



# COMPTEZ SUR DES EXPERTS

**Vibrations Corps Humain**  
**le 23 juin 2016**



# Qu'est ce qu'une vibration ?

Une vibration est un mouvement décrit autour d'une position d'équilibre.

Dans le cas de la vibration du corps, ce dernier se déplace en va-et-vient sous l'effet de forces externes.



*Transmission du mouvement de vibration du siège sur le corps entier.*

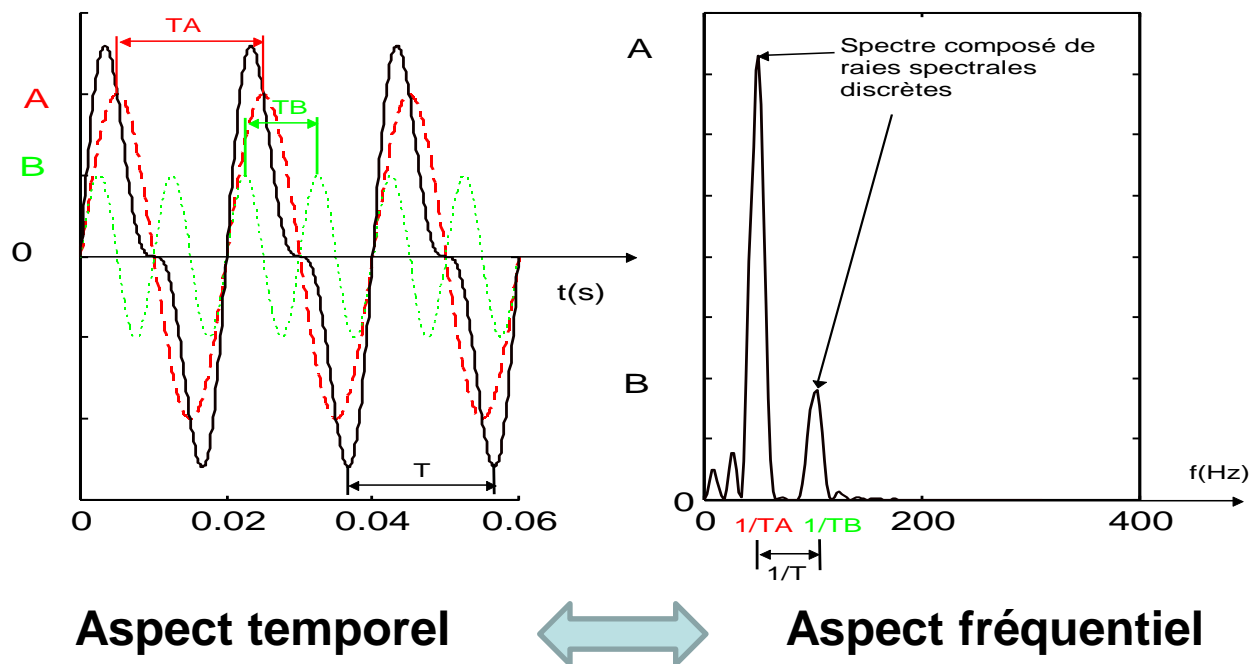
*Transmission du mouvement depuis les poignées de l'équipement sur les mains/bras*





# Quantification de la vibration

La vibration est définie par son amplitude et sa fréquence.



L'amplitude est l'énergie portée par la vibration, qui peut s'exprimer soit en déplacement (m), soit en vitesse (m/s), soit en **accélération ( $m/s^2$ )**.

La fréquence représente le nombre d'oscillations par seconde d'un phénomène vibratoire périodique ( $f=1/T$ ), exprimée en Hertz (Hz).



# Accélération efficace

Valeur utile à l'évaluation de l'exposition.

Considérons un signal vibratoire quelconque :

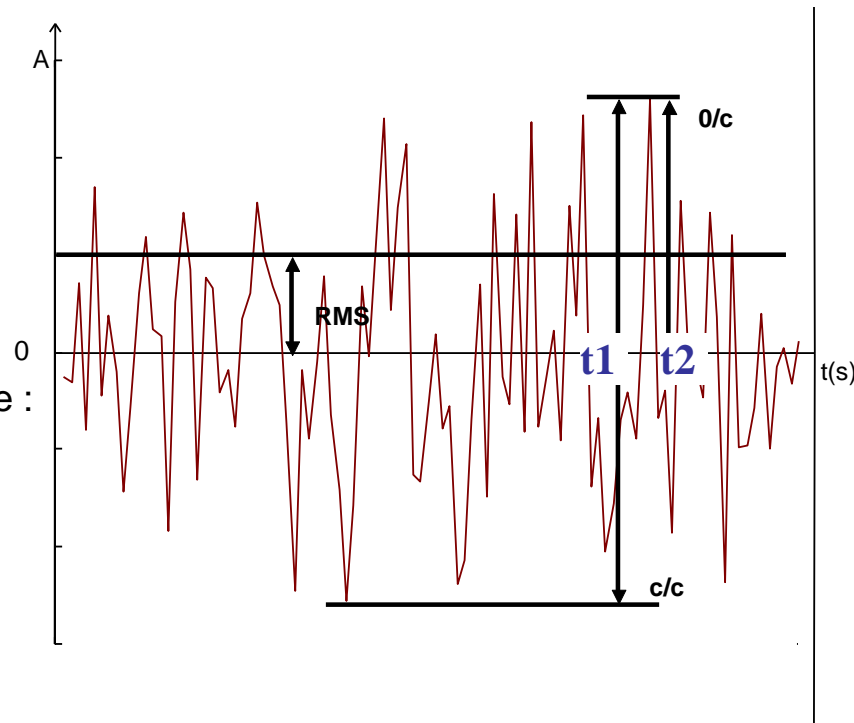
On va pouvoir caractériser ce signal par son amplitude :

- La **valeur RMS** ou **valeur efficace** est donnée par la formule :

$$\text{Valeur RMS} : \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$$

Elle correspond à l'énergie du signal.

- Les valeurs crête (peak) et crête à crête (peak-peak) correspondent à des valeurs maximales **instantanées** du signal qui sont prises à des instants différents (t1, t2).





# La chaîne de mesure

Les appareils de mesure peuvent avoir un aspect plus ou moins compact, mais sont toujours constitués d'un minimum de deux éléments :

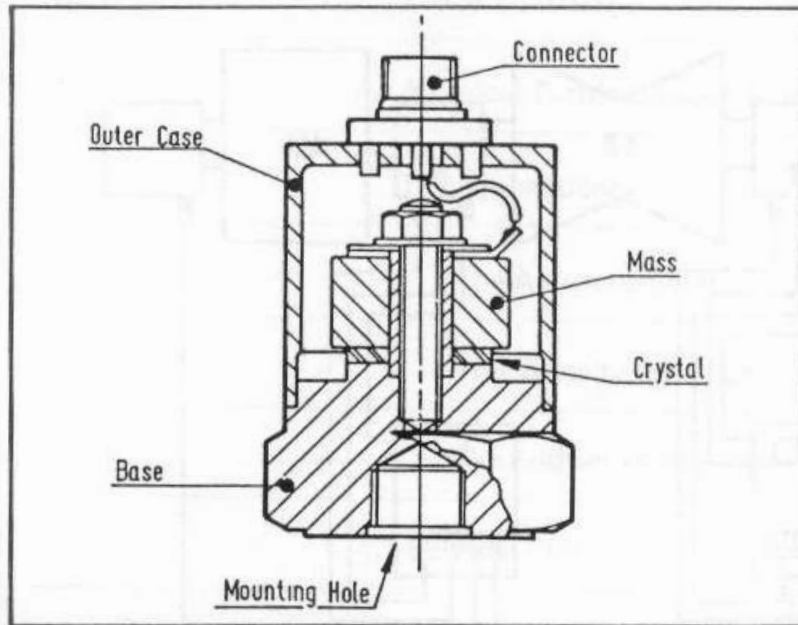


**Le capteur** : il transforme une vibration en signal électrique

**L'afficheur** (chiffres ou aiguilles) : il donne l'amplitude de ce signal



# Instrumentation: accéléromètres



Signal électrique



Charge Q



Crystal

Pression P



Signal mécanique

**Un accéléromètre a un axe de sensibilité principale**

La sensibilité transversale est  $< 3\%$



# Instrumentation: accéléromètres triaxes







# La mesure : HVM100 de Larson Davis







# La réglementation

## Dispositif Français

La réglementation **Européenne** :

➤ Directive européenne n°2002/44/CE

La réglementation **Française** :

➤ [Décret Français n°2005-746](#)

*(transcription de la directive européenne en droit français)*

Les réglementations sont basées sur la mesure d'une dose vibratoire d'un employé sur une journée de 8h.

Conditions de mesurage des vibrations:

➤ [Arrêté du 6 Juillet 2005](#)

[Norme NF EN ISO 5349-2](#) (Vib. Mains/bras)

[Norme NF EN ISO 14253](#) (Vib. Corps entier)

→ Certaines lombalgies dues aux vibrations sont reconnues au titre de maladie professionnelle.

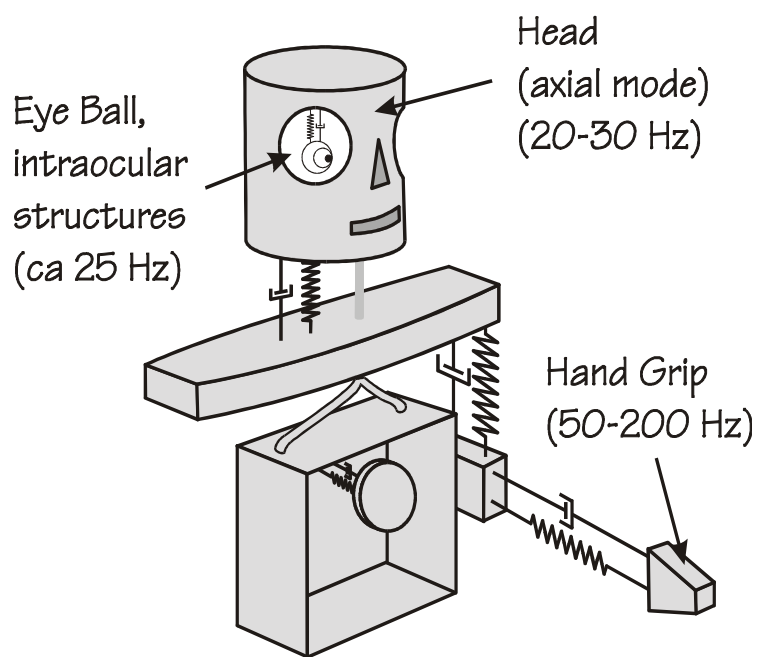
tableau n° 97 du régime général (1999)

tableau n° 57 du régime agricole (1999)

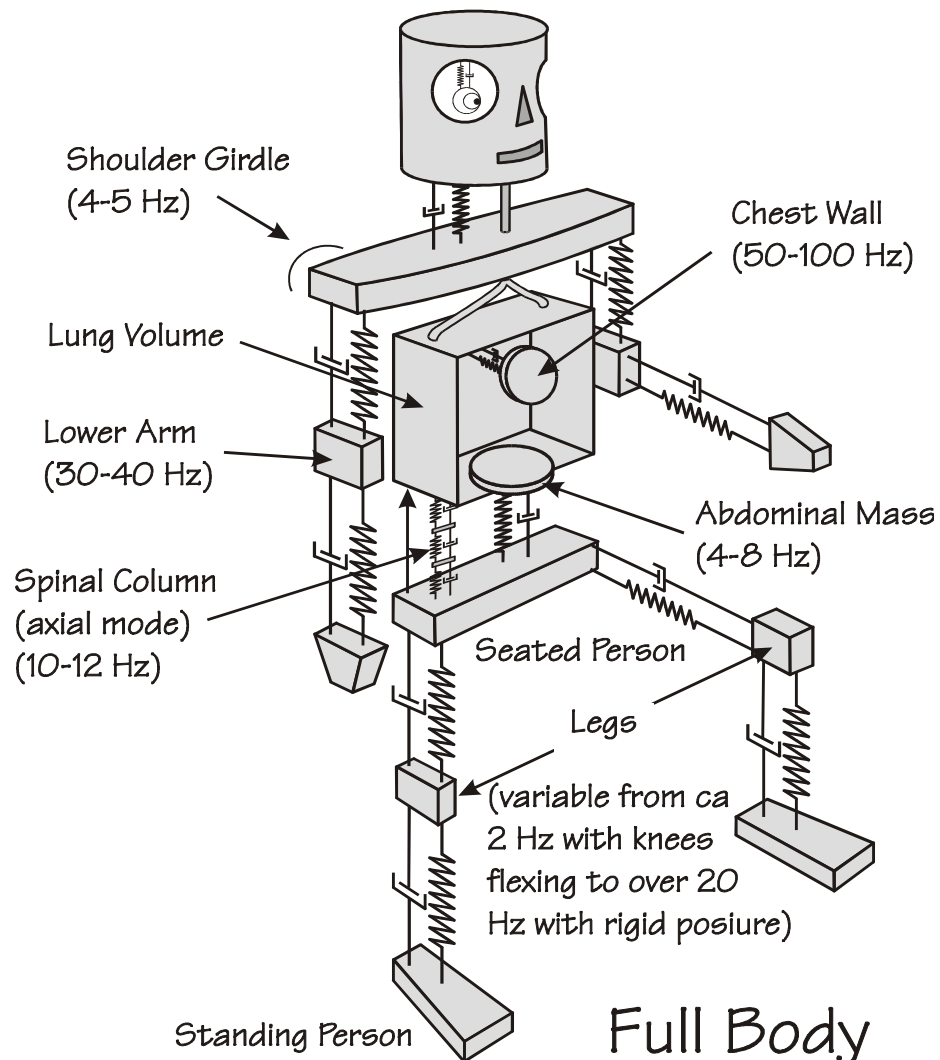




# Le corps humain



Hand-Arm



Full Body



# Effets des vibrations : sur les mains

- **Vibrations mécaniques qui entraînent des risques à la santé, notamment :**
  - Troubles vasculaires,
  - Lésions ostéo-articulaires,
  - Troubles neuro-musculaires.
  - Crises de blanchiment douloureux des phalanges en cas d'exposition au froid et à l'humidité (phénomène de Raynaud)
  - Moindre sensation du toucher, du chaud et du froid
  - douleurs dans les bras et les mains





# Effets des vibrations : sur le corps

- Vibrations, secousses et chocs transmis par:
  - **Dossier**
  - **Assise**
  - **Plancher**
- lombalgies,
- lésions des vertèbres
- lésions des disques de la colonne vertébrale
- excroissances osseuses
- hernies discales

➡ Possibilité d'effets pathologiques graves.



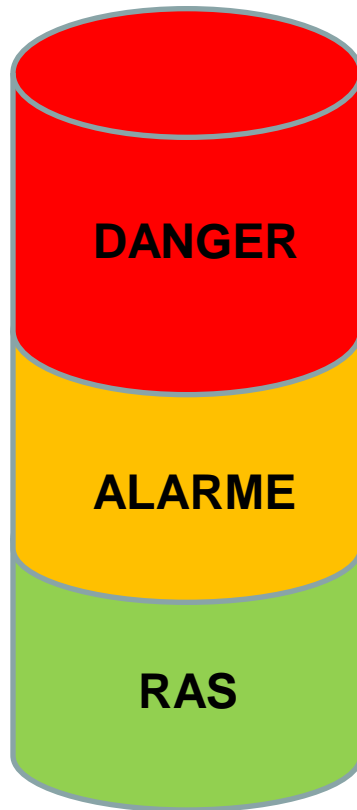
## Facteur aggravant :

Position assise prolongée + exposition aux vibrations  
= augmentation du risque de troubles de la colonne vertébrale.

# La réglementation

## Décret n°2005-746: Seuils réglementaires

Seuils: Corps entier



$$A(8) > 1.15 \text{ m/s}^2$$

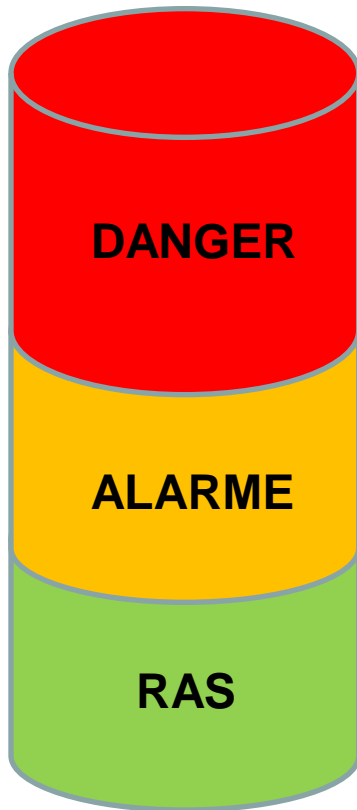
$$0.5 \text{ m/s}^2 < A(8) < 1.15 \text{ m/s}^2$$

$$A(8) < 0.5 \text{ m/s}^2$$

# La réglementation

## Décret n°2005-746: Seuils réglementaires

Seuils: Mains/bras



$$A(8) > 5 \text{ m/s}^2$$

$$2.5 \text{ m/s}^2 < A(8) < 5 \text{ m/s}^2$$

$$A(8) < 2.5 \text{ m/s}^2$$

# La réglementation

## Décret n°2005-746: Seuils réglementaires

Corps	Mains Bras	<p>Si les valeurs limites d'exposition sont dépassées : L'employeur doit prendre immédiatement toutes mesures pour ramener l'exposition en dessous de celles-ci. Le médecin du travail exerce une surveillance médicale renforcée pour les travailleurs exposés. Prise en compte de l'avis du médecin du travail pour supprimer ou réduire les risques.</p>	<p>L'employeur doit veiller à ce que ces travailleurs reçoivent les informations et une formation en rapport avec le résultat de l'évaluation des risques et avec le concours du service de santé au travail</p>
1.15m/s²	5m/s²	<p>Programme de mesures techniques ou organisationnelles visant à réduire au minimum l'exposition aux vibrations. Détermination des causes du dépassement des valeurs limites d'exposition et adaptation des mesures de protection et de prévention en vue d'éviter un nouveau dépassement</p>	
0.5m/s²	2.5m/s²	<p>OK</p>	
RAS			





# La réglementation

## Evaluer les risques

L'employeur a l'obligation **d'évaluer les risques** encourus par ses employés.

Détermination des niveaux d'exposition aux vibrations:

- Evaluation sommaire;
- Méthodes de calcul;
- Mesurage.

Ces évaluations sont réalisées:

- Par des personnes compétentes (internes à l'entreprise ou prestataire);
- A des intervalles appropriées (possible variation de l'exposition).

Les résultats d'évaluation sont mis à disposition du CHSCT, délégués du personnel, médecin du travail, inspection du travail,...

Ils sont consignés dans le document unique d'évaluation des risques (DUER)



# La réglementation

## Evaluation sommaire

L'entreprise est concernée par les risques liés aux vibrations si l'une des conditions suivantes est vérifiée:

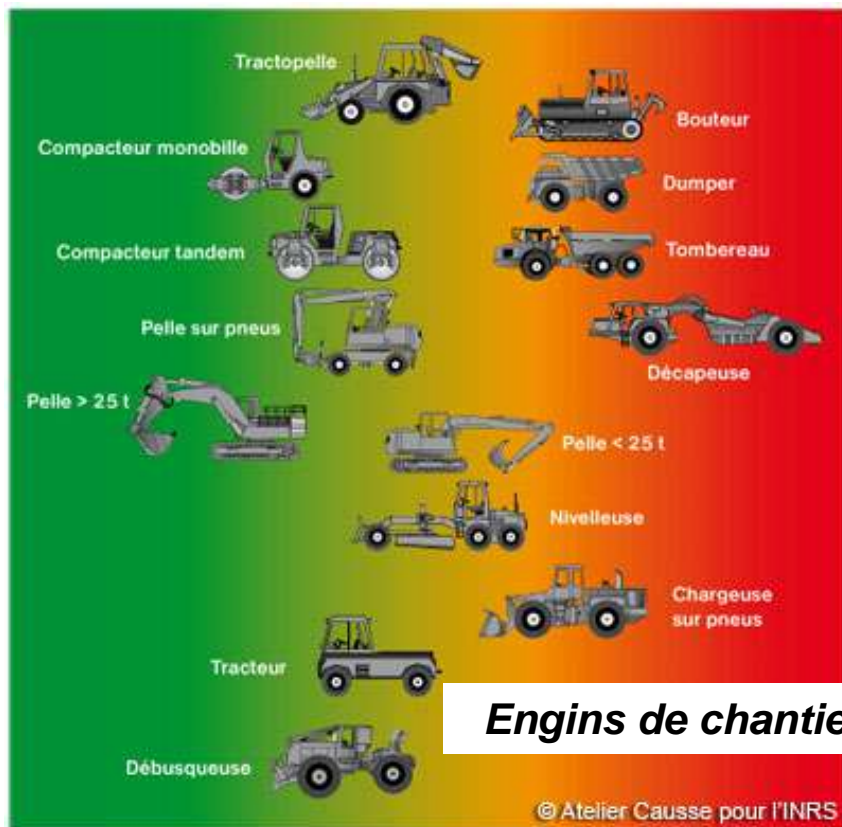
- Utilisation des **véhicules**, des **engins** ou des **machines** qui vibrent ;
- Salariés ressentent des « chocs » ou des « secousses » au cours de leur activité professionnelle quotidienne;
- Des salariés se plaignent de maux de dos;
- Un des salariés de l'entreprise a développé une **maladie professionnelle** relevant des tableaux [régime général](#) ou [régime agricole](#).



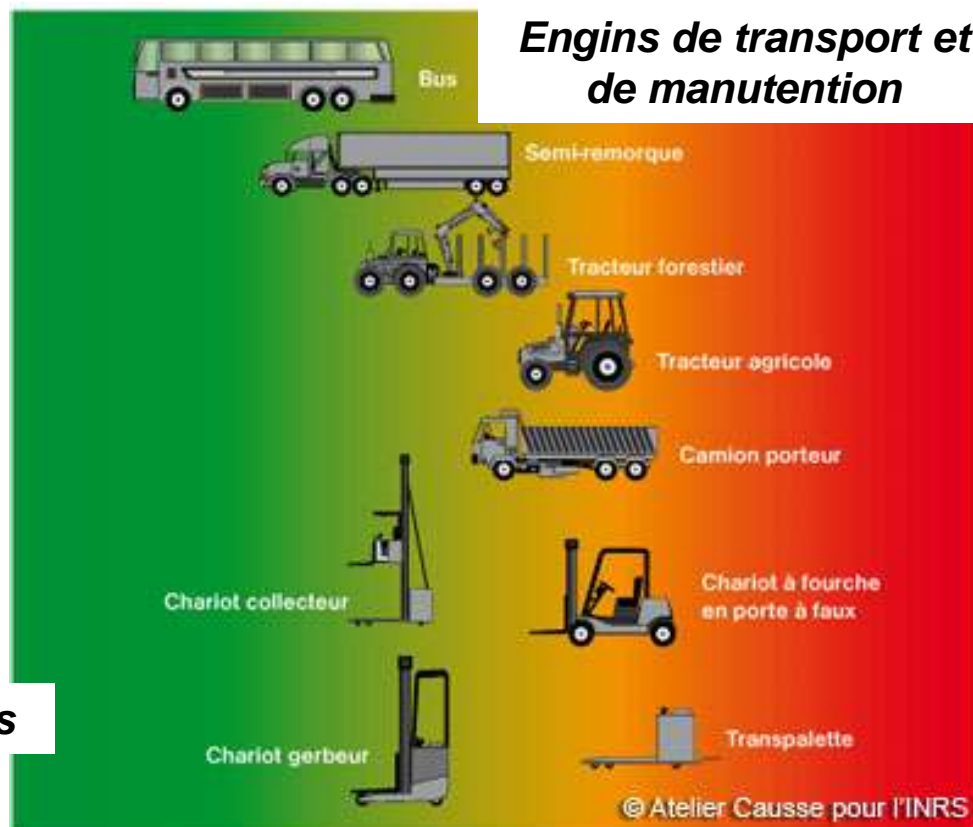
# La réglementation

## Evaluation sommaire (Engins)

Estimation du degré d'émission vibratoire pour des engins courants, dans des conditions normales d'utilisation.



**Engins de chantiers**



**Engins de transport et de manutention**

Faiblement exposé

Risque vibratoire

Nécessité de mesurer le niveau de vibration



# La réglementation

## Evaluation sommaire



**O**util **S**implifié d'**E**valuation des expositions aux **V**ibrations

Calculatrice au format Excel permet d'évaluer le risque vibratoire auquel est soumis un conducteur d'engins

*OSEV a été conçu par la Carsat Midi-Pyrénées à partir de la brochure "Vibrations et mal de dos. Guide des bonnes pratiques en application du décret Vibrations" (ED 6018) avec la collaboration de l'INRS et des Centres de Mesures Physiques des Carsat.*



# La réglementation

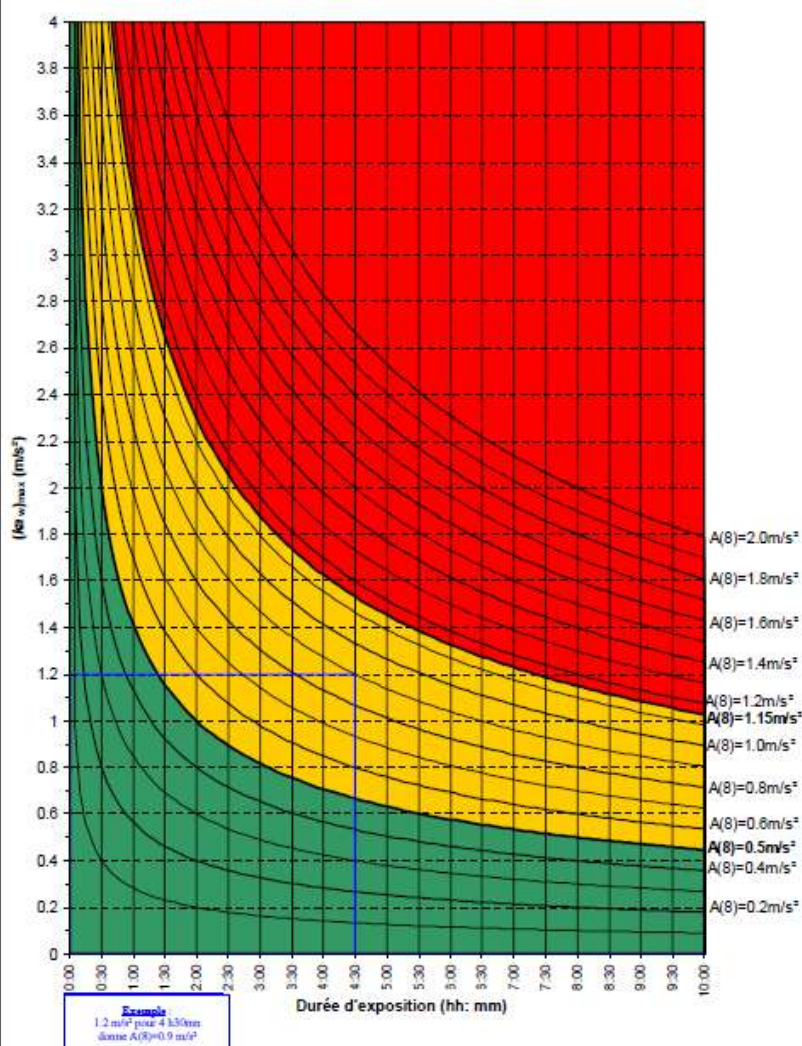
## Evaluation simplifiée: Calcul d'exposition

### Graphe Vibrations mains bras

- Relever les expositions partielles pour chaque opération;
- Elever au carré chaque valeur d'exposition partielle et les additionner;
- Calculer la racine carrée de cette somme pour obtenir l'exposition journalière totale aux vibrations  $A(8)$ .

**Pour un opérateur soumis à plusieurs niveaux vibratoires important dans la journée:**

$$A(8) = \sqrt{A_1(8)^2 + \dots + A_i(8)^2}$$





# La réglementation

## Evaluation simplifiée: Calcul d'exposition

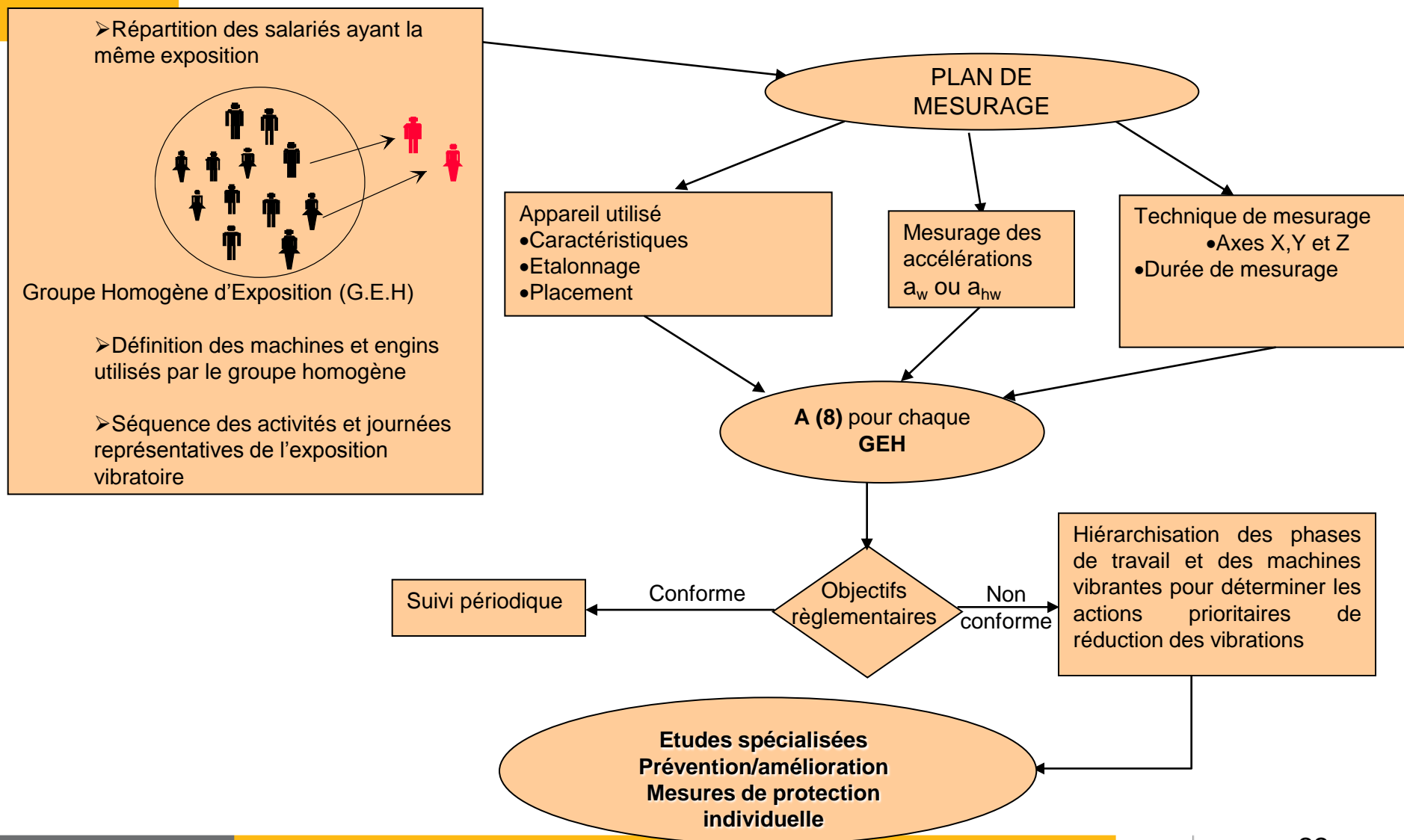
### Points d'exposition Vibrations mains bras

Acceleration x k (m/s <sup>2</sup> )	2	50	100	200	400	600	800	1000	1200	1600	2000	2400
	1.9	45	90	180	360	540	720	905	1100	1450	1800	2150
	1.8	41	81	160	325	485	650	810	970	1300	1600	1950
	1.7	36	72	145	290	435	580	725	865	1150	1450	1750
	1.6	32	64	130	255	385	510	640	770	1000	1300	1550
	1.5	28	56	115	225	340	450	565	675	900	1150	1350
	1.4	25	49	98	195	295	390	490	590	785	980	1200
	1.3	21	42	85	170	255	340	425	505	675	845	1000
	1.2	18	36	72	145	215	290	360	430	575	720	865
	1.1	15	30	61	120	180	240	305	365	485	605	725
	1	13	25	50	100	150	200	250	300	400	500	600
	0.9	10	20	41	81	120	160	205	245	325	405	485
	0.8	8	16	32	64	96	130	160	190	255	320	385
	0.7	6	12	25	49	74	98	125	145	195	245	295
	0.6	5	9	18	36	54	72	90	110	145	180	215
	0.5	3	6	13	25	38	50	63	75	100	125	150
	0.4	2	4	8	16	24	32	40	48	64	80	96
	0.3	1	2	5	9	14	18	23	27	36	45	54
	0.2	1	1	2	4	6	8	10	12	16	20	24
		15m	30m	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	12h
Daily Exposure time												

On ajoute simplement les points d'exposition les uns aux autres selon la tâche effectuée (accélération globale) et sa durée effective.

On peut fixer un nombre maximum de points d'exposition quotidienne pour ne pas dépasser le seuil d'alarme ou de danger.

# DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE pour la mesure



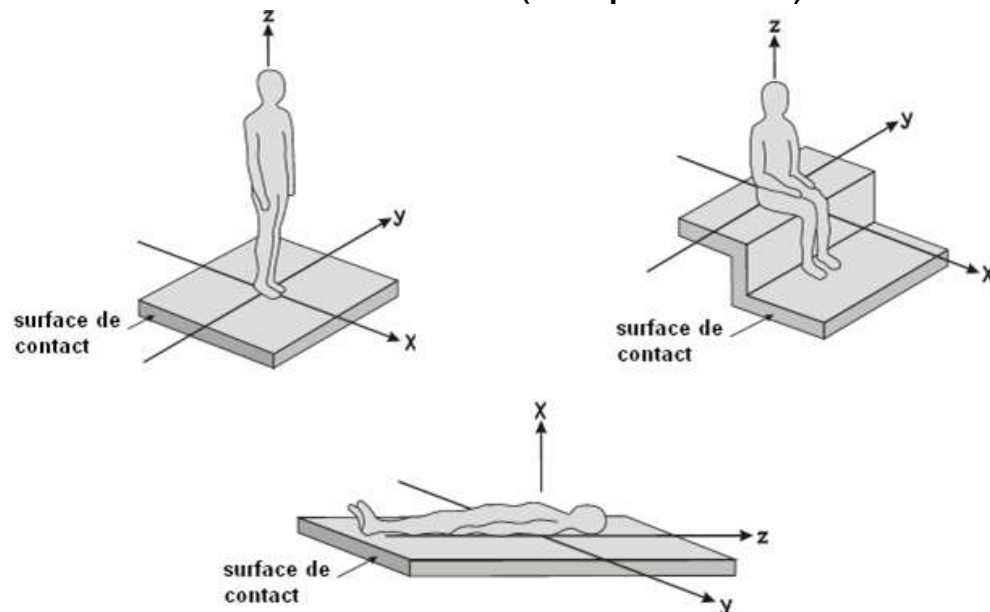




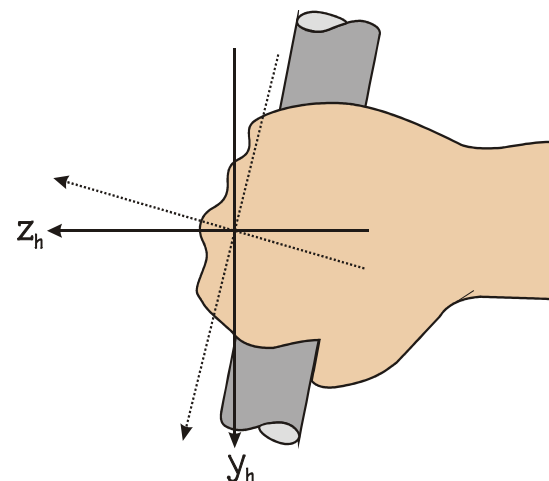
# La mesure des Vibrations du Corps

- Le risque de lésion dépend de l'intensité et de la fréquence des vibrations, de la durée de l'exposition et de la partie du corps qui reçoit l'énergie des vibrations.

## Normes ISO 14253 (Corps entier)



## Normes ISO 5349 (Mains bras)





# Le matériel de mesure

*Capteur spécialisé pour mesure accélérométrique de la position assise.*



*Capteur accélérométrique triaxial pour un transfert main-bras et position debout.*



*Collecteur multifonction spécialisé vibration humaine.*



*HVM100 Larson Davis.*





# Le matériel de mesure





# Vibrations main-bras

## Évaluation et mesure de l'exposition

Valeur d'exposition journalière normalisée sur une période de référence de 8h,  
 $A(8)$ , (EN 25349-1:2001),

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i} \quad a_{hv} = \sqrt{a_{hvx}^2 + a_{hvy}^2 + a_{hvw}^2}$$

$a_{hvi}$  est l'accélération efficace totale (3 directions) de l'opération  $i$ , sur une durée d'exposition  $T_i$

$$A(8) = \sqrt{A_x(8)^2 + A_y(8)^2 + A_z(8)^2}$$

# Vibrations ensemble du corps

## Évaluation et mesure de l'exposition

Valeur d'exposition journalière normalisée sur une période de référence de 8h,  
 $A(8)$ , (EN 14253),

$$A_I(8) = k_I \sqrt{\frac{1}{8} \sum_i a_{wli}^2 T_i}$$

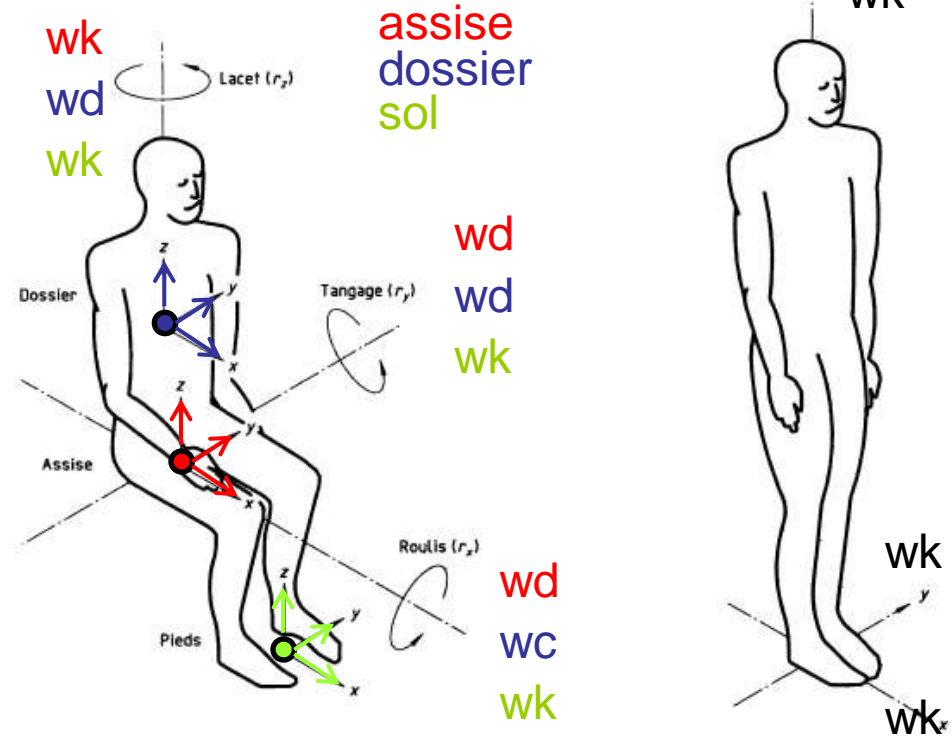
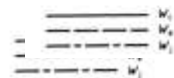
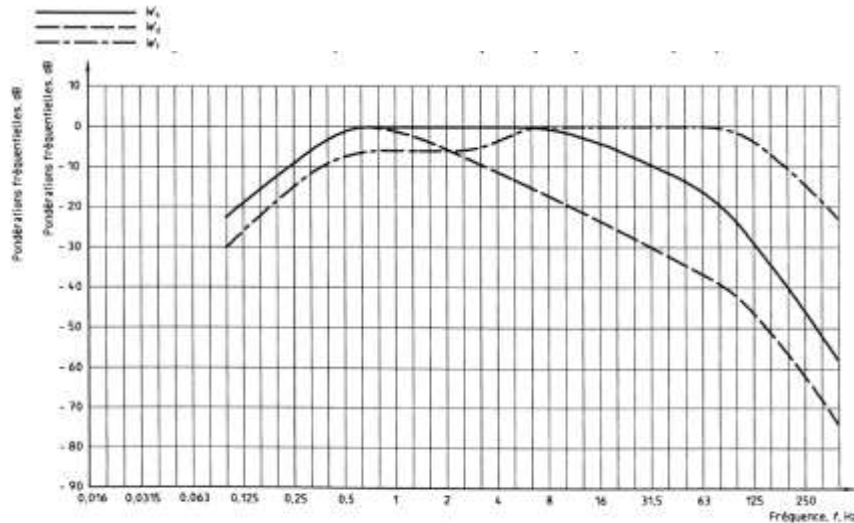
Où :  $a_{wli}$  est l'accélération pondérée en fréquence de l'opération  $i$  sur une période  $T_i$ , dans la direction  $I$ .

Coefficients pour les personnes en position assise et debout:

$$k_x = k_y = 1,4 \text{ et } k_z = 1$$

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

# Les pondérations fréquentielles suivant les axes



a) Position assise

b) Position debout

c) Position couchée

Figure 1 — Axes basicentriques du corps humain

# Les pondérations suivant les axes

Wh sur tous les axes

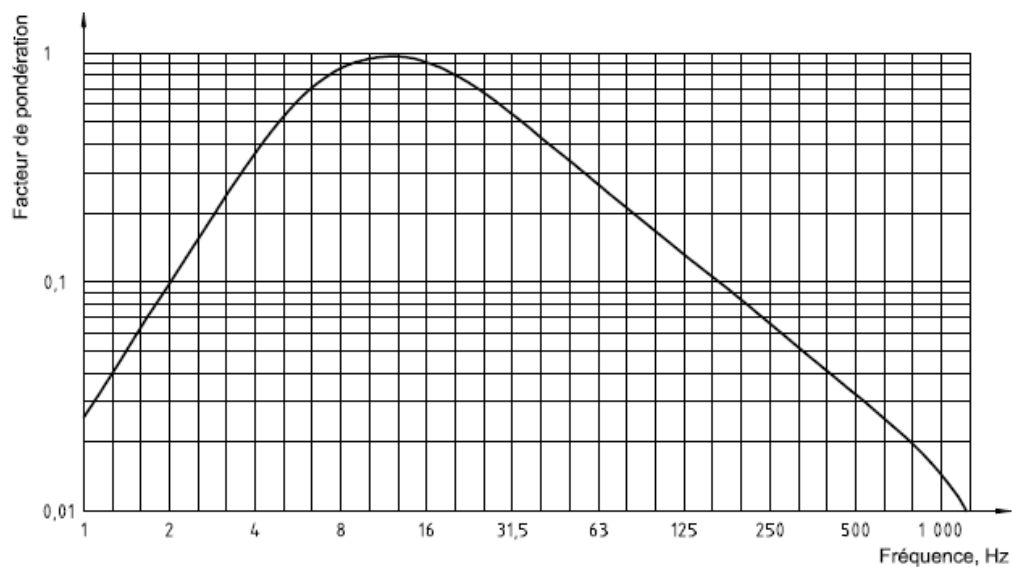
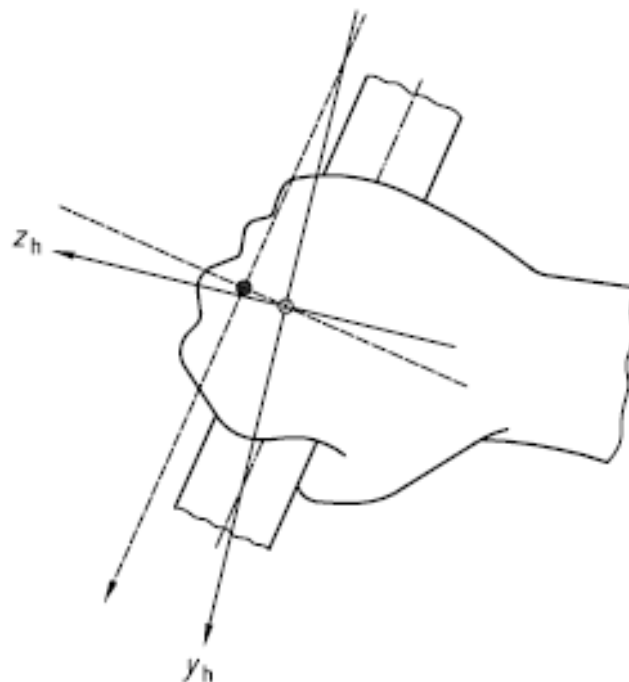


Figure A.1 — Courbe de pondération fréquentielle  $W_h$  pour les vibrations transmises par la main, limitation de bande incluse (schématiquement)







# Actions possibles en cas de dépassement

- adopter une organisation du travail différente
- modifier les techniques de production
- réduire la durée d'exposition.

## Transfert main-bras

- choisir des machines traitées contre les vibrations et correctement entretenues ;
- minimiser le couplage entre la machine et l'opérateur par une bonne opération de la machine et des postures confortables
- maintenir une température suffisante, en particulier pour les mains.

## Transfert corps entier

- réduire les vibrations à la source en nivelant les surfaces de roulement, en choisissant l'engin adapté à la tâche et aux conditions des sols ;
- diminuer la transmission des vibrations aux opérateurs en intercalant des dispositifs de suspension entre la source et la personne
- optimiser la posture des opérateurs de façon à diminuer la pression intra discale au niveau lombaire en soutenant le dos correctement par un siège facilement réglable (inclinaison du dossier, appui lombaire, etc.), en facilitant la rotation du buste pour les opérateurs (dossier ne montant pas plus haut que les omoplates, assises tournantes, aides visuelles, etc.)



# PENIBILITE

## Vibrations

Action ou situation	Intensité minimale	Durée minimale
Vibrations transmises aux mains et aux bras	Valeurs d'exposition rapportée à une période de référence de 8 heures de $2,5\text{m/s}^2$	450 heures par an
Vibrations transmises à l'ensemble du corps	Valeurs d'exposition rapportée à une période de référence de 8 heures de $0,5\text{m/s}^2$	450 heures par an