

Vibrations transmises à l'ensemble du corps



Vibrations corps entier: Certains métiers concernés

Les *vibrations corps entier* sont transmises à la *colonne vertébrale par l'assise ou les pieds*.

Conducteur de poids lourds et de camions

Conducteur d'engins de terrassement

Conducteur de chariots élévateurs

Conducteur de grues, d'engins de levage

Employeur du service des stocks

Maçons

Manutentionnaire

Conducteur d'autobus et de tramways

Chauffeur taxi et conducteur automobiles et de camionnettes



Vibrations corps entier: Types de machines



Chariots élévateurs
et transpalettes



Véhicules de
transport routier



Véhicules de chantier



Véhicules miniers

Tractopelle



Compacteur monobille



Compacteur tandem



Pelle sur pneus



Pelle > 25 t



Pelle < 25 t



Nivelleuse



Tracteur



Débusqueuse



Bouteur



Dumper

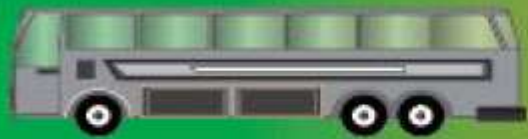


Tombereau



Décapeuse





Bus



Semi-remorque



Tracteur forestier



Tracteur agricole



Camion porteur



Chariot collecteur



Chariot à fourche en porte à faux



Chariot gerbeur

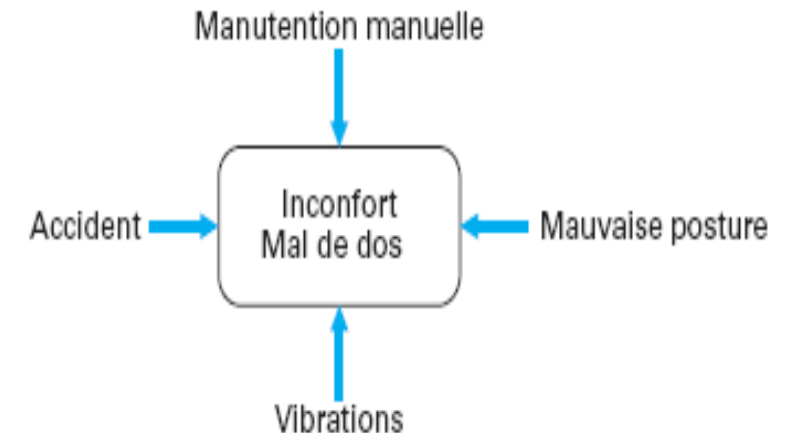


Transpalette

Vibrations corps entier: Effets sur la santé

La conduite régulière d'un véhicule ou d'un engin de chantier, de transport ou de manutention peut exposer les salariés à des niveaux élevés de vibrations. Transmises à l'ensemble du corps, ces vibrations peuvent favoriser la survenue de douleurs particulièrement au niveau du dos.

- ❑ **Lombalgie:** douleurs lombaires
 - ❑ **Hernies discales**
 - ❑ **Dégénérescence précoce de la colonne vertébrale**
 - ❑ **Douleurs au niveau du cou et des épaules.**
- position assise dans des postures contraignantes,
 - position assise prolongée,
 - torsion fréquente de la colonne vertébrale,
 - rotation ou inclinaison maintenue ou fréquente de la tête,
 - manutention manuelle fréquente,
 - mouvements imprévus,
 - montée et descente répétées de l'engin.



Vibrations corps entier: Effets sur la santé

Régime général Tableau 97

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 de la maladie	Délai de prise en charge	Liste limitative des travaux susceptibles de provoquer ces maladies
Sciatique par hernie discale L4-L5 ou L5-S1 avec atteinte radiculaire de topographie concordante. Radiculalgie crurale par hernie discale L2-L3 ou L3-L4 ou L4-L5, avec atteinte radiculaire de topographie concordante.	6 mois (sous réserve d'une durée d'exposition de 5 ans).	Travaux exposant habituellement aux vibrations de basses et moyennes fréquences transmises au corps entier : - par l'utilisation ou la conduite des engins et véhicules tout terrain : chargeuse, pelleteuse, chargeuse-pelleteuse, niveleuse, rouleau vibrant, camion tombereau, décapeuse, chariot élévateur, chargeuse sur pneus ou chenilleuse, bouteur, tracteur agricole ou forestier ; - 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 ; - par la conduite de tracteur routier et de camion monobloc.

Vibrations corps entier: Evaluation des risques

- ❑ **L'évaluation des risques consiste à :**
 - ❑ Identifier les risques (équipements de travail et conditions d'utilisation)
 - ❑ Estimer **l'exposition vibratoire journalière A(8)** des opérateurs concernés
 - ✓ l'émission des vibrations
 - ✓ la durée réelle quotidienne d'exposition.
 - ❑ Comparer les valeurs d'exposition estimées A(8) aux valeurs d'action et limite fixées par la réglementation (respectivement 0,5 et 1,15 m/s²).



Vibrations corps entier: Evaluation des risques (réglementation)

❑ Réglementation et valeurs limites: Directive Européenne 2002/44/EC



Valeur limite d'exposition
journalière sur 8 h

1,15 m/s²

Valeur plafond: au-dessus de laquelle il est jugé que l'exposition régulière aux vibrations présenterait un risque tel pour la santé que l'employeur doit prendre les dispositions pour ramener l'exposition en dessous de celle-ci



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

0,5 m/s²

Valeur d'action: au-delà duquel, il est demandé aux employeurs d'évaluer le risque sur la santé et de le contrôler, d'éliminer quand c'est possible les vibrations par la mise en place de moyens de protection. Si, malgré ces mesures, l'exposition régulière à des vibrations dépassant la valeur d'action subsiste, la directive vibrations recommande de **prévoir des visites médicales de contrôle régulières** et une **sensibilisation des salariés exposés aux risques**

Vibrations corps entier: Evaluation des risques

❑ **Identifier les dangers** : votre entreprise est concernée par les risques liés aux vibrations si vous répondez oui à au moins l'une des questions suivantes :

- ✓ Utilisez-vous des **véhicules**, des **engins** ou des **machines fixes** qui **vibrent** ?
- ✓ Est-ce que des salariés ressentent des « **chocs** » ou des « **secousses** » au cours de leur activité professionnelle quotidienne ?
- ✓ Des salariés se plaignent-ils de **maux de dos** ?
- ✓ L'un des salariés de l'entreprise a-t-il développé une **maladie professionnelle** ?



Vibrations corps entier: Evaluation des risques

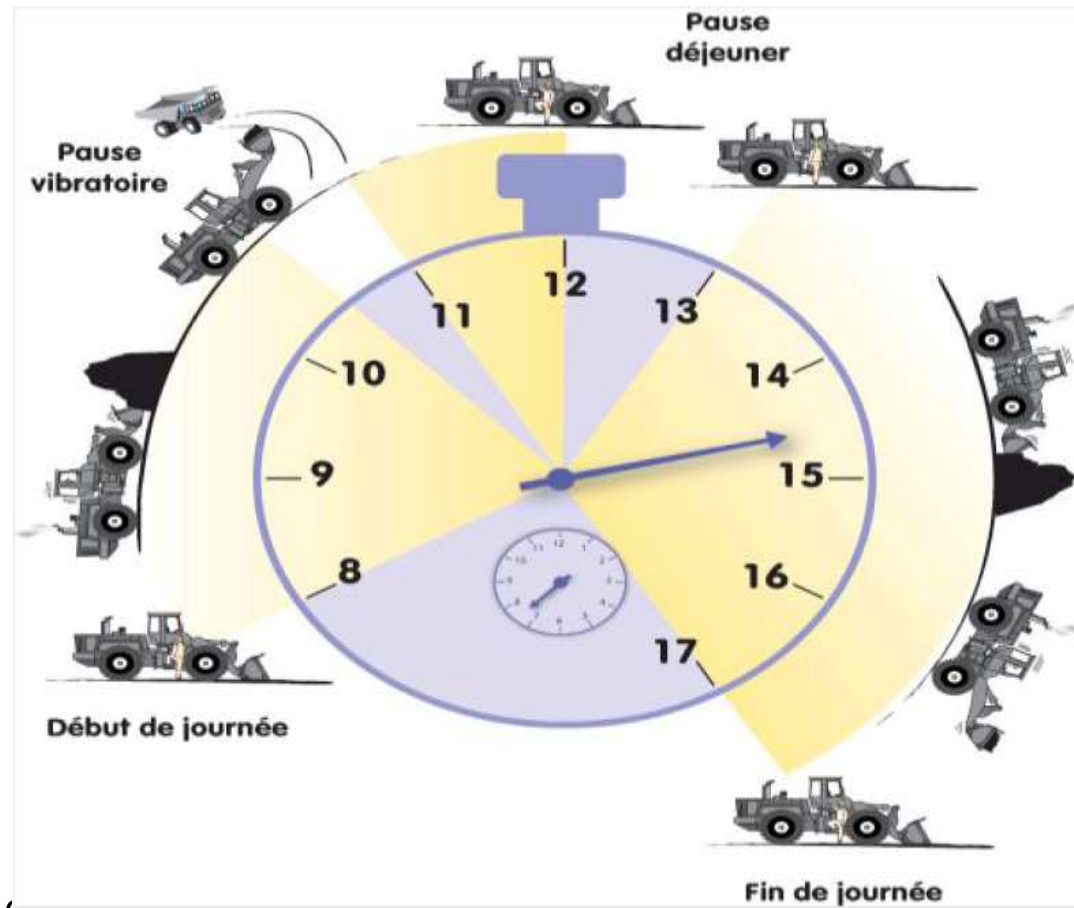
□ Evaluation de l'exposition journalière

1. Identifier les situations (taches) à risque : *équipement* et *durées d'exposition*

✓ *Durée réelle quotidienne d'exposition (en heures)*



Comporte uniquement les périodes pendant lesquelles l'opérateur est effectivement ***soumis aux vibrations***. Elle n'intègre donc pas les phases non vibrantes ou d'attente.



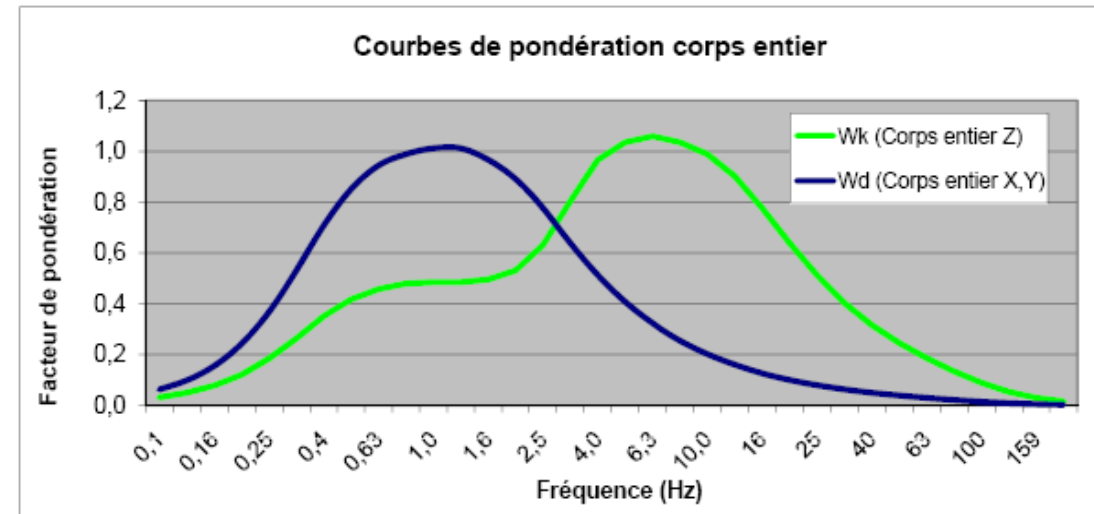
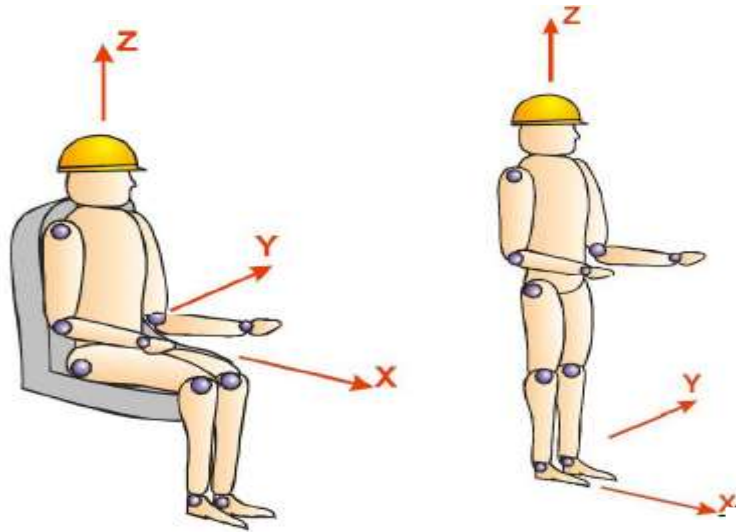
Vibrations corps entier : Evaluation des risques

□ Evaluation de l'exposition journalière

1. Identifier les situations (taches) à risque : outils et durées d'exposition

✓ Equipements: emission vibratoire (m/s²)

- Les vibrations corps entier sont mesurées selon trois directions (x, y et z)



- Les accélérations efficaces pondérées en fréquence selon les trois axes sont: a_{wx} , a_{wy} et a_{wz} . Pour chaque tache, l'**accélération équivalente** est :

$$a_v = \max (1.4 a_{wx}, 1.4 a_{wy}, a_{wz})$$

L'accélération équivalente est donnée par la formule :

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

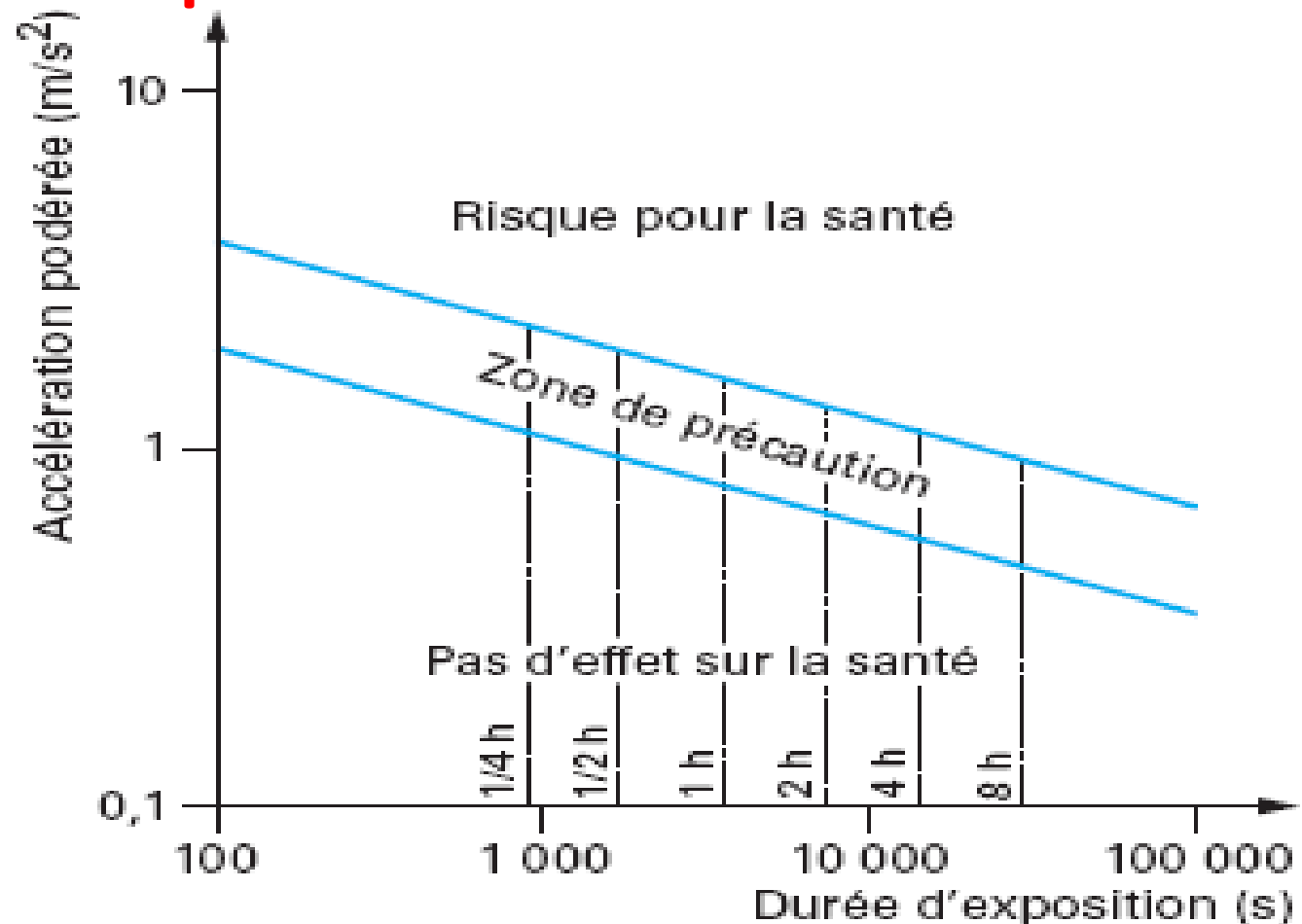
**MAIS EST-CE BIEN REPRESENTATIF DES VIBRATIONS
AUXQUELLES EST SOUMIS LE CORPS ?**

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.

Vibrations corps entier : Evaluation des risques



Limites d'exposition quotidienne aux vibrations transmises à l'ensemble du corps
(d'après la norme ISO 2631-1)

Vibrations corps entier : Evaluation des risques

□ Evaluation de l'exposition journalière

2. Estimer l'exposition journalière: $A(8)$

• Pour une seule tâche :

$$A(8) = \left(a_v^2 \cdot \frac{T}{T_0} \right)^{\frac{1}{2}} = a_v \cdot \left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{1}{2}}$$

a_v : émission vibratoire de la machine

T : durée d'exposition journalière en heure

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

• Pour plusieurs tâches :

✓ Seules les *accélérations équivalentes sont disponibles* :

a_{vi} : *accélération équivalente* (émission vibratoire) pour la $i^{\text{ème}}$ opération

T_i : durée de la $i^{\text{ème}}$ opération

T_0 : durée de référence de 8 heures

$$A(8) = \left(\sum_i a_{vi}^2 \cdot \frac{T_i}{T_0} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\sum_i [A_i(8)]^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

Vibrations corps entier : Evaluation des risques

- ✓ Les accélérations pondérées selon les trois axes sont disponibles: a_{wx} , a_{wy} et a_{wz} .

$$A_j(8) = \left(k_j \sum_i a_{wji}^2 \cdot \frac{T_i}{T_0} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$j = x, y, z$

k_j : $k_x = k_y = 1.4$; $k_z = 1$.

a_{wji} : **accélération efficace** pondérée (émission vibratoire) selon la direction j pour la $i^{\text{ème}}$ opération

T_i : durée de la $i^{\text{ème}}$ opération

T_0 : durée de référence de 8 heures

$$\begin{aligned} A(8) &= \max \left(A_j(8) \right), j = x, y \text{ ou } z. \\ &= \max \left(A_x(8), A_y(8), A_z(8) \right) \end{aligned}$$

Vibrations corps entier : Evaluation des risques

❑ Exemple 1 : Conduite d'une décapeuse

- Durée d'exposition quotidienne habituelle : 7 heures
- Niveau d'exposition vibratoire : $a_v = 1.5 \text{ m/s}^2$ $\Rightarrow A(8) = 1.4 \text{ m/s}^2$

❑ Exemple 2 (Plusieurs machines) :

Un chauffeur de livraison passe chaque jour 1 heure à charger son camion avec un petit chariot élévateur, puis 6 heures à conduire le camion.

- Chariot : $a_v = 0.8 \text{ m/s}^2$
- Camion : $a_v = 0.5 \text{ m/s}^2$ $\Rightarrow A(8) = 0.52 \text{ m/s}^2$

❑ Exemple 3 (Plusieurs machines) :

Un chauffeur de livraison passe chaque jour 1 heure à charger son camion avec un petit chariot élévateur, puis 6 heures à conduire le camion.

Les valeurs de vibration mesurées sur le siège sont:

Chariot élévateur	Camion de livraison
axe x : $0,7 \text{ m/s}^2$	axe x : $0,2 \text{ m/s}^2$
axe y : $0,4 \text{ m/s}^2$	axe y : $0,3 \text{ m/s}^2$
axe z : $1,5 \text{ m/s}^2$	axe z : $0,3 \text{ m/s}^2$

$$\Rightarrow A(8) = 0.6 \text{ m/s}^2$$

Vibrations corps entier : Evaluation par les points

Les différentes étapes de la méthode simplifiée sont :

ÉTAPE 1 : pour chaque machine, relever les accélérations équivalentes correspondantes nécessaires.

ÉTAPE 2 : pour chaque machine, déterminer les durées réelles d'exposition quotidienne.

ÉTAPE 3 : pour chaque machine, à l'aide de la *figure* déterminer le nombre de « points d'exposition » correspondant au couple « accélération équivalente-durée ».

ÉTAPE 4 : sommer les scores obtenus pour l'ensemble des machines.

ÉTAPE 5 : la couleur de la case correspondante renseigne sur le risque vibratoire: en vert, $A(8)$ inférieure à la valeur déclenchant l'action fixée par le décret vibration; en rouge, $A(8)$ supérieure à la valeur limite.

La valeur de $A(8)$ se déduit en reportant la somme des scores sur la colonne des « 8 heures » de la figure 7. Cette valeur est comparée aux valeurs déclenchant l'action ($0,5 \text{ m/s}^2$) et limite ($1,15 \text{ m/s}^2$) d'exposition journalière.

Vibrations corps entier : Graphe d'estimation de l'exposition journalière par la méthode simplifiée

Accélération (m/s ²)	2	100	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	2000
	1.9	90	181	361	542	722	903	1083	1264	1444	1805
	1.8	81	162	324	486	648	810	972	1134	1296	1620
	1.7	72	145	289	434	578	723	867	1012	1156	1445
	1.6	64	128	256	384	512	640	768	896	1024	1280
	1.5	56	113	225	338	450	563	675	788	900	1125
	1.4	49	98	196	294	392	490	588	686	784	980
	1.3	42	85	169	254	338	423	507	592	676	845
	1.2	36	72	144	216	288	360	432	504	576	720
	1.15	33	66	132	198	265	331	397	463	529	661
	1.1	30	61	121	182	242	303	363	424	484	605
	1	25	50	100	150	200	250	300	350	400	500
	0.9	20	41	81	122	162	203	243	284	324	405
	0.8	16	32	64	96	128	160	192	224	256	320
	0.7	12	25	49	74	98	123	147	172	196	245
	0.6	9	18	36	54	72	90	108	126	144	180
	0.5	6	13	25	38	50	63	75	88	100	125
	0.4	4	8	16	24	32	40	48	56	64	80
	0.3	2	5	9	14	18	23	27	32	36	45
0.2	1	2	4	6	8	10	12	14	16	20	
	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	10	
	Durée réelle d'exposition (h)										

Vibrations corps entier : Evaluation des risques

- **Données relatives aux émissions vibratoires:** les valeurs d'émission vibratoire peuvent être obtenues à partir:

Mesures prises au niveau du poste de travail

Mesures réalisées à l'interface homme-siège ou sur l'homme lui même.

Remarque:

Les équipements de mesure des vibrations globales du corps doivent être conformes aux spécifications de la norme NF EN ISO 8041: 2005.



Accéléromètre de siège entre l'assise et le travailleur pour évaluer un siège à suspension

Vibrations corps entier : Maitrise des risques

L'employeur, responsable de la santé et de la sécurité des travailleurs, est tenu de ***supprimer ou de réduire l'exposition aux vibrations en mettant en œuvre des actions de prévention adaptées.*** Les principales étapes de ce processus de maitrise des risques sont :

- Identifier les principales sources de vibrations
- Les classer dans l'ordre de leur contribution au risque
- Identifier et évaluer les solutions potentielles en termes de praticabilité et de coût ;
- Définir des objectifs qui pourront être atteints de façon réaliste ;
- Allouer des priorités et élaborer un « plan d'action » ;
- Définir les responsabilités du management et allouer des ressources adéquates ;
- Appliquer le plan d'action ;
- Suivre son avancement ;
- Evaluer les résultats.

Vibrations corps entier : Maitrise des risques

□ Les moyens de maitrise de risques visent:

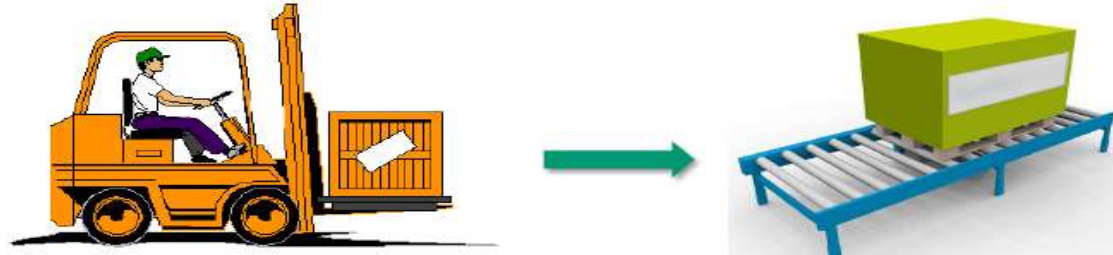
- ✓ Supprimer ou réduire les vibrations à la source
- ✓ Réduire l'exposition
- ✓ Minimiser l'effet de transmission des vibrations résiduelles

Vibrations corps entier : Maitrise des risques

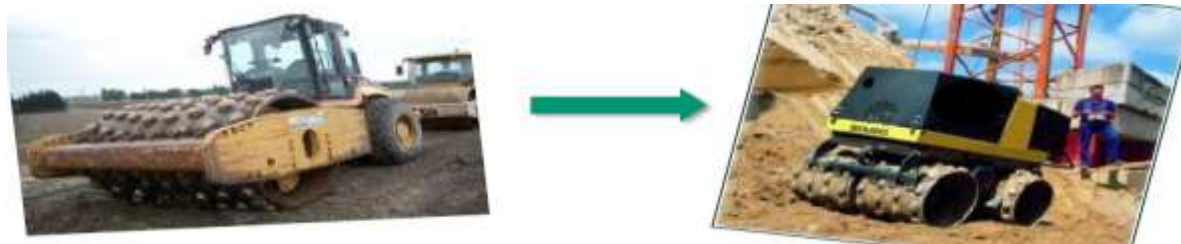
□ Utilisation d'autres méthodes de travail

Il est parfois possible d'employer d'autres méthodes de travail qui suppriment ou réduisent l'exposition à des vibrations.

- Transporter à l'aide d'un convoyeur plutôt qu'avec des machines mobiles



- Utiliser un matériel télécommandé



Vibrations corps entier : Maitrise des risques

❑ Choix des équipements

- Adaptés à la tâche
- Fonctionnels
- Ergonomiques (commandes, posture)
- Choix des pneumatiques adaptés au sol (nature, diamètre). **Remarque:** sur un sol ondulé, les pneus souples risquent d'amplifier les vibrations
- Choix des moyens d'accès afin de *faciliter les montées et descentes et limiter les risques de pathologie dorsale* : marches, assise tournante, poignées

❑ Politique d'achat

- Emissions vibratoires
- Caractéristiques des sièges
- Facteurs ergonomiques
- Conditions conduisant a des dépassement des valeurs seuil
- Information sur la conduite et la maintenance

Vibrations corps entier : Maitrise des risques

□ Siège et poste de travail

- Siège permettant une bonne position de conduite
- Prendre en compte la position des commandes (de manière à éviter les extensions répétées)
- Préférer les sièges à assise tournante, facilitant l'accès au véhicule et réduisant les torsions du corps lors des déplacements en marche arrière
- Siège muni de réglages repérables et faciles d'utilisation, permettant un ajustement en fonction de la taille, du poids, du confort de conduite...
- Ceinture de sécurité adaptée

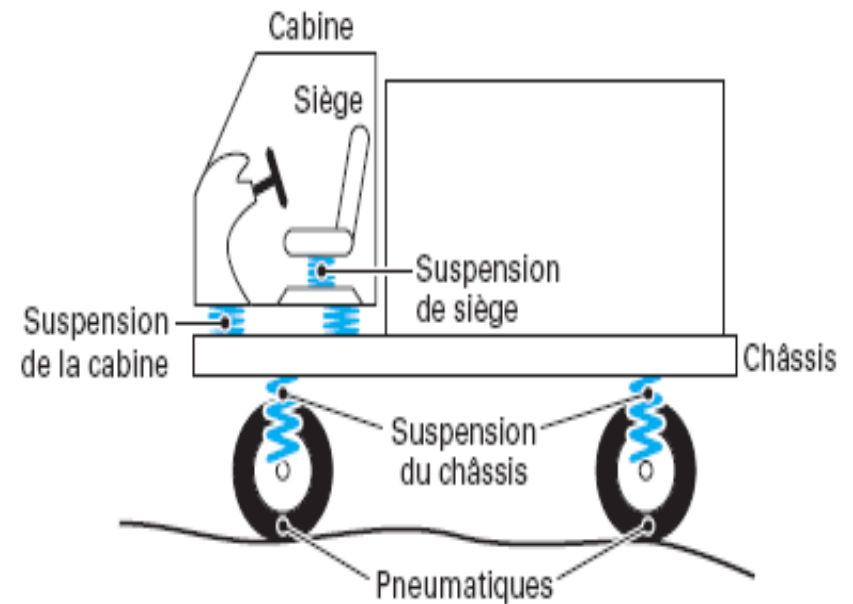


Vibrations corps entier : Maitrise des risques

- **Siège à suspension** : la plupart des sièges suspendus sont conçus de façon à assurer une isolation uniquement selon l'axe vertical. Il existe quelques modèles suspendus également selon l'axe avant-arrière (sièges pour tracteurs routiers et pour tracteurs agricoles).

- **Suspension du châssis** : à la différence des voitures et des camions, la plupart des véhicules tout-terrain, des tracteurs agricoles et des chariots industriels sont dépourvus de suspension au niveau du châssis.

- **Cabine suspendue** : il faut distinguer les cabines qui sont isolées du véhicule par des plots en caoutchouc de celles équipées de suspensions mécaniques basses fréquences en deux ou quatre points. Seules les cabines suspendues basses fréquences sont efficaces pour réduire, lors du roulement, les vibrations transmises au conducteur.



Vibrations corps entier : Maitrise des risques

Siège à suspension:

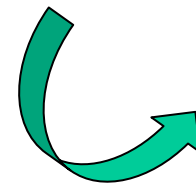
- Doit être adapté au type de véhicule
- Doit être ajusté selon le poids de l'individu
- Doit être entretenu

→ Sinon peut amplifier les vibrations au lieu de les atténuer



Facteur *SEAT*: (*Seat Effective Amplitude Transmissibility*)

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



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

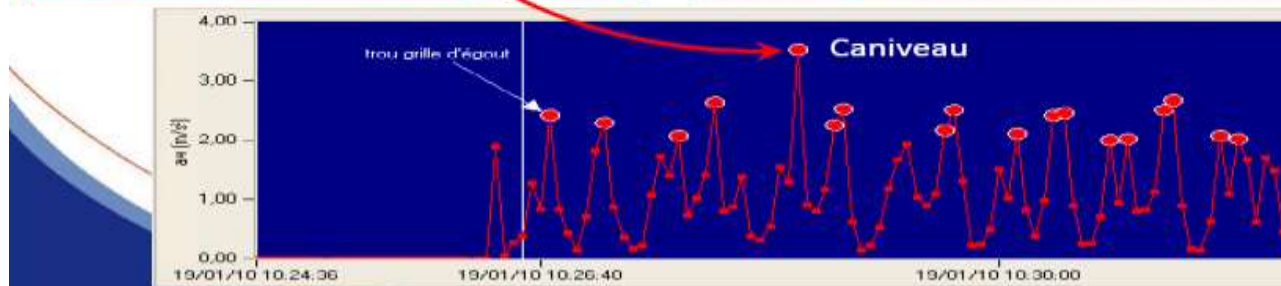
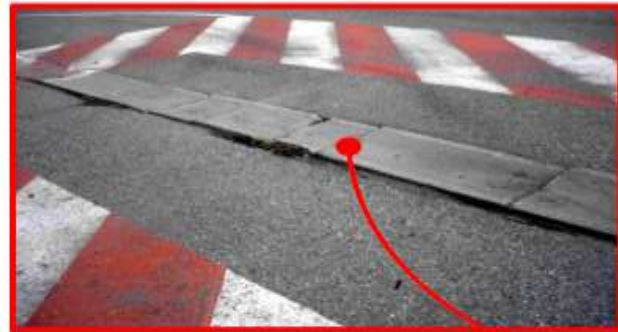
Vibrations corps entier : Maitrise des risques

❑ Organisation du travail

- Exposition la plus faible possible
- Période d'exposition la plus courte possible
- Eviter les chocs forts
- Bonne position de travail
- Partage des tâches

❑ Amélioration des voies de circulation

Comblers les nids de poules, aplanir les bosses et ondulations, supprimer les obstacles...)



Vibrations corps entier : Maitrise des risques

□ Réduction de la vitesse

Exemple : Chargeuse de carrière

Cas n°1

conducteur peu expérimenté
conduite "brusque",
vitesse "élevée",
fortes accélérations,
"attaque" le tas

a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}
1,57	1,46	0,97

Cas n°2

conducteur plus expérimenté
conduite "souple",
vitesse "réduite",
gestion des accélérations,
manœuvre fluide

a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}
1,21	1,19	0,67



Gain de **20 %** sur chacun des axes
+ économie de carburant
+ diminution du risque de casse

Vibrations corps entier : Maitrise des risques

□ Maintenance



- Vérification et remplacement des amortisseurs, paliers, engrenages, suspension (siège, cabine, châssis)
- Vérification de la pression des pneumatiques préconisé par le constructeur (en fonction de la surface et des conditions de charge)
- Lubrification préconisée des systèmes de réglage et de suspension

□ Formation et information des employés

Vibrations corps entier : Maitrise des risques

□ Formation et information des employés

- Risques de pathologie dus aux vibrations
- Valeurs limites d'exposition et les seuils d'action d'exposition
- Résultats de l'évaluation des risques vibratoires et des mesures de vibrations
- Mesures de maîtrise employées pour éliminer ou réduire les risques résultant de vibrations
- Méthodes de travail sûres pour minimiser l'exposition aux vibrations
- Les réglages du siège (poids, position avant- arrière, hauteur, inclinaison)
- Techniques de conduite minimisant l'exposition aux vibrations
- Port de charge, postures contraignantes
- Encourager les ouvriers à maintenir une bonne condition physique
- Pourquoi et comment signaler les machines nécessitant une maintenance
- Circonstances dans lesquelles les employés ont droit à un suivi médical

Vibrations corps entier : Maitrise des risques

□ Suivi médical

Le suivi médical consiste à mettre en place des procédures systématiques, régulières et appropriées pour détecter les signes précoces de maladies liées au travail, puis à agir sur les résultats. L'objectif est principalement de préserver la santé des employés (donc d'identifier et protéger les personnes particulièrement exposées), mais aussi de vérifier l'efficacité à long terme des mesures de maîtrise du risque.

Exercice

Un conducteur d'engins d'une carrière de roches passe chaque jour 4 heures à conduire un Dumper, puis 2 heures et 45 minutes sur chargeuse de pneus et finalement 20 minutes à conduire un camion porteur. Les données vibratoires relatives aux différentes opérations sont regroupées au tableau ci-après.

Engins	Caractéristiques (m/s^2)			
	a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}	a_v
Dumper	0.8	0.4	1.15	
Chargeuse sur pneus				1.8
Camion porteur	0.91	0.94	0.95	

- Calculer l'exposition vibratoire journalière.
- Est-il nécessaire de réduire ce risque de vibration ?