

Les effets des vibrations mécaniques transmises à l'ensemble du corps

P. Donati,
INRS,
Département IET,
Avenue de Bourgogne,
BP 27,
54501 Vandœuvre CEDEX,
France,
e-mail : donati@inrs.fr

Les conducteurs et opérateurs assis sont régulièrement exposés à des vibrations, secousses et chocs transmis à l'ensemble du corps par le siège et le plancher. Une exposition régulière et fréquente combinée à de mauvaises postures peut occasionner à long terme des douleurs du dos. Il est possible de réduire ce risque par la mise en place de mesures préventives qui nécessitent le plus souvent outre le traitement des vibrations, une étude ergonomique car les postes les plus à risques ne sont pas forcément les plus vibrants.

Le mal de dos des conducteurs de véhicules vibrants : un problème multifactoriel

L'exposition aux vibrations entraîne des mouvements et des déformations des éléments corporels qui peuvent affecter le confort et gêner le travail dès qu'ils sont perçus par les sujets qui y sont exposés. Les enquêtes épidémiologiques [1 et 2] comparatives entre populations exposées

et non exposées démontrent que la combinaison de la position assise prolongée et de l'exposition aux vibrations augmente le risque de troubles de la colonne vertébrale. Les symptômes les plus fréquemment rapportés sont les lombalgies, les excroissances osseuses et les hernies discales. Certains de ces troubles sont reconnus comme une maladie professionnelle en référence au tableau 97 (figure 1).

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste limitative des Travaux susceptibles de provoquer ces maladies
<p>Sciaticque 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"> - 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 auto-moteur à conducteur porté, portique, pont roulant, grue de chantier, crible, concasseur, broyeur ; - par la conduite de tracteur routier et de camion monobloc.

Fig. 1 : Tableau 97 des affections chroniques du rachis lombaire provoquées par des vibrations de basses et moyennes fréquences transmises au corps entier.

Il n'y a pas, comme dans le cas des vibrations transmises au système main-bras, une pathologie spécifique reconnue, induite par l'exposition aux vibrations de l'ensemble du corps. Certains des effets signalés comme liés aux vibrations transmises à l'ensemble du corps, se distinguent peu de ceux dus à une mauvaise position assise, à des tâches de manutention de charges lourdes ou au vieillissement (figure 2).

Plus les gens sont exposés longtemps et à des niveaux élevés, plus ils ont de risques de souffrir du dos. Une fois qu'une personne a commencé à souffrir du dos, l'exposition aux vibrations ne peut qu'accentuer la douleur.

Les lésions dégénératives observées sont des signes précoces d'usure du système squelettique, conséquence de nombreuses années d'exposition aux contraintes d'origine vibratoire. Les mécanismes de l'usure prématurée fréquente de la colonne vertébrale ne sont pas encore clairs. Les chercheurs ont avancé un certain nombre d'hypothèses basées sur deux causes premières : surcharge mécanique et désordres métaboliques des disques intervertébraux. La plupart des hypothèses ne peuvent pas être acceptées ou rejetées, faute de données expérimentales suffisantes.

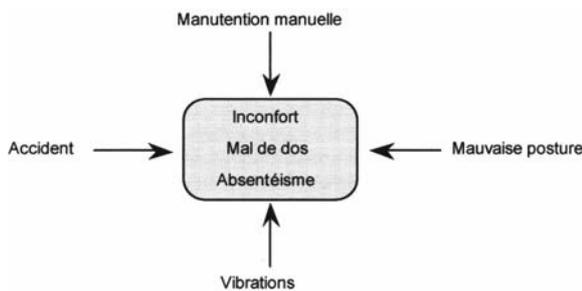


Fig. 2 : Les origines du mal au dos chez les conducteurs de véhicules vibrants

Ajoutons enfin que des pathologies autres que les dysfonctionnements de la colonne vertébrale, telles que les troubles du fonctionnement de l'appareil digestif, sont signalées chez les conducteurs de véhicules vibrants, mais les enquêtes épidémiologiques ne montrent que des associations faibles, même pour les populations les plus exposées aux vibrations. L'exposition aux vibrations des opératrices développant une grossesse est généralement à éviter.

L'inconfort vibratoire, fonction de la tâche réalisée

Une vibration particulière peut être jugée inconfortable dans une situation mais être classée comme plaisante dans une autre. De nombreux paramètres se combinent pour déterminer le degré d'inconfort. Ce sont :

- sa fréquence, sa direction, son amplitude, sa forme, la durée de l'exposition,
- les facteurs individuels : âge, sexe, caractéristiques anthropométriques, infirmités, état de santé, état psychologique, expériences passées,

- les facteurs liés à la tâche : position, posture, attitude contractée ou relâchée, vêtements, équipements, caractéristiques ergonomiques du support postural (par exemple, la présence d'un dossier augmente de manière significative la sensibilité aux vibrations avant-arrière entre 2 et 5 Hz),
- les facteurs liés à l'environnement physique (bruit, température, etc.).

On ne peut donc pas définir de valeurs limites. Néanmoins, le tableau 1 extrait de la norme ISO 2631 [3] donne une indication approximative des réactions probables à différentes valeurs de l'accélération équivalente.

Accélération équivalente	Gêne
moins de 0,3 m/s ²	pas d'inconfort
de 0,3 à 0,6 m/s ²	légèrement inconfortable
de 0,6 à 1,0 m/s ²	relativement inconfortable
de 1 à 1,6 m/s ²	inconfortable
de 1,6 à 2,5 m/s ²	très inconfortable
plus de 2,5 m/s ²	extrêmement inconfortable

Tabl. 1 : Relation entre différents niveaux d'inconfort et l'accélération équivalente

Note : Pour évaluer la sévérité de l'exposition aux vibrations, on calcule l'accélération équivalente (a_{eq}) qui est la valeur efficace de l'accélération mesurée au point d'entrée dans le corps (assise du siège pour un conducteur assis) selon les trois directions orthogonales (séant tête, avant arrière et gauche droite). Le signal d'accélération est pondéré en fréquence et en direction pour tenir compte de la sensibilité de l'homme à ces paramètres. Une valeur équivalente sur 8 heures ($a_{eq(8h)}$) est obtenue en multipliant l'accélération équivalente mesurée, par la racine carrée du rapport de la durée de l'exposition quotidienne réelle et 8 heures [3 et 4].

Sources vibratoires

Les principaux véhicules, pour lesquels une prévalence supérieure des troubles du dos des opérateurs a été observée, sont les engins de chantier (les véhicules montés sur pneumatiques tels que les camions tout terrain, les dumpers, les chargeuses, les chenillardes), les tracteurs agricoles, les chariots automoteurs, les camions, les grues, etc. (figure 1). Il s'agit principalement de véhicules dont l'énergie vibratoire est dominante entre 1 et 10 Hz. Il est fréquent que l'accélération équivalente mesurée au poste de conduite des engins tout terrain excède 1 m/s². Les valeurs de l'accélération des vibrations à bord des véhicules sont très dépendantes des conditions d'utilisation, en premier lieu, de la qualité des surfaces empruntées et de la vitesse. En effet, c'est surtout en roulement que les véhicules s'avèrent vibrants. L'effet des irrégularités est fonction de la masse et du diamètre des roues des véhicules.

C'est ainsi qu'un obstacle de 10 mm d'épaisseur sera généralement négligeable pour un tracteur agricole alors qu'il provoquera un choc important dans un chariot équipé de roues de diamètre inférieur à 50 cm et montées sur des pneus pleins. Le type des pneus et en particulier leur gonflage affectent les amplitudes vibratoires.

Le plus souvent, les véhicules chargés apparaissent globalement comme générant des vibrations moins sévères du fait de la perte de vitesse. Pour les véhicules qui travaillent à poste fixe tels que les pelles, la vibration peut être causée par la tâche et est d'autant plus forte que le sol est dur (sol gelé par exemple).

Relation entre l'exposition aux vibrations et les effets sur la santé

Les enquêtes épidémiologiques n'ont pas permis d'établir de relation claire de dose à effet. Elles ont par contre permis de déterminer un seuil d'exposition régulière (de l'ordre de $0,6 \text{ m/s}^2$ pour 8 heures) au delà duquel le risque de lombalgie est possible à long terme et une valeur de risque au dessus duquel le risque est probable (environ $0,9 \text{ m/s}^2$ pour 8 heures) [3]. Les postes les plus à risque ne sont pas uniquement les plus vibrants. C'est ainsi que l'effet des vibrations est aggravé dans le cas des chariots automoteurs et surtout des tracteurs agricoles par l'obligation fréquente de se retourner (de 10 à 20 fois par minute pour certaines tâches) afin de surveiller un outil à l'arrière du véhicule ou de reculer [5]. Dans les ponts-roulant, les opérateurs doivent maintenir une posture fléchie très pénible pour contrôler les commandes ou surveiller la zone de travail.

Législation et valeurs limites réglementaires

L'Europe a adopté en 2002 une Directive qui concerne les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux vibrations [6]. Elle définit :

- Une valeur vibratoire d'action fixée à $a_{eq(8h)} = 0,5 \text{ m/s}^2$ sur 8 heures. Quand cette valeur est dépassée, 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,
 - de sensibiliser les salariés,
 - de prévoir une surveillance médicale là où il y a un risque résiduel.
- Une valeur vibratoire plafond fixée à $a_{eq(8h)} = 1,15 \text{ m/s}^2$, au-dessus de laquelle il est jugé que l'exposition régulière aux vibrations présenterait un risque tel pour la santé que les vibrations devraient impérativement être réduites.

Prévention des vibrations

Les principes de base utilisables pour établir un programme de protection contre les vibrations dans les machines sont au nombre de trois [7 et 8] :

- a) réduire les vibrations à la source en choisissant l'engin en fonction de la tâche et de la nature du sol, en améliorant les surfaces de roulement,
- b) diminuer la transmission des vibrations au conducteur en intercalant des dispositifs de suspension adaptés entre l'opérateur et la source,
- c) minimiser l'effet de transmission des vibrations en optimisant la posture des conducteurs.

Ces moyens doivent être complétés par une formation des opérateurs pour qu'ils participent activement aux actions de prévention. En particulier, il faut inciter les conducteurs à ajuster le siège à leur taille et à leur poids, d'adapter la vitesse de roulement en fonction des irrégularités du sol, etc.

Références bibliographiques

- [1] AFNOR, Guide concernant les effets des vibrations sur la santé du corps humain. FD CR 12349, E 90-399, Paris-La Défense, AFNOR, Septembre 1996.
- [2] Boshuizen H.C., Bongers P.M. and Hulshof C.T.J., Dorsalgie rapportée par les conducteurs de tracteurs exposés aux vibrations de l'ensemble du corps. *Int Arch Occup Environ Health* (1990) 62, PP. 109-115.
- [3] ISO, Evaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps. Partie 1 : Spécifications générales. ISO 2631-1, Genève, ISO, 1997.
- [4] AFNOR, Vibrations et chocs mécaniques. Evaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps. Risques pour la santé. Norme NF E 90-401-2, partie 2, Paris, AFNOR, Juillet 2001.
- [5] Saint-Eve P. et Donati P., Prévention des risques dorso-lombaires liés à la conduite de chariots élévateurs. Documents pour le Médecin du Travail, n° 54, 2ème trimestre 1993, PP. 141-148.
- [6] Communauté économique européenne, Directive 2002 du Conseil concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (vibration). Position commune approuvée par le comité de conciliation du 8 avril 2002.
- [7] Donati P., Boulanger P., Galmiche J.P., Confort vibratoire dans les véhicules industriels et les engins de chantier. *Travail & Sécurité* n° 509, Février 1993, PP. 150-158.
- [8] INRS. Vibrations, plein le dos. Conducteurs d'engins mobiles. INRS ED 864, septembre 2001.

