

# LES VIBRATIONS : EXPOSITIONS & CONSEQUENCES

# LES VIBRATIONS

- LES EXPOSITIONS AUX VIBRATIONS
- QUELQUES CHIFFRES
- REGLEMENTATION
- EVALUATION ET MAÎTRISE
- MESURAGES
- QUESTIONS

# LES EXPOSITIONS AUX VIBRATIONS

## DEUX MODES D'EXPOSITION

Vibrations  
transmises au  
système main-bras

Tableau MP n° 69

Vibrations  
transmises à  
l'ensemble du corps

Tableau MP n° 97

# LES EXPOSITIONS AUX VIBRATIONS

## VIBRATIONS TRANSMISES AU SYSTEME MAIN-BRAS



Tableau MP n° 69

# LES EXPOSITIONS AUX VIBRATIONS

## VIBRATIONS TRANSMISES A L'ENSEMBLE DU CORPS



Tableau MP n° 97

# PATHOLOGIES ET RECONNAISSANCES

69

RÉGIME GÉNÉRAL

Affections provoquées par les vibrations et chocs transmis par certaines machines-outils, outils et objets et par les chocs itératifs du talon de la main sur des éléments fixes

Date de création : Décret du 15 juillet 1980

Dernière mise à jour : Décret du 6 novembre 1995

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste limitative des travaux susceptibles de provoquer ces maladies
- A -		
Affections ostéo-articulaires confirmées par des examens radiologiques :		
- arthrose du coude comportant des signes radiologiques d'ostéophytoses ;	5 ans	Travaux exposant habituellement aux vibrations transmises par :
- ostéonécrose du semi-lunaire (maladie de Kienböck) ;	1 an	a) Les machines-outils tenues à la main, notamment :
- ostéonécrose du scaphoïde carpien (maladie de Kölher).	1 an	- les machines percutantes, telles que les marteaux piqueurs, les burineurs, les bouchardeuses et les fouloirs ;



# PATHOLOGIES ET RECONNAISSANCES

97

RÉGIME GÉNÉRAL

Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par des vibrations de basses et moyennes fréquences transmises au corps entier

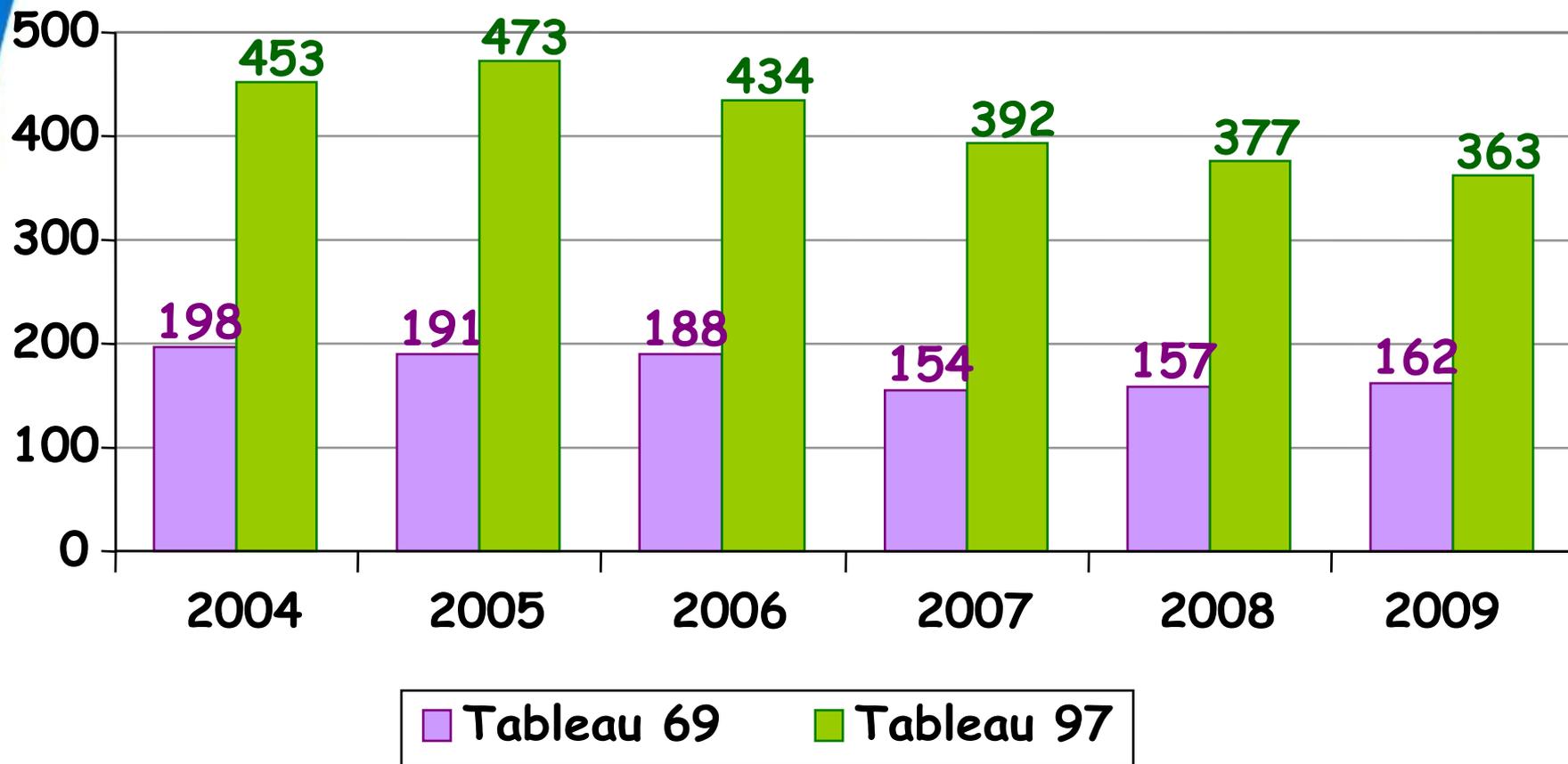
Date de création : Décret du 15 février 1999

Dernière mise à jour : -

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste limitative des travaux susceptibles de provoquer ces maladies
<p>Sciatique par hernie discale L4-L5 ou L5-S1 avec atteinte radiculaire de topographie concordante.</p> <p>Radiculalgie crurale par hernie discale L2-L3 ou L3-L4 ou L4-L5, avec atteinte radiculaire de topographie concordante.</p>	<p>6 mois (sous réserve d'une durée d'exposition de 5 ans).</p>	<p>Travaux exposant habituellement aux vibrations de basses et moyennes fréquences transmises au corps entier :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- par l'utilisation ou la conduite des engins et véhicules tout terrain : chargeuse, pelleuse, chargeuse-pelleuse, niveleuse, rouleau vibrant, camion tombereau, décapeuse, chariot élévateur, chargeuse sur pneus ou chenilleuse, bouteur, tracteur agricole ou forestier ;</li> <li>- par l'utilisation ou la conduite des engins et matériels industriels : chariot automoteur à conducteur porté, portique, pont roulant, grue de chantier, crible, concasseur, broyeur ;</li> <li>- par la conduite de tracteur routier et de camion monobloc.</li> </ul>

# QUELQUES CHIFFRES

MP 69 et MP 97 reconnues de 2004 à 2009



# QUELQUES CHIFFRES

## MP reconnues liées aux vibrations en France de 2007 à 2009

Tableau 69

Maladies	Nombre
Arthrose du coude	392
Ostéonécrose du semi-lunaire (maladie de Kienböck)	294
Troubles angioneurotiques de la main	166
Atteinte vasculaire cubito-palmaire	138
Ostéonécrose du scaphoïde carpien (maladie de Kölher)	49
Multi-syndrome	9
<b>Total</b>	<b>1048</b>

Tableau 97

Maladies	Nombre
Sciatique par hernie discale (par vibration)	2346
Radiculalgie crurale par hernie discale (par vibration)	146
	<b>2492</b>

**Coût ≈ 8,5 M€/an**

**Coût ≈ 12 M€/an**

# QUELQUES CHIFFRES

## MP 69 - Principaux métiers concernés en 2009

<b>Profession</b>	<b>MP 69</b>
<b>Maçon</b>	<b>43</b>
<b>Mécanicien et ajusteur de véhicules</b>	<b>12</b>
<b>Tôlier chaudronnier</b>	<b>8</b>
<b>Plombier et tuyauteur</b>	<b>7</b>
<b>Charpentier en bois et menuisier du bâtiment</b>	<b>7</b>
<b>Constructeur en béton armé, maçon, ragréeur</b>	<b>7</b>
<b>Conducteur de poids lourds et de camions</b>	<b>6</b>
<b>Ouilleur</b>	<b>6</b>
<b>Monteur en construction mécanique</b>	<b>5</b>
<b>Charpentier métallier, monteur de charpentes métalliques</b>	<b>5</b>

# QUELQUES CHIFFRES

## MP 97 - Principaux métiers concernés en 2009

<b>Profession</b>	<b>MP 97</b>
<b>Conducteur de poids lourds et de camions</b>	<b>156</b>
<b>Conducteur d'engins de terrassement</b>	<b>58</b>
<b>Conducteur de chariots élévateurs</b>	<b>41</b>
<b>Conducteur de grues, d'engins de levage</b>	<b>26</b>
<b>Employeur du service des stocks</b>	<b>8</b>
<b>Maçons</b>	<b>8</b>
<b>Manutentionnaire</b>	<b>8</b>
<b>Conducteur d'autobus et de tramways</b>	<b>7</b>
<b>Chauffeur taxi et conducteur automobiles et de camionnettes</b>	<b>4</b>

# REGLEMENTATION

DIRECTIVE « CADRE » 89/391/CEE

12 juin 1989

Principe de prévention des risques professionnels et la protection de la sécurité et de la santé



DIRECTIVE EUROPENNE 2002/44/CE

6 février 2003

Prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (vibrations)

Droit français

Décret 2005-746

4 juillet 2005

Arrêté du 6 juillet 2005

R. 231-118 / R. 231-120 / R. 231-121

# REGLEMENTATION

## Rappel : Directive machine (Décret 92.767 de juillet 1992)

- **Clause 1.5.9 :**
  - Construire les machines de façon à réduire au maximum les risques vibratoires.
- **Clause 1.7.4, 2.2 et 3.6.3 :**
  - La littérature technique doit fournir :
    - la valeur vibratoire émise si  $>0,5 \text{ m/s}^2$  (ensemble du corps) ou  $>2,5 \text{ m/s}^2$  (main-bras),
    - le mode de fonctionnement et la norme ou code d'essai,
    - les mesures techniques pour réduire les vibrations.
- **Clause 3.2.2 :**
  - Le siège doit être conçu pour réduire les vibrations au plus bas niveau possible.

# REGLEMENTATION

DECRET 2005-746

## VIBRATIONS TRANSMISES AU SYSTEME MAIN-BRAS

**ENTRAÎNENT DES  
RISQUES POUR LA SANTE**

- Troubles vasculaires
- Lésions ostéo-articulaires
- Troubles neuro-musculaires

# REGLEMENTATION

## DECRET 2005-746

### VIBRATIONS TRANSMISES AU SYSTEME MAIN-BRAS

#### VALEURS D'EXPOSITION



Valeur limite d'exposition  
journalière sur 8 h

**5 m/s<sup>2</sup>**



Valeur d'exposition journalière  
sur 8 h déclenchant les actions  
préventives

**2,5 m/s<sup>2</sup>**

# REGLEMENTATION

## DECRET 2005-746

### VIBRATIONS TRANSMISES A L'ENSEMBLE DU CORPS

**ENTRAÎNENT DES  
RISQUES POUR LA SANTE**

- Lombalgies
- Micro-traumatismes de la colonne

# REGLEMENTATION

## DECRET 2005-746

### VIBRATIONS TRANSMISES A L'ENSEMBLE DU CORPS

#### VALEURS D'EXPOSITION



Valeur limite d'exposition  
journalière sur 8 h

**1,15 m/s<sup>2</sup>**



Valeur d'exposition journalière  
sur 8 h déclenchant les actions  
préventives

**0,5 m/s<sup>2</sup>**

# REGLEMENTATION

DECRET 2005-746

## OBLIGATIONS DE L'EMPLOYEUR

L'employeur,

responsable de la santé et de la sécurité des  
travailleurs

**DOIT**

- **Évaluer** l'ensemble des risques qu'ils encourent
- **Mettre en œuvre** les moyens de protection adaptés

# REGLEMENTATION

## DECRET 2005-746

### OBLIGATIONS DE L'EMPLOYEUR

L'employeur **APPORTE** une formation  
et une information sur :

- les mesures techniques ou organisationnelles
- Les résultats d'évaluation et de mesurage
- Les valeurs limites et d'action déclenchant l'action de prévention
- Les lésions que pourraient produire les vibrations
- Les pratiques professionnelles sûres.
- Les conditions dans lesquelles il y a

**surveillance médicale renforcée**

# REGLEMENTATION

## DECRET 2005-746

### SURVEILLANCE MEDICALE RENFORCEE

- SI valeurs d'action sont dépassées
- SI salarié atteint d'une maladie identifiable résultant d'une exposition aux vibrations.



Le MEDECIN détermine  
la **pertinence** d'examens  
pour les autres salariés.

# EVALUATION ET MAÎTRISE

## DEMARCHE GENERALE

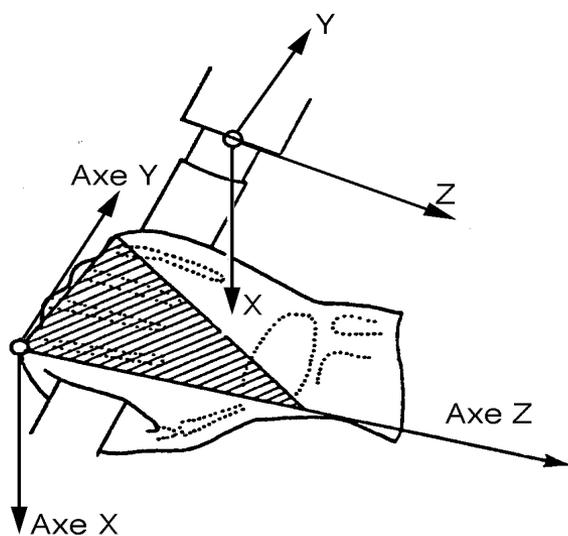
- **IDENTIFIER** les situations à risques
- **ESTIMER** l'exposition quotidienne A(8)
- **COMPARER** le A(8) par rapport aux limites
- **IDENTIFIER** les sources les plus vibratoires
- **HIERARCHISER** les actions de réduction
- **PLANIFIER** la mise en place et le suivi des actions
- **INFORMER** et **FORMER** les utilisateurs
- **CONTRÔLER** et **ASSURER** l'efficacité dans le temps

# MESURAGES

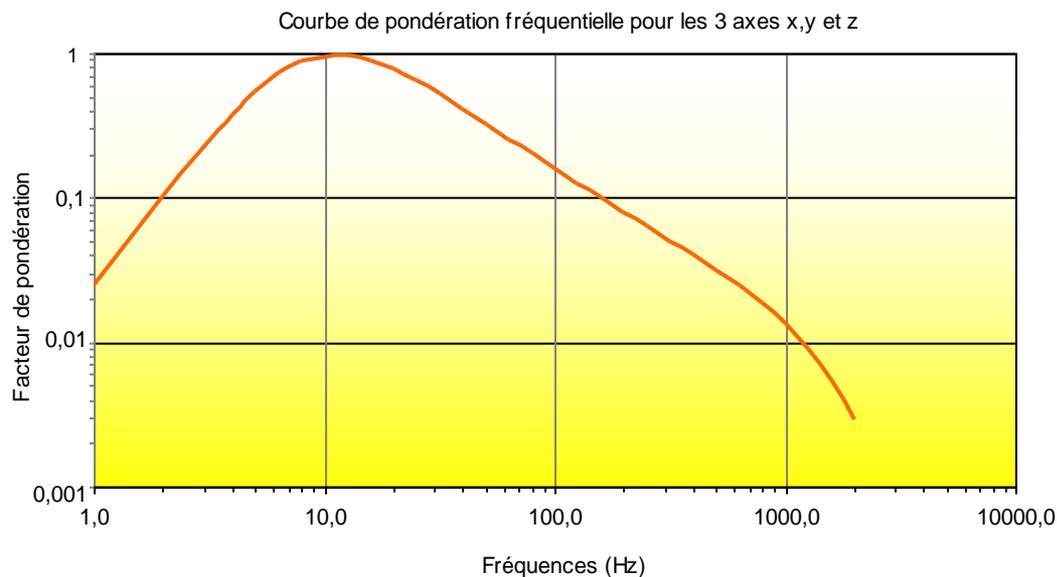
## SYSTEME MAIN-BRAS

### NF EN ISO 5349 1 et 2

## Axes et courbes de pondération



Coordonnées  
biomécaniques



axes X-Y-Z  
entre 6,3 Hz et 1250 Hz

# MESURAGES

## SYSTEME MAIN-BRAS

### Mesurage et calcul de A(8)

D'où la nécessité d'évaluer la durée d'exposition

Valeur totale des vibrations :

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

$a_{hw}$  : accélération efficace pondérée en fréquence



L'exposition quotidienne A(8) est égale à :

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} a_{hv}^2 T}$$

# MESURAGES

## SYSTEME MAIN-BRAS

### Mesurage et calcul de A(8)

Si le travail journalier de l'opérateur comporte plusieurs tâches avec des amplitudes de vibrations différentes, alors :

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i}$$

où : **D'où la nécessité d'évaluer la durée d'exposition**

- $a_{hvi}$  est la valeur totale de vibration pour la ième opération
- $T_i$  est la durée de la ième opération
- $T_0$  est la durée de référence de 8 heures
- $n$  est le nombre d'exposition partielle aux vibrations

# EXEMPLES

## SYSTEME MAIN-BRAS

### Décapage au marteau à aiguilles



- Durée d'exposition quotidienne habituelle : **2 h**
- Niveau d'exposition vibratoire
  - $a_{hv} = 23 \text{ m/s}^2$  soit
  - $A(8) = 11,5 \text{ m/s}^2$
- Durée maximale d'exposition journalière par rapport à la VLE ( $5 \text{ m/s}^2$ ) : **90 mn**
- Durée maximale d'exposition selon la VLE déclenchant l'action ( $2,5 \text{ m/s}^2$ ) : **22 mn**

# EXEMPLES

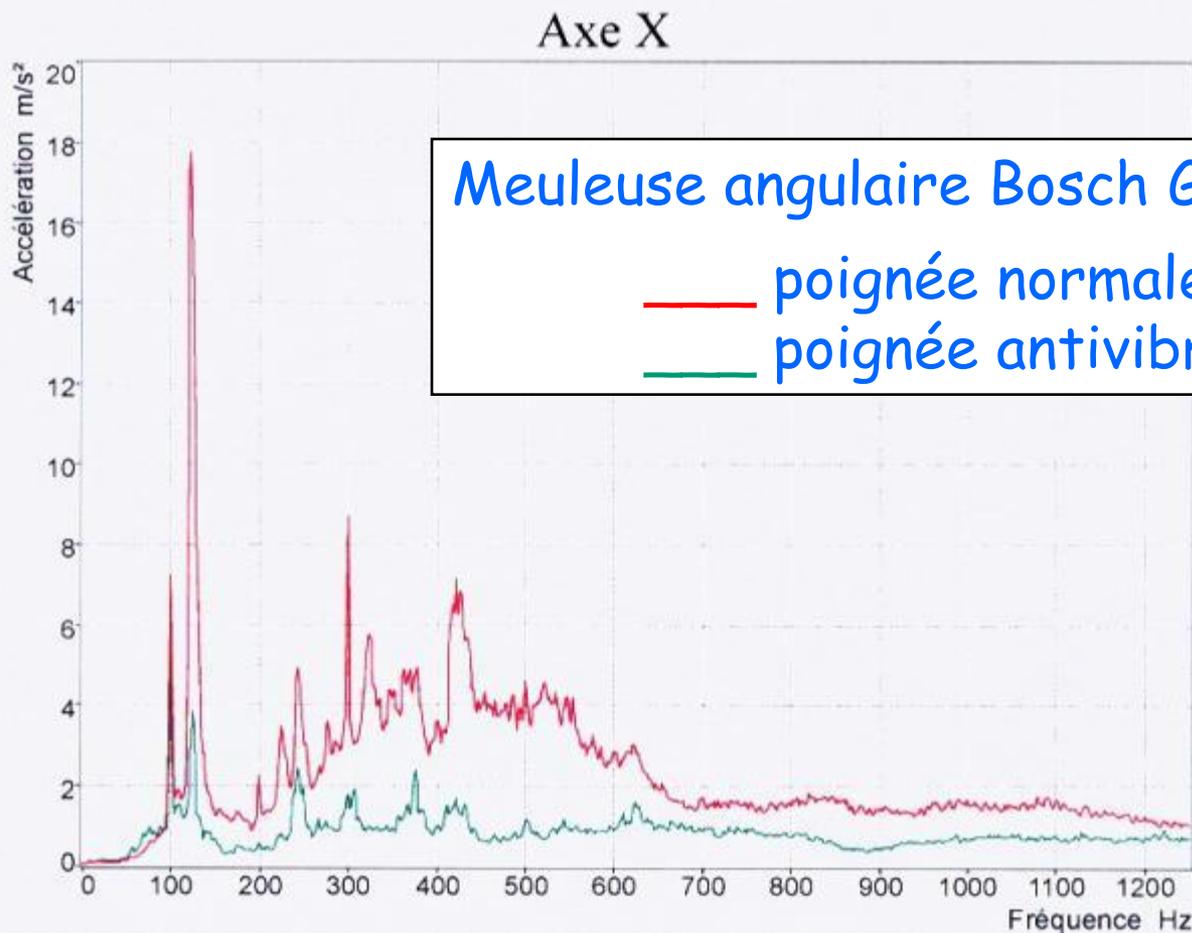
## SYSTEME MAIN-BRAS

### Exemple de résultats sur meuleuses

Meuleuse en charge	Main gauche	$a_{hv}$	$a_{hv}$	$a_{hv}$	$a_{hv}$	Durée expo. limite (2,5 m/s <sup>2</sup> )	Durée expo. limite (5,0 m/s <sup>2</sup> )
		x	y	z			
G. Renault K190B4 (droite)	poignée normale système auto-équilibrage ?	0,5	2,9	1,7	<b>3,4</b>	4 h 30	> 8 h
Bosch GWS 9-125 (angulaire)	- poignée "antivibratile"	1,9	1,7	1,8	<b>3,1</b>	5 h 15	> 8 h
	- poignée normale	4,4	1,9	2,1	<b>5,2</b>	1 h 45	7 h 15
	- <i>poignée normale + brosse métallique</i>	7,3	3,7	3,5	<b>8,8</b>	0 h 38	2 h 30
Atlas Copco GTG40 (turbine)	poignée normale système auto-équilibrage	3,6	4,1	3,2	<b>6,3</b>	1 h 15	5 h 00
Hilti DC230 " <i>découpe</i> "	poignée normale	9,0	8,1	4,4	<b>12,9</b>	0 h 18	1 h 15
G. Renault KA20085 (angulaire)	- poignée "antivibratile"	2,0	1,7	2,0	<b>3,3</b>	4 h 30	> 8 h
	- poignée normale	3,0	3,1	1,9	<b>4,7</b>	2 h 15	> 8 h

# EXEMPLES

## SYSTEME MAIN-BRAS



Meuleuse angulaire Bosch GWS 9-125

— poignée normale

— poignée antivibratile

# MESURAGES

## SYSTEME CORPS ENTIER

### ISO 2631-1

#### Axes et courbes de pondération

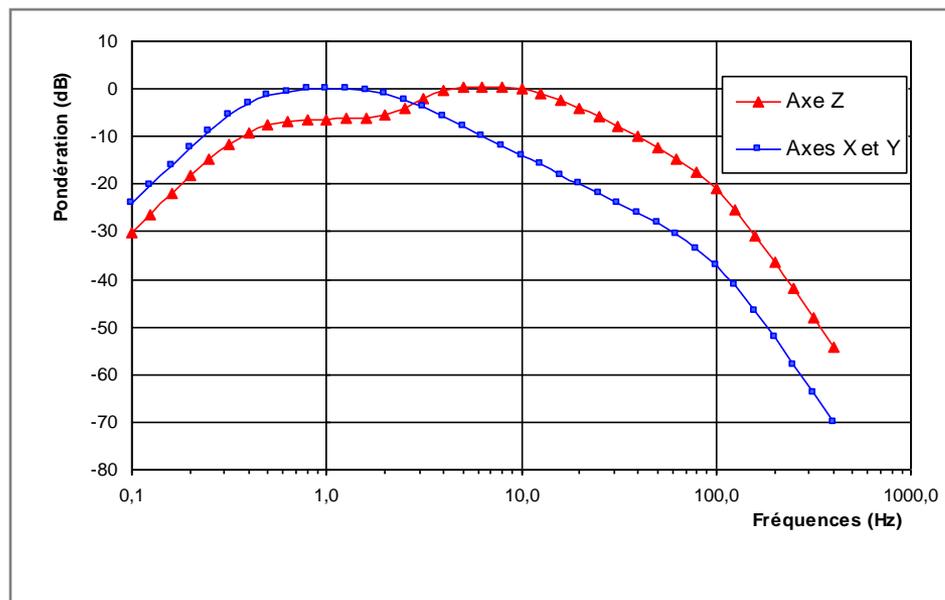


Axe Z

Axe Y

Axe X

Coordonnées  
biomécaniques



axes X-Y-Z entre 0,5 Hz et 80 Hz

# MESURAGES

## SYSTEME CORPS ENTIER

Mesurage et calcul de A(8)

NF EN 14253

Effet des vibrations sur la santé : Accélération équivalente

$$a_{eq} = \max (1,4 a_{wx}, 1,4 a_{wy}, a_{wz})$$

$a_w$  : valeur efficace pondérée en fréquence de l'accélération

D'où la nécessité  
d'évaluer la durée  
d'exposition

L'exposition quotidienne A(8)  
est égale à :

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} a_{eq}^2 T}$$

# MESURAGES

## SYSTEME CORPS ENTIER

### Mesurage et calcul de A(8)

### NF EN 14253

Si l'exposition quotidienne comporte plusieurs engins avec des amplitudes de vibrations différentes et **le même axe dominant** :

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{eqi}^2 T_i}$$

où **D'où la nécessité d'évaluer la durée d'exposition**

- $a_{eqi}$  est la valeur totale de vibration pour la  $i^{\text{ème}}$  opération ou engin
- $T_i$  est la durée de la  $i^{\text{ème}}$  opération
- $T_0$  est la durée de référence de 8 heures

# EXEMPLES

## SYSTEME CORPS ENTIER

### Conduite d'une décapeuse



- Durée d'exposition quotidienne habituelle : **7 heures**
- Niveau d'exposition vibratoire :
  - $a_{eq} = 1,5 \text{ m/s}^2$  soit
  - $A(8) = 1,4 \text{ m/s}^2$
- Durée maximale d'exposition journalière par rapport à la VLE ( $1,15 \text{ m/s}^2$ ) : **4 h 42 min**
- Durée maximale d'exposition par rapport à la VL déclenchant l'action ( $0,5 \text{ m/s}^2$ ) : **53 min**

# EXEMPLES

## SYSTEME CORPS ENTIER Chariots de 1,8 et 3 t

Vide > charge  
Ext > int

Engin	Cas	Lieu	Durée mn s	Accélération m/s <sup>2</sup>					SEAT %
				1,4*a <sub>wx,s</sub>	1,4*a <sub>wy,s</sub>	a <sub>wz,s</sub>	a <sub>wz,p</sub>	a <sub>eq</sub>	
Fenwick H18 (65 kg)	à vide	intérieur	5' 51"	0,32	0,39	0,91	1,85	<b>0,91</b>	49
		extérieur	6' 01"	0,45	0,55	1,15	2,40	<b>1,15</b>	48
	Charge 300 kg	intérieur	4' 13"	0,38	0,42	0,81	1,70	<b>0,81</b>	48
		extérieur	6' 16"	0,45	0,57	0,91	1,95	<b>0,91</b>	47
Fenwick H30 (85 kg)	à vide	intérieur	7' 13"	0,46	0,42	0,84	2,45	<b>0,84</b>	34
		extérieur	4' 30"	0,53	0,64	0,88	2,40	<b>0,88</b>	37
	Charge 1t	intérieur	4' 15"	0,57	0,41	0,65	1,70	<b>0,65</b>	38
		extérieur	4' 44"	0,63	0,59	0,77	2,10	<b>0,77</b>	37

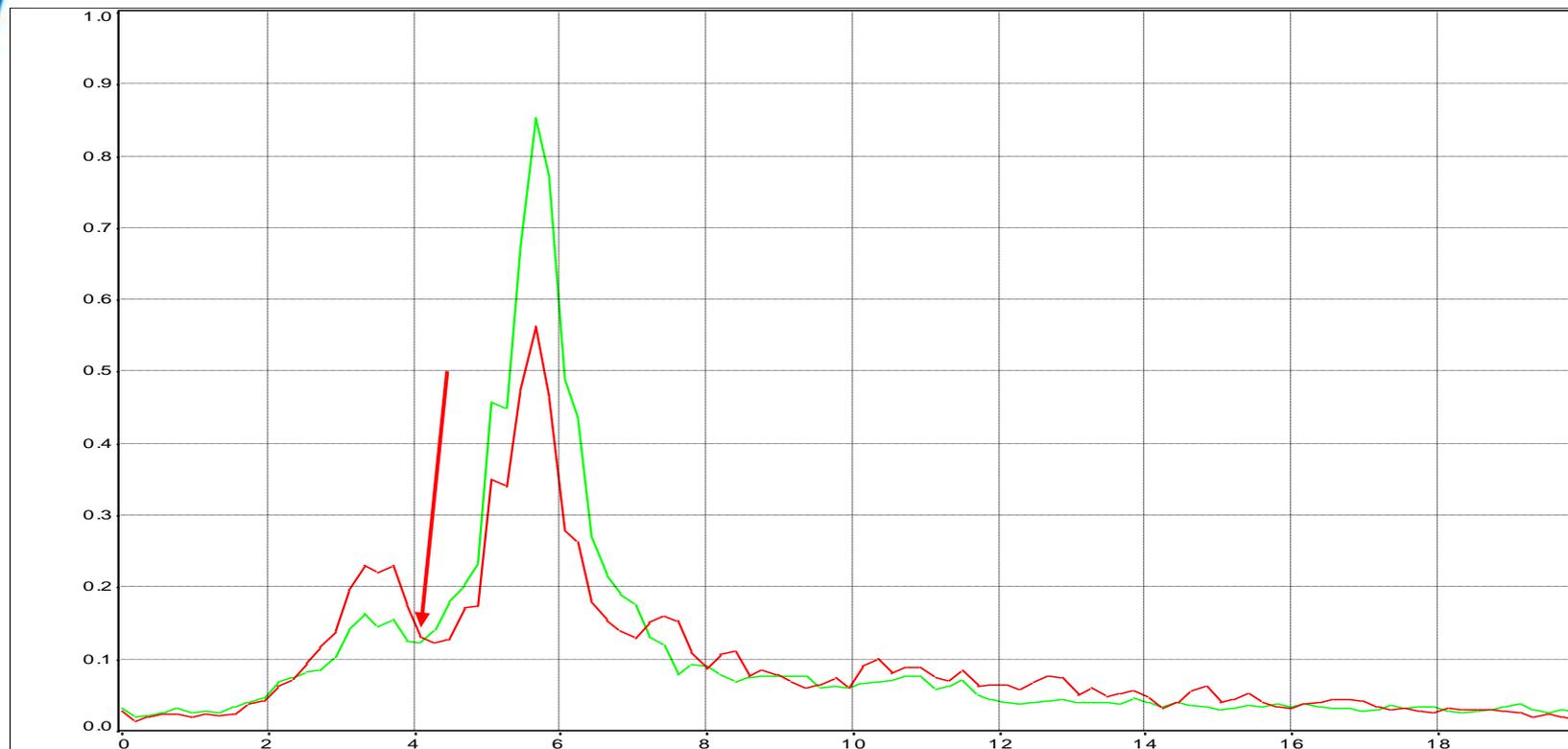
T en charge = 66%  
T en intérieur = 50%  
T à vide = 33%  
T en extérieur = 50%

Engin	a <sub>eq</sub> m/s <sup>2</sup>	Durée expo. limite (0,5 m/s <sup>2</sup> )	Durée expo. limite (1,15 m/s <sup>2</sup> )
Fenwick H18	0,92	2 h 20	> 8 h
Fenwick H30	0,76	3 h 30	> 8 h

# EXEMPLES

## SYSTEME CORPS ENTIER

### Chariot Charlatte n° 22



Essai	temps	Awxs	Awys	Awzs	Awzp	SEAT
1	3' 30	0.35	0.46	1.31	1.71	77 %
2	2' 45	0.38	0.52	1.40	1.89	74 %

# REMARQUE

## SYSTEME CORPS ENTIER

L'accélération équivalente est donnée par la formule :

$$a_{eq} = \max (1,4 a_{wx}, 1,4 a_{wy}, a_{wz})$$

**MAIS EST-CE BIEN REPRESENTATIF DES VIBRATIONS  
AUXQUELLES EST SOUMIS LE CORPS ?**

En référence à la norme ISO 2631-1:1997, où la valeur totale des vibrations est calculée selon la formule:

$$a_v = [ (1,4 \cdot a_{wx})^2 + (1,4 \cdot a_{wy})^2 + (a_{wz})^2 ]^{1/2}$$

La valeur totale des vibrations  $a_v$  peut être utilisée pour compléter l'évaluation des risques pour la santé lorsqu'il n'existe pas d'axe de vibrations dominant ou que les vibrations sont comparables sur deux ou plusieurs axes.