mais à niveau élevé, par les sources impulsionnelles
- . les effets indirects par densification du sol

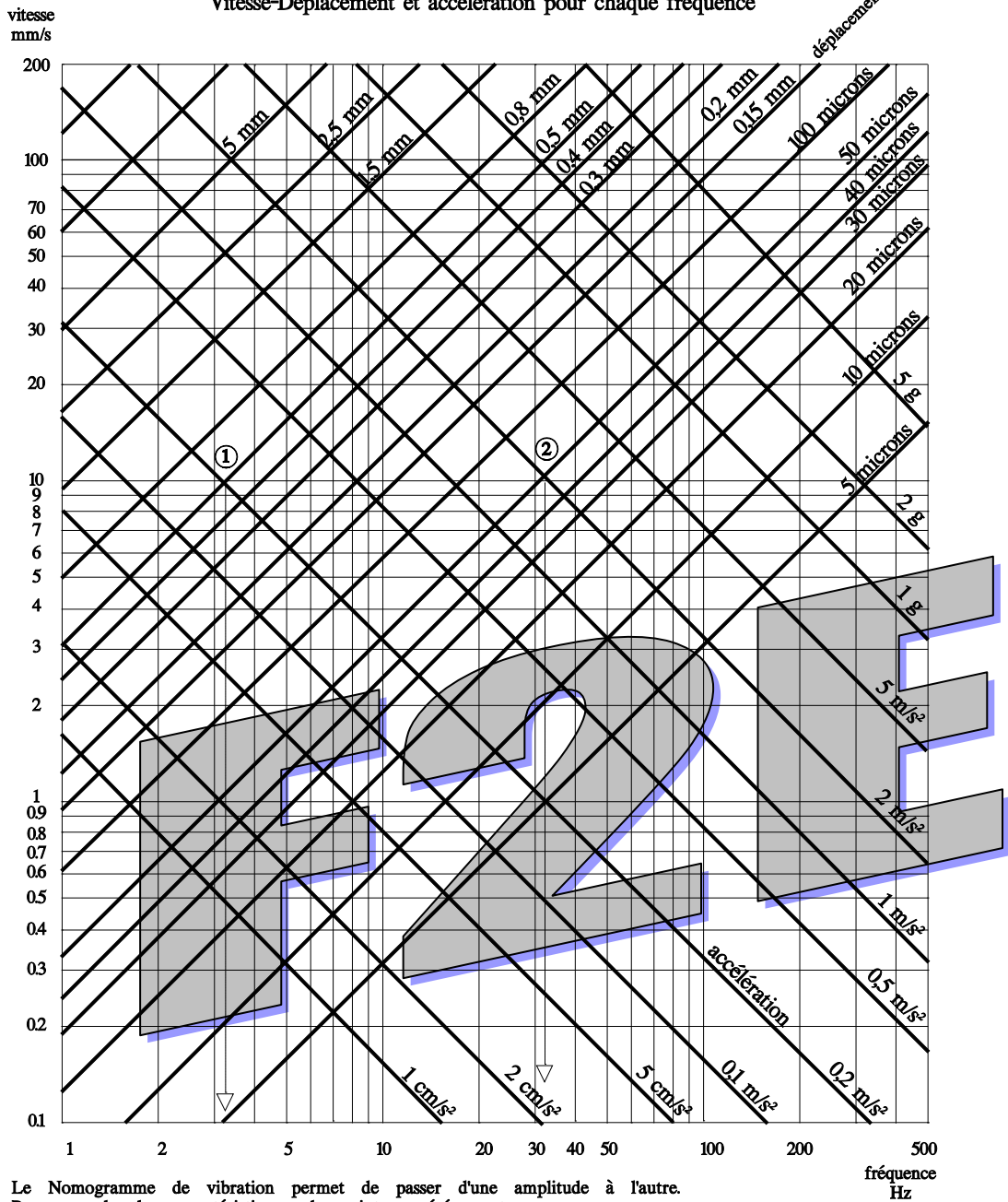
Les vibrations peuvent donc avoir des effets néfastes sur les bâtiments, les habitations et les hommes.

Ces effets sont plus ou moins aggravés selon le mode de transmission, les caractéristiques envisagées de l'environnement vibratoire, les temps de répartition et d'exposition, et la nature des activités en carrière.

Les **vibrations** occasionnées par les tirs de mines, qui induisent des ébranlements se propageant à partir des points d'explosion sous forme d'ondes complexes tridimensionnelles, **s'atténuent avec la distance**.

NOMOGRAMME

NOMOGRAMME DE VIBRATION permettant de déterminer graphiquement les paramètres Vitesse-Déplacement et accélération pour chaque fréquence



Le Nomogramme de vibration permet de passer d'une amplitude à l'autre. Par exemple, les caractéristiques de points repérés sont :

Point 1

- . fréquence = 32 Hz
- . vitesse = 10 mm/s
- . déplacement = 0.50 mm
- . accélération = 0.2 m/s²

Point 2

- . fréquence = 32 Hz
- . vitesse = 10 mm/s
- . déplacement = 0.050 mm
- . accélération = 2 m/s²

(Cela signifie qu'à vitesse particulière constante, mais à fréquence 10 fois plus élevée, la nuisance de vibrations est beaucoup plus faible puisque le déplacement est dix fois plus petit.) Dans le cas d'une vibration complexe constituée de plusieurs composantes de fréquences différentes, ce calcul est encore possible, mais nécessite des moyens et une technologie plus complexe.

Le niveau des vibrations, induit par les tirs de mines à un point donné, résulte de plusieurs facteurs qui doivent être analysés et qui sont les suivants :

- . nature des explosifs
- . charge des explosifs
- . dispositif d'amorçage et séquence des détonations (tirs)
- . distance du lieu d'explosion
- . nature des terrains traversés
- . couple vitesse - fréquence

Il est rappelé que :

- . les tirs de mines induisent une onde aérienne constituant un bruit qui ne doit pas être pris comme une vibration (voir annexe « bruit »)
- . les structures présentent des fréquences particulières ou modes de vibrations pour lesquelles certains éléments peuvent entrer en résonance sous l'effet d'une sollicitation vibratoire externe

Ces modes peuvent concerner l'ensemble de la structure ou certains éléments.

L'expérience montre que le mode de vibration propre des structures courantes de faible hauteur s'inscrit dans une plage de fréquences relativement basses (quelques hertz) :

- de 4 à 12 hz pour les murs porteurs
- de 10 à 30 hz pour les voiles et planchers

Par ailleurs, à la limite, lorsque la structure vibre à sa fréquence de résonance, le spectre de fréquence sera réduit (et pourra être réduit à une seule raie de fréquence), ce qui conduit à un amortissement très lent de la vibration ce qui augmentera le caractère nocif de la vibration (une vibration est d'autant plus nocive que son contenu spectral est étroit).

Dans ces plages de fréquences, les vibrations transmises par le sol dans la structure peuvent être amplifiées. En dehors de ces plages de fréquences, les vibrations peuvent être atténuées.

Les **principaux paramètres** qui interviennent dans l'évaluation des vibrations sont :

- la **fréquence**
- la **vitesse particulaire**

Ainsi en augmentant la fréquence, pour une même vitesse particulaire, l'amplitude de déplacement sera diminuée ce qui diminuera les nuisances ressenties (voir nomogramme ci-avant).

2.2.2 NOTIONS SUR LES CRITERES DE NUISANCES DE VIBRATIONS

Il est rappelé que préconiser un seuil de vibration, c'est s'assurer que, tant que le seuil préconisé n'est pas dépassé, la probabilité d'apparition des dégâts sera faible ou nulle. A l'inverse, le dépassement du seuil préconisé ne signifie pas que l'apparition de dégâts sera systématiquement observée.

L'apparition de quelques indices de détériorations mineures sur les bâtiments ainsi que le critère de gêne pour les habitants apportent souvent des difficultés d'appréciation des niveaux de nuisances compte tenu de l'impossibilité de garantir un critère d'appréciation objectif.

A cet effet, il est d'usage de retenir 3 classes nuisances et une classe de gêne :

- **Nuisances**

Classe 1 : dégradations mineures

Elle correspond au seuil d'apparition :

- . d'écaillage de peinture
- . d'allongement de fissures dans les plâtres
- . de très fines fissures dans les plâtres
- . de chute localisée d'enduits décollés

Les dégâts mineurs de classe 1 sont proches de ceux produits par le vieillissement naturel des constructions, ou apparaissent dans des constructions présentant un état d'entretien médiocre. Cela conduit souvent à des sources de difficultés évidentes pour apprécier la réalité de la nuisance et il convient de réaliser des observations in-situ immédiatement avant et après le tir pour acquérir une certitude de nuisance induite par le tir de mines.

Classe 2 : dégâts légers

Cette classe correspond à :

- . la formation de fissurations apparentes dans les enduits sans aucune menace sur l'ossature du bâtiment
- . des détachements et chutes de morceaux de plâtres

Il s'agit encore de dégâts qualifiés de superficiels et qui n'affaiblissent aucunement la structure porteuse du bâtiment.

Classe 3 : Dégâts importants

Cette classe correspond à :

- . l'apparition de lézardes et fissures ouvertes
- . des chutes d'éléments de maçonnerie (cheminée par exemple)
- . des effondrements de planchers

Cette fois, les dommages constatés provoquent à l'évidence un affaissement certain de la structure du bâtiment. Toutefois, il convient de signaler que ce type de dégâts est très rare car les critères généralement retenus en surveillance vibratoire permettent de rester bien en deçà de ce niveau de classe.

- **Gène**

En ce qui concerne les facteurs de gêne aux habitants, les vibrations solidiennes transmises aux structures par le sol sont les plus importantes et font l'objet de critère de surveillance (vitesse particulière et fréquence).

Les vibrations transmises par voie aérienne, c'est-à-dire par l'air, bien que sans aucune action sur les structures principales, sont généralement ressenties (plus ou moins fortement) en raison des vibrations qu'elles provoquent sur les voiles minces comme les vitres par exemple.

Par ailleurs, malgré les niveaux de vibrations préconisés qui permettent de rester en deçà des dangers mineurs de la classe 1, il convient de rappeler que la perception des vibrations ressentie par les personnes est extrêmement faible.

En effet, des niveaux de vitesse particulière de l'ordre de 0,5 mm/s à 1 mm/s sont souvent ressentis par les personnes alors que ces niveaux (hors cas de fréquences très basses associées) se situent bien en deçà des valeurs limites usuellement retenues.

3 Normes d'émission des vibrations

3.1 La recommandation GFEE

Cette recommandation se situe dans la perspective générale de l'établissement de règles permettant le déroulement d'opérations de minage à l'explosif sans effets dommageables sur l'environnement.

L'objectif principal de la recommandation concerne la limitation des vibrations induites dans les structures afin de garantir leur intégrité. Il est toutefois souvent illusoire de vouloir dissocier l'effet sur les structures et les nuisances occasionnées aux riverains, qui peuvent se déclarer gênés pour des niveaux de vibrations très nettement inférieurs aux seuils de nocivité reconnus pour les édifices et les constructions.

Cette recommandation est fondée sur :

- . une analyse du comportement des structures soumises aux vibrations
- . une méthodologie de mesure et d'analyse des phénomènes vibratoires liés au tir
- . une classification de structures à surveiller

Cette recommandation :

- . précise une nouvelle classification des types de constructions, classification beaucoup plus adaptée
- . détermine les courbes limites de surveillance des vibrations dues aux tirs de mines

Il est souligné que l'**aspect fondamental** de cette recommandation est de **considérer** l'auscultation des **vibrations** selon **deux critères** :

- . la **vitesse particulière** de la vibration
- . la **fréquence de la vibration**

Il est rappelé ci-après :

- . la **classification** et les **types de constructions**
- . les **courbes limites de surveillance** avec les courbes d'alerte présentant une probabilité de 10 % d'être dépassée
- . la **courbe limite** telle que définie par l'**arrêté ministériel du 22.09.1994**

A - TYPES DE CONSTRUCTIONS

Trois types de constructions sont pris en compte en fonction des éléments concernant les fondations et la nature des terrains :

- . Les constructions individuelles
- . Les constructions d'immeubles
- . Les constructions industrielles

Pour ces trois types de constructions, on suppose qu'elles sont fondées sur des terrains consolidés et reposent sur des fondations courantes, ce qui est le cas le plus général des deux derniers types, et, dans une large majorité, celui des maisons individuelles.

Les bâtiments historiques et les maisons construites exceptionnellement sans fondation sur des terrains meubles, ou fortement hétérogènes, font partie de la troisième catégorie de sensibilité et sont donc exclus du domaine d'application de la recommandation ; un expert pourra confirmer le classement particulier et fixer les limites correspondantes de vibrations.

Pour ces trois types de constructions, on suppose qu'elles ne comportent pas de défauts majeurs de conception, et qu'elles n'ont pas subi par ailleurs de dégradations accidentelles antérieures.

Cette grille de classification est inspirée de la classification déterminée par la circulaire du Ministère de l'Environnement (cf. règles de 1986).

B - GRILLES DE CLASSIFICATION DES CONSTRUCTIONS

Maisons Individuelles

	A	B	C
1	R	S	S
2	S	S	E
3	S	E	E

Immeubles de 4 étages et plus

	A	B	C
1	R	R	R
2	R	S	S
3	S	S	E

Bâtiments Industriels

	A	B	C
1	R	R	R
2	R	R	S
3	S	E	E

Catégories de fondations des constructions

- A Fondation spéciale, radier, pieux, ou construction parasismique
- B Fondation courante sur semelle
- C pas de fondation ou fondation inadaptée au terrain

Types de terrains

- 1 Terrains rocheux ; terrains meubles ainsi que plans
- 2 Terrains non consolidés (remblais récents)
- 3 Terrains hétérogènes ou très compressibles (contact rocher / terrain meuble)

Catégories de sensibilité

- R Constructions résistantes
- S Constructions sensibles
- E Domaine de l'expertise

C - COURBES LIMITES DE SURVEILLANCE

Les vibrations émises par les tirs de mines ne constituent pas des phénomènes parfaitement reproductibles : des tirs réputés "identiques" génèrent des vibrations dont les amplitudes ne peuvent être déterminées qu'en moyenne ; certaines vibrations dépassent la valeur moyenne escomptée.

Afin d'éviter des niveaux de vibrations trop élevés, on associe à la "courbe limite" (en trait continu sur le graphique) une "courbe d'alerte" (en trait discontinu) à respecter statistiquement dans 90 % des cas, en particulier pour des mesures ponctuelles.

Ainsi, on pourra adopter la règle selon laquelle une certaine proportion du nombre de tirs peut dépasser la limite de référence, sans toutefois que ce dépassement n'excède la limite absolue.

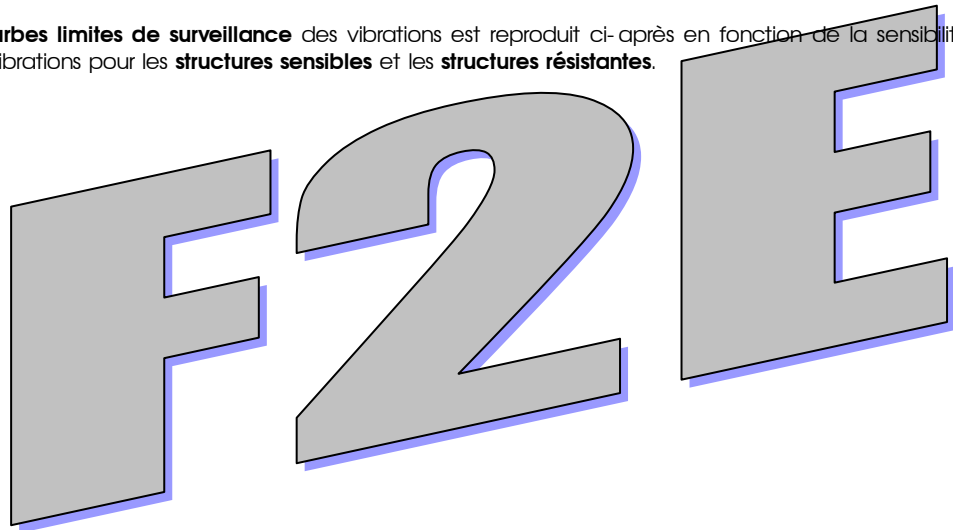
Dans le cas de mesures de contrôle isolées, la courbe d'alerte tiendra lieu de limite.

Les capteurs sont disposés au niveau des fondations et des éléments de structure " significatifs " (principalement les éléments porteurs), de manière à déceler les principaux modes propres déclenchés par la vibration incidente.

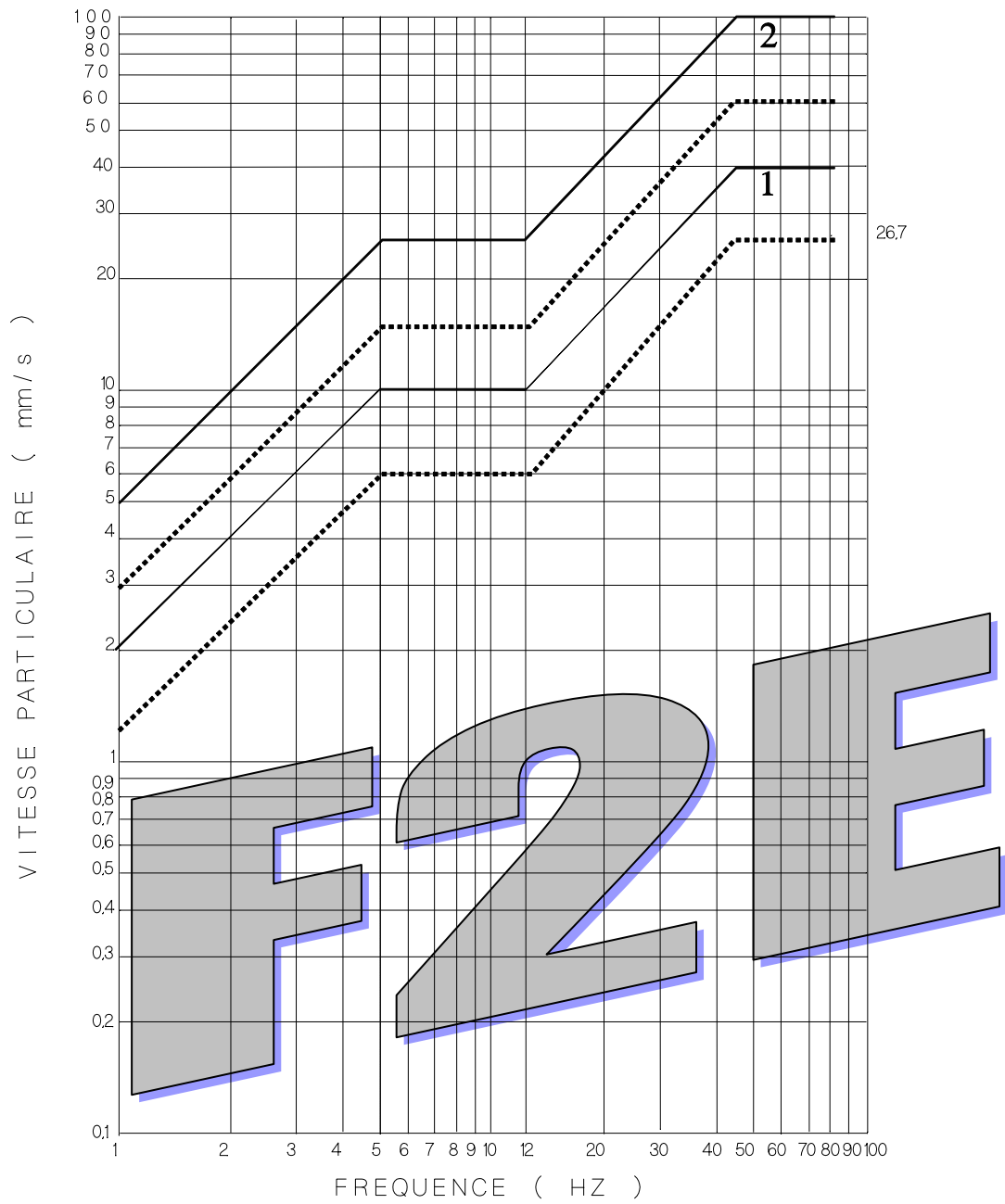
Les niveaux de référence en vitesse particulière sont définis dans la plage de fréquences 5 à 12 hertz, qui correspondent sensiblement aux fréquences de résonances usuelles des constructions.

En deçà de 5 hz, et au-delà de 12 hz, le critère "à déplacement constant" adopté, permet de limiter les risques de désordres dus à des mouvements différentiels au niveau des fondations (< à 5 hz) et permet un dépassement pour les structures qui se voient sollicitées au delà de la fréquence de résonance (> à 12 hz).

Le **graphe des courbes limites de surveillance** des vibrations est reproduit ci-après en fonction de la sensibilité des ouvrages aux vibrations pour les **structures sensibles** et les **structures résistantes**.



The image shows the text 'F2E' in a large, bold, sans-serif font. The characters are filled with a light gray color and have a thick blue outline. A soft, light blue shadow is cast behind the text, giving it a three-dimensional appearance. The '2' is slightly smaller and positioned between the 'F' and the 'E'.



- Légende :
- 1 : structure sensible - Courbe GFEE
 - 2 : structure résistante - Courbe GFEE
 - : courbe d'alerte présentant une probabilité de 10 % d'être dépassée (GFEE)
 - : courbe limite à ne pas dépasser

**COURBES LIMITES DE SURVEILLANCE DES VIBRATIONS DUES
AUX TIRS DE MINES
RECOMMANDATIONS GFEE**

3.2 L'AM du 22.09.1994

L'article 22.2 de l'arrêté ministériel du 22.09.1994 précise les éléments concernant les vibrations en carrière.

a) Tirs de mines

- Les tirs de mines ne doivent pas être à l'origine de vibrations susceptibles d'engendrer dans les constructions avoisinantes des vitesses particulières pondérées supérieures à 10 mm/s mesurées suivant les trois axes de la construction.

La fonction de pondération du signal mesuré est une courbe continue définie par les points caractéristiques suivants :

BANDE DE FREQUENCE en Hz	PONDERATION du signal
1	5
5	1
30	1
80	3/8

On entend par des constructions avoisinantes les immeubles occupés ou habités par des tiers ou affectés à toute autre activité humaine et les monuments.

Pour les autres constructions, des valeurs limites plus élevées peuvent être fixées par l'arrêté d'autorisation, après étude des effets des vibrations mécaniques sur ces constructions.

Le respect de la valeur ci-dessus est vérifié dès les premiers tirs réalisés sur la carrière puis par campagnes périodiques dont la fréquence est fixée par l'arrêté d'autorisation.

En outre, le respect de la valeur limite est assuré dans les constructions existantes à la date de l'arrêté d'autorisation et dans les immeubles construits après cette date et implantés dans les zones autorisées à la construction par des documents d'urbanisme opposables aux tiers publiés à la date de l'arrêté d'autorisation.

b) Hors tirs de mines

- En dehors, des tirs de mines, les prescriptions de la circulaire du 23.07.1986 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement sont applicables.

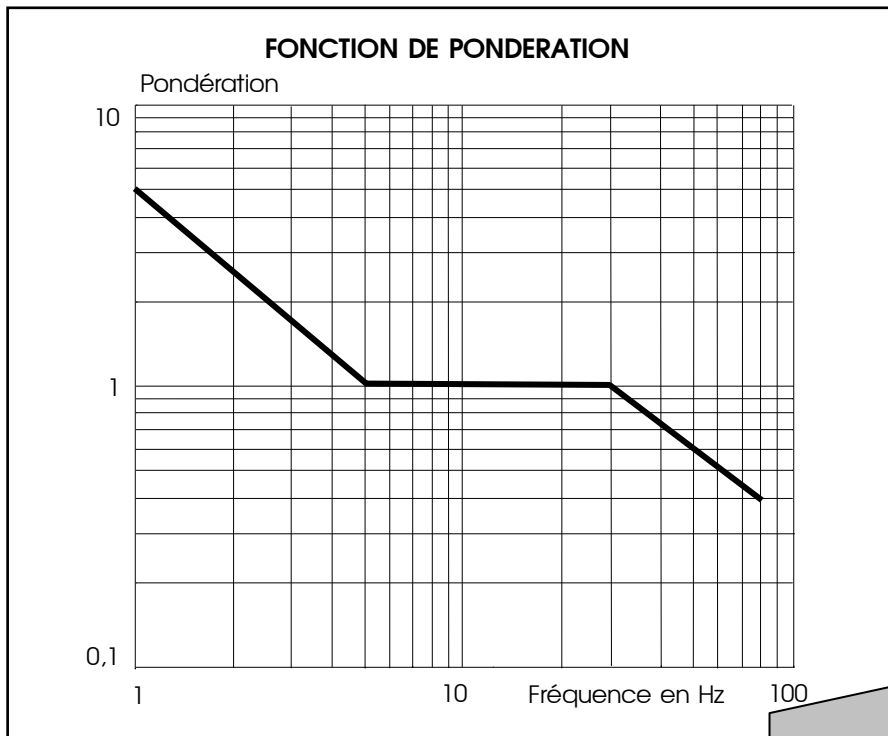
c) Méthode de mesure

Les éléments techniques concernant la méthode de mesure des vibrations dues aux tirs de mines sont définis à l'annexe II de la circulaire du 02.07.1996 comme précisé ci-après.

Les principes de mesurages doivent être conformes à la circulaire n°86-23 du 23.07.1986 (§ 1.1.2 - appareils, § 1.1.3 - Précautions opératoires). En revanche, la méthode et les critères d'évaluation des nuisances sont différents. Par ailleurs les valeurs limites s'appliquent aux éléments porteurs de la structure situés au-dessus des fondations.

Le contrôle de la valeur-limite calculée sur la valeur crête nécessite l'utilisation d'un filtrage qui est réalisé en appliquant une fonction de pondération à l'amplitude de la transformée de Fourier de chaque composante du signal vibratoire.

La fonction de pondération est caractérisée dans un diagramme bilogarithmique du facteur de pondération, en fonction de la fréquence, par 3 segments de droites (cf. Schéma ci-dessous).



Cette pondération conduit, pour chacune des 3 composantes à un signal pondéré obtenu par la transformée inverse de Fourier pour lequel les basses fréquences sont amplifiées et les hautes fréquences atténuées. On ne retient, pour chaque composante, que l'amplitude maximum du signal pondéré correspondant, et finalement la valeur la plus élevée des maxima de chaque composante. Cette méthode de mesurage conduit donc à une valeur unique (comme c'est le cas pour la mesure du bruit).

Cette valeur est comparée à la limite de 10 mm/s.

Cette méthode d'évaluation revient à appliquer des limites plus sévères pour les basses fréquences inférieures à 5 Hz (où les effets sur les tirs sont les plus néfastes) et plus larges pour les fréquences supérieures à 30 Hz (où les effets sur les tirs sont les moins néfastes). Ainsi, un signal vibratoire monofréquentiel, brut de mesurage, sera limité à 2 mm/s si sa fréquence est de 1 Hz, à 10 mm/s si sa fréquence est de 10 Hz, à 15 mm/s si sa fréquence est de 45 Hz pour un signal théorique composé de deux fréquences, c'est la somme des deux amplitudes maximales qui devra être inférieure à 10 mm/s. Par exemple, 7 mm/s à 10 Hz et 4 mm/s à 20 Hz n'est pas acceptable. De même, 3 mm/s à 2 Hz (qui donne 7,5 mm/s après application de la pondération de 2,5) et 5 mm/s à 5 Hz est au-delà de la limite.

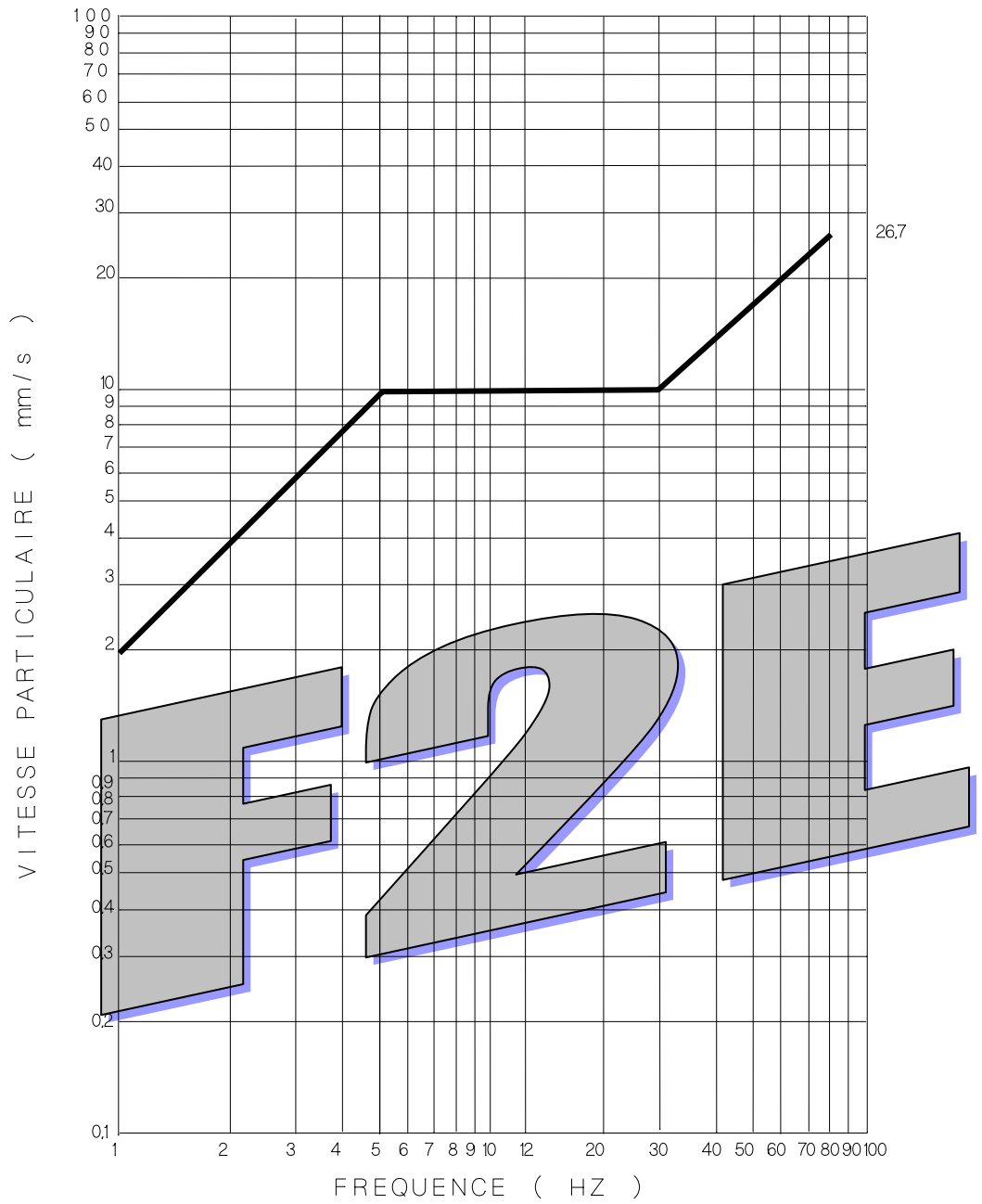
L'appareillage de mesure doit pouvoir effectuer l'enregistrement de l'évolution du signal temporel non pondéré. La pondération du signal peut être réalisée de manière analogique ou numérique. La méthode de pondération choisie doit garantir une déformation minimale du signal reconstitué.

La chaîne de mesure doit avoir une dynamique d'au moins 54 dB et une résolution inférieure à 0,1 mm/s dans la gamme 1 Hz - 150 Hz. Elle doit avoir une précision supérieure à 8 % de la valeur mesurée dans la gamme 2 Hz - 80 Hz, ce qui suppose des étalonnages réguliers.

Cette méthode d'évaluation n'exclut pas les analyses plus fines qui peuvent être nécessaires à la compréhension des phénomènes et à leur réduction.

d) Courbe limite

Le **graphe de la courbe limite** définie par l'A.M du 22.09.1994 est joint ci-après (signal monofréquentiel).



Légende :

— : courbe limite à ne pas dépasser - A.M. du 22.09.1994

**COURBE LIMITE DE SURVEILLANCE DES VIBRATIONS DUES
AUX TIRS DE MINES
A.M DU 22.09.1994**

3.3 Seuils vibratoires à retenir

Il est rappelé que :

- Les **recommandations** en matière de nuisance vibrationnelle ont considérablement **évolué** depuis quelques années et qu'il convient maintenant d'abandonner la référence de la valeur résultante au profit de la **composante maximale** de la vitesse particulière
- La **fréquence** est un paramètre important dans l'évaluation des nuisances liées aux vibrations
- Lorsque les problèmes de la sécurité des constructions sont réglés, les nuisances ressenties par les occupants se trouvent en général résolues

Dans ces conditions, et en prenant comme référence les nouvelles recommandations GFEE dans le cas des constructions sensibles et l'arrêté ministériel du 22.09.1994, la vitesse particulière à retenir et permettant de satisfaire largement à la prévention des constructions et à l'absence de gêne pour les habitants est précisée au tableau ci-après.

COURBES LIMITES POUR CONSTRUCTION SENSIBLE			
Vibration particulière à ne pas dépasser en mm/s			Fréquence monofréquentielle en Hz
Recommandation GFEE		Arrêté ministériel du 22.09.1994 100 % des cas	
90 % des cas	100 % des cas		
1,2	2,0	2,0	1
2,4	4,0	4,0	2
3,6	6,0	6,0	3
5,0	8,0	8,0	4
6,0	10,0	10,0	5 à 12
7,3	11,7	10,0	14
8,3	13,3	10,0	16
9,3	15,0	10,0	18
10,4	16,7	10,0	20
11,4	18,3	10,0	22
12,5	20,0	10,0	24
13,5	21,7	10,0	26
14,5	23,3	10,0	28
15,6	25,0	10,0	30
16,7	26,7	10,7	32
17,7	28,3	11,3	34
18,8	30,0	12,0	36
19,8	31,7	12,7	38
20,9	33,3	13,3	40
21,9	35,0	14,0	42
22,9	36,7	14,7	44
24,0	38,3	15,3	46
25,0	40,0	16,0	48
25,0	40,0	16,7	50
25,0	40,0	20,0	60
25,0	40,0	23,3	70
25,0	40,0	26,7	80

Compte tenu de l'application d'ordre public de l'A.M du 22.09.1994, il convient de retenir les valeurs limites édictées par cet arrêté.

3.4 Rappels et loi d'amortissement

Les structures présentent des fréquences particulières aux modes de vibration pour lesquelles certains éléments peuvent entrer en résonance sous l'effet d'une sollicitation vibratoire externe.

Ces modes peuvent concerner l'ensemble de la structure ou certains éléments.

L'expérience montre que le mode de vibration propre des structures courantes de faible hauteur s'inscrit dans une plage de fréquences relativement basses (quelques hertz) :

- . de 4 à 12 Hz pour les murs porteurs
- . de 10 à 30 Hz pour les voiles et planchers

Dans cette plage de fréquences les vibrations transmises par le sol dans la structure peuvent être amplifiées, alors qu'elles peuvent être atténuées en dehors de ces limites.

Les déplacements peuvent être importants dans la partie haute des structures.

Par ailleurs, une **vibration incidente** comportant une contribution significative à **très basse fréquence** (de 1 à quelques hertz) risque d'induire des **déplacements différentiels** importants et donc des **désordres**, ce qui conduit à une vigilance accrue. En conséquence, on cherchera à limiter les déplacements à des valeurs admissibles, ce qui conduira à **moduler les vitesses particulières en fonction de la fréquence** pour tenir compte des phénomènes d'amplification.

Les **seuils limites admissibles** définis à partir de mesures à la **base d'une construction** doivent prendre en compte des valeurs variables en fonction de la fréquence pour tenir compte de ces phénomènes d'amplification.

Ainsi, et sauf cas particulier des fréquences basses inférieures à quelques hertz, les **valeurs généralement retenues** pour préciser le risque de dégâts sont la valeur maximale de la **vitesse particulière** et la **fréquence** résultant de l'ébranlement au point considéré.

La vitesse particulière peut être calculée selon une formule expérimentale déterminée par CHAPOT. (L.C.P.C. n° 105 de 1981).

(Les vitesses particulières calculées pour des distances inférieures à 1 000 m, sont satisfaisantes alors que pour des distances supérieures, les valeurs calculées sont surestimées).

$$V = A \cdot \left(\frac{Q^C}{D} \right)^B$$

avec :

- A, B et C : coefficients qui dépendent des caractéristiques du terrain
- V : vitesse de vibrations ou vitesse particulière en mm/s
- Q : charge unitaire d'explosif en kg
- D : distance du lieu d'explosion en m

Les coefficients C et B traduisent respectivement :

- . l'influence de la charge unitaire d'explosif
- . l'influence de la distance

a) Influence de la charge d'explosif :

Les diverses mesures expérimentales effectuées montrent que la vitesse de vibration mesurée varie comme la charge à un exposant compris, selon les expérimentateurs, entre 0,5 et 1.

Aux tirs très confinés correspondent les valeurs proche de 1. Aux tirs bénéficiant d'un très bon dégagement, correspondent des valeurs plus faibles de l'ordre de 0,5.

Diverses études de corrélation ont montré que :

- * sur les chantiers de travaux publics, les valeurs de 0,75 constituent une bonne approximation
- * sur les gros tirs, en carrières, la valeur de 0,5 apparaît satisfaisante

b) influence de la distance

Diverses expériences ont conduit à considérer que la vitesse mesurée est inversement proportionnelle à la distance, à une puissance généralement comprise entre 1,5 et 2.

Néanmoins, il convient de rappeler que **la propagation des vibrations** est **fonction du type d'onde transmise**, c'est-à-dire des **ondes de volume** ou des **ondes de surface**.

Les ondes de surface, plus nocives, s'amortissent plus lentement que les ondes de volume.

D'autre part, selon le type d'onde, l'atténuation géométrique (amortissement) varie en fonction :

- * d'un coefficient de 1 à 2 pour les ondes de volume (selon que l'on se trouve loin ou près de la source)
- * d'un coefficient de 0,5 pour les ondes de surface

Par ailleurs, il est rappelé que ces deux types d'onde ne se propagent généralement pas dans les mêmes milieux :

- * les ondes de volume traversent les matériaux rocheux où les vitesses de propagations sont fortes, de l'ordre de 2 000 à 6 000 m/s
- * les ondes de surface se propagent dans les matériaux de recouvrement ou les roches altérées, où les vitesses de propagation sont faibles, souvent inférieures à 1000 m/s

c) fréquence :

L'expérience montre que les **fréquences dominantes** sont beaucoup **plus élevées** à proximité **des tirs à charge unitaire faible** (quelques kg d'explosifs et quelques dizaines de mètres) qu'à des distances plus éloignées des tirs à charge unitaire importante, comme c'est le cas en carrière (plusieurs dizaines de kg d'explosifs et quelques centaines de mètres).

Par ailleurs, il est rappelé que les **vibrations de fréquence élevée** sont **plus facilement amorties** par le terrain que les **fréquences basses** généralement **induites par les ondes de surface**. Ces éléments expliquent le fait que les fréquences associées au maximum de la vitesse diminuent lorsque la distance augmente. D'autre part, il semblerait que les **tirs à forte charge** provoquent **d'avantage de basses fréquences**.

Ces éléments étant précisés, il est rappelé que les estimations de fréquence, à partir des prédictions de vitesse particulières sont particulièrement difficiles et qu'il apparaît aléatoire de le réaliser (Dowding a proposé des estimations mathématiques de fréquence au regard des vitesses) compte tenu de la forte dispersion des résultats expérimentaux.

d) détermination des coefficient A, B et C

1) détermination moyennée :

Compte tenu des éléments précités, du type de tir (tirs de carrière en grande masse) et des formations géologiques rencontrées constituant un matériaux rocheux où les ondes de volume sont prépondérantes), les coefficients suivants peuvent être retenus :

- * **C** : **0,5**, ce coefficient traduit l'influence de la charge d'explosif pour les tirs en grande masse d'une carrière
- * **B** : **1,8**, ce coefficient traduit l'influence de la distance et caractérise essentiellement les ondes de volume. Dans le cas où l'habitat serait proche (moins de 400 m), il convient de prendre B = 2 de façon à ne pas souspondérer l'influence des ondes de volume
- * **A** :
 - En l'absence de lois d'amortissement déterminées spécifiquement sur le site, ce coefficient est pris à 2 500, valeur permettant de s'intéresser aux valeurs de vitesses moyennes particulières
 - si des mesures sont réalisées sur le terrain, le coefficient A est déterminé en fonction de la relation de CHAPOT compte tenu des diverses valeurs relevées lors des mesures pour les vitesses particulières et leurs fréquences associées

Le tableau modèle joint ci-après permet de récapituler les données essentielles permettant de déterminer ce coefficient avec :

- . les tirs
- . la distance au tir
- . la charge unitaire
- . la vitesse particulière maximale sur une des deux composantes horizontales
- . le coefficient A associé à la composante analysée

Détermination du coefficient A									B= ...			
N° du tir	charge unitaire Q en kg	distance D en m	vitesses particulières mesurées, V, en mm/s			coefficient A associé			coefficient A retenu			
			L	T	V	L	T	V	L	T	V	
moyennes arithmétiques :												
moyennes corrigées :												
Valeur de A retenue :												

Il convient cependant de noter que la distance a un poids nettement prépondérant par rapport à la charge d'explosif et que l'approximation généralement retenue en retenant une réduction de la charge par sa racine carré, à alors moins d'incidence. D'autre part, si des mesures sont réalisés in situ, cela permet souvent, à l'analyse des enregistrements de pouvoir apprécier :

- ✓ La présence ou non d'ondes de surface
- ✓ L'amortissement des ondes de volume
- ✓ Le contenu spectral qui permet de préciser le caractère nocif ou non des vibrations (un contenu spectral étroit accentue fortement la nocivité des vibrations et un contenu spectral large permet de préciser le caractère peu nocif des vibrations)
- ✓ Les pseudos-fréquences. Il est rappelé que les pseudos-fréquences permettent d'estimer approximativement les fréquences du signal à partir de la détermination fréquentielle constatée sur des portions du signal entre deux passages à zéro du signal
- ✓ Le spectre de fréquence qui se déduit de l'analyse en fréquence par transformée de Fourier, permet d'identifier les fréquences susceptibles de déclencher un mode particulier de vibrations en précisant les niveaux relatifs d'amplitude en fonction de la fréquence
- ✓ La réponse du massif en fonction des fréquences

2) détermination avec mesure in situ :

Pour un seuil de vibration proposé, la relation qui fixe la charge instantanée en fonction de la distance est de la forme :

$$D.(Q)^{0.5} = \text{constante}$$

La constante est fonction, bien entendu, des coefficients A et B de la formule générale.

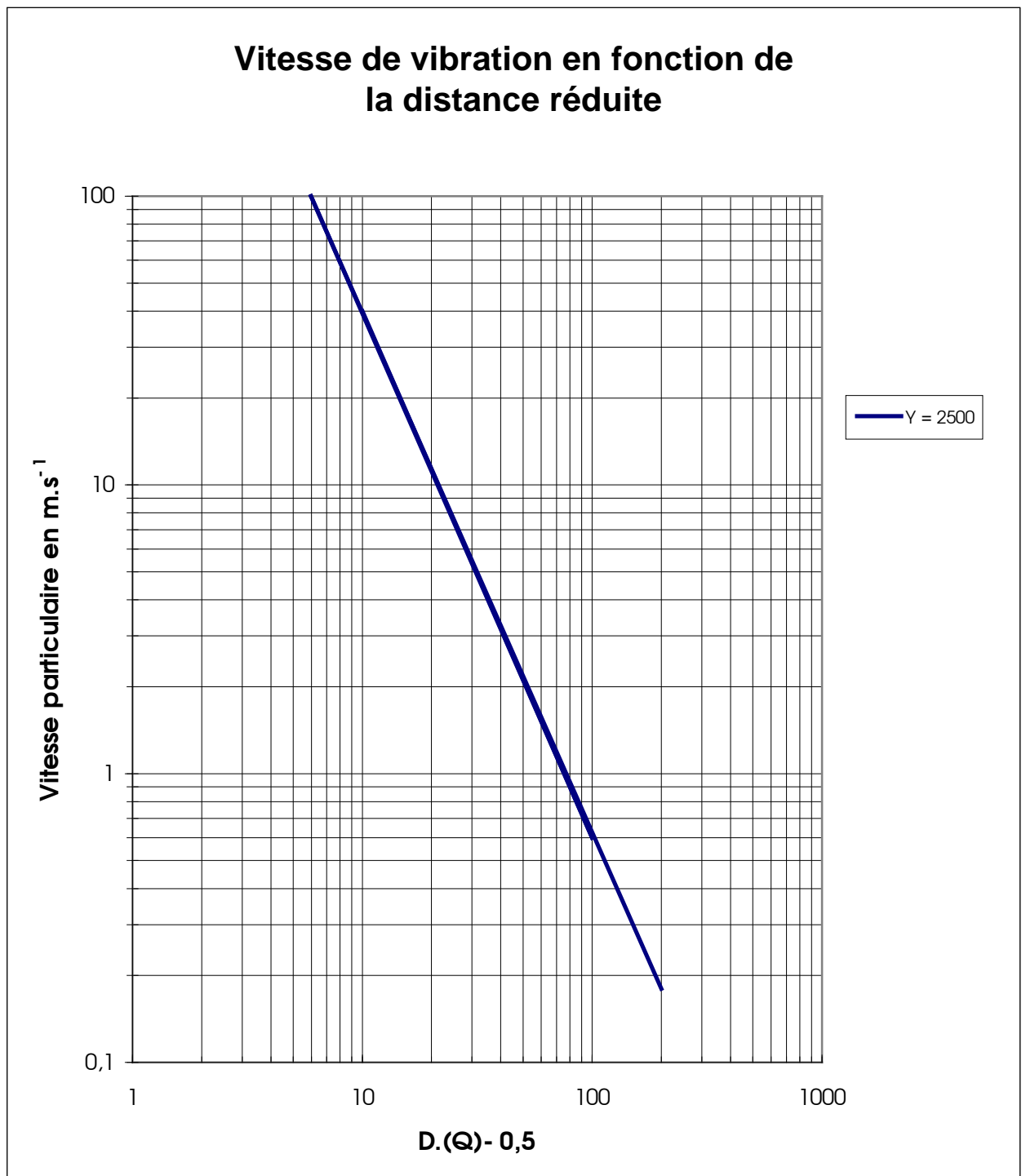
Cette relation permet de réaliser une représentation graphique simple en coordonnées Log - Log en fonction de la distance réduite par la racine carré de la charge d'explosif ($D.(Q)^{0.5}$).

Aussi, il convient de reporter sur le graphique Log-Log les différentes distances réduites au seuil de vibration concerné et de déterminer la droite la plus représentative des différentes mesures, droite associée à un coefficient de corrélation.

Les vitesses particulières déterminées en fonction des distances et des quantités unitaires d'explosifs utilisés sont présentées dans un tableau dont le modèle est joint ci-dessous pour A = 2 500 et B = 1,8.

		A = 2500								B = 1,8	
Distance D en m	Charge unitaire employée Q en kg										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Vitesse particulière en mm/s											
100	4,99	9,31	13,41	17,37	21,23	25,02	28,74	32,41	36,04	39,62	
200	1,43	2,67	3,85	4,99	6,10	7,18	8,25	9,31	10,35	11,38	
300	0,69	1,29	1,86	2,40	2,94	3,46	3,98	4,49	4,99	5,48	
400	0,41	0,77	1,11	1,43	1,75	2,06	2,37	2,67	2,97	3,27	
500	0,28	0,51	0,74	0,96	1,17	1,38	1,59	1,79	1,99	2,19	
750	0,13	0,25	0,36	0,46	0,56	0,67	0,76	0,86	0,96	1,05	
1000	0,08	0,15	0,21	0,28	0,34	0,40	0,46	0,51	0,57	0,63	
1250	0,05	0,10	0,14	0,18	0,23	0,27	0,30	0,34	0,38	0,42	
1500	0,04	0,07	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,30	

Le graphique ci-après représente la droite $V = 2\,500 \cdot \left(\frac{Q^{0.5}}{D}\right)^{1.8}$ avec en ordonnée la vitesse particulière et en abscisse la distance réduite.



3.5 Ondes aériennes du tir

Il est rappelé que les tirs de mines induisent des vibrations acoustiques transmises par voie aérienne, notamment par libération des gaz des cordons détonants placés sur le sol et dans une faible mesure, par l'échappement des gaz de tirs des charges principales à travers les fissures provoquées dans le massif, ou à travers le haut du trou de mine après expulsion du bourrage.

Sa manifestation la plus évidente est le bruit du tir qui correspond à la plage des fréquences audibles de la surpression.

Ce phénomène qui se caractérise par une crête de surpression peut être mesuré par un sonomètre qui ne donne néanmoins qu'une valeur approchée du niveau de pression sonore de crête.

La surpression aérienne émise par un tir de mine correspond à une onde de choc supersonique jusqu'à quelques mètres de la charge, puis à un front d'ondes de surpression suivie d'une dépression se déplaçant à la vitesse du son dans le milieu traversé (environ 340 m/s dans l'air).

Ce front d'ondes se propage dans l'air selon une loi empirique de la forme :

$$P = K \cdot \left(\frac{D}{Q^{1/3}} \right)^{-1,2}$$

avec :

- P : surpression maximale en Pascal (Pa)
- D : distance tir-point de mesure en m
- Q : charge unitaire instantanée en kg
- K : constante de site

Le coefficient K traduit l'ensemble des paramètres du site depuis le dimensionnement du tir jusqu'aux conditions météorologiques en passant par le relief et la végétation. Il dépend des conditions climatiques variables sur un même site dans de fortes proportions. Le confinement de la charge et l'efficacité du bourrage influent également très fortement sur le coefficient K.

Enfin, la notion de charge unitaire reste à préciser, vis à vis notamment de la définition de l'intervalle de temps minimal entre la détonation de deux charges permettant de garantir l'absence de cumul des surpressions émanant de chacune d'entre-elles.

Compte tenu de l'amplitude de variation du phénomène de surpression aérienne, on utilise souvent dans la pratique, une échelle logarithmique pour le quantifier :

$$PdB = 20 \log (P/P_0)$$

avec :

- PdB : valeur de la surpression en décibels
- P : valeur de la surpression en Pascal
- P₀ : surpression de référence en Pascal (P₀ = 2 x 10⁻⁵ Pa)

Dans cette échelle logarithmique, un doublement de la surpression se traduit par une augmentation de 6 dB.

Cette unité de mesure est appelée Décibel Linéaire et noté dBL pour éviter une confusion avec les unités pondérées utilisées en mesure de bruit, simulant la réponse de l'oreille humaine (dBA, dBB, dBC).

Compte tenu que ces surpressions se situent majoritairement dans le domaine des infrasons, leur mesure ne peut s'effectuer qu'avec du matériel spécifique à basse fréquence, les sonomètres utilisés en mesure de bruit étant réservés aux fréquences audibles. Les mesures de la surpression générée par un tir d'abattage sont de :

- . 30 dBL en mesurant en dBA (mesures de bruit)
- . 0,5 dBL en mesurant sur une plage de fréquence 1-375 Hz.

La surpression de l'air peut provoquer, si elle est puissante, des dégâts plus ou moins importants.

Il convient donc de surveiller les conditions du tir, de protéger le cordeau détonant par une couche de sable, afin de limiter les vibrations acoustiques et de mettre en place un plan de tir minimisant les effets acoustiques (détonateur fond de trou ou tir séquentiel par exemple).

A titre d'illustration, les surpressions induites peuvent provoquer certains dégâts qui peuvent être rappelés ci-après.

Pression acoustique		Niveau de pression sonore dBA	Dégâts occasionnés
Pa	mbar		
2	$20 \cdot 10^{-3}$	100	Très intense
20	$200 \cdot 10^{-3}$	120	Assourdissant
$10 \cdot 10^2$	10	153	Valeur typique du bris de vitre
$20 \cdot 10^2$	20	160	. Destruction de 10 % des vitres . Petits dommages
$30 \cdot 10^2$	30	163	. Destruction de 50 % des vitres . Dégâts légers . Détérioration du tympan
$50 \cdot 10^2$	50	168	Destructible de 75 % des vitres et occasionnellement des cadres de fenêtres
$70 \cdot 10^2$	70	170	Destruction totale des vitres et partielle des maisons
$17 \cdot 10^3$	170	179	Limite inférieure des dégâts graves aux alentours
$70 \cdot 10^3$	700	191	Destruction des murs en béton armé

Les mesures de bruits mesurés sont usuellement réalisées en dB linéaire (c'est à dire sans pondération A en place) et le niveau limite de la pression acoustique de crête conseillé à ne pas dépasser est de 125 dB linéaire (cf. circulaire du 02.07.1996).

F2E

PREVENCEM

Prévention et
Sécurité dans
les Industries
Extractives

EVALUATION DE L'EXPOSITION DES CONDUCTEURS D'ENGINS DE CHANTIER A DES VIBRATIONS GLOBALES DU CORPS



Carrière de la Vallée Heureuse

Juillet 2008.

OBJET :

- Evaluation de l'exposition des conducteurs d'engins de carrière à des vibrations globales du corps

DEMANDEUR :

- Monsieur Quéhen Franz

**MESURES
EFFECTUEES PAR :
PERSONNES
RENCONTREES:**

- Antoine MOUCHARD
- Monsieur Hénaux Maxime
- Monsieur Delacourt Emmanuel
- Les chefs d'équipe

**ENGINS
CONCERNES :**

- Niveleuse 14G et foreuse Tamrock 1500 Pantéra



- 3 Dumpers CATERPILLAR 777D et 775F



- 1 Dumper Euclid R50



- 2 Tombereaux articulés CATERPILLAR D400 et 735



- 2 Pelles à chenilles CATERPILLAR 345 ET385 LME



- 1 mini chargeuse et 3 chariots élévateurs



- 6 chargeurs sur pneus CATERPILLAR 950G, 980G, 988F et 990H



ACTIVITE :

- Carrière de calcaire.

**MATERIELS
UTILISES :**

- Vibromètre MAESTRO 4 voies
- Accéléromètre triaxial
- Accéléromètre monoaxial (pour évaluer l'efficacité du siège)
- Logiciel DB maestro Version 4.532

SOMMAIRE

1. Objectifs des mesures
2. Evaluation de l'exposition aux vibrations
3. Description du matériel utilisé
4. Résultats
5. Conclusion

1. Objectifs des mesures

Les vibrations et secousses gênent le travail et occasionnent à plus ou moins long terme une plus grande fréquence de lombagos, lombalgies, sciatiques. Ces maladies relèvent du tableau n°97 des maladies professionnelles.

Le Décret n°2005-746 du 4 juillet 2005 relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus aux vibrations mécaniques, vise à limiter l'exposition des salariés à ces nuisances en définissant une valeur d'action et une valeur limite d'exposition.

A noter que ce Décret est la retranscription dans le Code du Travail de la Directive Européenne 2002/44/CE du 25 juin 2002. Elle n'est pas encore retranscrite dans le Règlement Général des industries extractives (RGIE).

Les mesures de vibrations réalisées lors de cette campagne ont pour but de quantifier les vibrations transmises au corps humain lors de l'utilisation des engins en carrière. Ces mesures permettront à l'employeur d'intégrer les risques liés aux vibrations mécaniques lors de la mise à jour du document de Santé et de Sécurité de la carrière.

2. Evaluation de l'exposition aux vibrations

Le Décret N° 2005-746 définit des valeurs d'action et limite d'exposition aux vibrations transmises au système main-bras et aux vibrations transmises à l'ensemble du corps.

En ce qui concerne les conducteurs d'engins, seule l'exposition aux vibrations transmises à l'ensemble du corps est prise en compte. Ainsi, toutes les mesures de cette étude sont réalisées dans ce cadre.

Ces mesures ont donc été effectuées dans le respect de la norme NF EN 14253 de mars 2004.

Pour évaluer l'exposition du conducteur aux vibrations, il faut poser entre le siège et le conducteur une interface qui mesurera les accélérations subies par le conducteur dans les axes X, Y et Z.

Par convention, l'axe X traverse le conducteur assis de l'arrière vers l'avant en passant entre les genoux, l'axe Y traverse le conducteur de la droite vers la gauche et l'axe Z traverse le conducteur verticalement de bas en haut (voir schéma dans le chapitre 3).

Pour évaluer l'exposition journalière aux vibrations, l'approche retenue est d'étudier la journée de travail du conducteur et de la décomposer en opérations élémentaires. On fait des mesures dans chaque phase avec une durée d'intégration totale d'environ 15 minutes.

A la fin de chaque mesure, le vibromètre calcule les valeurs efficaces des accélérations pondérées sur les 3 axes (respectivement a_{wx} , a_{wy} et a_{wz}) en tenant compte des réseaux de pondération en fréquence indiqués dans la norme ISO 2631-1 :1997.

On répète les mesures plusieurs fois (en général 3 mesures) et on fait les moyennes par axe. On procède de la même façon pour les éventuelles autres opérations.

On calcule dans chaque direction l (=x,y ou z), l'exposition quotidienne aux vibrations $A_l(8)$ à partir de la formule :

$$A_l(8) = k_l \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_i a_{wli}^2 T_i}$$

où

a_{wli} est la valeur efficace pondérée en fréquence de l'accélération sur l'axe l , déterminée sur la durée T_i de l'opération.

$k_x=k_y=1,4$ pour les directions x et y ; $k_z=1$

T_0 : durée de référence de 8 heures (28800 s)

L'exposition quotidienne aux vibrations $A(8)$ qui est l'indicateur choisi par le législateur pour définir les valeurs d'action et limite d'exposition est ensuite calculée par la formule suivante :

$$A(8) = \max [A_x(8), A_y(8), A_z(8)].$$

Valeurs définies par la Directive pour l'exposition aux vibrations transmises à l'ensemble du corps :

- a) La valeur **limite** d'exposition journalière normalisée à une période de référence de 8 heures $A(8)$ est fixée à $1,15 \text{ ms}^{-2}$
- b) La valeur d'exposition journalière normalisée à une période de référence de 8 heures $A(8)$ déclenchant l'action de prévention (**ce qui signifie en d'autres termes que l'employeur doit agir pour réduire cette exposition en prenant des mesures techniques et organisationnelles**) est fixée à $0,5 \text{ ms}^{-2}$.

Disposant d'un accéléromètre monoaxial plancher, on enrichira l'étude en faisant un état des lieux de l'efficacité des sièges des engins. Pour cela, on calculera pour chaque mesure, le paramètre SEAT (Seat Effective Acceleration Transmissibility) :

$$SEAT = \frac{a_{wz1}}{a_{wz2}} \text{ exprimé en \%}$$

où a_{wz1} exprime la valeur efficace de l'accélération pondérée verticale sur l'assise du siège et a_{wz2} exprime la valeur efficace de l'accélération pondérée verticale sur le plancher de la cabine.

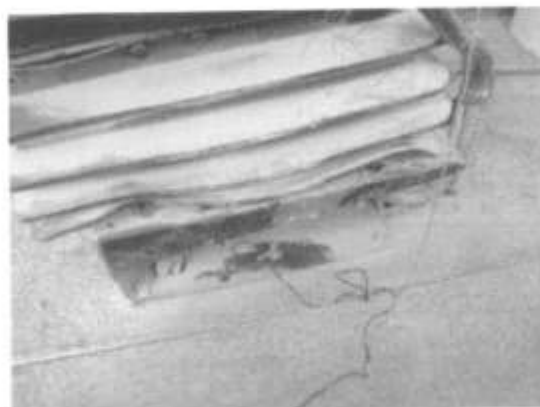
Si $SEAT < 100\%$, alors le siège amortit les vibrations verticales, si $SEAT > 100\%$ alors il les amplifie.

3. Description du matériel utilisé

Les photos page suivante montrent le montage du matériel de mesure (photos prises lors d'une campagne de mesures précédente) :



Vibromètre et accéléromètre triaxial



accéléromètre vertical sur le plancher

Toutes les mesures ont été faites avec les réglages suivants :

Mes : Ccomplet (Corps complet)

Accéléromètre triaxial : 10mV/g 1000m/s²

Accéléromètre monoaxial : 10mV/g 1000m/s²

Ces derniers réglages correspondent à la sensibilité des accéléromètres et sont adaptés aux vibrations mesurées sur engins de chantier.

4. Résultats

Les mesures ont été réalisées du lundi 7 au jeudi 10 juillet 2008 par temps pluvieux.

4.1 Synthèse des résultats engins (voir détails en annexes) :

Engins concernés	Accélération exprimées en ms ⁻²					a _{wz} /a _{wz2} (%)
	1,4.a _{wx}	1,4.a _{wy}	a _{wz}	a _{wz2}	A(8)	
Niveleuse CAT 14G	0,49	0,59	0,66	0,65	0,47	102
Tombereau articulé CAT 735	0,71	0,74	0,46	0,41	0,72	112
Dumper rigide Euclid R50 (mu)	0,85	0,90	0,59	0,56	0,87	105
Chargeur CAT 980G	0,83	0,88	0,50	0,52	0,85	96
Chargeur CAT 988F n°2	0,80	0,85	0,50	0,53	0,81	94
Dumper rigide CAT 775D (bêta)	0,48	0,50	0,64	0,69	0,62	93
Foreuse Tamrock 1500 Pantéra	0,13	0,14	0,15	0,17	0,15	88
Chargeuse CAT 990H n°2	0,91	0,84	0,48	0,49	0,88	98
Dumper rigide CAT 775F (gamma)	0,39	0,45	0,54	0,58	0,52	93
Dumper rigide CAT 775D (alpha) (déstockage)	0,34	0,48	0,43	0,45	0,46	96
Chargeur CAT 988F n°1	0,88	0,91	0,51	0,50	0,86	102
Pelle CAT 345 LME	0,69	0,31	0,58	0,76	0,66	76
Chargeur CAT 950G	0,71	0,74	0,44	0,49	0,45	90
Chargeur CAT 990 n°1	0,63	0,65	0,36	0,37	0,63	99
Chariot élévateur CAT EP20KC	0,38	0,26	0,50	0,52	0,16	90
Chariot élévateur MI405	0,48	0,31	0,86	0,68	0,22	126
Chariot élévateur MC60K	0,42	0,25	0,70	0,70	0,18	100
Tombereau articulé CAT D400	0,46	0,59	0,39	0,44	0,57	89
Pelle CAT 385 LME	0,52	0,45	0,55	0,62	0,53	89
Mini chargeuse Bobcat 753	1,22	1,06	0,33	0,30	0,75	110
Chargeur CAT 990 n°1	0,94	0,85	0,51	0,52	0,91	98
Dumper rigide CAT 775D (alpha)	0,50	0,55	0,65	0,69	0,63	94

4.2 Commentaires

Les dumpers rigides 775D (alpha et bêta) et 775F :

Lors des mesures, chaque dumper était conduit par un conducteur différent. Les 3 dumpers (2 dumpers 775D (alpha et bêta) et le dumper 775F (gamma)) ont été évalués depuis le 4^{ème} niveau (lieu de chargement) jusqu'au broyeur (sauf pour le 775D alpha où le vidage s'effectuait à l'AP5). Les dumpers étaient chargés par un chargeur 990H. Leur conduite était adaptée au travail à réaliser ainsi qu'à l'état des pistes.

Les mesures sur les 3 dumpers rigides ont été réalisées le matin. La durée au poste de travail des conducteurs est estimée à 7 heures 30 minutes.

L'exposition quotidienne aux vibrations A(8) mesurée sur les dumpers rigides CAT 775D alpha, bêta et 775F gamma ont été respectivement de 0,63, 0,62 et 0,52 ms⁻².

Ces 3 mesures dépassent la valeur déclenchant l'action de prévention (0,50 ms⁻²), tout en restant inférieure à la limite d'exposition (1,15 ms⁻²).

Sur les 3 dumpers rigides, l'axe de vibration dominant est l'axe Z (vertical). Ce constat est observé très couramment sur les dumpers rigides. Le siège qui amortit essentiellement les vibrations verticales a un rôle très important à jouer. Son réglage est donc un paramètre important.

Le coefficient SEAT traduit l'efficacité des sièges. Dans les cas présents, le bon réglage du siège a permis de diminuer les vibrations verticales de 6% pour le 775D (alpha), de 7% pour le 775D (bêta) et 7% pour le 775F (gamma).

L'état des sièges sur les dumpers alpha et bêta est à suivre attentivement car une dégradation entraînerait une exposition aux vibrations mécaniques excessive.

De plus, il faut noter que l'exposition aux vibrations A(8) aurait été plus importante sur les 3 dumpers si le temps d'attente au niveau du chargement à l'extraction mais également au niveau du vidage à la trémie primaire n'avait pas été si important (sur un cycle complet cela représentait 60% !!!) et si le front de chargement avait été plus éloigné de la trémie primaire (distance inférieure à 500m lors des mesures). Ainsi, on peut dire que sur un cycle complet (chargement au front, roulage, vidage à la trémie, roulage et à nouveau chargement), le conducteur passait 60% du temps en « pause vibratoire » c'est-à-dire à l'arrêt.

Enfin, on peut remarquer que c'est avec le dumper 775F (gamma) que l'exposition aux vibrations est la plus faible. Cela peut s'expliquer par le fait que ce dumper est neuf mais également parce qu'il était conduit par une personne avec plus de 34 années d'expérience.

Le dumper Euclid R50 (mu)

Lors des mesures, le dumper était conduit par une personne avec peu d'expérience (1 mois). Le dumper alimentait la trémie primaire du broyeur, le chargement s'effectuait près de l'AP5 par une pelle 385C. La conduite était adaptée au travail à réaliser.

La durée au poste de travail du conducteur est estimée à 7 heures 30 minutes.



L'exposition quotidienne aux vibrations A(8) mesurée sur le dumper rigide Euclid R50 (mu) est de $0,87 \text{ ms}^{-2}$.

Cette mesure dépasse la valeur déclenchant l'action de prévention ($0,50 \text{ ms}^{-2}$), tout en restant inférieure à la valeur limite d'exposition ($1,15 \text{ ms}^{-2}$).

On note que l'axe de vibration dominant est l'axe Y (latéral). Ce résultat s'explique par l'état de la piste le jour des mesures qui comportait des ornières mais également par les conditions atmosphériques (pluie abondante).

Il faut noter que le réglage du siège de l'Euclid R50 (mu) est fort compliqué ; une autre mesure avec un réglage de siège différent n'a pas amélioré la valeur finale. Il y a donc lieu de procéder à la maintenance de ce siège le plus tôt possible.

Même si l'axe dominant des vibrations n'est pas l'axe vertical et qu'à priori le siège n'agit que verticalement, il est important de chercher à conduire avec un siège bien réglé pour garantir un meilleur confort.

Les tombereaux articulés D400 et 735



Chaque tombereau était conduit par un conducteur différent. Les conducteurs conduisaient les tombereaux de manière souple et adaptée. La durée au poste de travail est la même que pour les conducteurs des dumpers au primaire c'est-à-dire 7h30 mn.

Les tombereaux sont utilisés pour le déstockage. Ils sont chargés sous tapis. Les zones de vidage sont très proches des points de chargement. Le tombereau D400 déstockait du 0/90 à l'AP5 et alimentait la fosse de recyclage et le tombereau 735 déstockait du sable et alimentait la trémie recyclage en terreux.

L'exposition quotidienne aux vibrations A(8) mesurée sur les tombereaux D400 et 735 a été respectivement de $0,57 \text{ ms}^{-2}$ et $0,72 \text{ ms}^{-2}$, ce qui est satisfaisant.

Ces 2 valeurs sont relativement faibles pour ce type d'engin et peuvent s'expliquer par les temps de chargement sous trémies où l'engin reste immobile. Ce laps de temps peut être considéré comme « pauses vibratoires ».

Pour chaque tombereau, l'axe de vibration dominant est l'axe Y (gauche<-> droite). Cela peut s'expliquer par l'articulation du tombereau et l'état moyen des pistes empruntées (quelques d'ornières et de la pluie).

Un meilleur réglage du siège sur le 735 trop souple améliorerait encore le confort du conducteur (SEAT de 112%).

Enfin, il faut noter que le dumper rigide 775D (alpha) a également été utilisé pour réaliser du déstockage de matériaux. De même que pour les tombereaux, l'axe de vibration dominant est l'axe Y (latéral). L'exposition quotidienne aux vibrations A(8) mesurée est de $0,46 \text{ ms}^{-2}$. Cette valeur est légèrement en dessous de la valeur déclenchant l'action de prévention de $0,50 \text{ ms}^{-2}$.

Ce « bon » résultat s'explique tout comme pour les tombereaux articulés par les temps de chargement assez long (« pauses vibratoires ») et par les distances courtes entre les points de chargement et les points de vidage. En effet, sur un cycle de 15 mn, le dumper passait 11 mn à attendre sous le tapis ou à vider son chargement soit plus de 70% de son temps en « pauses vibratoires » !!!

Les pelles à chenilles 345 et 385

Les 2 pelles étaient conduites par des personnes expérimentées (> 10 ans d'expérience).
La pelle 345B LME était utilisée pour le débitage de blocs au Brh au 4^{ème} niveau.
La pelle 385 LME purgeait le front au 4^{ème} niveau, le jour des mesures.

Le temps d'exposition des conducteurs est estimé à 7h30mn.



Pelle équipée de brise roche hydraulique

L'exposition quotidienne aux vibrations mesurée dans la pelle 345 LME est de $0,66 \text{ ms}^{-2}$. Cette valeur est dans la bonne moyenne pour ce genre d'opération. Le SEAT obtenu est très bon.

Pour la pelle 385 LME, l'axe de vibration dominant est l'axe Z (vertical) et l'exposition quotidienne aux vibrations A(8) mesurée est de $0,53 \text{ ms}^{-2}$.

Cette valeur est juste au-dessus du seuil déclenchant l'action de prévention. Les petits déplacements de la pelle au front de taille pour réaliser la purge du front expliquent le fait que Z soit l'axe de vibration dominant. Le résultat A(8) ainsi que le SEAT sont bons.

La niveleuse CAT 14G

La niveleuse était conduite par la même personne quotidiennement. La conduite était tout à fait adaptée au travail à réaliser. La durée au poste de travail du conducteur est estimée à 4 heures.



L'exposition quotidienne aux vibrations A(8) mesurée sur la niveleuse CAT 14G est de $0,47 \text{ ms}^{-2}$. Cette valeur est très légèrement en dessous de la valeur déclenchant l'action de prévention de $0,50 \text{ ms}^{-2}$ (si le conducteur ne conduit pas d'autres engins au cours de sa journée).

L'axe de vibration dominant est l'axe Z (vertical). Le siège qui amorti essentiellement les vibrations verticales a donc un rôle très important à jouer. Son réglage est donc un paramètre important. Le SEAT obtenu sur la niveleuse est de 102% ce qui signifie que le siège a amplifié les vibrations verticales de 2%.

La difficulté du réglage du siège n'a pas permis d'obtenir de meilleur résultat. Il serait nécessaire de penser à la maintenance de ce siège afin d'obtenir un SEAT inférieur à 100% et donc améliorer la qualité de conduite du conducteur.

La foreuse Tamrock 1500 Pantéra

La foreuse était utilisée au 2^{ème} niveau Ouest et quelques déplacements assez courts ont également été réalisés par le conducteur. La durée au poste de travail du conducteur est estimée à 7h30mn.



L'exposition quotidienne aux vibrations A(8) mesurée sur la foreuse Tamrock 1500 Pantéra est de $0,15 \text{ ms}^{-2}$. Cette valeur est en dessous de la valeur déclenchant l'action de prévention de $0,50 \text{ ms}^{-2}$.

Les bons résultats confirment ceux obtenus lors de précédentes campagnes. On peut négliger le risque vibration pour les conducteurs de foreuse. Toutefois l'état du siège est à suivre de près car celui-ci est usagé.

La mini chargeuse Bobcat 753

Lors des mesures, le Bobcat était affecté au nettoyage près de l'atelier de marbrerie. Le temps était pluvieux. La durée au poste de travail du conducteur est estimée à 3h.



L'exposition quotidienne aux vibrations A(8) mesurée sur le bobcat 753 est de $0,75 \text{ ms}^{-2}$. Cette mesure dépasse la valeur déclenchant l'action de prévention ($0,50 \text{ ms}^{-2}$), tout en restant inférieure à la valeur limite d'exposition ($1,15 \text{ ms}^{-2}$). Cette valeur n'est valable que si le conducteur ne conduit pas d'autres engins au cours de sa journée de travail.

L'axe de vibration dominant est l'axe X (avant <-> arrière). Cela s'explique par le chargement très fréquent du godet. Ce constat, fréquent sur les bobcat, est amplifié par la pondération de 1,4 sur les valeurs obtenues sur l'axe X.

Le SEAT obtenu est 110% ce qui signifie que le siège a amplifié les vibrations verticales de 10%. Le siège du bobcat est détérioré ce qui explique ce mauvais résultat. *si le siège change le 27 Août 2008*
Même si l'axe dominant des vibrations n'est pas l'axe vertical et qu'à priori le siège n'agit que verticalement, il est important de chercher à conduire avec un siège bien réglé pour garantir un meilleur confort. Il serait donc opportun de procéder au remplacement de ce siège.

Evolution de l'exposition quotidienne aux vibrations A(8) suivant la durée du temps de conduite du bobcat :

Temps de travail	3h	4h	5h	6h	7h	8h
A(8)	0,75	0,86	0,96	1,05	1,14	1,22

Il faut noter que si le conducteur du bobcat est amené à conduire son engin sur une durée de 8heures journalières alors le seuil limite d'exposition quotidienne aux vibrations A(8) serait dépassé.

Les chariots élévateurs

Les 3 chariots élévateurs ont été conduits par des personnes différentes.
La durée au poste de travail du conducteur est estimée à 30 mn..



Les mesures sur le chariot du magasin ont été réalisées à l'intérieur du magasin sur dalle bétonnée mais également à l'extérieur du bâtiment.
Les mesures sur les chariots du garage ont été réalisées seulement à l'extérieur du garage par temps de pluie.

Au magasin, le chariot est utilisé pour déplacer du matériel lourd et/ou encombrant.
L'exposition aux vibrations mesurée à $0,16 \text{ ms}^{-2}$ est très satisfaisante. Le SEAT de 90% est bon.
A noter que l'axe de vibrations dominant est l'axe Z (vertical). Le siège a donc joué son rôle et diminué les vibrations verticales de 10%.
Cette valeur est très en dessous de la valeur déclenchant l'action de prévention de $0,50 \text{ ms}^{-2}$.
Toutefois, cette valeur n'est valable que si le conducteur ne conduit pas d'autres engins au cours de sa journée de travail.

Evolution de l'exposition quotidienne aux vibrations A(8) suivant la durée du temps de conduite du chariot EP20KC:

Temps de travail	30mn	1h	2h	3h	4h	5h
A(8)	0,16	0,22	0,32	0,39	0,45	0,5

Au garage, l'exposition aux vibrations A(8) mesurée sur les chariots élévateurs Manitou MI405 et MC60K sont respectivement de $0,22$ et $0,18 \text{ ms}^{-2}$.
Ces valeurs sont très en dessous de la valeur déclenchant l'action de prévention de $0,50 \text{ ms}^{-2}$. Ces valeurs ne sont valables que si le conducteur ne conduit pas d'autres engins au cours de sa journée de travail.

Enfin, il faut noter que le siège du manitou MI405 est usagé et celui du MC60K détérioré. Il faudra donc penser à la maintenance de ces 2 sièges pour améliorer le confort de conduite des conducteurs même si l'exposition quotidienne aux vibrations est faible.

Evolution de l'exposition quotidienne aux vibrations A(8) suivant la durée du temps de conduite du chariot MI405:

Temps de travail	30mn	1h	2h	3h	4h	5h
A(8)	0,22	0,30	0,43	0,53	0,61	0,68

Evolution de l'exposition quotidienne aux vibrations A(8) suivant la durée du temps de conduite du chariot MC 60K:

Temps de travail	30mn	1h	2h	3h	4h	5h
A(8)	0,18	0,25	0,35	0,43	0,49	0,55

Les chargeurs CAT 988F n°1 et n°2 et 980G



Les 2 chargeurs 988F sont conduits par des personnes différentes. Le chargeur 988F n°1 était utilisé pour le chargement de camions sur la plateforme de stockage et le chargeur 988F n°2 était utilisé pour le chargement de wagon également au niveau de la plateforme de stockage. Le chargeur 980G se trouvait au 3^{ème} niveau pour le chargement de clients. La conduite des 3 chargeurs était adaptée au travail à réaliser. Les horaires de travail étaient 12h30/19h30 pour les chargeurs 988F et 7h30/16h30 pour le chargeur 980G. La durée au poste de travail du conducteur de chargeur est estimée à 7h10 mn pour les chargeurs 988F et 7h30mn pour le chargeur 980G.

L'exposition quotidienne aux vibrations A(8) mesurée dans les chargeurs CAT 988F n°1 et n°2 et 980G ont été respectivement de $0,86 \text{ ms}^{-2}$, $0,81 \text{ ms}^{-2}$ et $0,85 \text{ ms}^{-2}$. Ces mesures dépassent la valeur déclenchant l'action de prévention ($0,50 \text{ ms}^{-2}$), tout en restant inférieure à la valeur limite d'exposition ($1,15 \text{ ms}^{-2}$). Le résultat obtenu est tout de même satisfaisant pour ce type d'engin et le travail réalisé.

On remarque pour les chargeurs client que l'axe de vibration dominant est l'axe Y (gauche<-> droite). La composante X des vibrations (avant<->arrière), également significative, est dû au chargement du godet beaucoup plus fréquent. Cela s'explique par le fait que d'une part les chargeurs évoluaient sur un petit périmètre et d'autre part par le temps (pluie le jour des mesures qui a tendance à endommager l'état des pistes). Les résultats devraient être meilleurs par temps sec.

Les sièges bien réglés du chargeur 988F n°2 et du chargeur 980G ont donnés un SEAT de 94% et 96% tandis que le siège du chargeur 988F n°1 a obtenu un SEAT de 102%. Les vibrations verticales ont diminuées de 6% pour le chargeur 988F n°2, de 4% pour le chargeur 980G et augmentées de 2% pour le chargeur 988F n°1. Même si l'axe dominant des vibrations n'est pas l'axe vertical, il est important de chercher à conduire avec un siège bien réglé pour garantir un meilleur confort.

Les chargeurs 950G et 990 n°1

Chaque chargeur était conduit par une personne différente. Le jour des mesures, le chargeur 950G de la centrale est utilisé pour le déstockage de produits et le chargement de clients. Quant au chargeur 990 n°1, il était utilisé pour l'alimentation de la fosse de recyclage en 20/50 et pour le mélange de 4/6 avec du sable pour obtenir du 0/6. Les horaires de travail étaient 7h12h et 13h16h pour le chargeur 950G et 7h30/12h/13h16h30 pour le chargeur 990 n°1. La durée au poste de travail du conducteur de chargeur est estimée à 7h30mn pour le chargeur 990 n°1 et 3h pour le chargeur 950G.



L'exposition quotidienne aux vibrations A(8) mesurée dans les chargeurs CAT 950G et 990 n°1 ont été respectivement de $0,45 \text{ ms}^{-2}$ et $0,63 \text{ ms}^{-2}$. Pour le chargeur 950G, la valeur est très légèrement en dessous de la valeur déclenchant l'action de prévention de $0,50 \text{ ms}^{-2}$. Pour le chargeur 990 n°1, la valeur déclenche l'action de prévention ($0,50 \text{ ms}^{-2}$), tout en restant inférieure à la valeur limite d'exposition ($1,15 \text{ ms}^{-2}$).

Tout comme les chargeurs clients, on note que l'axe de vibration dominant est l'axe Y (droite<-> gauche) pour les 2 chargeurs. La composante X est aussi importante. Cela s'explique par le chargement fréquent du godet. Ce constat, fréquent sur les chargeurs, est amplifié par la pondération de 1,4 sur les valeurs obtenues sur les axes X et Y. Ces résultats ont été obtenus avec des pistes endommagées par les intempéries. Les résultats devraient être meilleurs par temps sec.

Le siège bien réglé du chargeur 950G a donné un SEAT de 90%. Les vibrations verticales ont diminuées de 10%. Pour le chargeur 990 n°1, le SEAT obtenu est de 116% ce qui signifie que le siège a augmenté les vibrations verticales de 16% !!. On peut expliquer ce résultat par le fait que le réglage du siège était très dur (siège gonflé au maximum). Il n'y a pas eu la possibilité de réaliser une mesure avec un siège plus souple. Même si l'axe dominant des vibrations n'est pas l'axe vertical, il est important de chercher à conduire avec un siège bien réglé pour garantir un meilleur confort.

Les chargeurs 990 n°1 et 990H n°2

Chaque chargeur avait un conducteur différent. Les 2 chargeurs étaient au 4^{ème} étage pour le chargement des dumpers. Les horaires de travail étaient 5h12H pour le chargeur 990H et 13h21h pour le chargeur 990 n°1. La durée au poste de travail du conducteur de chargeur est estimée 7h30mn.



L'exposition quotidienne aux vibrations A(8) mesurée dans les chargeurs 990H et 990 n°1 ont été respectivement de $0,88 \text{ ms}^{-2}$ et $0,91 \text{ ms}^{-2}$. Ces mesures dépassent la valeur déclenchant l'action de prévention ($0,50 \text{ ms}^{-2}$), tout en restant inférieure à la valeur limite d'exposition ($1,15 \text{ ms}^{-2}$). Ces 2 valeurs sont dans la moyenne des valeurs obtenues lors de précédentes campagnes.

Les expositions aux vibrations ne sont pas négligeables. Ces résultats viennent du fait que l'axe de vibration dominant est l'axe X (avant <-> arrière). Les vibrations latérales (axe Y) sont également très significatives. Ce constat, fréquent sur les chargeuses est amplifié par la pondération de 1,4 sur les valeurs obtenues sur ces 2 axes.

Les SEAT obtenus sur les 2 sièges sont identiques ; ils sont de 98%. Les vibrations verticales ont diminué de 2%, le réglage des sièges était bon.

5. Conclusion

Sur l'ensemble des engins où des mesures de vibrations ont été réalisées, 15 engins sur 22 dépassent la valeur d'exposition journalière fixée à $0,5 \text{ ms}^{-2}$. 7 engins ont des valeurs en dessous du seuil fixé par la Directive mais avec une exposition inférieure à 4h (sauf pour la foreuse). Aucun véhicule ne dépasse le seuil fixé par la Directive de $1,15 \text{ ms}^{-2}$. Les engins les plus fortement exposés sont les chargeurs ainsi que le dumper Euclid R50 (mu).

Les mesures ont été effectuées dans des conditions climatiques plutôt difficiles (pluie tombée lors des mesures) ce qui a pénalisé les résultats.

Pour améliorer les résultats, on pourra insister sur la sensibilisation du personnel (réglage du siège, comportement, vitesse, ...) et sur l'entretien des engins (suspension, pneus, siège).

L'entretien permanent des pistes est également un facteur déterminant pour limiter l'exposition des conducteurs aux vibrations.

Le Délégué Régional à la Prévention
Antoine MOUCHARD

SECURITE SOCIALE



**l'Assurance
Maladie**

RISQUES PROFESSIONNELS
Nord-Picardie

Laboratoires d'Evaluation des Risques Professionnels

RAPPORT CMP-NP 10068

*Carrières de la Vallée Heureuse
Ld Hydrequent
BP 3
62720 RINXENT*

Risques Professionnels

GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS
Centre de Mesures Physiques Nord Picardie

MESURES PHYSIQUES OU VISITE

EFFECTUEE PAR : M. BECKER, Contrôleur de Sécurité CRAM-NP

OBJET : Evaluation du risque lié aux vibrations

LIEU : CARRIERES de la VALLEE HEUREUSE

- ◆ M. QHEHEN, Directeur Technique
- ◆ M. HERMETZ, Ingénieur Conseil CARSAT-NP

LE: 14 Octobre 2010

DIFFUSION :

- ENTREPRISE : 3 exemplaires
 - Chef d'entreprise
 - Secrétaire CHS-CT
 - Médecin du Travail
- CARSAT : 2 exemplaires
 - Service Prévention
 - C.M.P. NP

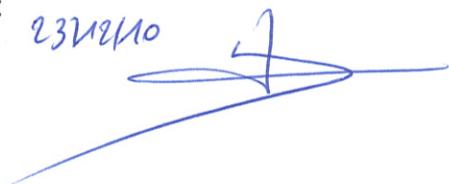
REMARQUES :

Ces résultats de mesures ne peuvent en aucun cas revêtir un caractère d'expertise et être opposés à des tiers. Ils ne doivent faire, de la part des destinataires, l'objet d'aucune divulgation ou publication sans l'accord de la Caisse Régionale d'Assurance Maladie.

Visa du Chef de Centre

Le :

23/10/10



SOMMAIRE

1 INTRODUCTION	3
2 RISQUES LIES AUX VIBRATIONS TRANSMISES A L'ENSEMBLE DU CORPS	3
2.1 Textes réglementaires	3
2.2 Instruments de mesures utilisés	3
2.3 Grandeurs mesurées	4
2.3.1 Les accélérations	4
2.3.2 Le SEAT	5
3 DESCRIPTION SOMMAIRE DES POSTES DE TRAVAIL	6
4 MESURAGES	6
5 CONCLUSIONS	9

1 INTRODUCTION

A la demande des Carrières de la Vallée Heureuse, relayée par M. Hermetz, Ingénieur Conseil à la CAISSE D'ASSURANCE RETRAITE ET SANTE AU TRAVAIL, des mesures de vibrations ont été effectuées et des avis formulés pour aider l'entreprise à réaliser son évaluation du risque vibratoire au regard de la réglementation (2005).

Cette étude s'inscrit dans une démarche de réduction du risque dorso-lombaire. La problématique de l'entreprise est limitée aux vibrations transmises à l'ensemble du corps.

Il s'agit donc :

- de vérifier s'il existe un risque d'atteinte à la santé des conducteurs,
- de conseiller l'entreprise en matière de prévention des vibrations.

2 RISQUES LIES AUX VIBRATIONS TRANSMISES A L'ENSEMBLE DU CORPS

2.1 Textes réglementaires

1. Le Décret 2005-746 et l'arrêté du 6 Juillet 2005 sont la transposition en droit français de la directive européenne 2002/44/CE concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (vibrations).
2. Le décret du 15 février 1999 précise les modalités de reconnaissance comme maladie professionnelle des affections chroniques du rachis lombaire. Ce décret a créé, entre autres tableaux, le *tableau de maladies professionnelles n°97* qui déterminent les affections visées et la liste des travaux susceptibles de les avoir provoquées. Sont concernées certaines des affections chroniques du rachis lombaire, notamment les sciatiques par hernie discale, provoquées par des travaux exposant habituellement aux vibrations de basses et moyennes fréquences transmises au corps entier.

2.2 Instruments de mesure utilisés

Vibromètre MAESTRO de 01dB (N° de série 12504 et 10152)

Z Ce vibromètre est dédié à la mesure des vibrations au travail : vibrations transmises à l'ensemble du corps et vibrations transmises aux membres supérieurs.



Les mesures peuvent être réalisées suivant deux grands principes : par durée d'intégration programmable de 1 à 200 secondes (enregistrement temporel), ou par cumul des résultats (enregistrement global).

Les vibrations sont détectées suivant trois directions orthogonales au moyen d'un accéléromètre fixé sur la surface à travers laquelle les vibrations sont transmises au corps - l'assise du siège en général. Afin d'apprécier l'efficacité d'amortissement du siège d'un engin, on mesurera également l'accélération axiale verticale au niveau du bâti de l'engin, sous le siège, au plus près possible de son axe de débattement.



L'axe X est l'axe longitudinal ou dos-poitrine, mesuré sur le siège
 L'axe Y est l'axe transversal ou gauche-droite, mesuré sur le siège
 L'axe Z est l'axe vertical (colonne vertébrale), mesuré sur le siège
 L'axe Z2 est l'axe vertical, mesuré sous le siège.

2.3 Grandeurs mesurées

2.3.1 Les accélérations

Le paramètre retenu pour qualifier une nuisance vibratoire est l'accélération exprimée en m/s^2 qui est l'expression de l'énergie reçue par l'organisme (ou l'expression de la variation de la vitesse sur un intervalle de temps).

Pour effectuer la mesure de l'exposition des conducteurs aux vibrations, on utilise un accéléromètre triaxial, placé dans un disque posé sur le siège, sous le séant du conducteur, qui permet d'obtenir les accélérations notées a_{wx} , a_{wy} et a_{wz} .

La valeur d'accélération enregistrée est une valeur efficace pondérée en fréquence, car l'homme ne présente pas la même sensibilité à toutes les fréquences.

La mesure d'accélération sur le plancher de l'engin se note a_{wz2} relevée simultanément à a_{wz} . La comparaison de ces 2 valeurs permettra de qualifier le siège (voir plus loin le SEAT).

L'évaluation du risque sera basée sur le calcul repris dans l'arrêté du 06/07/2005:

L'exposition journalière aux vibrations transmises à l'ensemble du corps $A_l(8)$, en m/s^2 , pour chaque axe l , rapportée à une période de référence de 8 heures, est définie par l'équation suivante :

$$A_l(8) = k_l \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum a_{wi}^2 \times T_i}$$

Où :

a_{wi} est la valeur efficace pondérée en fréquence de l'accélération selon la direction l , déterminée sur la période temps T_i . T_0 est la durée de référence de 8 heures (28.800s). $l = x, y$ ou z

$k_x = k_y = 1,4$ pour les directions transversales ; $k_z = 1$ pour la direction verticale ;

La valeur d'exposition journalière aux vibrations transmises à l'ensemble du corps, rapportée à une période de référence de 8 heures, $A(8)$, est le maximum des valeurs déterminées pour chacun des 3 axes :

$$A(8) = \max [A_x(8), A_y(8), A_z(8)]$$

Le Décret 2005-746 définit les valeurs limites d'exposition quotidienne (8 heures) et les valeurs d'exposition déclenchant l'action suivantes:

LIMITE D'EXPOSITION JOURNALIÈRE	$A(8) = 1,15 m/s^2$
VALEUR DÉCLENCHANT L'ACTION	$A(8) = 0,5 m/s^2$

Dans le tableau des résultats de mesure, le franchissement de la limite d'exposition journalière est identifié en rouge et l'atteinte de la valeur déclenchant l'action en orange.

2.3.2 Le SEAT

Le S.E.A.T. (Seat Effective Amplitude Transmissibility selon la norme NF EN 30326.1) permet de définir le facteur de transmission d'un siège suspendu ou de toute autre structure amortissante, c'est-à-dire de définir l'efficacité d'un siège, par exemple.

$$S.E.A.T. = \frac{a_{wZ}}{a_{wZ2}}$$

Il y a amortissement des vibrations transmises à l'opérateur par l'intermédiaire de la structure amortissante si le SEAT est inférieur à 100%, dans le cas contraire, elle amplifie les vibrations émises par l'engin. Un bon amortissement est obtenu dès lors que l'on se situe sous la valeur de 70% (30% d'énergie en moins à supporter par le conducteur).

3 DESCRIPTION SOMMAIRE DES CONDITIONS DE MESURE

Les mesures sont réalisées sur 2 engins caractéristiques de la carrière : un chariot automoteur tout terrain et un tombereau. Le premier engin est ancien, le second est très récent.

Chariot automoteur TT

MANITOU MC60K

Utilisation	8800 h (1981)
Nbre utilisateurs	8
Masse	9t900
Capacité	2t
Pneumatiques	Avant : X18 R19,5 XF à 7 bars Arrière : 245/70 R19,5 à 7,5 bars
Vitesse maxi	17 km/h
Vitesse pratiquée	10 km/h
Siège	Kab Seating P2 XH2 Mécanique à barres de torsions et amortisseurs hydrauliques A double effet (double réglage). <u>Siège non réglé lors de la première mesure</u> Siège changé lors de la dernière maintenance (2 ans) Absence de documentation sur le siège lors de l'intervention. ➔ Position déréglée rencontrée : le siège est posé sur le bâti. ➔ Remarque : le siège frotte sur l'arrière lors du coulissage.
Conducteur	M. Vantornout Philippe 47 ans et 31 ans d'expérience. Sujet à des douleurs lombaires Style de conduite normal. Absence de formation du conducteur au réglage du siège.
Tâche	Transport de pièces de rechange de l'atelier de maintenance aux installations de traitement des granulats. Surface de roulement : 20% graves + 80% enrobé Sols en bon état. Usage du chariot occasionnel : 1h/jour maxi

<u>Tombereau</u>	ASTRA RD32C
Utilisation	300 h (2010)
Nbre utilisateurs	3
Masse	22t
Capacité	32t
Pneumatiques	Avant : XHD1 1800 R25 à 5,5 bars Arrière : idem
Vitesse maxi	53 km/h
Vitesse pratiquée	30 km/h
Siège	Kab Seating 714B Pneumatique (différent de celui présenté dans la documentation de l'engin). Le réglage du poids n'est pas trouvé. La documentation révélera que le <u>réglage du poids est automatique</u> .
Conducteur	M. Laforge Anthony 29 ans et 9 ans d'expérience. Pas de douleur lombaire apparante. Style de conduite normal. Absence de formation du conducteur au réglage du siège.
Tâche	Déstockage de granulats sur pistes en graves compactées. Sols en bon état général. Usage de l'engin : 7h30/jour maxi selon l'entreprise . Exposition probable en roulement < 6h/jour

4 MESURAGES

Désormais, depuis le décret 2005-746 du 04 Juillet 2005 l'arrêté du 6 Juillet 2005, l'estimation du risque se base sur le calcul du A(8) qui représente l'accélération équivalente aux vibrations sur 8 heures hebdomadaires.

Il s'agit donc d'une part, de déterminer le niveau d'émission vibratoire généré par l'engin et auquel le salarié est exposé et d'autre part de définir une durée représentative de l'exposition pour une journée type de travail. Une valeur moyenne assez précise ne peut être obtenue que par des chronométrages ; opération à réaliser par l'entreprise pour affiner l'estimation du niveau d'exposition.

Pour le calcul du A(8), nous nous baserons sur les premières estimations de durées d'exposition basées sur l'observation du travail et les informations données par l'entreprise, et précisées plus haut.

Engin	a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}	a_{wz2}	$1,4 \times a_{wx}$	$1,4 \times a_{wy}$	Ax(8)	Ay(8)	Az(8)	SEAT	Expo	Durée mesure
Chariot TT	0,17	0,23	0,44	0,42	0,24	0,32			0,2	105	1h	12 :14
Chariot TT	0,16	0,22	0,33	0,40	0,22	0,31			0,1	82	1h	10 :16
Tombereau	0,21	0,26	0,41	0,50	0,29	0,36			0,4	82	6h	13 :23
Tombereau	0,22	0,25	0,46	0,56	0,31	0,35			0,4	82	6h	7 :57

Ne sont indiqués dans le tableau que les A(8) pour l'axe dominant.

Exemple de calcul

Nous sommes dans des cas de mono-exposition.

Le calcul est assez simple. Pour la première ligne, avec une durée d'exposition de 1 heure/jour et pour l'axe Z ($a_{wz} \Rightarrow A_z(8)$), le calcul est le suivant :

$$A_z(8) = 0,44 \times \sqrt{\frac{\text{Temps d'exposition}}{8}} = 0,44 \times \sqrt{1/8} = \underline{0,156 \text{ m/s}^2} \text{ ou } 0,2 \text{ m/s}^2$$

pour 8 heures.

Commentaires sur les mesures

- L'axe dominant des vibrations est clairement l'axe vertical. Les niveaux d'expositions quotidiens sont tous inférieurs au premier seuil d'action contre les vibrations.
- Pour le chariot TT, on note que le fait de n'avoir pas réglé le siège au poids du conducteur a entraîné une hausse de l'exposition de 30%.
- Une fois réglé, le siège amorti les vibrations de 80%, ce qui est plutôt modeste avec un siège pour ce type de machine (certains sièges offrent un SEAT inférieur à 30%). On a remarqué que le siège frotte contre le bâti de la machine. Cela doit contribuer à réduire l'efficacité du siège. Les principaux fabricants de sièges à suspension sont GRAMMER, ISRI, SEARS et KAB SERTING.
- Toutefois, compte tenu de la faible utilisation de la machine, on reste, même en situation dégradée, en dessous du seuil de présomption de risque.
- Pour le tombereau, la correction du siège est bonne (avec le même SEAT que le chariot TT, mais pour ces machines, il est fréquent d'obtenir des valeurs supérieures à 100%). Le fait que le réglage du poids soit automatique explique la constance de ce paramètre entre les 2 mesures.
- Les niveaux sont relativement faibles et ceci tient très certainement à la combinaison de 3 paramètres : tombereau récent roulant sur des pistes en bon état avec un style de conduite adapté. Dans la mesure où les vibrations sont essentiellement générées pendant le roulement, il est normal de retrouver l'axe vertical comme axe dominant. Avec une exposition quotidienne de 6h maximum (C'est la durée de roulage qu'il faut considérer. Cette durée est à confirmer), dans les conditions environnementales rencontrées et le style de conduite adopté, l'exposition du conducteur du tombereau est inférieure au seuil d'action contre les vibrations.
- Les salariés étaient censés avoir tous reçus une formation au réglage de leur siège par le fournisseur des machines. Or, les entretiens avec plusieurs conducteurs ont montrés que cette formation n'avait pas été reçue.