

## LES VIBRATIONS

### Sommaire :

<b>1.</b>	<b>Classification des vibrations</b> .....	<b>p. 2</b>
1.1.	Approche physiologique .....	p.2
1.2.	Approche par fréquence .....	p.3
1.2.1.	Les vibrations de très basse fréquence (< 2 Hz) .....	p.3
1.2.2.	Les vibrations de basse fréquence ( 2- 20 Hz) .....	p.3
1.2.3.	Les vibrations de haute fréquence (> 20 Hz) .....	p.4
<b>2.</b>	<b>Exposition professionnelle aux vibrations</b> .....	<b>p. 6</b>
<b>3.</b>	<b>Effets combinés du bruit et des vibrations</b> .....	<b>p. 7</b>
<b>4.</b>	<b>Mesurer les vibrations</b> .....	<b>p. 7</b>
<b>5.</b>	<b>Obligations des employeurs</b> .....	<b>p. 9</b>
<b>6.</b>	<b>Valeurs limites</b> .....	<b>p. 9</b>
6.1.	En Belgique : selon l'AR du 07.07.2005 .....	p.9
6.2.	ACGIH : valeurs limites pour les outils à main .....	p.9
<b>7.</b>	<b>Prévention</b> .....	<b>p.10</b>
7.1.	Outils à main .....	p.10
7.2.	Vibrations corps total .....	p.11
<b>8.</b>	<b>Surveillance de santé</b> .....	<b>p.12</b>
<b>9.</b>	<b>Reconnaissance comme maladie professionnelle</b> .....	<b>p.13</b>
<b>10.</b>	<b>Références</b> .....	<b>p.14</b>

**Dr Florence LAIGLE,  
 Directrice scientifique**

**Cellule scientifique  
 Commission scientifique**

Mise à jour le 10 septembre 2009

# 1. Classification des vibrations

## 1.1. Approche physiologique

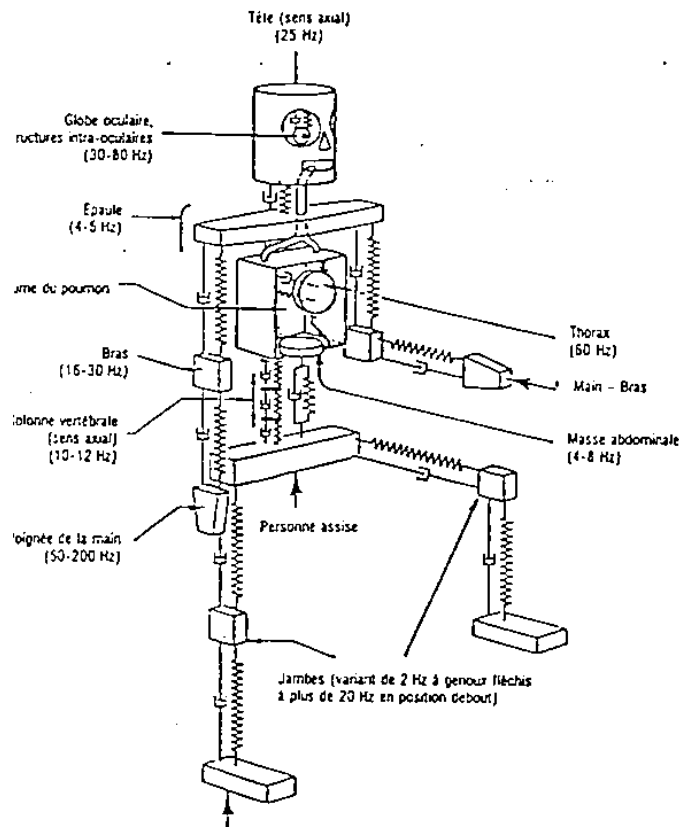
La perception des vibrations n'est pas le fait d'un organe spécialisé, mais de récepteurs situés dans différentes parties du corps.

La perception des vibrations et les troubles pathologiques qu'elles engendrent sont liés à deux grandeurs fondamentales:

- **la fréquence** (nombre de cycles effectués par un objet vibrant pendant une seconde) exprimée en Hz (1Hz = 1 cycle/sec.);
- **l'amplitude** des vibrations exprimée souvent en unité d'accélération  $m/s^2$ .

Le corps humain n'est pas une masse unique, il peut être considéré comme un système de masses suspendues.

Les différentes masses (tête, thorax et membres supérieurs (M.S.), bassin et membres inférieurs (M.I.) sont reliées par des ressorts (muscles, articulations, disques intervertébraux).



Les vibrations sont transmises au tronc par l'intermédiaire :

- des membres inférieurs si le sujet est debout;
- du bassin s'il est assis;
- du support s'il est couché.

Il s'agit des vibrations **corps-total**, appelées vibrations transmises à l'ensemble du corps dans l'A.R. du 7 07 2005.

Les vibrations sont transmises au membre supérieur lorsque l'engin vibrant est tenu en main. Il s'agit des vibrations **manu-brachiales**, appelées vibrations transmises au système main-bras dans l'A.R. du 7 07 2005.

A l'occasion d'une exposition aux vibrations, il se produit une atténuation ou une amplification des vibrations perçues par les masses selon la fréquence propre de chacune des masses. En effet, chaque objet, selon sa composition, sa taille, sa structure, son poids et sa forme, a tendance à vibrer selon une fréquence particulière. On appelle la fréquence de la machine vibrante la **fréquence propre**. Une machine vibrante transmet la quantité maximale d'énergie à un objet lorsqu'elle vibre à la fréquence propre de l'objet.

## 1.2. Approche par fréquence

### 1.2.1. Les vibrations de très basse fréquence (< 2 Hz)

Elles n'entraînent pas de déplacement relatif des masses corporelles et concernent surtout les fonctions vestibulaires: dans l'oreille interne, se trouve le labyrinthe composé des trois canaux semi-circulaires, du limaçon et du vestibule; à l'intérieur, se trouvent des capteurs d'accélération angulaires et linéaires qui détectent les variations de vitesse de la tête et sont liés avec les centres de contrôle des mouvements des yeux et de la posture.

Les vibrations de très basse fréquence sont responsables du mal des transports rencontré en pathologie professionnelle chez les marins et les transporteurs aériens (8 à 10 % seraient atteints du mal des transports). Du point de vue prévention, il importe de placer la victime au voisinage du centre de gravité et de lui demander de fixer un point immobile. La position couchée est recommandée.

### 1.2.2. Les vibrations de basse fréquence ( 2 - 20 Hz )

Elles affectent principalement les chauffeurs de camion, les caristes et les conducteurs d'engins de chantier, de tracteurs, de bus. Il s'agit de vibrations corps-total. Elles affectent:

- **la colonne vertébrale** où leur effet propre se combine à celui des mauvaises postures. Ceci se traduit par des douleurs de la colonne vertébrale surtout au niveau lombaire avec parfois irradiation le long du nerf sciatique.
- **le système urinaire** avec des douleurs et des difficultés à uriner.
- **le système digestif** avec des difficultés à digérer et des sensations de brûlure au niveau de l'estomac.

Il faut noter aussi la possibilité de baisse de l'acuité visuelle, et de baisse de la vigilance.

La prévention collective consiste à réaliser un ensemble véhicule - siège - homme tel que la fréquence de ce système soit inférieure à la fréquence propre des différentes masses du corps humain. Ceci n'est pas toujours facile à réaliser. Il faut cependant signaler que les aménagements anti - vibrations et de suspension des véhicules se sont beaucoup améliorés ces dernières années.

La posture adoptée par l'homme pendant le travail est aussi très importante et il ne faut pas que celui-ci néglige les possibilités de réglages, en particulier du siège, prévues sur certains engins. D'où l'importance de l'information.

Les horaires et l'organisation du travail (alternance par exemple) peuvent être pensés de façon à réduire le temps d'exposition aux vibrations.

En prévention individuelle, le port de ceintures lombaires est parfois conseillé mais ce port doit être compensé par des exercices de musculation. Les troubles digestifs peuvent être réduits par un régime alimentaire: repas fractionnés, pauvres en graisses et dépourvus - bien sûr - de boissons alcoolisées.

### 1.2.3. Les vibrations de haute fréquence (> 20 HZ )

Comprises entre 20 et plusieurs milliers d'Hertz, leurs effets sont variables selon l'amplitude et la fréquence. Elles sont atténuées par les parties molles du corps mais elles sont transmises à distance par le système osseux avec atténuation au niveau des articulations. Elles sont également perçues par les récepteurs cutanés et les récepteurs situés dans les muscles striés.

#### 1.2.3.1. Sources

Les outils vibrants sont la principale source de vibrations de ce type.

- *Outils de fréquence dominante < à 40 Hz*  
Il s'agit des marteaux piqueurs, brise-béton et un grand nombre d'outils pneumatiques portatifs dont l'oscillation est de grande amplitude. Ils provoquent des lésions ostéo-articulaires.
- *Outils de fréquence dominante comprise entre 40 et 300 Hz*  
Il s'agit des scies à main, des tronçonneuses, des marteaux ébarbeurs dont l'amplitude des vibrations est faible. Les effets sont vasculaires et neurologiques.
- *Outils de fréquence dominante > à 300 Hz*  
Par exemple, les polisseuses, les ébarbeuses de l'industrie métallurgique. L'amplitude est très faible. Les vibrations entraînent des troubles neuro-musculaires sensitifs avec altération du sens du toucher.

#### 1.2.3.2. Les pathologies observées:

- *Les troubles ostéo-articulaires*  
Ils dominent au niveau du coude. Il s'agit de lésions d'arthrose dont l'évolution est lente mais irréversible. C'est souvent la gêne à la flexion du coude qui attire l'attention.

Le poignet est aussi fréquemment atteint avec deux maladies redoutables: la maladie de Köhler ou pseudarthrose du scaphoïde et la maladie de Kienböck ou nécrose du semi-lunaire.

Les vibrations peuvent également entraîner des tendinites et un syndrome du canal carpien.

- *Les troubles vaso-moteurs*

Le *doigt mort*, appelé phénomène de Raynaud, est provoqué par un spasme vasculaire. Il épargne, en général, le pouce et il est unilatéral. Il apparaît surtout lors de l'exposition au froid chez les travailleurs exposés aux vibrations.

- **Les lésions neuro-musculaires**

Elles sont plus rares. Elles sont dues au fait que le muscle est en contraction permanente et que l'absorption d'énergie vibratoire dans les tissus nerveux y provoque certains dégâts.

En 1986, la classification de Stockholm<sup>1</sup>, a été présentée. Dans cette classification, les changements vasculaires (débit sanguin) et les changements neurologiques (sensibilité tactile, perception de la chaleur et du froid, etc.) sont considérés séparément :

Stade	Degré	Description
0	(aucun)	Aucun accès
1	Léger	Accès occasionnels atteignant seulement l'extrémité d'un ou de plusieurs doigts
2	Modéré	Accès occasionnels atteignant l'extrémité et le milieu des doigts, mais rarement la partie des doigts située près de la paume
3	Grave	Accès fréquents atteignant la plupart des doigts
4	Très grave	Mêmes symptômes qu'au stade 3, avec dégénérescence de la peau à l'extrémité des doigts

Tableau 1 : Échelle de classification de l'Atelier de Stockholm pour les symptômes vasculaires (débit sanguin) provoqués dans les doigts par le froid dans le syndrome des vibrations du système main-bras

Stade	Symptômes
OSN	Exposition aux vibrations, mais pas de symptômes
1SN	Engourdissement intermittent, avec ou sans picotement
2SN	Engourdissement intermittent ou persistant, diminution de perception sensorielle
3SN	Engourdissement intermittent ou persistant, diminution de discrimination tactile et/ou de dextérité manuelle

Tableau 2 : Échelle de classification de l'Atelier de Stockholm pour les changements neurosensoriels observés au niveau des doigts dans le syndrome des vibrations du système main-bras

La gravité du syndrome des vibrations du système main-bras dépend de plusieurs autres facteurs, par exemple les caractéristiques de l'exposition aux vibrations, les méthodes de travail, les antécédents personnels et les habitudes. Le tableau suivant<sup>2</sup> résume ces facteurs.

<sup>1</sup> Source : Gemne, G. et coll., Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, vol. 13, n° 4 (1987), p. 275-278.

<sup>2</sup> Source: [http://www.cchst.ca/reponsesst/phys\\_agents/vibration/vibration\\_effects.html](http://www.cchst.ca/reponsesst/phys_agents/vibration/vibration_effects.html)



La période latente pour le doigt mort est le temps écoulé entre la première exposition professionnelle aux vibrations du système main-bras et l'apparition des symptômes. La période latente dépend de l'intensité de l'exposition. Plus l'intensité est élevée, plus la période latente est courte. Le tableau suivant<sup>3</sup> montre des périodes latentes types observées chez les travailleurs de certaines professions.

Profession	Stade du doigt mort causé par les vibrations	Période latente (années)
Travailleur de fonderie	Picotement	1,8
	Engourdissement	2,2
	Pâleur	2,0
Travailleur de chantier naval	Picotement	9,1
	Engourdissement	12,0
	Pâleur	16,8
Opérateur de tronçonneuse	Engourdissement	4
Broyeur	Pâleur	13,7

Tableau 4 : Périodes latentes moyennes pour les maladies causées par les vibrations dans différentes profession

### 3. Effets combinés du bruit et des vibrations

Comme la plupart des machines et outils vibrants produisent du bruit, un travailleur exposé aux vibrations risque d'être exposé en même temps au bruit. Des études portant sur la perte d'audition chez les bûcherons ont montré que, pour une même exposition au bruit, les sujets atteints du doigt mort causé par les vibrations présentaient une perte d'audition plus grave que les sujets non atteints.

Des études portant sur l'exposition distincte au bruit et aux vibrations globales du corps et sur l'exposition simultanée à ces deux agents ont montré que l'exposition aux vibrations globales du corps uniquement ne cause pas de perte d'audition. Cependant, l'exposition simultanée au bruit et aux vibrations produit une perte d'audition temporaire plus grave que l'exposition au bruit seulement.

### 4. Mesurer les vibrations

Pour évaluer l'exposition aux vibrations, il faut mesurer l'accélération dans des directions bien définies, les fréquences et la durée de l'exposition. La force avec laquelle une personne serre un outil influe sur la quantité d'énergie de vibration transmise aux mains, de sorte que la force de préhension manuelle est un autre facteur important pour l'évaluation de l'exposition.

<sup>3</sup> Source : Vibration effects on the hand and arm in industry. Rédigé par A.J. Brammer et coll., New York : John Wiley and Sons, 1982.

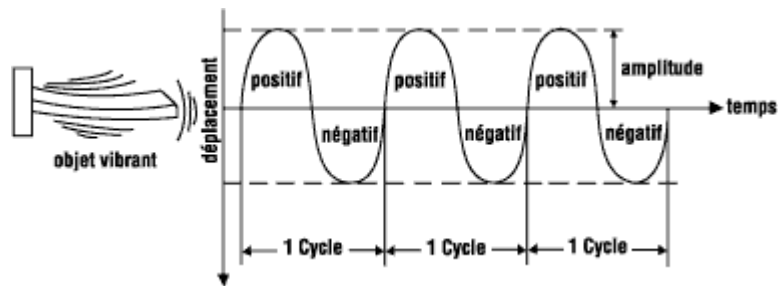


Fig. 1 : représentation d'une vibration<sup>4</sup>

La plupart des autorités et organismes utilisent l'accélération en tant que mesure de l'exposition aux vibrations, pour les raisons suivantes :

- Il existe plusieurs types d'instruments permettant de mesurer l'accélération, c'est-à-dire la variation de la vitesse en grandeur ou en direction par unité de temps (p. ex. par seconde).
- La mesure de l'accélération peut aussi fournir des renseignements sur la vitesse et l'amplitude des vibrations.
- Le degré de dommage est relié à la grandeur de l'accélération.

Un système de mesure type des vibrations comprend un dispositif de détection des vibrations (accéléromètre), un enregistreur à bande, un analyseur de fréquence, un réseau de pondération fréquentielle et un dispositif d'affichage, par exemple un compteur, une imprimante ou un enregistreur.

L'**accéléromètre** produit un signal électrique. L'intensité de ce signal est proportionnelle à l'accélération mesurée.

L'**analyseur de fréquence** détermine la distribution de l'accélération dans différentes bandes de fréquences.

Le **réseau de pondération fréquentielle** simule la réponse humaine aux vibrations de différentes fréquences. L'utilisation de réseaux de pondération donne une valeur unique pour l'exposition aux vibrations, appelée l'exposition aux vibrations pondérée en fréquence, exprimée en mètres par seconde carrée ( $m/s^2$ ), c.-à-d. en unités d'accélération. Un vibromètre comprenant un accéléromètre peut être utilisé pour la mesure instantanée des vibrations. Certains types de sonomètres peuvent mesurer les vibrations.

Le réseau de pondération fréquentielle pour les **vibrations manu-brachiales** est défini dans la norme ISO 5349 de l'Organisation internationale de normalisation. La sensibilité de la main humaine à l'énergie de vibration varie selon la fréquence de vibration. La sensibilité la plus élevée est observée aux fréquences comprises environ entre 8 et 16 Hz (hertz, ou cycles par seconde). Le matériel de mesure tient compte de cette particularité grâce à un réseau de pondération. Une valeur de 1 est assignée au gain pour les fréquences de vibration auxquelles le système main-bras présente la plus grande sensibilité. La norme ISO 2631-1 de 1997 donne en sus des indications sur l'évaluation du niveau d'exposition pour les **vibrations corps total**.

<sup>4</sup> Source : [http://www.cchst.ca/reponsesst/phys\\_agents/vibration/vibration\\_intro.html](http://www.cchst.ca/reponsesst/phys_agents/vibration/vibration_intro.html)

Mesurer les vibrations reste affaire de spécialiste, c'est pourquoi l'AR du 7 juillet 2005 permet des estimations fondées sur les informations concernant le niveau d'émission des équipements de travail utilisés et l'observation des techniques de travail.

## 5. Obligations des employeurs

- ▶ Evaluer le risque aux postes de travail et pour chaque travailleur;
- ▶ Présenter les résultats de l'évaluation au comité de prévention et protection (CPP) ;
- ▶ Prendre les mesures (techniques et d'organisation) pour réduire, à un niveau aussi bas que possible, l'exposition des travailleurs aux vibrations : diminuer le temps d'exposition, introduire des pauses.
- ▶ Former et informer les travailleurs sur les risques ;
- ▶ Mettre à disposition des protections individuelles.

## 6. Valeurs limites

### 6.1. En Belgique : selon L'AR du 7. 07. 2005

	Vibrations transmises au système main-bras	Vibrations transmises à l'ensemble du corps
Valeur limite d'exposition journalière normalisée à une période de référence de 8 heures	5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>
Valeur d'exposition journalière normalisée à une période de référence de 8 heures déclenchant l'action	2.5 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>

Tableau 5 : VLT selon l'A.R. du 07.07. 2005

### 6.2. ACGIH : valeurs limites pour les outils à main

L'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) a établi des valeurs limites d'exposition (TLV) aux vibrations produites par les outils à main.

Les limites d'exposition sont données sous forme d'une accélération pondérée en fréquence qui représente une valeur de mesure unique du niveau d'exposition aux vibrations.

La pondération fréquentielle est basée sur une méthode recommandée dans la norme internationale ISO 5349.



contre les risques professionnels types (p. ex. coupures, éraflures) et contre le froid qui, pour sa part, peut réduire la sensation initiale des accès de doigt mort.

- *Savoir-faire*

En plus d'utiliser des outils antivibrations et de porter des gants antivibrations, les travailleurs peuvent réduire le risque de syndrome des vibrations du système main-bras en adoptant les habitudes de travail suivantes :

- appliquer une force de préhension manuelle minimale compatible avec l'utilisation sans danger de l'outil ou du procédé ;
- porter des vêtements suffisants, y compris des gants, pour se tenir au chaud ;
- éviter une exposition continue en organisant des pauses ;
- appuyer l'outil sur la pièce à travailler, chaque fois qu'il est possible de le faire ;
- ne pas utiliser d'outils défectueux ;
- maintenir les outils de coupe bien affûtés ;
- consulter un médecin dès l'apparition des premiers signes de maladie causée par les vibrations et demander s'il est possible d'effectuer un travail comportant moins d'exposition.

- *Formation*

Les programmes de formation sont un moyen efficace pour sensibiliser davantage les personnes au syndrome des vibrations manu-brachiales en milieu de travail. La formation devrait notamment porter sur l'utilisation et l'entretien adéquats des outils vibrants, afin de prévenir l'exposition inutile aux vibrations. Une bonne maîtrise de l'outil s'accompagne en effet d'une préhension plus souple et donc d'une moindre transmission de l'énergie vibratoire aux mains. Souvent, les machines et l'équipement vibrants produisent en plus un niveau élevé de bruit. Par conséquent, la formation et l'éducation en matière de lutte contre les vibrations devraient aussi porter sur les questions liées à la lutte contre le bruit.

## 7.2. Vibrations corps total

Les normes et lignes directrices portant sur les vibrations globales du corps visent à réduire les vibrations à un niveau auquel la plupart des travailleurs peuvent accomplir leurs tâches sans inconfort.

Le document le plus largement utilisé en rapport avec cette question est le Guide d'estimation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps (ISO 2631). Les lignes directrices d'exposition de ce document ont été adoptées en tant que TLV de l'ACGIH.

La norme ISO donne trois types différents de limites d'exposition :

- une limite au confort réduit;
- une limite à la capacité réduite par fatigue;
- une limite d'exposition.

La limite au confort réduit vise le confort des personnes voyageant à bord d'avions, de navires et de trains. À des expositions supérieures à ces limites, il est difficile pour les passagers de manger, lire ou écrire pendant le voyage.

La limite à la capacité réduite par fatigue est une limite visant les effets dépendant du temps qui compromettent les performances. Par exemple, la fatigue compromet les performances de pilotage et de conduite, notamment de poids lourds.

La limite d'exposition est utilisée pour évaluer l'exposition maximale admissible pour les vibrations globales du corps.

Un ensemble distinct de « limites d'inconfort sévère » est fourni pour des durées d'exposition de 8 heures, 2 heures et 30 minutes à des vibrations globales du corps dans la gamme de 0,1 Hz à 0,63 Hz. Comme pour toutes les normes, il est important de lire et de comprendre tous les renseignements contenus dans la norme avant de l'appliquer au milieu de travail.

Les mesures suivantes contribuent à réduire l'exposition aux vibrations globales du corps :

- limiter le temps passé par les travailleurs sur une surface vibrante ;
- isoler mécaniquement la source ou la surface vibrante afin de réduire l'exposition ;
- s'assurer du bon entretien de l'équipement, afin de prévenir les vibrations excessives ;
- installer des sièges amortisseurs de vibrations.

La conception de moyens de lutte contre les vibrations pose un problème technique complexe et elle doit être réalisée par des professionnels qualifiés. Un grand nombre de facteurs propres au poste de travail individuel déterminent le choix du matériau isolateur de vibrations et des méthodes de montage des machines.

## 8. Surveillance de santé

---

Les vibrations font partie des risques définis liés à des agents physiques et nécessitent, pour les travailleurs exposés, une surveillance de santé annuelle.

Le dépistage des troubles en médecine du travail est essentiellement clinique. L'anamnèse est la plus importante, cherchant à mettre en relation les symptômes avec les gestes effectués, les outils utilisés, le temps d'exposition. La confirmation des troubles fait appel à des examens spécialisés ne pouvant pas être pratiqués en consultation de dépistage courante.

## 9. Reconnaissance comme maladie professionnelle

---

**Les principaux obstacles à la reconnaissance du syndrome des vibrations en tant que maladie professionnelle sont les suivants :**

- Les médecins n'établissent pas toujours la relation entre les troubles et la cause, en l'occurrence, les vibrations ;
- Les causes du doigt mort causé par les vibrations ne peuvent pas toujours être déterminées ;
- Il n'existe aucun essai clinique objectif permettant de mesurer le degré d'altération ;
- La maladie évolue pendant des années avant que les symptômes deviennent assez graves pour diminuer la capacité d'un travailleur à remplir ses fonctions ;

**L'AR du 02.08.2002 (M.B. du 07.11.2002 donne les conditions de reconnaissance des maladies dues aux vibrations :**

- Les libellés de code 1.605.01 et 1.605.02 : « maladies ostéoarticulaires ou angioneurotiques provoquées par les vibrations mécaniques » sont remplacés par les numéros de code :
  - « 1.605.11 Affections ostéoarticulaires des membres supérieurs provoquées par les vibrations mécaniques »
  - « 1.605.12 Affections de la colonne lombaire associées à des lésions dégénératives précoces provoquées par des vibrations mécaniques transmises au corps par le siège »
  - « 1.605.02 Affections angioneurotiques des membres supérieurs provoquées par les vibrations mécaniques »
- Le libellé de code « 1.606.51 paralysie des nerfs dues à la pression » est remplacé par :
  - « 1.606.51 Atteinte de la fonction des nerfs due à la pression »

**Les circonstances professionnelles retenues sont :**

- tassement de produits par vibration;
- travaux au moyen de machines vibrantes telles que marteaux pneumatiques, ciseaux, burins ou pilons;
- travaux au moyen de scies, fraiseuses, polisseuses ou foreuses portatives ;
- travaux de martelage du cuir ;
- travaux avec conduite d'engins.

## 10. Références

---

- A.R. du 7 juillet 2005 relatif à la protection de la santé et la sécurité des travailleurs contre les risques liés à des vibrations mécaniques sur le lieu de travail (M.B. du 14 juillet 2005).
- Direction générale Humanisation du travail, SERIE STRATEGIE SOBANE, GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS, *vibrations de l'ensemble du corps*, Janvier 2005, 84 p.
- Direction générale Humanisation du travail, SERIE STRATEGIE SOBANE, GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS, *vibrations mains-bras*, Décembre 2004, 84 p.
- Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles  
<http://www.inrs.fr>
- Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail,  
[http://www.cchst.ca/reponsesst/phys\\_agents/vibration/](http://www.cchst.ca/reponsesst/phys_agents/vibration/)

Référence : DOS-N°4- 2009