



Évaluation et réduction du risque vibratoire

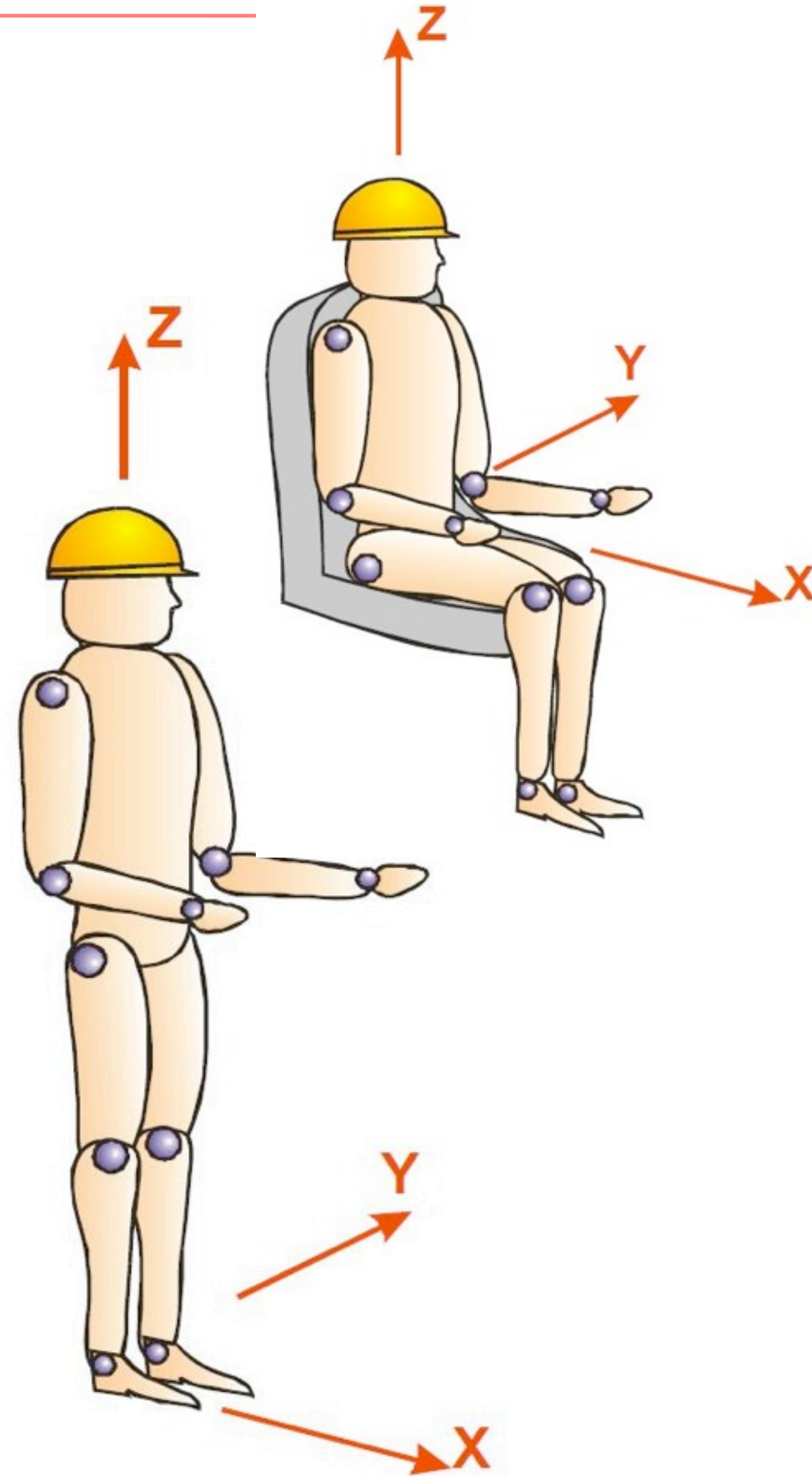


Évaluation et réduction du risque vibratoire pour le corps entier et le système main-bras

Pierre Marcotte, IRSST

Les vibrations corps entier

- Les vibrations corps entier sont transmises à la colonne vertébrale par l'assise ou les pieds
- Il peut s'agir de matériels roulants ou de postes de travail fixes
- Les risques d'atteinte à la santé dépendent surtout du niveau de vibration et de la durée d'exposition



Types de machines vibrantes



Chariots élévateurs et transpalettes



Véhicules de transport routier



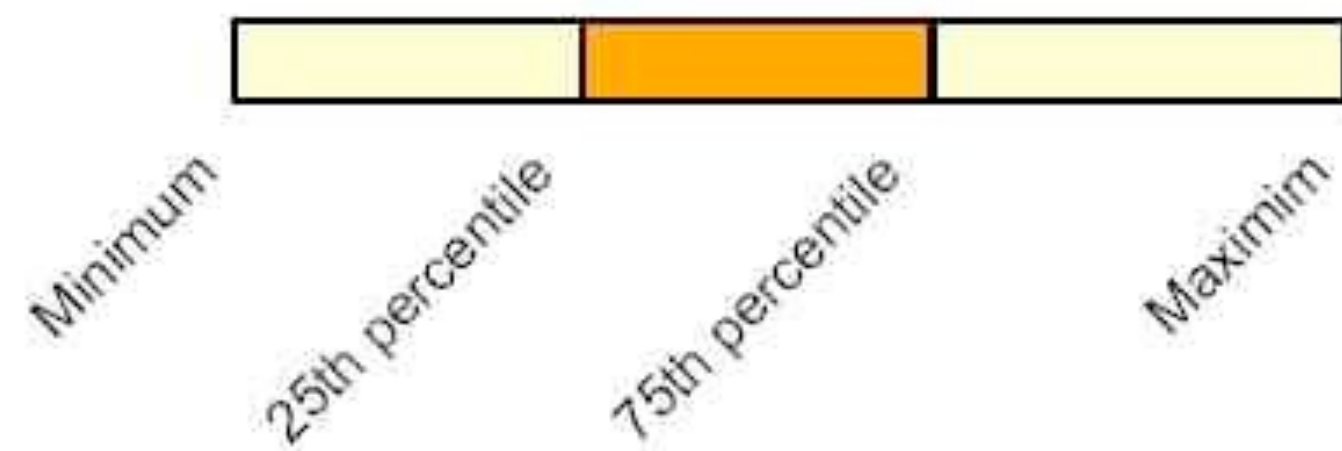
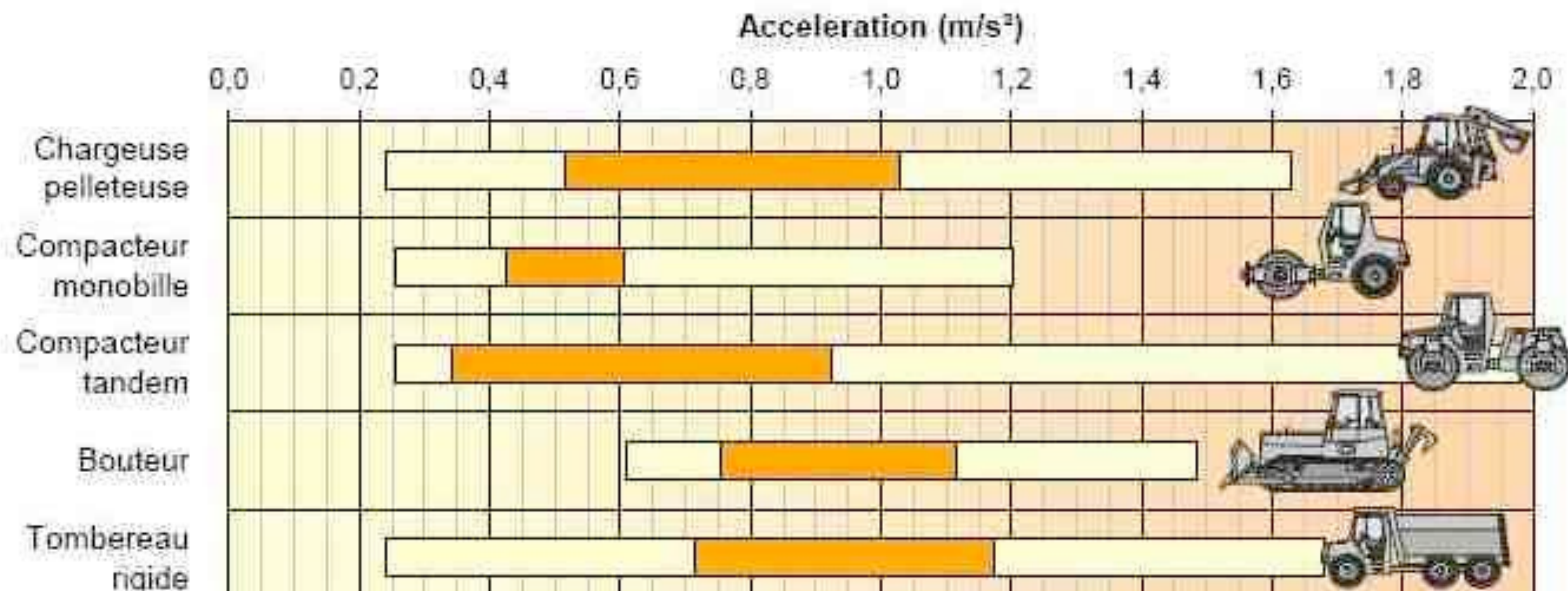
Véhicules de chantier



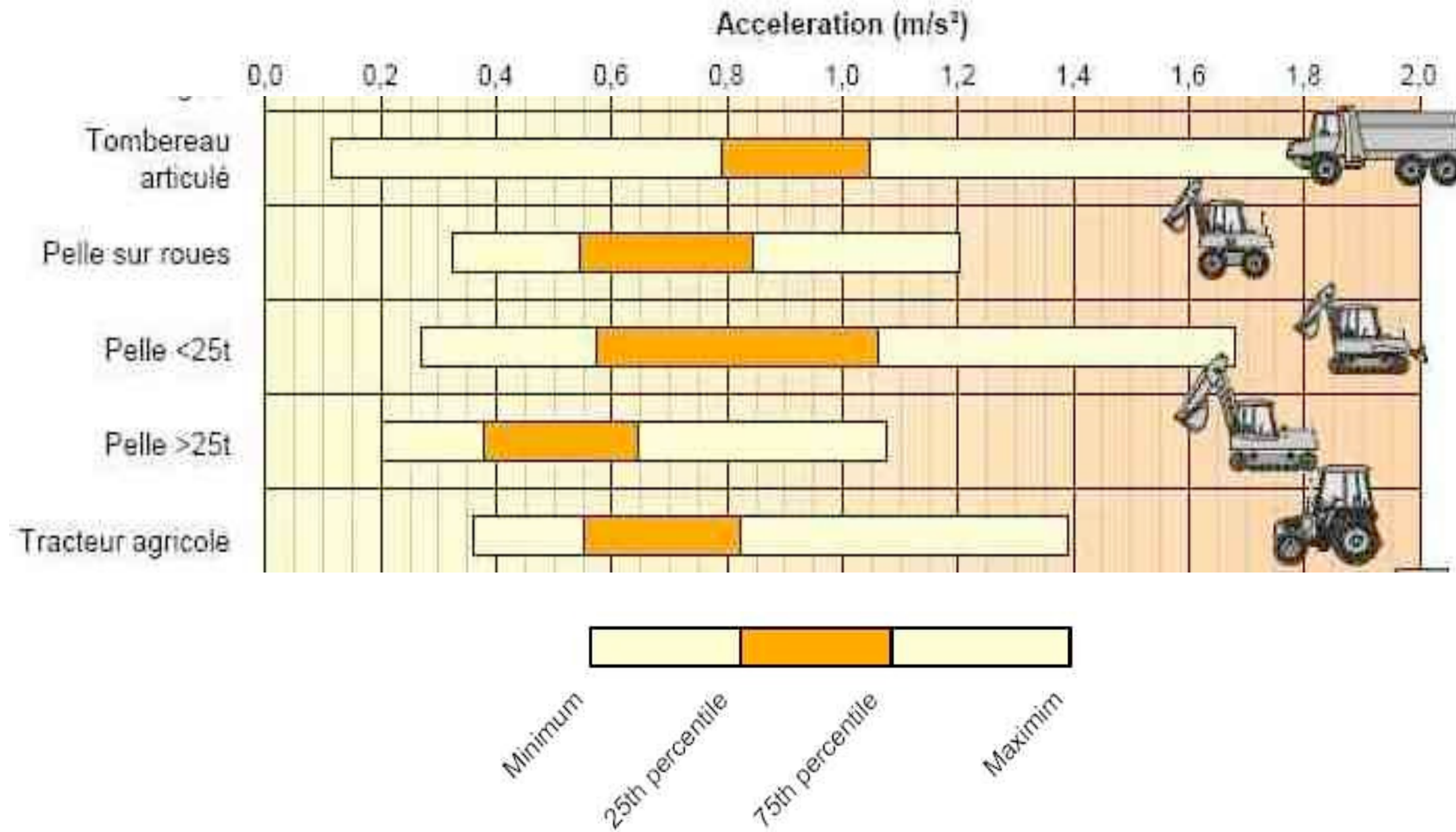
Véhicules miniers



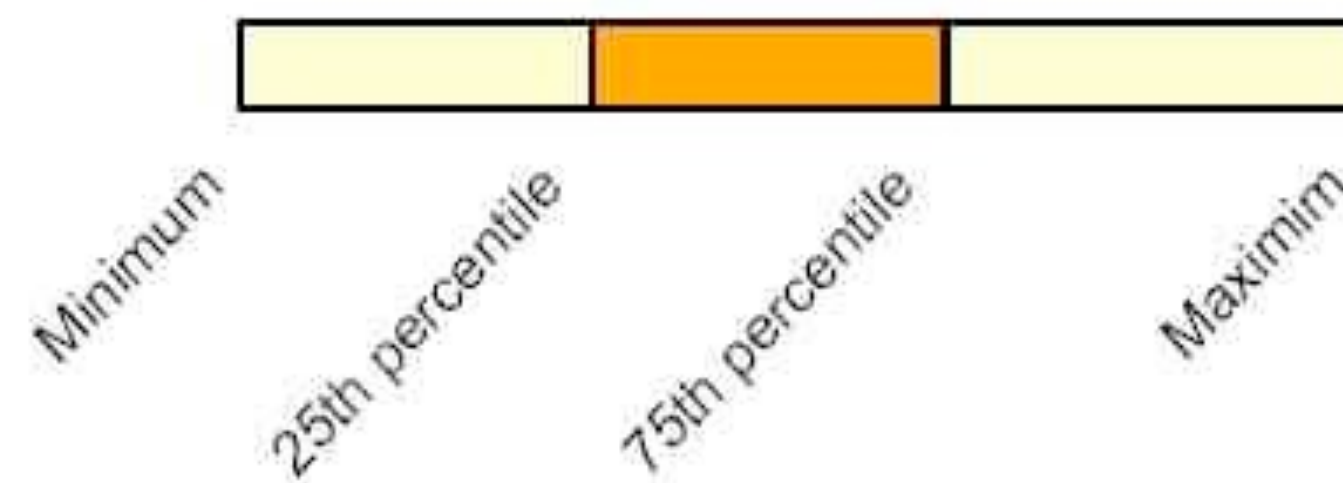
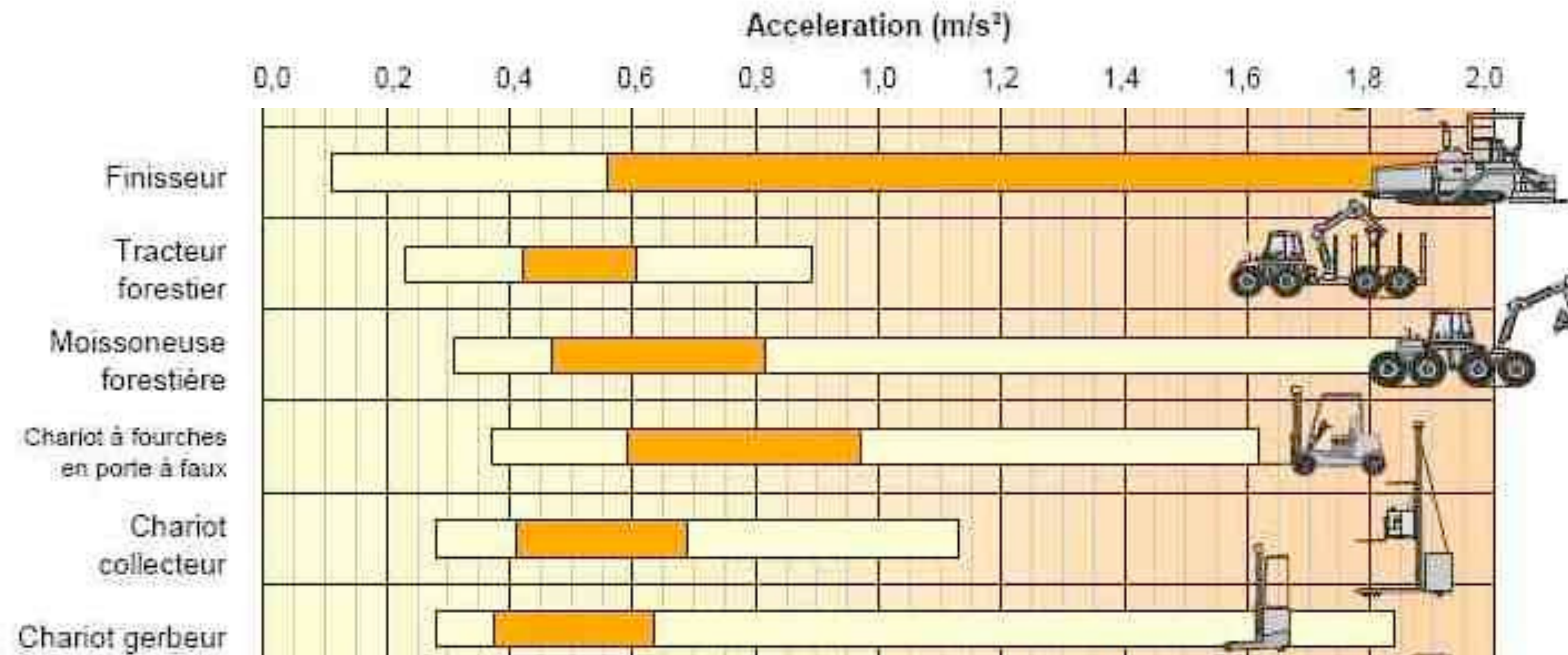
Vibration selon type de machine



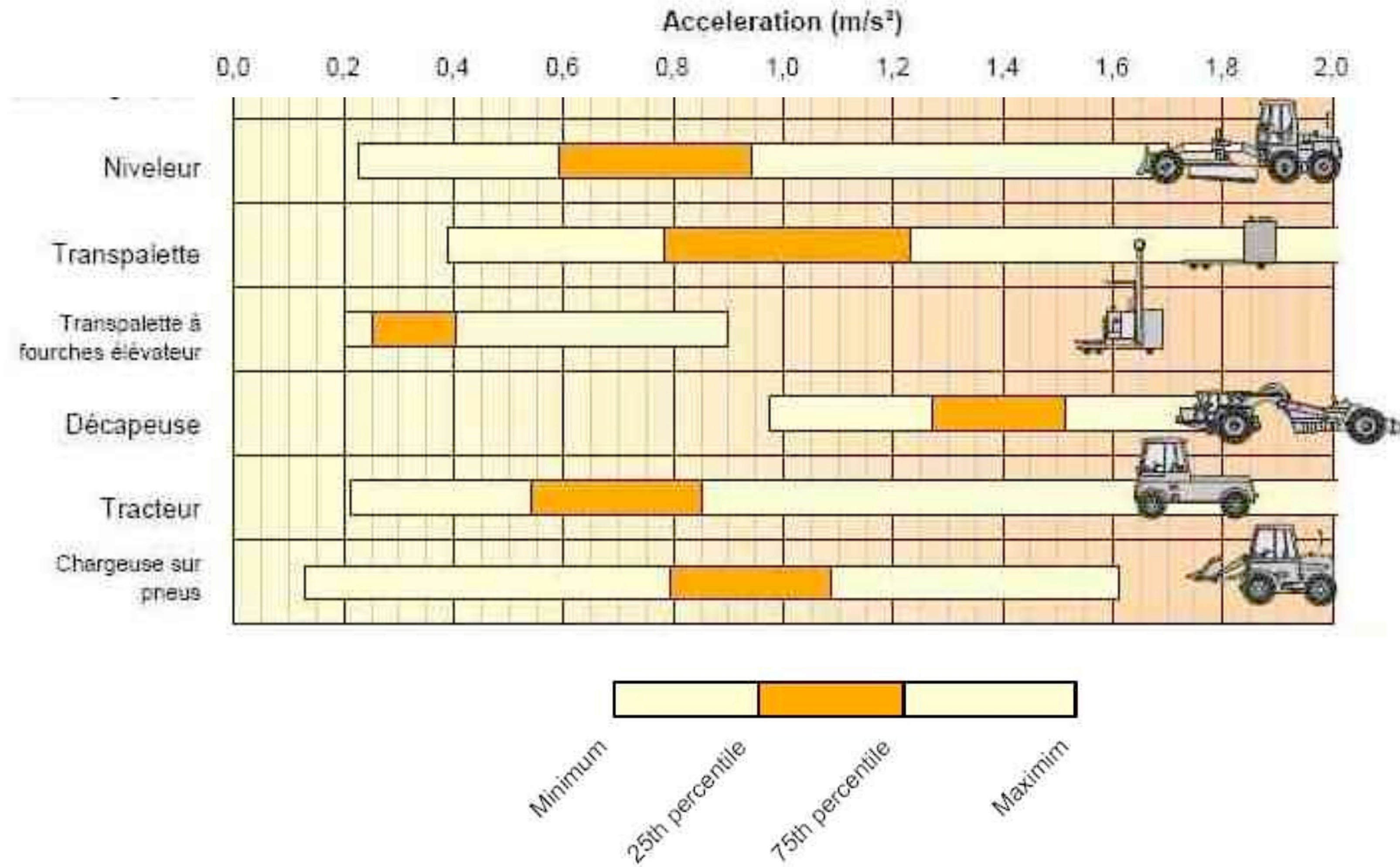
Vibration selon type de machine (suite)



Vibration selon type de machine (suite)

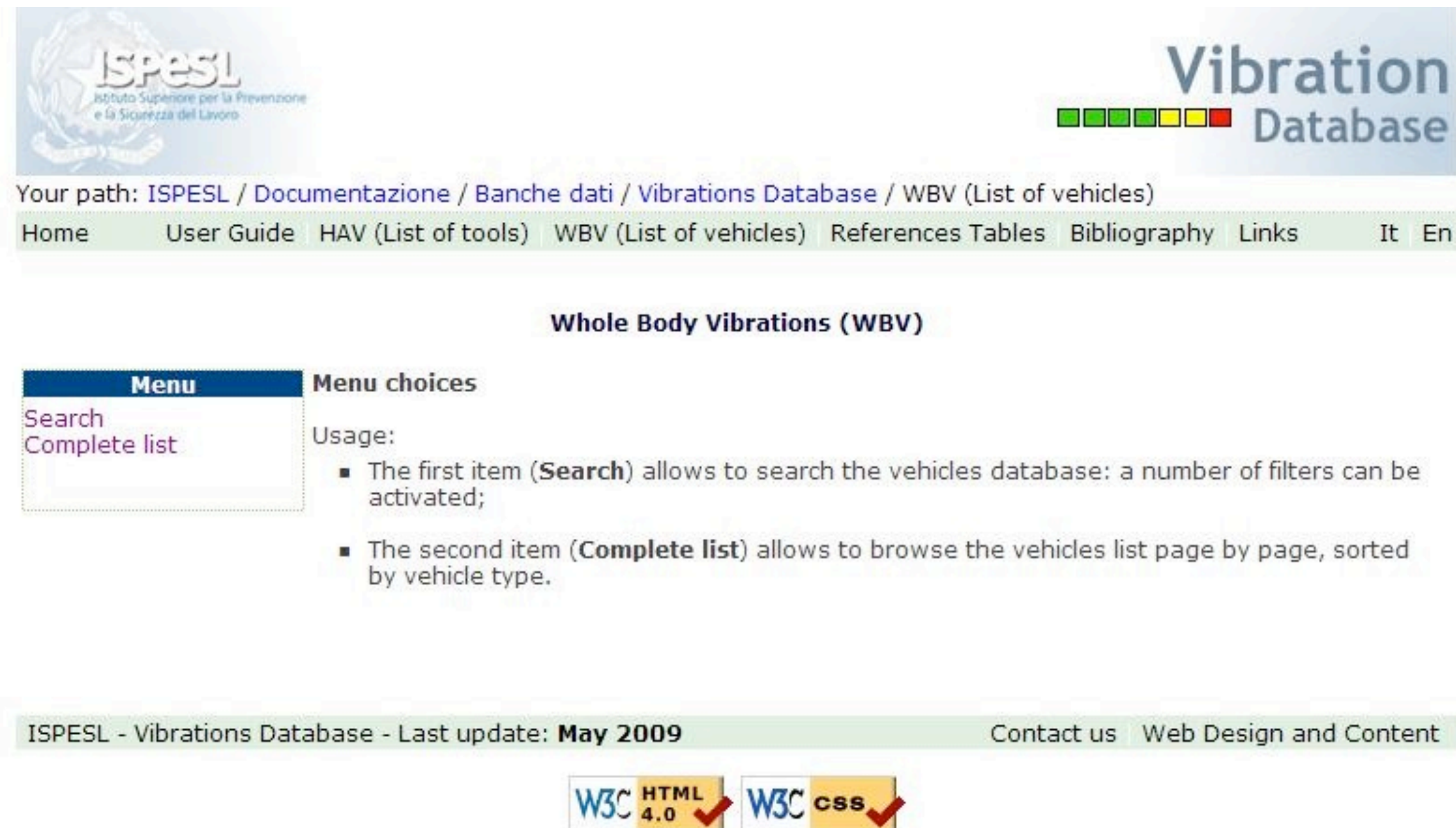


Vibration selon type de machine (suite)



Bases de données de machines

- Les valeurs d'émission vibratoire peuvent être estimées à partir de bases de données :
 - <http://www.vibration.db.umu.se/Default.aspx?lang=EN>
 - <http://www.ispesl.it/vibrationDatabase/menuWBV.asp?lang=en>



The screenshot shows the ISPEL Vibration Database website. At the top left is the ISPEL logo (Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro). At the top right is the 'Vibration Database' title with a color-coded bar. Below the title is a breadcrumb trail: 'Your path: ISPEL / Documentazione / Banche dati / Vibrations Database / WBV (List of vehicles)'. A navigation menu includes 'Home', 'User Guide', 'HAV (List of tools)', 'WBV (List of vehicles)', 'References Tables', 'Bibliography', 'Links', 'It', and 'En'. The main heading is 'Whole Body Vibrations (WBV)'. A 'Menu' box contains 'Search' and 'Complete list'. The 'Menu choices' section explains the usage: 'The first item (Search) allows to search the vehicles database: a number of filters can be activated;' and 'The second item (Complete list) allows to browse the vehicles list page by page, sorted by vehicle type.' At the bottom, it says 'ISPEL - Vibrations Database - Last update: May 2009' and 'Contact us Web Design and Content'. There are also W3C HTML 4.0 and W3C CSS validation logos.



Bases de données de machines (suite)


Print

ISPESL - Vibrations Database - Vehicle Details

Manufacturer/Model	KOMATSU	PC 20 R
Vehicles Type		
Power Supply	Diesel engine	
Data provided by:	C.P.T. Torino	Dicembre 2008

Technical specifications

Manufacturer	KOMATSU
Model	PC 20 R
Vehicles Type	
Power [KW]	113,41
Weight [Kg]	2300
Technical notes	
Reference Standard	
Declared noise level	96
Declared vibration level [m/sec ²]	



Field measurement (analytical method)

Date of measurement	24/01/2007	Measurement position	Seat
Reference	CPT-Torino	Weighted values ISO 2631/1997 (0=n.d.)	
Place of measurement	MONCALIERI (TO)	a w x	0,31 m/sec ²
Sector of measurement	Costruzioni edili	a w y	0,2 m/sec ²
Masurement methods		a w z	0,46 m/sec ²
Accessories used	martello demolitore	a w max	0,46 m/sec ²
		A(8) (m/sec²)	
		0,16	0,23
		0,28	0,33
		0,36	0,4
		0,43	0,46
		1	2
		3	4
		5	6
		7	8
		Exposure time (hours)	

$$a_w = 0,46 \text{ m/s}^2$$



Bases de données de machines (suite)

- Feuille excel « Osev » permettant d'apprécier le risque. Téléchargeable (inscription requise) : <http://www.carsat-mp.fr/entreprises/tms/osev-inscription.htm>

OSEV, Outil Simplifié d'Evaluation des expositions aux Vibrations

Evaluation de l'exposition vibratoire quotidienne au cours d'une journée de travail

Nom du salarié: _____ Fonction: _____
Entreprise / agence: _____ Date d'évaluation: _____

Etape 1 - Définir les véhicules utilisés par l'opérateur

Choix engin n°1: _____ Choix engin n°2: _____ Choix engin n°3: _____ Choix engin n°4: _____

Type de véhicules	Référence du véhicule
n°1 bus	...

Etape 2 - Définir les conditions d'utilisation (CU) des véhicules par l'opérateur

Choix CU n°1: _____

	Le conducteur	Le siège	L'environnement
n°1	conducteur fermé conduite souple	siège simple / véhicule	surfaces lisses vitesse non limitée

Etape 3 - Définir la durée réelle d'exposition de l'opérateur aux vibrations

Choix durée n°1: _____

n°1	8:00
-----	------

Tout effacer

Résultat de l'exposition vibratoire sur 8 heures

pour l'ensemble des véhicules : **0,45 m.s-2 (A8)**

0,5 1,15

0,45

Valeur d'action Valeur limite d'exposition journalière

L'exposition vibratoire du salarié est sous la valeur réglementaire : maintenez les paramètres en l'état.

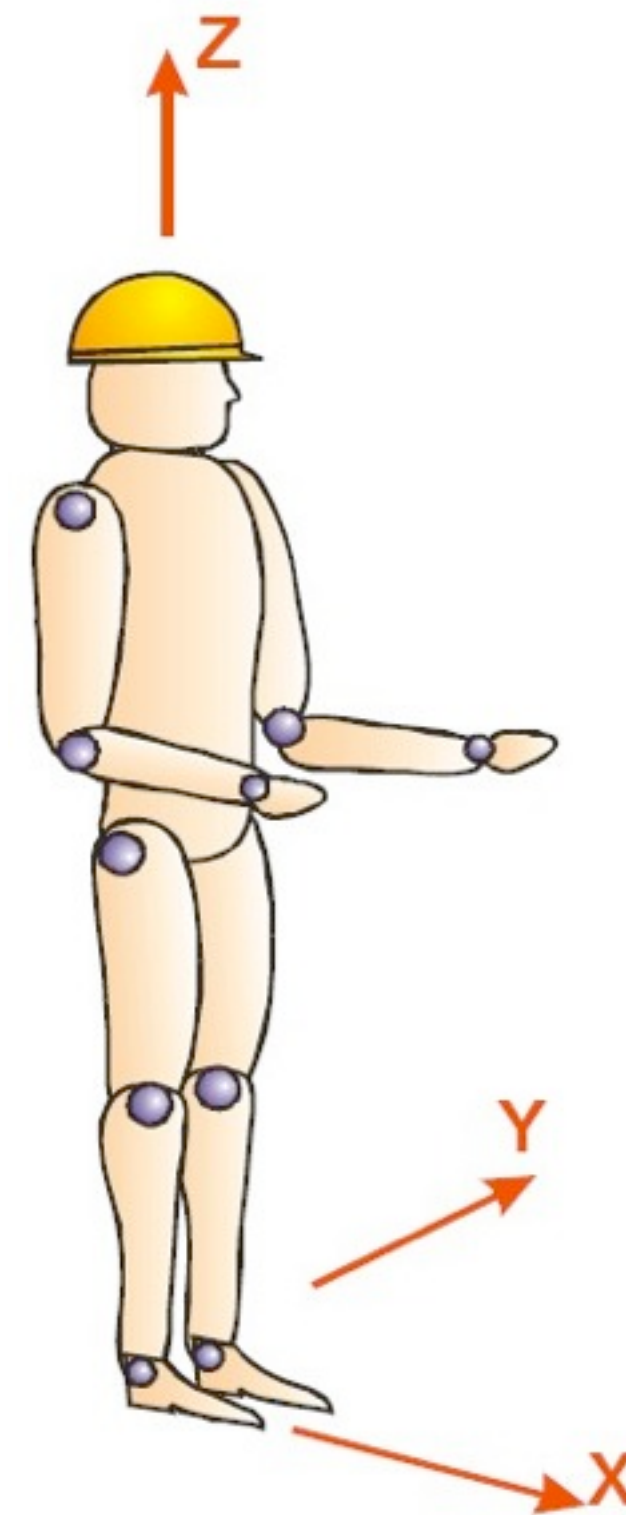
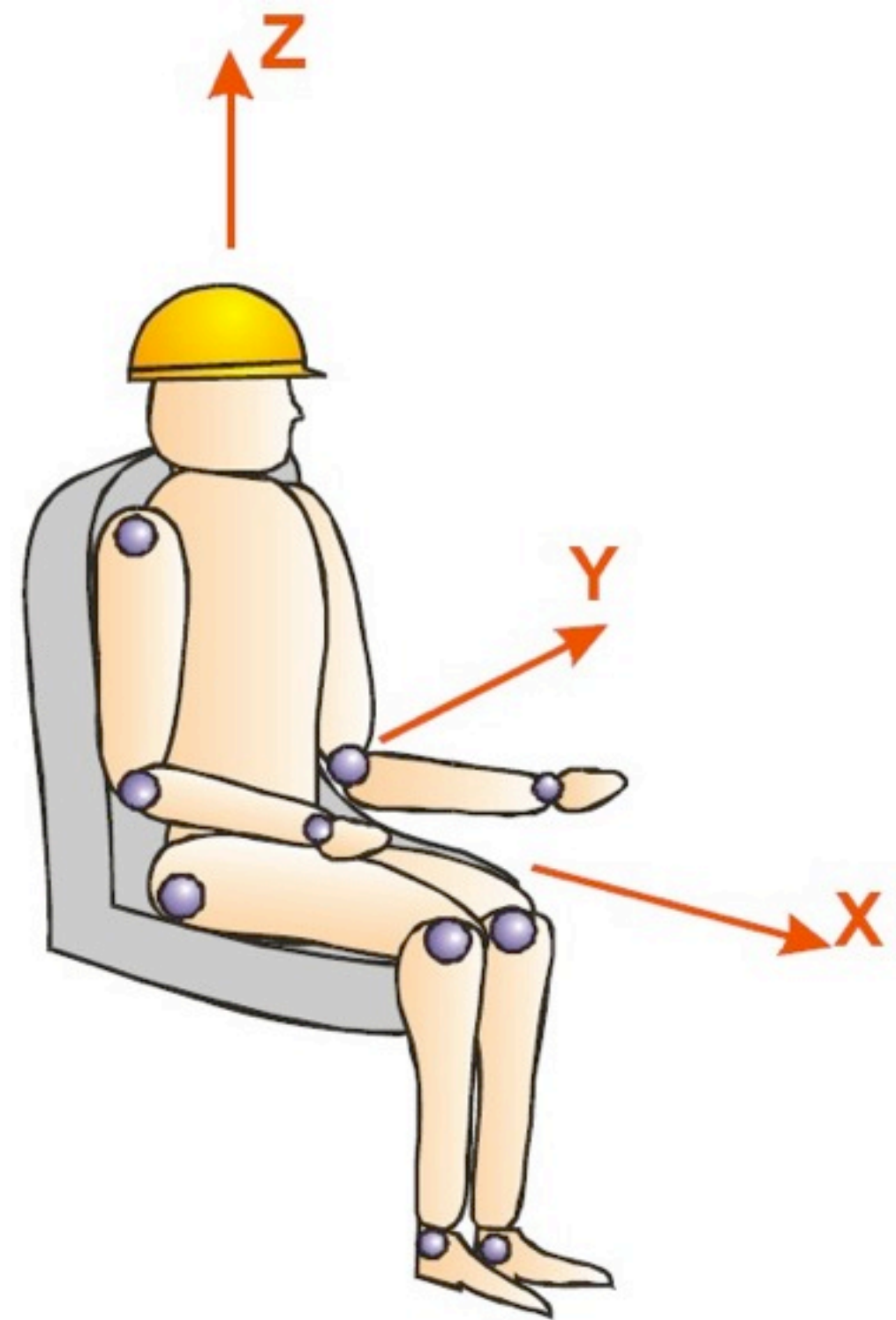
Des pistes d'actions sont proposées en cliquant sur le bouton

par véhicule en m.s-2 (A8) :
n°1 bus 0,45



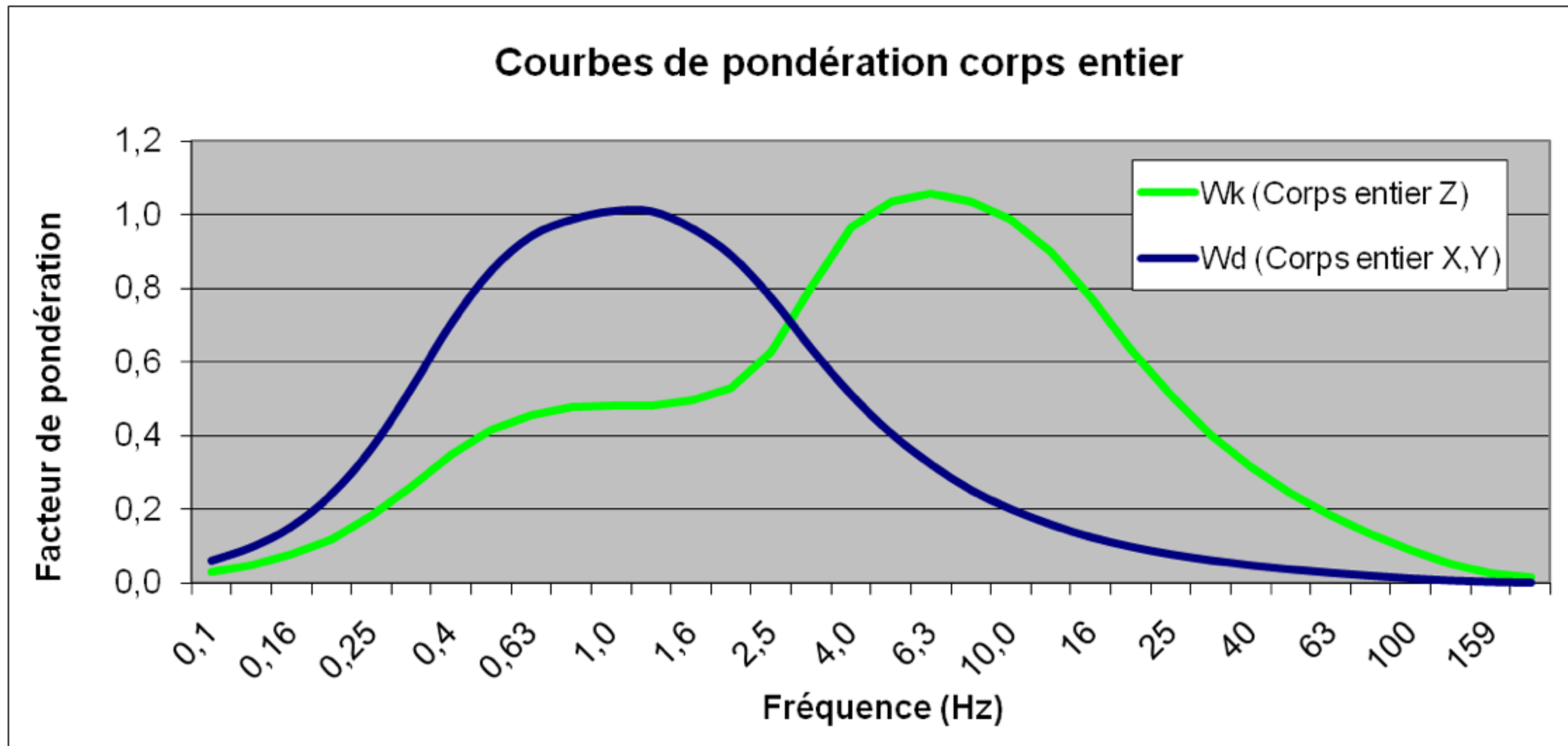
Mesures des vibrations globales du corps

- Les vibrations globales du corps sont mesurées à l'aide d'un accéléromètre selon trois directions (x, y et z)
- Pour les vibrations globales du corps, les fréquences pertinentes sont entre 0,5 Hz et 125 Hz
- Application d'une pondération fréquentielle



Mesures des vibrations globales du corps

- Pour les vibrations corps entier, courbes de pondération différentes selon l'axe vertical (z) et les axes latéraux (x, y)



Mesures des vibrations globales du corps

- Accéléromètre de siège entre l'assise et le travailleur



- Accéléromètre triaxial fixé au plancher (travailleur debout)



Mesures des vibrations globales du corps

Pour évaluer un siège à suspension:

- Accéléromètre de siège entre l'assise et le travailleur
- Accéléromètre mono axial fixé à la base du siège, orienté selon la direction verticale



Mesures des vibrations globales du corps

- Pour une même machine et une même tâche, faire les mesures sur une durée totale d'au moins 20 minutes
 - 4 mesures de 5 minutes
 - 3 mesures de 10 minutes
 - ...
- Vérifier l'écart entre les mesures et reporter la valeur moyenne des mesures



Mesures des vibrations globales du corps

- En général, les mesures de vibration se font à l'aide d'un dosimètre de vibration (accéléromètre relié à un appareil)
- Les dosimètres de vibration donnent directement le niveau de vibration pondéré
- Exemples de dosimètre de vibration:
 - Vib008 de 01dB
 - HVM 100 de Larson–Davis
 - Analyseur type 4447 de Bruël & Kjær
 - EVEC de Micromega Dynamics (corps entier seulement)



Calcul de l'accélération pondérée

- Pondération différente pour l'axe vertical (z: W_k) par rapport aux axes latéraux (x, y: W_d)
- Les valeurs d'accélération efficace (rms) pondérées mesurées selon les trois axes x, y et z sont: a_{wx} , a_{wy} et a_{wz}
- La valeur d'émission vibratoire a_w est la valeur d'accélération maximale selon les trois axes :
 a_w : Maximum de $(1,4 \times a_{wx} ; 1,4 \times a_{wy} ; 1,0 \times a_{wz})$
- Peut être nécessaire de calculer la VDV



Calcul de l'exposition journalière

■ Calcul de la dose vibratoire sur 8 heures: $A(8)$

■ Une seule machine :

$$A(8) = a_w \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

a_w : émission vibratoire de la machine

T : durée d'exposition journalière en heure

T_0 : durée de référence (8 heures pour une journée)

□ Plusieurs machines ou plusieurs tâches :

$$A_x(8) = \sqrt{(A_{1x}(8))^2 + (A_{2x}(8))^2 + (A_{3x}(8))^2 + (A_{4x}(8))^2 + \dots}$$

$$A_{ix}(8) = a_{ix} \sqrt{\frac{T_i}{T_0}}$$

$A_{ix}(8)$: exposition de la tâche i sur 8 heures selon x

a_{ix} : émission vibratoire de la tâche i selon l'axe x

T_i : durée d'exposition à la tâche i

T_0 : durée de référence (8 heures pour une journée)



Calcul de l'exposition journalière

- De façon similaire, pour les autres axes:

$$A_y(8) = \sqrt{(A_{1y}(8))^2 + (A_{2y}(8))^2 + (A_{3y}(8))^2 + (A_{4y}(8))^2 + L}$$

$$A_z(8) = \sqrt{(A_{1z}(8))^2 + (A_{2z}(8))^2 + (A_{3z}(8))^2 + (A_{4z}(8))^2 + L}$$

Avec: $A_{iy}(8) = a_{iy} \sqrt{\frac{T_i}{T_0}}$ et: $A_{iz}(8) = a_{iz} \sqrt{\frac{T_i}{T_0}}$

Enfin, la valeur totale d'exposition sur 8 heures:

$A(8)$: Maximum de $(1,4 \times A_x(8); 1,4 \times A_y(8); 1,0 \times A_z(8))$



Calcul de la VDV

- VDV: Valeur de dose vibratoire
- Utilise le signal à la puissance 4 plutôt qu'à la puissance 2 (valeur efficace ou rms)
- Unités physiques en $m/s^{1,75}$
- Prend mieux en compte les impacts, les chocs et les contrecoups
- Doit être calculé et reporté si le facteur crête du signal pondéré est plus grand que 9
 - Facteur crête: valeur maximale du signal divisé par la valeur efficace (rms) moyenne



Calcul du facteur SEAT (pour sièges)

- Facteur **SEAT**: (**S**eat **E**ffective **A**mplitude **T**ransmissibility)
- Accélération moyenne (rms) pondérée au siège divisée par l'accélération moyenne (rms) pondérée au plancher (en général, seulement pour la direction verticale)

$$SEAT = \frac{a_{wz,siège}}{a_{wz,plancher}}$$


- Un facteur inférieur à 1,0 représente une atténuation des vibrations, tandis qu'un facteur supérieur à 1,0 représente une amplification des vibrations



Calculateur de l'exposition

<http://www.hse.gov.uk/vibration/wbv/calculator.htm> (en anglais)

wbv.xls [Lecture seule] [Mode de compatibilité]



Whole-Body Vibration Calculator

Daily Vibration Exposure A(8)

K-factor included in input values

Operation description	Measured or estimated vibration magnitude		
	a _w x-axis m/s ²	a _w y-axis m/s ²	a _w z-axis m/s ²
1 Tracteur	0,5	0,2	0,2
2 Excavateur	0,5	0,7	0,3
3			
4			
5			
6			

Exposure time	
hours	mins
1	5
5	32

Partial Daily Vibration Exposures		
A(8) x-axis m/s ² A(8)	A(8) y-axis m/s ² A(8)	A(8) z-axis m/s ² A(8)
0,26	0,10	0,07
0,58	0,82	0,25

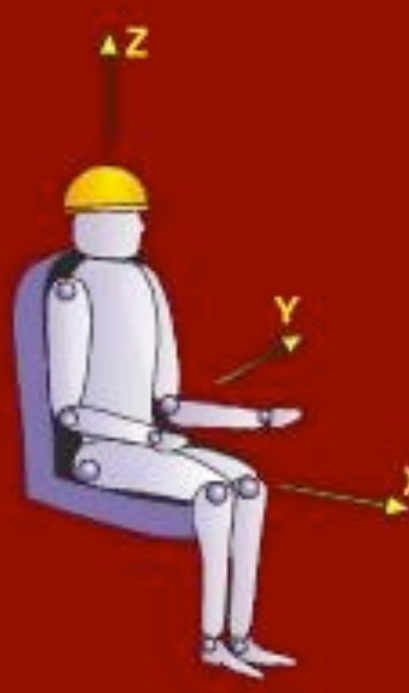
Total A(8) exposures		
0,64	0,83	0,26

Daily Vibration exposure, m/s² A(8)

0,83

Colour key	
Less than EAV (0.5 m/s ² A(8)):	Green
EAV (0.5 m/s ² A(8)) or higher:	Yellow
ELV (1.15 m/s ² A(8)) or higher:	Red

Copy descriptions from VDV calculator



Reset calculator
Go to VDV calculator
Print
HELP
Re-size screen

Version 1.06 March 2006
© Crown copyright 2006



Quel est le niveau à ne pas dépasser ?

- En Amérique du Nord, il n'y a pas de réglementation pour les vibrations

En Europe, directive 2002/44/EC:

- Seuil d'action d'exposition journalier $A(8)$ de $0,5 \text{ m/s}^2$, au-delà duquel l'employeur doit prendre des mesures de prévention
 - Ou VDV de $9,1 \text{ m/s}^{1,75}$
- Seuil limite d'exposition journalier $A(8)$ de $1,15 \text{ m/s}^2$ à ne pas dépasser (limite absolue)
 - Ou VDV de $21 \text{ m/s}^{1,75}$



Réduction des risques

- Minimiser les mauvaises postures pendant la conduite ou l'utilisation d'une machine
- Éviter la position assise prolongée sans pouvoir changer de position (surtout si exposition à des vibrations)
- Éviter le levage ou le transport manuel de charges lourdes ou encombrantes
- Entretenir sol, réparer les nids de poules, enlever les obstacles du sol
- Entretenir la machinerie et les pneus
- Choisir de la machinerie moins vibrante
- Prévoir des périodes de repos
- Prévoir des rotations de poste de travail



Réduction des risques (suite)

- Utiliser des moyens de protection:
 - Siège à suspension
 - Cabine suspendue
- Réduire le temps d'exposition
- Limiter la vitesse des véhicules
- Minimiser les distances de déplacement
- Choisir des méthodes de travail exposant moins les travailleurs aux vibrations
- Améliorer la visibilité du travailleur depuis sa cabine (éviter la torsion du cou)
- Modifier la position des commandes de la machine (pour éviter les étirements répétés)



Réduction des risques (suite)

Siège à suspension:

- Doit être adapté au type de véhicule
 - Doit être ajusté selon le poids de l'individu
 - Doit être entretenu
- Sinon peut amplifier les vibrations au lieu de les atténuer



Lectures additionnelles

- Norme ISO 2631-1 (mesure des vibrations, vibrations globales du corps)
- Guide des bonnes pratiques en matière de Vibrations globales du corps (téléchargeable)
<http://www.sante.public.lu/publications/impacts-milieu-vie/sante-travail/guide-bonnes-pratiques-vibrations-globales-corps/guide-bonnes-pratiques-vibrations-globales-corps.pdf>

