Guide des bonnes pratiques en matière de

Vibrations globales du corps

Guide consultatif des bonnes pratiques en vue de l'application de la Directive 2002/44/EC relative aux exigences minimales d'hygiène et sécurité pour l'exposition des employés aux risques résultant d'agents physiques (vibrations).

SOMMAIRE

Sommaire *2*
Avant-propos *4*
Remerciements *5*
Chapitre 1 Introduction *6*
Chapitre 2 Évaluation des risques *10*
2.1 Les fondements de l'évaluation des risques **11**
2.2 Déterminer la durée d'exposition **16**
2.3 Déterminer l'amplitude des vibrations **17**
2.3.1 Utilisation des données d'émission du fabricant 17
2.3.2 Utilisation d'autres sources de données 18
2.3.3 Mesure de l'amplitude des vibrations 19
2.4 Calcul des expositions journalières aux vibrations **21**
2.4.1 Évaluation de A(8) et de l'exposition journalière VDV 21
2.4.2 Incertitude des évaluations d'exposition journalière 21
Chapitre 3 Supprimer ou réduire l'exposition *23*
3.1 Élaborer une stratégie de maîtrise du risque **24**
3.2 Consultation et participation des travailleurs **25**
3.3 Maîtrise des risques **26**
3.3.1 Utilisation d'autres méthodes de travail 26
3.3.2 Choix des équipements 26
3.3.3 Politique d'achat 26
3.3.4 Conception des tâches et des processus 27
3.3.5 Mesures collectives 28
3.3.6 Formation et information des employés 28
3.3.7 Rythmes de travail 29
3.3.8 Maintenance 29
3.3.9 Sièges suspendus 29
3.4 Suivi et réévaluation des vibrations **31**
3.4.1 Comment savoir si le contrôle des vibrations a été efficace ? 31
3.4.2 Quand faut-il reconduire l'évaluation des risques ? 31
Chapitre 4 Suivi médical *32*
4.1 - Quand un suivi médical est-il nécessaire ? **33**

4.2 - Quels enregistrements sont requis ?.....33

Annexe A RéSumé des responsabilités définies par la Directive 2002/44/EC 35

Annexe B QU'est ce qu'une vibration ? 37

Annexe C Risques sanitaires, signes et symptômes.....41

Annexe D Outils de calcul des expositions journalières.....43

Annexe E Exemples d'expositions journalières 48

Annexe F Techniques pour le suivi médical.....56

Annexe G Glossaire 57

Annexe H Bibliographie 58

Index 65

AVANT-PROPOS

La Directive 2002/44/EC du Parlement européen et du Conseil de l'Europe relative à l'exposition des employés aux risques résultant d'agents physiques (vibrations) vise à introduire au niveau de la Communauté des critères de protection minimale pour les employés exposés pendant leur travail à des risques résultant de vibrations.

La Directive 2002/44/EC donne des valeurs limites d'exposition et des valeurs d'action d'exposition. Elle explique également les obligations des employeurs en termes de détermination et d'évaluation des risques, définit les mesures à prendre pour réduire ou éviter les expositions et détaille les moyens d'informer et de former les employés. Un employeur qui prévoit de conduire des travaux comportant des risques liés à une exposition à des vibrations doit donc déployer toute une panoplie de mesures de protection avant et pendant les travaux proprement dit. De même, la Directive exige des États-membres qu'ils mettent en place un système approprié pour le suivi médical des employés exposés à des risques liés à des vibrations.

Comme évaluer et déterminer les risques résultant d'une exposition à des vibrations d'une part, et déployer des mesures de protection d'autre part peut s'avérer difficile, on a jugé utile de disposer d'un « guide de bonnes pratiques » à caractère non obligatoire. Il facilitera l'évaluation des risques liés à l'exposition aux vibrations globales du corps, la détermination de contrôles pour éliminer ou réduire l'exposition, et l'application de méthodes pour empêcher le développement et la progression de pathologies.

Ce guide sur les vibrations globales du corps, ainsi que le guide associé sur les vibrations mains-bras (référence : Guide consultatif des bonnes pratiques en matière de vibrations transmises à la main et au bras en vue de l'application de la Directive 2002/44/EC relative aux exigences minimales d'hygiène et de sécurité pour l'exposition des travailleurs aux risques résultants d'agents physiques (vibrations).), a été préparé sous le numéro de contrat VC/2004/0341 pour la Direction générale de l'emploi et des affaires sociales de la Commission européenne.

REMERCIEMENTS

Ce guide a été élaboré par :

ISVR: Professeur M. J. Griffin & Dr H. V. C. Howarth

Institute of Sound and Vibration Research
University of Southampton, U.K.

HSL: Mr P. M. Pitts

Health and Safety Laboratory
U.K.

BGIA: Dr S. Fisher & Mr U. Kaulbars

Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz,
Allemagne.

INRS: Dr P. M. Donati

Institut National de Recherche et de Sécurité,
France.

HSE: Mr P.F. Bereton

Health and Safety Executive
U.K.

Sous la supervision de :

La Commission de Travail « Vibration » mandatée par le Comité de Conseil sur la Sécurité et la Santé au Travail en coopération avec la Commission européenne.

Nous avons aussi utilisé pour la préparation de ce guide, l'information générée par les deux projets suivants qui sont financés par la CE :

VIBRISKS : Risques liés à l'exposition professionnelle aux vibrations,
Projet EC FP5 no. QLK4-2002-02650.

VINET: Réseau de Recherche sur la Détection et la Prévention des blessures dues à l'exposition professionnelle aux vibrations,
projet EC Biomed II no. BMH4-CT98-3251.

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

La Directive européenne 2002/44/EC (« Directive Vibration ») rend responsable les employeurs de s'assurer que les risques des vibrations globales du corps sont éliminés ou réduits au minimum (ces responsabilités sont résumées dans l'annexe A).

Ce guide vise à aider les employeurs à identifier les dangers liés à des vibrations globales du corps, à évaluer les expositions et les risques, et à identifier les mesures permettant de préserver l'hygiène et la sécurité des employés exposés à ces risques vibratoires.

Ce guide doit être lu conjointement à la directive sur les vibrations ou à la législation nationale qui transpose les exigences de cette Directive.

Les vibrations globales du corps sont provoquées par des vibrations transmises par le siège ou les pieds au poste de travail de machines ou véhicules (voir l'annexe B). L'exposition à des niveaux élevés de vibrations globales du corps peut comporter des risques pour la santé et la sécurité et peut provoquer ou aggraver des pathologies du dos (voir annexe C). Les risques sont plus importants quand l'amplitude des vibrations est grande, la durée d'exposition longue, fréquente et régulière, et les vibrations comprennent des chocs ou secousses importants.

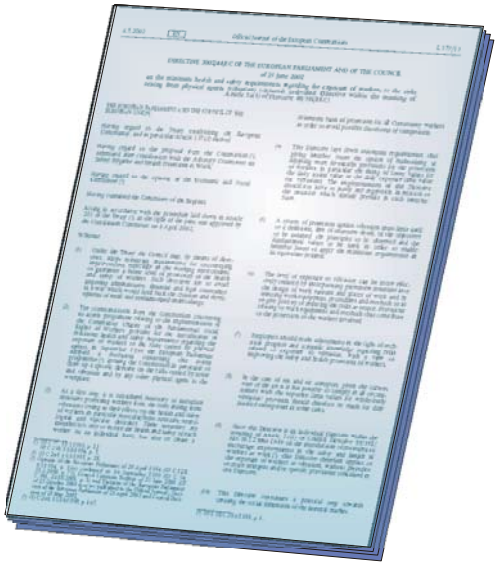
Les travaux qui comportent une exposition à des vibrations globales du corps existent couramment dans les activités tout terrain, comme dans l'agriculture, la construction et les carrières, mais on peut aussi les rencontrer ailleurs, par exemple sur la route dans les camions et camionnettes, en mer sur les petites embarcations rapides et dans l'air dans certains hélicoptères. Les vibrations globales du corps ne se limitent pas aux employés assis comme les conducteurs, mais peuvent également être subies dans la position debout, par exemple sur un concasseur.

Les pathologies dorsales chez les conducteurs peuvent être provoquées par des facteurs ergonomiques comme la manutention manuelle de charges et des postures contraintes ou inconfortables. Ce sont des facteurs qui peuvent être au moins aussi importants que l'exposition aux vibrations globales du corps. Des blessures dorsales peuvent naturellement résulter d'activités liées à des travaux sans rapport avec l'utilisation de véhicules. Pour résoudre efficacement le problème des blessures dorsales chez les conducteurs et opérateurs de machines mobiles, il est important d'identifier et de considérer globalement tous les facteurs de contribution possibles.

La Directive sur les vibrations (Directive 2002/44/EC – voir encadré "Autres lectures") fixe des normes minimales pour contrôler les risques liés aux vibrations globales du corps. La Directive sur les vibrations exige que les Etats membres de l'Union Européenne incluent dans leur législation nationale les exigences de cette Directive avant le 6 juillet 2005. La législation nationale peut être plus exigeante que la Directive, et ne devrait pas réduire la protection des travailleurs par aucune législation précédente.

La Directive sur les vibrations définit un *seuil d'action d'exposition* au-dessus de laquelle elle impose aux employeurs de contrôler les risque de vibrations globales du corps chez leurs employés, et une *valeur limite d'exposition* au-dessus de laquelle les travailleurs [1] ne doivent pas être exposés :

- un seuil d'action d'exposition journalier de 0,5 m/s²
  (ou, au choix de l'État membre, une valeur de dose de vibrations de 9,1 $m/s^{1,75}$);
- une valeur limite d'exposition journalière de 1,15 m/s²
  (ou, au choix de l'État membre, une valeur de dose de vibrations de 21 $m/s^{1,75}$).



La Directive sur les vibrations formule des exigences pour les employeurs, afin de garantir que les risques résultant des vibrations globales du corps sont éliminés ou réduits à un minimum. Ces responsabilités sont résumées dans l'annexe A.

La Directive sur les vibrations découle de la Directive cadre (Directive 89/391/EEC – voir l'encadré "Autres lectures") dont proviennent bon nombre des exigences de la directive Vibrations, qui font explicitement référence à la Directive cadre.

Ce guide aidera les employeurs à respecter la directive sur les vibrations dans le cas des vibrations globales du corps. Ce guide vise à couvrir les méthodologies pour déterminer et évaluer les risques ; à faciliter le choix et l'utilisation des équipements de travail ; à optimiser les méthodes les méthodes et l'application des mesures de protection (mesures techniques et ou organisationnelles) sur la base d'une analyse préalable des risques. Ce guide fournit également des détails sur les types de formations et d'informations qui devront être dispensées aux employés concernés, et propose des solutions efficaces aux autres questions soulevées dans la Directive sur les Vibrations. La structure de ce guide est présentée sur le schéma de la Figure 1.

[1] Les Etats membres ont le droit (après consultation des partenaires industriels) d'appliquer des périodes de transition à la valeur limite d'exposition pour une période de 5 ans à partir du 6 juillet 2005 (les États membres sont autorisés à prolonger cette période de 4 années supplémentaires pour les machines agricoles et forestières). Ces périodes de transition concernent les machines livrées avant le 6 juillet 2007 pour lesquelles la valeur limite d'exposition ne peut pas être respectée (tenant compte de tous les moyens techniques et organisationnels pour contrôler le risque).

Autres lectures :

Directive Vibrations :

Directive 2002/44/EC du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002 *relative aux exigences minimales d'hygiène et de sécurité relatives à l'exposition des employés à des risques résultants d'agents physiques (vibrations) (seizième directive individuelle au sens de l'article 16(1) de la Directive 89/391/EEC)*

Directive cadre :

Directive 89/391/EEC du Parlement européen et du Conseil du 12 juin 1989 *relative à l'introduction de mesures visant à promouvoir des améliorations dans le domaine de l'hygiène et de la sécurité des employés pendant le travail.*

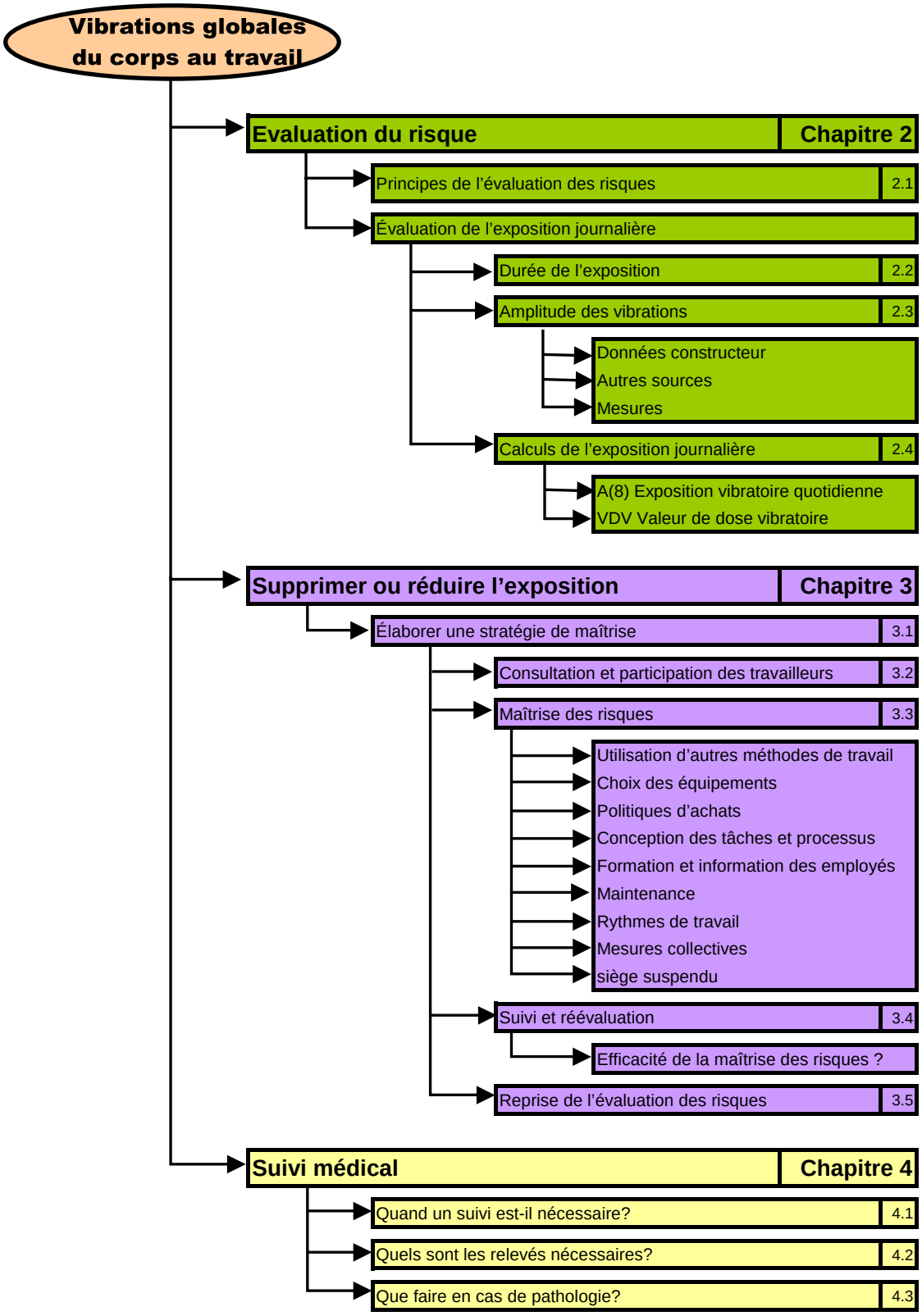


Figure 1 Organigramme Vibrations globales du corps

CHAPITRE 2 ÉVALUATION DES RISQUES

Le but de l'évaluation des risques liés aux vibrations globales du corps est de vous permettre en tant qu'employeur de prendre des décisions valides quant aux mesures nécessaires pour empêcher ou maîtriser correctement l'exposition des employés aux vibrations globales du corps.

Dans ce chapitre, nous vous montrons comment déterminer si vous avez un problème d'exposition à des vibrations globales du corps sur votre lieu de travail, sans avoir besoin de réaliser des mesures ou d'avoir des connaissances détaillées sur l'évaluation des expositions

2.1 Les fondements de l'évaluation des risques

L'évaluation des risques doit :

- identifier s'il peut y avoir un risque d'hygiène et sécurité dont des vibrations globales du corps seraient la cause ou une facteur contribuant ;
- estimer les expositions des employés et les comparer au seuil d'action d'exposition et à la valeur limite d'exposition ;
- identifier les possibilités de maîtrise des risques ;
- identifier les étapes prévues pour maîtriser et suivre les risques de vibrations globales du corps ; et
- enregistrer l'évaluation, les étapes suivies et leur efficacité.

Outre les vibrations globales du corps, d'autres paramètres d'ergonomie peuvent contribuer aux douleurs dorsales, notamment :

- mauvaise posture pendant la conduite/l'utilisation d'un engin ;
- position assise prolongée sans pouvoir changer de position ;
- commandes mal placées, obligeant l'opérateur/conducteur à s'étirer ou se contorsionner ;
- mauvaise visibilité des opérations, obligeant à s'étirer ou se contorsionner pour disposer d'une vision adéquate ;
- levage ou transport manuelle de charges lourdes ou encombrantes ;
- montée ou descente répété(e) dans ou depuis une cabine élevée ou difficile d'accès.

Tous ces paramètres pris séparément peuvent induire des douleurs dorsales. Mais le risque augmentera si la personne est exposée à un ou plusieurs de ces facteurs tout en étant exposée à des vibrations globales du corps. Par exemple :

- exposition prolongée à des vibrations globales du corps sans pouvoir changer de position ;
- exposition à des vibrations globales du corps tout en étant assis dans une position étirée ou contorsionnée (par ex. en regardant par-dessus son épaule pour suivre le fonctionnement d'un équipement) ;
- exposition à des vibrations globales du corps et conduite d'un travail demandant de lever et manutentionner manuellement de lourdes charges.

Des facteurs environnementaux comme la température peuvent également accroître encore le risque de dorsalgie ou de blessure.

Toutes ces causes doivent être prises en compte dans vos projets de minimisation des risques de blessure dorsale. Les réglementations et les guides sur la manutention manuelle de charges doivent être considérés si c'est un paramètre présent dans le travail de vos employés.

Un point de départ dans votre évaluation des risques consiste à considérer le secteur d'activité qui est le vôtre, les processus impliqués et les machines et équipements utilisés. Vous trouverez dans le Tableau 1 quelques questions destinées à vous aider à évaluer la nécessité d'actions.

Tous les types de véhicules, quand ils sont en mouvement, sont susceptibles d'exposer le conducteur à des vibrations globales du corps. Cependant, cela ne risque vraiment de poser des problèmes de santé qu'aux personnes régulièrement exposées à des niveaux élevés de vibrations globales du corps sur une longue période. Certains véhicules dont on sait qu'ils comportent des risques résultant de vibrations globales du corps et de paramètres ergonomiques sont portés sur la Figure 2. Se rappeler que l'exposition aux vibrations globales du corps peut provenir d'activités autres que la conduite, par exemple quand les travailleurs se tiennent sur des plate-formes vibrantes.

Autres lectures :
Directive sur la manutention manuelle : Directive du Conseil 90/269/EEC du 29 mai 1990 *relative aux exigences minimales d'hygiène et de sécurité pour la manutention manuelle de charges quand il existe un risque, notamment de blessure dorsale chez les employés (quatrième directive individuelle au sens de l'Article 16 (1) de la Directive 89/391/EEC)*

Tableau 1 Questions pour vous aider à évaluer la nécessité d'actions

Conduisez-vous en tout terrain ?

Des niveaux élevés de vibrations globales du corps sont plus probables chez les personnes qui conduisent des véhicules sur des surfaces irrégulières dans le cadre de leur travail, par exemple des véhicules tout-terrain comme des tracteurs, des quads et des tombereaux.

Conduisez-vous ou utilisez-vous des machines vibrantes pendant longtemps chaque jour ?

Les paramètres qui induisent l'exposition journalière d'une personne aux vibrations sont l'amplitude (niveau) des vibrations et la durée pendant laquelle la personne est exposée. Plus cette durée est longue, plus le risque résultant de l'exposition sera grand.

Conduisez-vous des véhicules non conçus pour l'état de la chaussée ?

Certains véhicules industriels comme les chariots élévateurs n'ont pas de suspension et sont équipés de pneumatiques pleins, afin de leur apporter la stabilité nécessaire à la sécurité. Si on les conduit sur une surface lisse, les niveaux de vibrations restent faibles. En revanche sur des surfaces non adaptées (par ex. un chariot élévateur conçu pour un entrepôt et employé dans une cour de chargement extérieure), ils peuvent générer des niveaux élevés de vibrations globales du corps.

Conduisez-vous sur des chaussées mal entretenues ?

La plupart des véhicules routiers produisent des niveaux de vibrations globales du corps plutôt faibles si la chaussée est bien entretenue. Les voitures, les camionnettes et les camions modernes à cabine suspendue présenteront généralement peu de risque de vibrations globales du corps sur les chaussées bien entretenues. Mais les véhicules dotés de suspensions moins efficaces, comme les camions à châssis rigide, peuvent induire des niveaux élevés de vibrations globales du corps, notamment sur des chaussées en mauvais état ou quand ils roulent à vide.

Êtes-vous exposé à des chocs (ou des secousses) ?

On estime que le plus grand risque lié aux vibrations provient d'une exposition à des vibrations consécutives à un choc. Ces vibrations peuvent apparaître sur les mauvaises chaussées, si l'on conduit trop vite pour le terrain, ou si la suspension du siège est mal réglée. Les décapeuses peuvent générer des chocs vibratoires importants quand elles sont conduites sur des terrains difficiles. Certains véhicules lourdement chargés peuvent transmettre des chocs et des secousses au conducteur avec un usage brutal des freins.

Avez-vous besoin d'adopter de mauvaises positions ou d'effectuer des tâches manuelles de manutention ?

Le mauvais agencement d'une cabine ou une mauvaise visibilité peuvent obliger le conducteur à s'étirer ou se contorsionner, ou le forcer à garder une position fixe pendant une longue période. Ces environnements ergonomiques défavorables, seuls ou combinés à des vibrations globales du corps, peuvent entraîner des pathologies dorsales ou d'autres blessures musculo squelettiques.

Les fabricants de la machine mettent-ils en garde contre un risque de vibrations globales du corps ?

Si vous utilisez une machine qui peut exposer les utilisateurs à un risque de blessure due à des vibrations, le fabricant doit vous en avertir dans le manuel.

Les employés se plaignent-ils de problèmes dorsaux ?

Les signes de pathologie dorsale révèlent la nécessité de traiter les risques ergonomiques et les expositions aux vibrations.

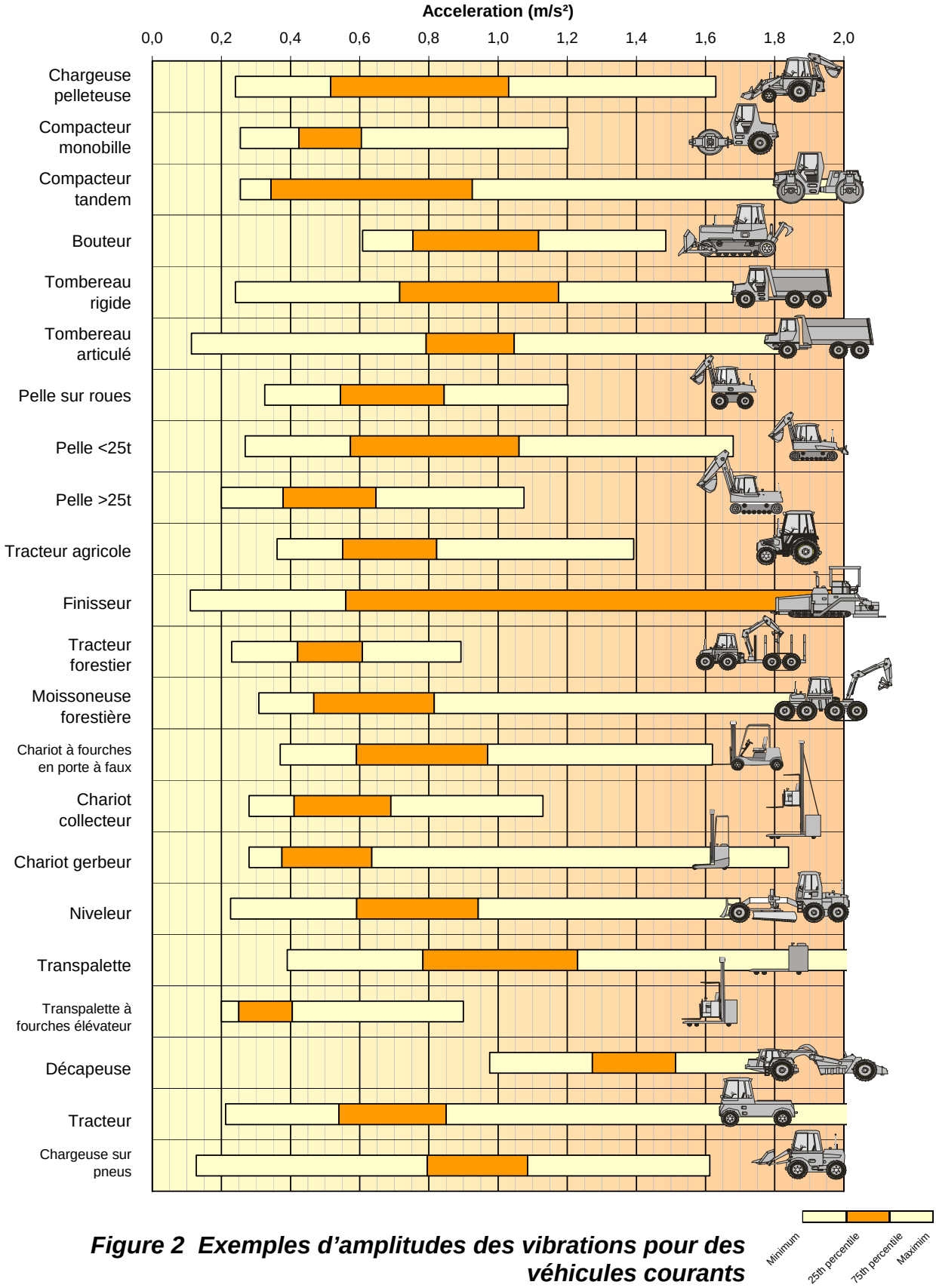


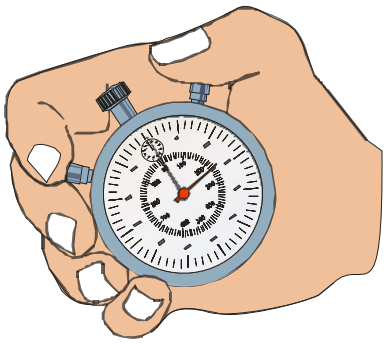
Figure 2 Exemples d'amplitudes des vibrations pour des véhicules courants

Etendues des valeurs de vibrations pour des équipements courants sur le marché européen. Ces données ne sont que pour l'illustration. Pour plus de détails se reporter à l'annexe B.

2.2 Déterminer la durée d'exposition

Pour évaluer l'exposition des employés aux vibrations, nous devons évaluer le temps pendant lequel les opérateurs de machine sont exposés à la source de vibrations.

Dans ce chapitre, nous examinons les informations nécessaires pour la durée, et comment on peut la déterminer.



Avant de pouvoir estimer l'exposition journalière aux vibrations, il est nécessaire de connaître la durée journalière totale d'exposition aux vibrations avec les véhicules utilisés. Attention à utiliser des données compatibles avec vos données d'amplitude : par exemple, si vos données d'amplitude sont basées sur des mesures réalisées pendant que la machine fonctionne, ne comptez que le temps pendant lequel l'employé est exposé aux vibrations. Les opérateurs de machine ou de véhicules interrogés sur leur durée journalière typique d'exposition aux vibrations donnent généralement une valeur qui contient encore des périodes sans exposition, par exemple le chargement du camion et les temps d'attente.

Généralement, les vibrations liées au déplacement du véhicule sont prédominantes dans l'exposition. Mais certaines expositions sont dominées par des opérations effectuées avec le véhicule à l'arrêt, par exemple pour les pelles et les moissonneuses d'arbres.

Les emplois du temps doivent être examinés soigneusement. Par exemple, certains employés n'utiliseront certaines machines qu'à certains moments de la journée. Des schémas d'utilisation typiques doivent être établis, car ils constituent un paramètre important dans le calcul de l'exposition probable d'une personne aux vibrations.

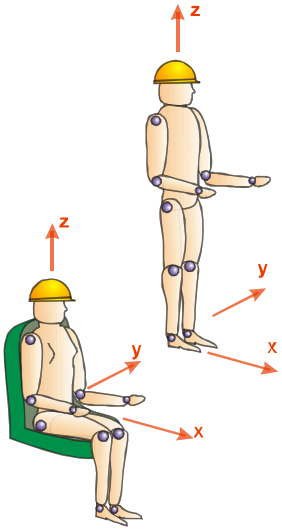
Autres lectures :
EN 14253, Vibrations mécaniques — Mesure et calcul de l'exposition professionnelle à des vibrations globales du corps dans un souci sanitaire — Guide pratique

2.3 Déterminer l'amplitude des vibrations

L'amplitude des vibrations globales du corps est la valeur de l'accélération pondérée en fréquence sur le plus fort des trois axes orthogonaux ($1{,}4a_{wx}$, $1{,}4a_{wy}$ ou a_{wz}) pour un employé assis ou debout.

Les informations utilisées pour votre évaluation des vibrations doivent s'approcher des caractéristiques vibratoires probables de la machine utilisée (à la fois les spécifications de la machine et la façon dont on l'utilise).

Dans ce chapitre, nous examinons la façon d'estimer les vibrations à partir des données du fabricant et d'autres sources de données publiées, ainsi qu'à partir de mesures sur le lieu de travail.



2.3.1 Utilisation des données d'émission du fabricant

La "Directive Machines" de l'Union européenne (Directive 98/37/EC) définit les exigences essentielles en matière d'hygiène et de sécurité pour les machines commercialisées dans l'UE, notamment des exigences spécifiques au problème des vibrations.

Entre autres, la Directive Machines exige des fabricants, importateurs et fournisseurs de machines qu'ils fournissent des informations sur les risques vibratoires, ainsi que des valeurs des vibrations globales du corps émises par les machines mobiles. Ces informations sur les vibrations émises doivent figurer dans les informations ou instructions qui accompagnent la machine.

Les données d'émissions vibratoires proviennent généralement de codes d'essais européens harmonisés, élaborés par des instances de normalisation européennes ou internationales. Cependant, très peu de normes spécifiques à des machines existent actuellement (en 2005) et, s'ils existent, comme pour les chariots élévateurs, les différences entre machines sont faibles (moins de 50%).

Autres lectures :

EN 1032:2003 Vibrations mécaniques — Tests des machines mobiles afin de déterminer la valeur des vibrations émises.

EN 12096:1997 Vibrations mécaniques — Déclaration et vérification des valeurs des vibrations émises.

CEN/TR premier document du comité Munich (Mars 2005) — Vibration mécanique - Guide pour l'évaluation de l 'exposition aux vibrations globales du corps transmises par les engins de chantier. Utilisation de données harmonisées mesurées par des Instituts internationaux, des organisations et des fabricants.

2.3.2 Utilisation d'autres sources de données

Il existe d'autres sources d'informations sur les amplitudes des vibrations, qui sont souvent suffisantes pour vous permettre de déterminer si le seuil d'action d'exposition ou la valeur limite d'exposition risque d'être dépassé(e).

Votre union professionnelle ou équivalent dispose peut-être d'informations précieuses, et l'on trouve sur Internet des bases de données internationales de vibrations qui répondront peut-être à vos besoins. Elles peuvent s'avérer utiles pour certains employeurs souhaitant procéder à une première évaluation des risques vibratoires.

Parmi les autres sources de données sur les vibrations, citons les consultants spécialisés, les associations professionnelles, les fabricants et les instances gouvernementales. Certaines données sont également disponibles dans diverses publications scientifiques et techniques, ainsi que sur Internet. Deux sites Web européens contiennent les données d'émissions de vibrations mesurées par les fabricants selon un code normalisé, ainsi que quelques valeurs mesurées "en usage réel" pour différentes machines :

http://vibration.arbetslivsinstitutet.se/eng/wbvhome.lasso

http://www.las-bb.de/karla/index_.htm

L'idéal serait d'utiliser les données vibratoires de la machine (marque et modèle) que vous prévoyez d'utiliser. Mais si elles ne sont pas disponibles, il vous faudra sans doute utiliser dans un premier temps des données relatives à des équipements similaires, en remplaçant ensuite les données par des valeurs plus précises quand vous les connaîtrez.

Pour choisir parmi les informations publiées, les paramètres à prendre en compte sont notamment :

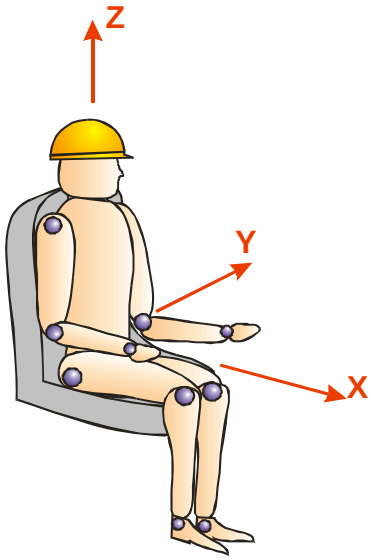
- le type d'équipement (par ex. chariot élévateur),
- la classe d'équipement (par ex. puissance ou taille),
- la source de puissance (électrique ou moteur à combustion, par ex.)
- les caractéristiques anti-vibratoires (par ex. système de suspension, cabine suspendue, sièges),
- la tâche pour laquelle le véhicule était utilisé lors de l'établissement des informations vibratoires,
- la vitesse à laquelle il était utilisé,
- le type de chaussée sur laquelle il roulait.

Quand on utilise des données vibratoires publiées, il est recommandé de comparer les données de deux ou plusieurs sources.

2.3.3 Mesure de l'amplitude des vibrations

Dans de nombreux cas, il ne sera pas nécessaire de mesurer les amplitudes des vibrations. Il est néanmoins important de savoir quand il faut conduire des mesures.

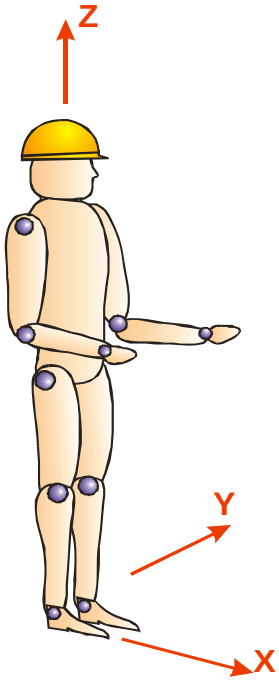
Dans ce chapitre, nous étudions les grandeurs mesurées, où l'on mesure les vibrations et comment on les décrit.



Les données des fabricants et les informations provenant d'autres sources peuvent fournir une indication précieuse sur l'exposition aux vibrations subies par l'opérateur d'une machine. Cependant, l'exposition aux vibrations globales du corps dépend beaucoup de la qualité de la chaussée, de la vitesse du véhicule et d'autres paramètres comme le maniement du véhicule. Il peut donc s'avérer nécessaire de confirmer l'évaluation initiale des risques en procédant à des mesures d'amplitude.

Vous pouvez choisir d'effectuer les mesures de vibrations en interne, ou de faire appel à un consultant spécialisé. Dans tous les cas, il est important que la personne procédant aux mesures dispose de compétences et d'une expérience suffisantes.

Que mesure-t-on ?



L'exposition des personnes à des vibrations globales du corps doit être évaluée par la méthode définie dans la norme européenne EN ISO 2631-1:1997. Un guide pratique détaillé sur cette méthode de mesure des vibrations sur le lieu de travail est donné dans EN 14253:2003.

L'*amplitude efficace des vibrations* s'exprime en termes d'accélération pondérée en fréquence au niveau du siège d'une personne assise, ou des pieds d'une personne debout (voir Annexe B). Elle s'exprime en *mètres par seconde au carré* (m/s²). L'*amplitude efficace des vibrations* représente l'accélération moyenne sur une période de mesure. Pour l'évaluation de l'exposition, on utilise la plus grande des trois valeurs sur les axes orthogonaux ($1{,}4a_{wx}$, $1{,}4a_{wy}$ or a_{wz}).

La *valeur de la dose de vibrations* (ou VDV, vibration dose value) constitue une mesure alternative de l'exposition aux vibrations. La VDV a été développée pour fournir une meilleure indication des risques quand les vibrations comprennent des chocs. Les unités de la VDV sont les *mètres par seconde à la puissance 1,75* ($m/s^{1,75}$), et contrairement à l'*amplitude efficace des vibrations*, la VDV mesurée est une valeur cumulative, c'est-à-dire qu'elle augmente avec la durée de la mesure. Pour toute mesure de VDV, il est donc important de connaître la durée de la mesure. Pour

l'évaluation des risques, on utilise la plus grande des trois valeurs sur les axes orthogonaux (1,4VDV_{wx}, 1,4VDV_{wy} or VDV_{wz}).

Procéder à des mesures de vibrations

Les mesures doivent être conduites afin de disposer de valeurs vibratoires qui soient représentatives des vibrations moyennes sur toute la période de travail de l'opérateur. Pour cela, il est donc important de bien choisir les conditions d'exploitation et les périodes de mesure.

Il est recommandé de faire des mesures quand cela est possible sur une période d'au moins 20 minutes. Si des durées de mesures plus courtes sont inévitables, elles devront couvrir au moins 3 minutes et, si possible elles devront être répétées pour obtenir une durée totale de mesure supérieure à 20 minutes. Des mesures plus longues, de 2 heures ou plus, sont préférables (des mesures sur une demi-journée ou une journée de travail sont souvent possibles).

Autres lectures :
EN 14253, Vibrations mécaniques — Mesure et calcul de l'exposition professionnelle à des vibrations globales du corps dans un souci sanitaire — Guide pratique. CEN/TR premier document du comité Munich (Mars 2005) — Vibration mécanique - Guide pour l'évaluation de l 'exposition aux vibrations globales du corps transmises par les engins de chantier. Utilisation de données harmonisées mesurées par des Instituts internationaux, des organisations et des fabricants.

2.4 Calcul des expositions journalières aux vibrations

L'exposition journalière aux vibrations dépend à la fois du niveau des vibrations et de la durée d'exposition.

Dans ce chapitre, nous examinons la façon dont on calcule l'exposition journalière à partir des durées d'exposition et des amplitudes des vibrations, ou des valeurs de doses vibratoires.

Quelques outils destinés à simplifier le calcul des expositions journalières et à gérer les temps d'exposition sont présentés en Annexe D.

Des exemples de calcul des expositions journalières aux vibrations et des doses de vibrations sont présentés en Annexe E

2.4.1 Évaluation de A(8) et de l'exposition journalière VDV

L'exposition journalière aux vibrations peut être évaluée à partir d'une ou deux mesures d'exposition :

1. exposition journalière aux vibrations A(8), et/ou
2. valeur de la dose de vibrations, VDV.

Ces deux mesures dépendent de la valeur mesurée pour les vibrations. La grandeur A(8) nécessite également une durée d'exposition. Comme l'amplitude des vibrations, l'exposition journalière aux vibration s'exprime en *mètres par seconde au carré* (m/s^2).

Si l'on mesure la dose de vibrations sur une période plus courte qu'une journée de travail complète (ce qui est généralement le cas), la mesure obtenue doit être corrigée. La dose de vibrations a pour unité les *mètres par seconde à la puissance 1,75* ($m/s^{1,75}$).

On trouvera en Annexe E des instructions et des exemples qui montrent comment calculer les expositions A(8) et VDV.

2.4.2 Incertitude des évaluations d'exposition journalière

L'incertitude sur l'évaluation de l'exposition aux vibrations dépend de nombreux facteurs, voir EN 14253:2003, tels que :

- Instrument / incertitude sur le calibrage,
- Précision des sources de données (par exemple valeurs déclarées par le fabricant),
- Différences entre opérateurs (par exemple expérience, vitesse et style de conduite),
- Aptitude du travailleur de reproduire différence tâches typiques durant les mesures,
- Répétitivité des tâches,
- Facteurs de l'environnement (par exemple pluie, vent, température),
- Différences entre les machines et les systèmes de suspensions (par exemple, nécessité d'une maintenance, la machine doit elle chauffée avant les essais ?).

Si l'on mesure l'amplitude des vibrations et la durée d'exposition, les incertitudes associées à l'évaluation de A(8) et VDV peuvent atteindre 20 à 40%. Si la durée d'exposition ou l'amplitude des vibrations a été obtenue par estimation — par ex. à partir des informations de l'employé (durée d'exposition) ou du fabricant (amplitude) — l'incertitude affectant l'évaluation de l'exposition quotidienne peut être beaucoup plus grande.

CHAPITRE 3 SUPPRIMER OU REDUIRE L'EXPOSITION

Pour maîtriser les risques, nous avons besoin d'une stratégie capable de réduire efficacement l'exposition à des vibrations globales du corps.

Dans ce chapitre, nous examinons le processus d'élaboration d'une stratégie de maîtrise du risque, notamment comment hiérarchiser vos activités d'actions contre les vibrations.

3.1 Élaborer une stratégie de maîtrise du risque

L'évaluation des risques doit permettre d'identifier les méthodes de maîtrise de l'exposition. Pendant l'évaluation des expositions aux vibrations, vous devez réfléchir aux processus qui sont à leur origine. Comprendre pourquoi les employés sont exposés à des vibrations importantes et à des risques ergonomiques vous aidera à définir les bonnes méthodes pour réduire ou éliminer les risques.

Les principales étapes de ce processus de management sont :

- identifier les principales sources de vibrations ;
- identifier les principales sources de chocs,
- 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 ;
- évaluer ses résultats.

L'approche adoptée pour réduire les risques dues à des vibrations globales du corps dépendra des caractéristiques pratiques de vos processus et des niveaux habituels d'exposition.

Vous pouvez aussi devoir adapter le suivi aux travailleurs qui risquent particulièrement d'être blessés, par exemple ceux qui sont plus susceptibles d'être atteints par les vibrations et qui montrent des signes de développement de pathologie à des niveaux inférieurs à la valeur d'action.

La Directive Cadre fournit la hiérarchie suivante pour l'application d'un programme de mesures préventives :

1. éviter les risques ;
2. évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités :
3. combattre les risques à la source ;
4. adapter le travail à l'homme, en particulier en ce qui concerne la conception du poste de travail, le choix de l'équipement de travail, des méthodes de travail et de production, dans l'objectif notamment d'alléger les tâches monotones ou réalisées à une cadence pré-déterminée pour en réduire les effets sur la santé.
5. tenir compte de l'état de l'évolution de la technique ;
6. remplacer le danger par le non-dangereux ou le moins dangereux ;
7. planifier la prévention par une politique globale et cohérente de prévention qui couvre la technologie, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants ;
8. donner aux mesures de protection collective la priorité sur les mesures individuelles de protection ;
9. donner des instructions appropriées aux travailleurs.

3.2 Consultation et participation des travailleurs

Le management réussi des risques repose sur le support et l'implication des travailleurs, et en particulier de leurs représentants qui peuvent constituer un excellent relais de communication avec les employés et assister les travailleurs pour la compréhension et l'utilisation des informations sur la santé et la sécurité.

Le mal de dos peut être cause par une combinaison de facteurs, y compris l'exposition aux vibrations du corps entier. C'est pourquoi une variété de solutions peut être nécessaire. Certaines solutions peuvent être directes. D'autres solutions exigeront des modifications de la façon avec laquelle le travail est organisé. Ceci ne peut souvent être effectivement traité qu'en consultant les délégués des travailleurs.

Une consultation efficace repose sur :

- Le partage avec les travailleurs de l'information approprié sur les mesures de santé et de sécurité ;
- La possibilité pour les travailleurs d'exprimer leur point de vue et de contribuer à temps à la résolution des problèmes de santé et de sécurité ;
- La valorisation des propositions des travailleurs et leurs prises en compte.

La consultation peut conduire à la détermination de meilleures solutions de contrôle qui seront mieux comprises des travailleurs. Vous compterez plus sur les travailleurs pour rendre les contrôles effectifs. Les travailleurs ont le devoir d'utiliser correctement les machines et de coopérer avec l'employeur pour leur permettre de s'assurer que les conditions environnementales et de travail sont sures, et telles que les risques à la sécurité et à la santé sont minimisés et si possible éliminés. La démarche de consultation encourage l'implication des travailleurs et leur coopération lors des mesures de contrôle. Ainsi les contrôles ont probablement plus de chance d'être utilisés avec succès.

3.3 Maîtrise des risques

Pour maîtriser les risques, vous devez supprimer ou réduire l'exposition aux vibrations globales du corps. On peut également entreprendre des actions qui réduisent la probabilité de développer ou d'aggraver des pathologies. Il est probable qu'une maîtrise efficace reposera sur la combinaison de plusieurs méthodes.

Dans ce chapitre, nous examinons l'ingénierie, le management et les autres méthodes à considérer pour élaborer des solutions de maîtrise du risque.

3.3.1 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, par ex. en transportant des matériels sur un convoyeur plutôt qu'avec des machines mobiles. Pour vous tenir au courant des dernières méthodes disponibles, contactez régulièrement :

- vos associations professionnelles ;
- d'autres contacts dans l'industrie ;
- les fournisseurs d'équipements ;
- la presse technique spécialisée.

3.3.2 Choix des équipements

Vous devez vérifier que les équipements choisis ou alloués à une tâche conviennent et peuvent remplir cette tâche efficacement. Un équipement inadapté ou de capacité insuffisante ralentira le travail et exposera les employés à des vibrations plus longtemps que nécessaire.

Choisissez des machines dont la cabine et les leviers de commande sont agencés de telle manière que l'opérateur peut rester dans une position droite confortable et n'aura pas besoin de se contorsionner de façon excessive ou de rester longtemps dans une telle position. Le choix des pneumatiques peut s'avérer important, car ils absorberont en partie un sol irrégulier. Mais les pneus ne peuvent absorber les vibrations résultant des plus grosses bosses et nids de poule et, sur un sol ondulé, les pneus mous risquent d'amplifier les mouvements verticaux du véhicule. Les pneus doivent être choisis pour que le véhicule puisse rouler sur un terrain accidenté.

3.3.3 Politique d'achat

Vérifiez que votre service Achats mène une politique d'achat d'équipements appropriée, qui tient compte des émissions de vibrations, des facteurs ergonomiques, de la visibilité du conducteur et de vos exigences d'exploitation.

Toute société proposant des machines en vue d'une utilisation en Europe doit respecter la directive Machines (Directive 98/37/EC). Selon cette Directive, les machines doivent être conçues et construites de façon à ce que les risques résultants des vibrations émises par les machines soient réduits au niveau le plus faible, prenant en compte les progrès techniques et la disponibilité des moyens pour réduire les vibrations, si possible à la source. La Directive précise aussi que le siège doit être conçu pour réduire les vibrations transmises au conducteur au plus bas niveau qui peut être raisonnablement obtenu.

Le fournisseur doit vous informer des risques éventuels présentés par la machine, notamment ceux résultant de vibrations globales du corps. Les informations vibratoires doivent comprendre :

- les émissions de vibrations (indiquées dans le manuel d'instructions) ;
- comment la valeur des émissions a été obtenue ;
- les circonstances dans lesquelles la machine peut générer des expositions à des vibrations globales du corps supérieures au seuil d'action d'exposition ;
- les circonstances dans lesquelles la machine peut générer des expositions à des vibrations globales du corps supérieures à la valeur limite d'exposition ;
- les formations spéciales (des conducteurs, de l'équipe de maintenance, etc.) recommandées pour contrôler les expositions aux vibrations globales du corps ;
- comment maintenir la machine en bon état ;
- des informations montrant que le siège équipant le véhicule réduit l'exposition aux vibrations au plus faible niveau raisonnablement réalisable ;
- les options qui sont disponibles ou recommandées pour maîtriser les vibrations globales du corps dans des applications particulières de la machine.

Dans le cas des machines mobiles, la Directive Machine exige que les fabricants ou les distributeurs fournissent dans la documentation technique :

- *La valeur efficace de l'accélération pondérée à laquelle le corps (pied ou séant) est soumis si elle excède 0,5 m/s^2. Quand elle ne dépasse pas les 0,5 m/s^2, ce fait doit être mentionné.*

3.3.4 Conception des tâches et des processus

Les tâches de travail doivent être conçues pour que :

- les expositions à des vibrations globales du corps soient les plus faibles possible,
- la période journalière d'exposition à des vibrations excessives soit la plus courte possible,
- l'exposition à des chocs graves soit évitée, et
- la position de travail n'augmente pas les risques de pathologie dorsale.

Souvent, un déplacement sur un terrain accidenté ou irrégulier constitue la principale source d'exposition à des vibrations. L'exposition peut alors être réduite et maîtrisée :

- en minimisant les distances de déplacement,
- en limitant les vitesses des véhicules,

- en améliorant la chaussée (supprimer les obstacles, combler les nids de poule, aplanir les surfaces parcourues par les véhicules, etc.),
- en prévoyant un siège à suspension adaptée, correctement réglé en fonction du poids du conducteur.

Une bonne position est vitale pour minimiser les risques de pathologie du dos pendant la conduite. La position peut être améliorée :

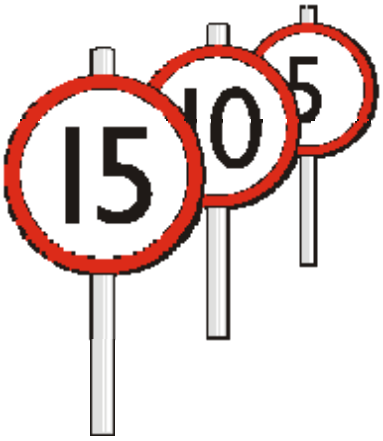
- en améliorant la visibilité du conducteur depuis la cabine (afin d'éviter une torsion du dos et du cou),
- en modifiant la position des commandes de la machine (pour éviter de s'étirer de façon répétée),
- en prévoyant un siège convenant à tous les conducteurs qui utiliseront le véhicule, adapté à l'espace disponible dans la cabine et convenant pour la tâche à accomplir,
- en utilisant des ceintures de sécurité pour maintenir le conducteur dans la meilleure position, notamment avec un soutien dorsal.

3.3.5 Mesures collectives

Si plusieurs entreprises partagent un même lieu de travail, les divers employeurs doivent coopérer pour appliquer les mesures de sécurité, de santé et d'hygiène du travail. Cela peut impliquer, par exemple, de veiller au bon entretien des chaussées, afin de pouvoir maîtriser l'exposition aux vibrations des employés d'une autre société travaillant sur le même site.

3.3.6 Formation et information des employés

Il est important de fournir aux opérateurs et surveillants des informations sur :



- les risques de pathologie dus aux équipements utilisés ;
- les valeurs limites d'exposition et les seuils d'action d'exposition ;
- les résultats de l'évaluation des risques vibratoires et des mesures de vibrations ;
- les mesures de maîtrise employées pour éliminer ou réduire les risques résultant de vibrations globales du corps ;
- les méthodes de travail sûres pour minimiser l'exposition aux vibrations ;
- pourquoi et comment détecter et signaler des symptômes de pathologie ;
- les circonstances dans lesquelles les employés ont droit à un suivi médical.

Les employés doivent être formés aux techniques de conduite qui minimisent l'exposition aux vibrations. Ils doivent être sensibilisés aux effets de la vitesse et, si des limites de vitesse sont imposées, connaître les raisons de ces limitations.

Si les sièges sont équipés de suspensions, les conducteurs doivent savoir les régler en fonction de leur poids. On doit également leur montrer comment régler les autres commandes du siège (position avant-arrière, hauteur, inclinaison du dossier) pour trouver la meilleure posture.

Les conducteurs et les techniciens de maintenance doivent recevoir une formation pour reconnaître quand des éléments de la machine qui affectent l'exposition aux vibrations et la position, comme la suspension du siège, nécessitent une maintenance ou un remplacement.

Les travailleurs devront aussi être informés de l'effet des activités extra professionnelles sur les risques à la santé. Pour réduire les risques de développer une lombalgie, les travailleurs devraient être encouragés à maintenir leur bonne condition physique et de considérer les risques pour leur dos d'activités physiques extra professionnelles, par exemple, mal soulever des charges ou l'adoption de mauvaises postures sur de longues durées.

3.3.7 Rythmes de travail

Pour maîtriser les risques résultant de vibrations globales du corps, il pourra s'avérer nécessaire de limiter le temps pendant lequel les employés sont exposés aux vibrations de certains véhicules ou certaines machines.

3.3.8 Maintenance

Un entretien régulier des véhicules, des fixations et des chaussées qu'ils empruntent aidera à réduire les amplitudes des vibrations au minimum nécessaire, donc :

- entretenir les chaussées ;
- remplacer les pièces usées (dont les suspensions des sièges) ;
- vérifier et remplacer les amortisseurs, paliers et engrenages défectueux ;
- régler les moteurs ;
- maintenir les pneus et vérifier qu'ils sont gonflés à la bonne pression vue la surface et les conditions de charge ;
- lubrifier le siège et les autres systèmes de suspension.

3.3.9 Sièges suspendus

Le fournisseur de la machine doit donner des informations sur les sièges adaptés à son véhicule. Les sièges suspendus ne conviennent pas toujours, mais les fabricants de machines doivent fournir un siège conçu pour réduire les vibrations transmises au conducteur au plus faible niveau raisonnablement réalisable.

Si des sièges suspendus sont fournis, il est important que leur suspension soit adaptée au véhicule. Un mauvais choix de suspension du siège peut augmenter significativement l'exposition aux vibrations par rapport à un siège dépourvu de suspension. Toutes les suspensions de sièges ont une gamme de fréquences dans laquelle elles amplifient les vibrations. Si les fréquences dominantes des vibrations du véhicule sont situées dans cette plage d'amplification, la suspension du siège aggravera l'exposition du conducteur aux vibrations. Les normes ISO EN 7096:2000, ISO EN 5007 et EN 13490:2001 définissent un critère de performance et une performance appropriée pour les sièges à suspension de respectivement les engins de chantier, les tracteurs agricoles sur pneus, et les chariots industriels.

La suspension du siège doit également être choisie pour qu'en utilisation typique, elle ait peu de chance de heurter ses butées de fin de course supérieure et inférieure, car cela crée des chocs et des vibrations et augmente donc le risque de pathologie du dos.

La suspension du siège doit être facile à régler en fonction du poids et de la taille du conducteur. Les réglages de hauteur, avant-arrière et du dossier sont particulièrement importants. Les coussins doivent être d'une conception ergonomique.

Autres lectures :
CEN/TR 15172-1, Vibrations globales du corps – Directives pour la réduction des risques vibratoires – Partie 1 : Méthodes techniques lors de la conception des machines. CEN/TR 15172-2, Vibrations globales du corps – Directives pour la réduction des risques vibratoires – Partie 2 : Mesures sur le lieu de travail.

3.4 Suivi et réévaluation des vibrations

Gérer l'exposition aux vibrations est un processus permanent, vous devez veiller à ce que les systèmes de maîtrise du risque soient utilisés et délivrent les résultats escomptés.

Dans ce chapitre, nous examinons comment surveiller les mesures de contrôle des vibrations et quand répéter l'évaluation des risques.

3.4.1 Comment savoir si le contrôle des vibrations a été efficace ?

Vous devrez également réexaminer régulièrement vos mesures de contrôle des vibrations globales du corps pour garantir qu'elles sont encore pertinentes et efficaces. Vous devez :

- vérifier régulièrement que les cadres et les employés appliquent encore le programme de maîtrise du risque que vous avez introduit ;
- parler régulièrement aux cadres, surveillants, employés et représentants de la sécurité ou des employés pour savoir s'il y a des problèmes de vibrations ou de posture sur les véhicules ou les machines, ou la façon dont ils sont utilisés ;
- vérifier les résultats du suivi médical et discuter avec les services de médecine du travail pour savoir si les mesures de maîtrise du risque sont efficaces ou doivent être modifiées.

3.4.2 Quand faut-il reconduire l'évaluation des risques ?

Vous devez réévaluer les risques résultant des vibrations, et la façon dont vous les maîtrisez, à chaque fois que des modifications interviennent sur le lieu de travail et peuvent affecter le niveau d'exposition, comme :

- l'introduction de différentes machines ou procédés,
- des modifications des modes ou méthodes de travail,
- des modifications du nombre d'heures travaillées avec l'équipement vibrant,
- l'introduction de nouvelles mesures de maîtrise des vibrations.

Il vous faudra également réévaluer les risques s'il y a des preuves (par ex. du suivi médical) que vos mesures de maîtrise ne sont pas efficaces.

L'étendue de la réévaluation dépendra de la nature des modifications et du nombre de personnes affectées par elles. Une modification des heures ou des modes de travail pourra nécessiter un nouveau calcul de l'exposition journalière des personnes concernées, mais ne modifiera pas nécessairement les amplitudes des vibrations. L'introduction de nouveaux véhicules ou machines pourra nécessiter une réévaluation complète.

Une bonne pratique consiste à réexaminer votre évaluation des risques et vos pratiques de travail à intervalles réguliers, même si rien d'évident n'a changé. Il peut y avoir de nouvelles technologies, types de machine ou modes de travail dans votre secteur qui permettraient de réduire encore les risques.

CHAPITRE 4 SUIVI MEDICAL

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 (y compris d'identifier et protéger les personnes particulièrement exposées), mais aussi de vérifier l'efficacité à long terme des mesures de maîtrise du risque.

Il est impossible de formuler des conseils absolus sur le suivi médical dans ce guide, du fait des différences de pratiques en matière de suivi médical au sein de l'Union européenne. Dans ce chapitre, nous réaffirmons les exigences applicables au suivi médical figurant déjà dans la directive sur les vibrations et examinons quelques-unes des techniques d'évaluation existantes.

Des techniques de suivi médical par rapport aux pathologies de l'ensemble du corps sont décrites dans l' Annexe F.

4.1 - Quand un suivi médical est-il nécessaire ?

Les États membres adopteront des dispositions pour garantir un suivi médical approprié des employés quand l'évaluation du risque de vibrations transmises à l'ensemble du corps révèle un risque pour leur santé. Le suivi médical, y compris les exigences spécifiées pour les dossiers médicaux et leur disponibilité, devra être introduit conformément aux législations et pratiques nationales.

Les employeurs doivent prévoir un suivi médical approprié quand l'évaluation des risques révèle un risque pour la santé des employés. Le suivi médical doit être institué pour les employés qui sont exposés à un risque de pathologie, si :

- l'exposition des employés aux vibrations est telle qu'on peut établir un lien entre cette exposition et une maladie identifiable ou des effets néfastes sur la santé,
- il est probable que la maladie ou les effets apparaissent dans les conditions de travail particulières d'un employé, et
- il existe des techniques avérées pour détecter la maladie ou les effets néfastes sur la santé.
- Dans tous les cas, les employés dont l'exposition journalière aux vibrations dépasse le seuil d'action journalier doivent faire l'objet d'un suivi médical approprié.

4.2 - Quels enregistrements sont requis ?

Les États membres doivent prendre des dispositions pour assurer que, pour chaque employé faisant l'objet d'un suivi médical, des dossiers médicaux individuels sont dressés et tenus à jour. Les dossiers médicaux doivent contenir un résumé des résultats du suivi médical conduit. Ils doivent être tenus sous une forme appropriée, permettant leur consultation à une date ultérieure, en respectant les impératifs de confidentialité.

Des copies des relevés correspondants doivent être fournis sur demande aux autorités compétentes. L'employé concerné pourra, à sa demande, avoir accès aux relevés médicaux le concernant personnellement.

4.3 - Que faire si l'on détecte une pathologie ?

Le suivi sanitaire peut détecter chez un employé une pathologie identifiable ou un effet néfaste sur sa santé, qu'un médecin ou un professionnel de la santé du travail juge résulter de l'exposition professionnelle à des vibrations de l'ensemble du corps.

Information de l'employé

L'employé doit être informé, par le médecin ou une autre personne qualifiée, des résultats de son suivi médical personnel. En particulier, les employés doivent être avertis et conseillés pour tout suivi médical qu'ils devront suivre après la fin de l'exposition.

Information de l'employeur

L'employeur doit être informé de tous les résultats importants résultant du suivi médical, en tenant compte des impératifs de confidentialité.

Actions à prendre par l'employeur

- réexaminer l'évaluation des risques de vibrations de l'ensemble du corps,
- réexaminer les mesures mises en place pour éliminer ou réduire les risques résultant d'une exposition à des vibrations de l'ensemble du corps,
- tenir compte des conseils du spécialiste de la santé du travail ou d'une autre personne qualifiée, ou encore de l'autorité compétente pour l'application de toutes les mesures nécessaires afin d'éliminer ou de réduire les risques liés à une exposition à des vibrations de l'ensemble du corps, compris la possibilité de confier à l'employé un autre travail ne comportant pas de risque d'exposition, et
- mettre en place un suivi médical continu et prévoir un examen de l'état de santé de tous les autres employés ayant été exposés de façon similaire. Dans ce cas, le médecin compétent ou le responsable de la santé du travail ou l'autorité compétente peut proposer que les personnes exposées soient soumises à un examen médical.

ANNEXE A RESUME DES RESPONSABILITES DEFINIES PAR LA DIRECTIVE 2002/44/EC

Tableau A.1 Résumé des responsabilités définies par la directive 2002/44/EC

Article	*Qui*	*Quand*	*Exigence*
Article 4	Employeur	Risque potentiel lié à des vibrations globales du corps	***Détermination et évaluation du risque :*** ▪ Confier à une personne compétente le soin d'évaluer le risque de vibrations globales du corps. ▪ Être en possession de l'évaluation des risques. ▪ Identifier des mesures pour la maîtrise de l'exposition et pour l'information et la formation des employés. ▪ Actualiser l'évaluation des risques.
Article 5	Employeur	Risques liés à des vibrations	***Éviter ou réduire l'exposition :*** ▪ Prendre des actions générales pour éliminer les expositions ou les réduire à un minimum
		Expositions supérieures au **seuil d'action d'exposition**	▪ Définir et appliquer un programme de mesures pour éliminer ou réduire à un minimum les expositions à des vibrations globales du corps
		Expositions supérieures à la **valeur limite d'exposition**	▪ Engager des actions immédiates pour empêcher une exposition supérieure à la valeur limite ▪ Déterminer pourquoi la limite d'exposition a été dépassée
		Employés exposés à un risque particulier	▪ Respecter les exigences spécifiques aux employés exposés à un risque particulier
Article 6	Employeur	Employés exposés à des vibrations globales du corps	***Information et formation des employés :*** ▪ Pour tous les employés exposés à des vibrations globales du corps.
Article 7	Employeur	Employés exposés à des vibrations globales du corps	***Consultation et participation des employés :*** ▪ Consulter de manière équilibrée et à temps les employés et leurs représentants, sur l'évaluation des risques, les mesures de contrôle, le suivi médical et la formation.
Article 8	Médecin ou personne qualifiée	Si une maladie est détectée	***Suivi médical :*** ▪ Informer les employés des résultats du suivi médical ▪ Fournir informations et conseils aux employés quant au suivi médical nécessaire après une exposition à des vibrations globales du corps. ▪ Présenter à l'employeur les principales conclusions du suivi médical
	Employeur	Si une maladie est détectée	▪ Réexaminer l'évaluation des risques ▪ Éliminer ou réduire encore les risques ▪ Examiner l'état sanitaire des employés exposés de façon similaire.

Article	*Qui*	*Quand*	*Exigence*
	Employeur	Expositions supérieures au **seuil d'action d'exposition**	▪ Employés justifiant d'un suivi médical approprié

ANNEXE B QU'EST CE QU'UNE VIBRATION ?

B.1 Qu'est-ce qu'une vibration ?

Des vibrations apparaissent quand un corps se déplace en va-et-vient sous l'effet de forces externes et internes, Figure B.1. Dans le cas de vibrations globales du corps, cela peut être le siège d'un véhicule ou la plate forme sur laquelle se tient debout l'opérateur qui vibre et ce mouvement est transmis au corps du conducteur.

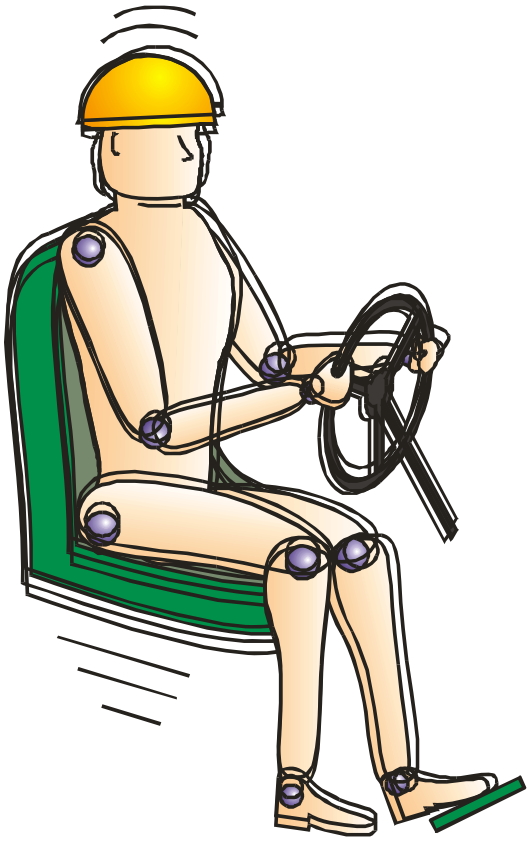


Figure B.1 Vibrations transmises à l'ensemble du corps

B.2 Que mesure-t-on ?

On définit une vibration par son amplitude et sa fréquence. On peut considérer que l'amplitude de la vibration correspond au déplacement de la vibration (en mètres), à la vitesse de la vibration (en mètres par seconde) ou à l'accélération de la vibration (en mètres par seconde au carré, ou m/s^2). Cependant, la plupart des capteurs de vibrations délivrent un signal de sortie qui est lié à l'accélération (leur sortie dépend de la force agissant sur une masse fixe dans le capteur et, pour une masse fixe, la force et l'accélération sont directement liées) ; traditionnellement, on utilise donc l'accélération pour décrire les vibrations.

Le capteur de vibrations mesure l'accélération dans une seule direction. Pour obtenir une représentation complète des vibrations agissant sur une surface, on a donc besoin de trois capteurs : un sur chaque axe, comme le montre la Figure B.2.

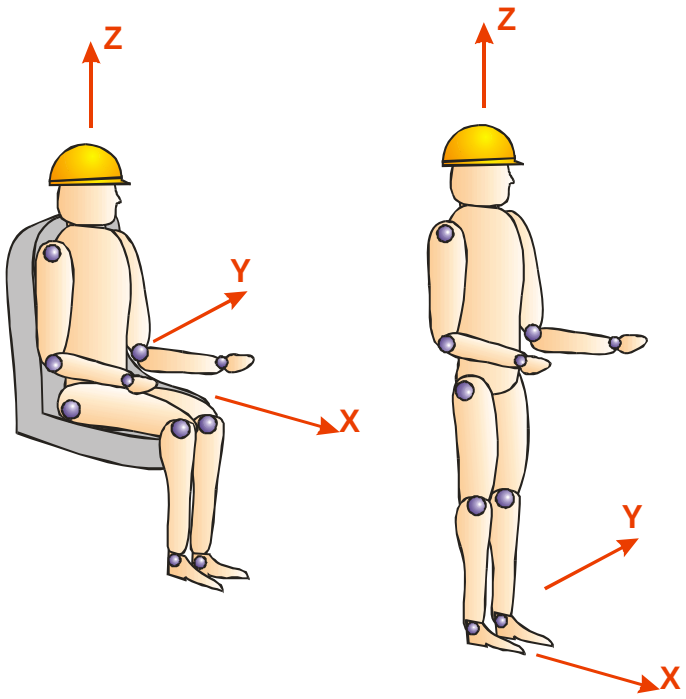


Figure B.2 Axes de mesure des vibrations

B.3 Qu'est-ce que la fréquence et la pondération en fréquence ?

La fréquence représente le nombre de fois par seconde où le corps vibrant se déplace vers l'avant et l'arrière. On l'exprime par une valeur en cycles par seconde, plus généralement connue sous le nom de Hertz (abréviation Hz).

Pour les vibrations globales du corps, les fréquences jugées importantes sont comprises entre 0,5 Hz et 80 Hz. Cependant, comme le risque de dommage n'est pas égal à toutes les fréquences, une *pondération en fréquence* est utilisée pour représenter la probabilité de dommages due à différentes fréquences. En conséquence, l'accélération pondérée diminue quand la fréquence augmente. Pour les vibrations globales du corps, on utilise deux réseaux de pondération en fréquence différents. Un réseau de pondération (*pondération Wd*) s'applique aux deux axes horizontaux x et y, tandis que l'autre (*pondération Wk*) s'applique à la vibration sur l'axe vertical z.

Pour évaluer les risques sur la santé résultant de vibrations globales du corps, on ajoute un facteur multiplicateur supplémentaire aux valeurs de vibration pondérées en fréquence. Pour les deux axes horizontaux (x et y), on multiplie les valeurs de l'accélération par 1,4. Pour l'axe vertical z, le facteur vaut 1,0.

B.4 Quels paramètres utilise-t-on pour évaluer l'exposition ?

La directive sur les vibrations prévoit deux méthodes d'évaluation des vibrations :

- L'exposition quotidienne, A(8) - accélération continue équivalente, normalisée pour une journée de 8 heures. La valeur de A(8) est basée sur la moyenne quadratique du signal d'accélération et s'exprime en m/s² ; et

- La valeur de dose (VDV, vibration dose value) est une dose cumulative, basée sur la moyenne d'ordre 4 du signal d'accélération et exprimée en $m/s^{1,75}$.

Les deux paramètres A(8) et VDV sont définies par la norme ISO 2631-1:1997.

Quelques exemples d'amplitude vibratoire pour des machines mobiles communes sont données par la Figure B.3.

B.5 Quels instruments faut-il utiliser ?

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

Autres lectures :
ISO 2631-1:1997 Vibrations mécaniques et chocs – Évaluation de l'exposition humaine aux vibrations globales du corps – Partie 1 : Exigences générales EN 14253:2003 Vibration mécanique — Mesure et calcul de l'exposition professionnelle aux vibrations transmises à l'ensemble du corps en référence à la santé — Guide pratique.

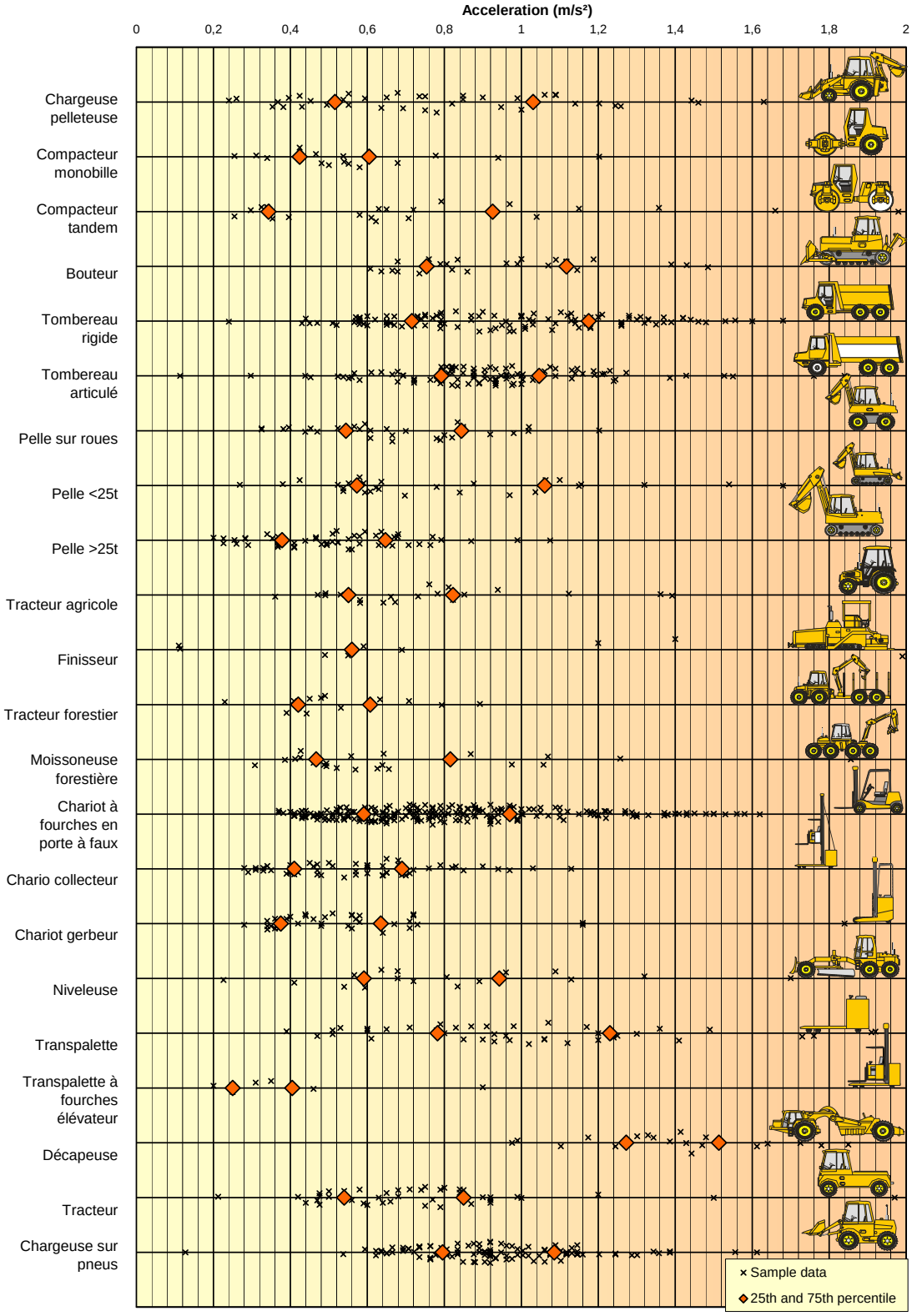


Figure B.3 Exemples d'amplitude vibratoire pour les machines communes

échantillon de données basées sur des mesures au poste de travail de vibrations selon l'axe dominant réalises par l'INRS (avec l'assistance des CRAM et de Prevencem), l'HSL et le laboratoire d'essai RMS entre 1997 et 2005. Ces données ne sont que pour l'illustration et ne peuvent pas être représentative des machines utilisées dans toutes les conditions. Les percentiles 25th et 75th montrent les amplitudes vibratoires au dessus desquelles respectivement 75 % et 25 % des valeurs mesurées sont supérieures.

ANNEXE C RISQUES SANITAIRES, SIGNES ET SYMPTOMES

C.1 Effets des vibrations globales du corps sur l'organisme humain

La transmission de vibrations au corps dépend de la position de celui-ci. Les effets des vibrations sont donc complexes. L'exposition à des vibrations globales du corps provoque des mouvements et des effets dans l'organisme, qui peuvent :

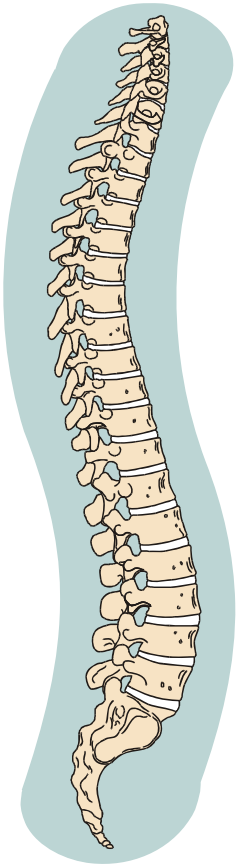
- entraîner un inconfort,
- affecter négativement les performances,
- aggraver des pathologies dorsales préexistantes, et
- présenter un risque pour la santé et la sécurité.

Les vibrations de basses fréquences transmises au corps peuvent provoquer un mal des transports.

Des études épidémiologiques de l'exposition prolongée à des vibrations globales du corps ont révélé un risque élevé pour la santé, principalement au niveau lombaire, mais également dans le cou et les épaules. Certaines études ont constaté des effets sur le système digestif, les organes reproducteurs femelles et les veines périphériques.

C.2 Douleurs lombaires et pathologies du dos, du cou ou des épaules

Les résultats des études épidémiologiques révèlent un taux d'apparition supérieur des douleurs lombaires, des hernies discales et de la dégénérescence précoce de la colonne vertébrale chez les personnes exposées à des vibrations globales du corps. L'augmentation de la durée d'exposition et de l'intensité est supposée accroître le risque, tandis que des périodes de repos le réduisent. De nombreux conducteurs se plaignent de problèmes dans la région cou-épaule alors que les études épidémiologiques restent indécises sur cet effet.



Les douleurs dorsales et les pathologies du dos, du cou ou des épaules ne sont pas propres aux expositions à des vibrations. On recense de nombreux facteurs de cause, comme la position de travail, les caractéristiques anthropométriques, le tonus musculaire, la charge physique de travail et la sensibilité individuelle (âge, pathologies préexistantes, force musculaire, etc.).

La conduite de machines mobiles comporte non seulement l'exposition à des vibrations globales du corps, mais également à plusieurs autre facteurs qui sollicitent le dos, les épaules ou le cou. Les plus importants sont :

- station assise prolongée dans des positions inconfortables,
- station assise prolongée dans de mauvaises positions,
- torsion fréquente de la colonne vertébrale,
- nécessité d'adopter des positions retournées de la tête,
- levage et manutention de matériels fréquents (par ex.

conducteurs de camions de livraison),
- blessures traumatiques,
- mouvements imprévus,
- conditions climatiques défavorables, et
- stress.

Dans certains pays et certaines conditions, les troubles lombaires chez les employés exposés à des vibrations globales du corps sont considérés comme une maladie professionnelle.

C.3 Autres troubles

La question de savoir si une exposition à des vibrations globales du corps peut entraîner des troubles digestifs ou circulatoires ou des effets néfastes sur le système reproductif reste ouverte. Dans certains cas, une augmentation des plaintes gastro-intestinales, des ulcères gastro-duodénaux et des gastrites a été rapportée chez les conducteurs de véhicules vibrants. Les vibrations globales du corps semblent constituer une facteur qui, combiné à la position assise prolongée des conducteurs, contribue à l'apparition de varices et d'hémorroïdes. Une étude a constaté un plus grand taux de mortalité pré-natale chez les femmes exposées à des vibrations dans le secteur des transports.

ANNEXE D OUTILS DE CALCUL DES EXPOSITIONS JOURNALIERES

D.1 Outils Web

Certains calculateurs disponibles sur le Web simplifient le calcul des expositions journalières aux vibrations, par ex. :

www.hse.gov.uk/vibration/calculator.htm

http://vibration.arbetslivsinstitutet.se/eng/wbvcalculator.lasso.

D.2 Graphe d'exposition journalière

Le graphe de la Figure D.1 donne une méthode alternative simple pour déterminer les expositions journalières ou des expositions partielles aux vibrations sans devoir recourir à un calculateur.

Cherchez sur le graphe la ligne A(8) passant par le point, ou juste au-dessus du point auquel votre valeur d'amplitude de vibrations $(ka_w)_{max}$ et les lignes de durée d'exposition se rencontrent (le facteur k vaut 1,4 pour les axes x et y, 1,0 pour l'axe z, c'est-à-dire la direction verticale).

La zone verte dans la Figure D1 indique les expositions qui seront probablement en dessous de la valeur d'action. On ne doit pas considérer ces expositions comme sûres. Il peut y avoir un risque de pathologie due aux vibrations même en dessous de la valeur d'action en particulier après plusieurs années d'exposition.

D.3 Abaque d'exposition journalière

L'abaque de la Figure D.2 fournit une méthode simple pour obtenir les expositions journalières aux vibrations sans utiliser les équations :

1. Sur la ligne de gauche, localisez le point correspondant à l'amplitude des vibrations (utilisez l'échelle de gauche pour les valeurs sur les axes x et y, l'échelle de droite pour l'axe z).
2. Tracez une ligne partant de ce point sur la ligne de gauche (représentant l'amplitude des vibrations) et rejoignant un point sur la ligne de droite (représentant la durée d'exposition).

Lisez les expositions partielles au niveau de l'intersection entre les lignes et l'échelle du milieu.

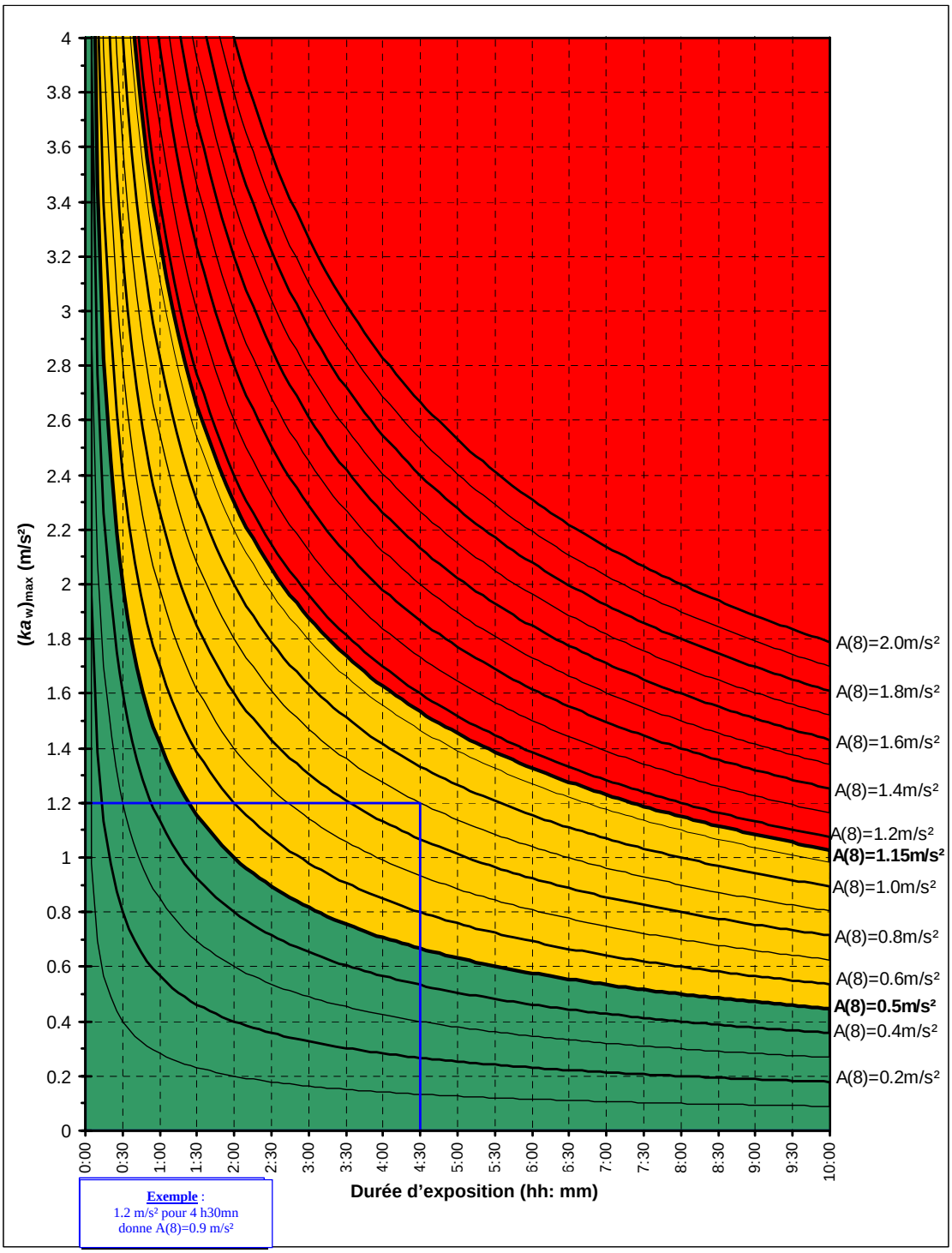


Figure D.1 Graphe d'exposition journalière

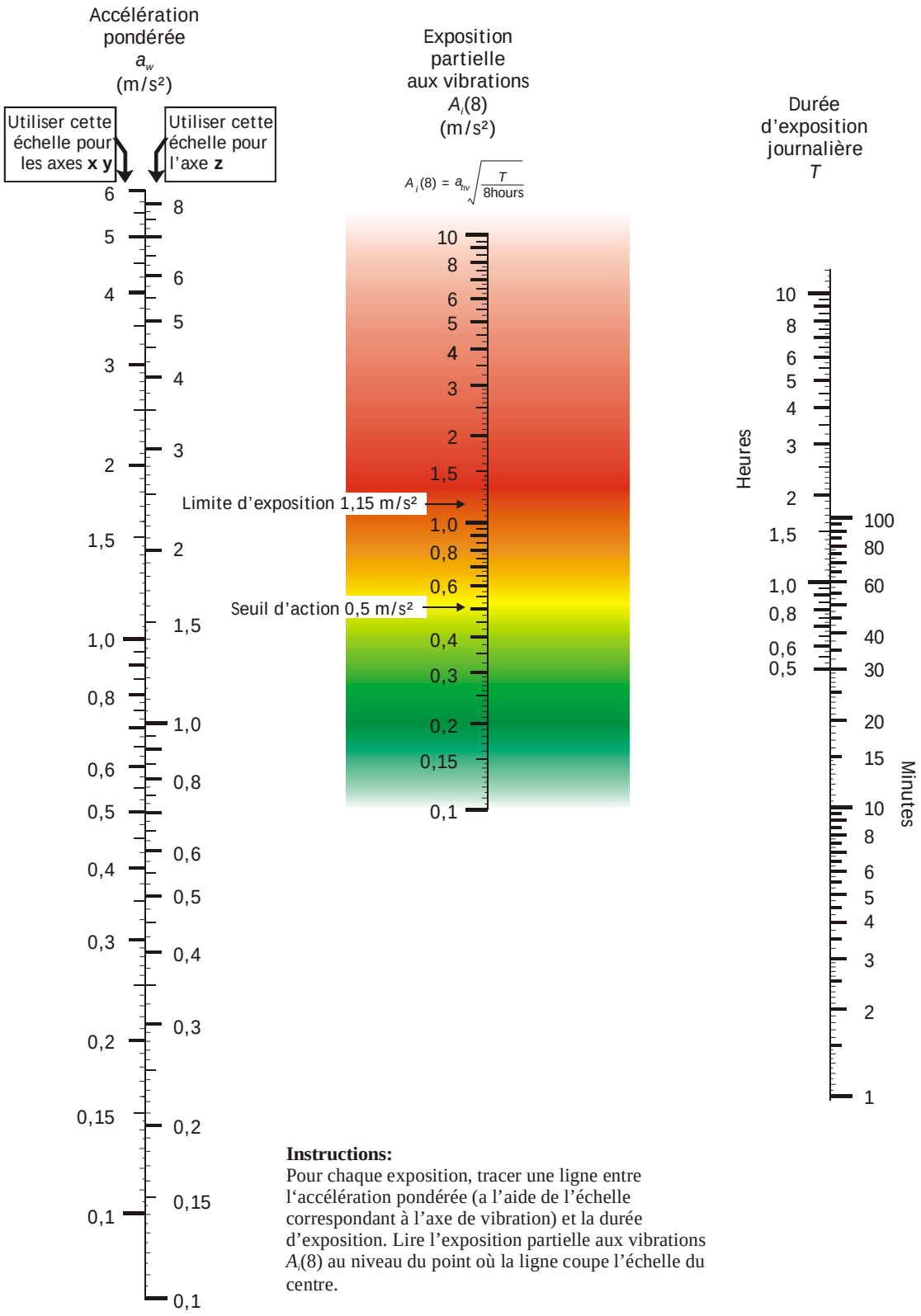


Figure D.2 Abaque donnant les valeurs de A(8)

D.4 Système des points d'exposition

Il est possible de simplifier la gestion des vibrations globales du corps par un système de « points » d'exposition. Pour un véhicule ou une machine donné(e), le nombre de points d'exposition accumulés pendant une heure ($P_{E,1h}$) s'obtient à partir de l'amplitude des vibrations a_w et du facteur k (1,4 pour les axes x et y, 1,0 pour l'axe z) suivant :

$$P_{E,1h} = 50\left(ka_w\right)^2$$

On ajoute simplement les points d'exposition les uns aux autres, et il est possible de fixer un nombre maximum de points d'exposition par jour et par personne.

Les scores d'exposition correspondant au seuil d'action d'exposition et à la valeur limite d'exposition sont :

- Seuil d'action d'exposition (0,5 m/s²) = 100 points ;
- Valeur limite d'exposition (1,15 m/s²) = 529 points.

En général, le nombre de points d'exposition P_E est défini par :

$$P_E = \left(\frac{ka_w}{0{,}5}\right)^2 \frac{T}{8\,heures} 100$$

où a_w est l'amplitude des vibrations en m/s², T la durée d'exposition et k est le facteur multiplicatif avec 1,4 pour les axes x- et y ou 1,0 pour l'axe z.

Alternativement la Figure D.3 donne une méthode simple pour calculer le nombre de points d'exposition.

L'exposition journalière $A(8)$ se calcule à partir des points d'exposition par :

$$A(8) = 0{,}5\sqrt{\frac{P_E}{100}}$$

Acceleration × *k* (m/s²)	15m	30m	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	12h
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

Daily Exposure time

Figure D.3 Table des points d'exposition (valeurs arrondies)

ANNEXE E EXEMPLES D'EXPOSITIONS JOURNALIERES

E.1 Exposition journalière : A(8), dans le cas d'une seule tâche

Étape 1: Déterminer les trois valeurs d'accélération r.m.s. pondérées en fréquence a_{wx}, a_{wy} et a_{wz} à partir des données du fabricant, d'autres sources, ou de mesures.

Étape 2: Trouver les expositions journalières dans les trois directions x, y et z par :

$$A_x(8) = 1{,}4 a_{wx} \sqrt{\frac{T_{\exp}}{T_0}}$$

$$A_y(8) = 1{,}4 a_{wy} \sqrt{\frac{T_{\exp}}{T_0}}$$

$$A_z(8) = a_{wz} \sqrt{\frac{T_{\exp}}{T_0}}$$

où

- T_{exp} est la durée journalière d'exposition aux vibrations, et
- T_0 est la durée de référence de huit heures.

Étape 3: La plus grande valeur de $A_x(8)$, $A_y(8)$ et $A_z(8)$ est l'exposition journalière aux vibrations.

Exemple

Le conducteur d'une moissonneuse d'arbres conduit le véhicule 6½ heures par jour.

Étape 1: Les valeurs des vibrations sur le siège sont :

- axe x : 0,2 m/s²
- axe y : 0,4 m/s²
- axe z : 0,25 m/s²

Étape 2: Les expositions journalières sur les axes x, y et z valent alors :

$$A_x(8) = 1{,}4 \times 0{,}2 \sqrt{\frac{6{,}5}{8}} = 0{,}25 \text{ m/s}^2$$

$$A_y(8) = 1{,}4 \times 0{,}4 \sqrt{\frac{6{,}5}{8}} = 0{,}5 \text{ m/s}^2$$

$$A_z(8) = 0{,}25 \sqrt{\frac{6{,}5}{8}} = 0{,}23 \text{ m/s}^2$$

Étape 3: L'exposition journalière aux vibrations A(8) est la plus grande de ces valeurs. Ici, c'est l'axe y, donc 0,5m/s².

E.2 Exposition journalière : A(8), dans le cas de plusieurs tâches

Si une personne est exposée à plusieurs sources de vibrations (par ex. parce qu'elle utilise plusieurs machines différentes ou mène plusieurs activités durant la journée), on calcule une *exposition partielle aux vibrations* à partir de l'amplitude et de la durée pour chaque axe et chaque exposition. On combine ensuite ces valeurs partielles pour obtenir la valeur journalière totale de l'exposition, *A*(8), pour cette personne et pour chaque axe. L'exposition journalière aux vibrations est alors la plus grande des valeurs sur les trois axes.

Étape 1: Déterminer les trois valeurs d'accélération r.m.s. pondérées en fréquence a_{wx}, a_{wy} et a_{wz}, pour chaque tâche ou véhicule à partir des données du fabricant, d'autres sources ou de mesures.

Étape 2: Pour chaque tâche ou véhicule, trouver les expositions journalières partielles dans les trois directions x, y et z par:

$$A_{x,i}(8) = 1{,}4 a_{wx} \sqrt{\frac{T_{\exp}}{T_0}}$$

$$A_{y,i}(8) = 1{,}4 a_{wy} \sqrt{\frac{T_{\exp}}{T_0}}$$

$$A_{z,i}(8) = a_{wz} \sqrt{\frac{T_{\exp}}{T_0}}$$

où

- T_{exp} est la durée journalière d'exposition aux vibrations, et
- T_0 est la durée de référence de huit heures.

Chaque exposition partielle aux vibrations représente la contribution d'une source de vibrations donnée (machine ou activité) dans l'exposition journalière totale de l'employé. La connaissance des valeurs d'exposition partielles vous aidera à définir des priorités : les machines, activités ou processus donnant les plus grandes valeurs d'exposition partielle sont celles qui devront être traitées en priorité par les mesures de maîtrise.

Étape 3: Pour chaque axe (*j*), l'exposition journalière totale aux vibrations se calcule à partir des valeurs d'exposition partielles, suivant :

$$A_j(8) = \sqrt{A_{j1}(8)^2 + A_{j2}(8)^2 + A_{j3}(8)^2 + \ldots}$$

où $A_{j1}(8)$, $A_{j2}(8)$, $A_{j3}(8)$, etc. sont les valeurs d'exposition partielles pour les différentes sources de vibrations.

Étape 4: La plus grande valeur de $A_x(8)$, $A_y(8)$ et $A_z(8)$ est l'exposition journalière aux vibrations.

Exemple

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.

Étape 1: Les valeurs de vibration sur le siège sont :

Chariot élévateur	Camion de livraison
▪ axe x : 0,5 m/s²	▪ axe x : 0,2 m/s²
▪ axe y : 0,3 m/s²	▪ axe y : 0,3 m/s²
▪ axe z : 0,9 m/s²	▪ axe z : 0,3 m/s²

Étape 2: Les expositions journalières sur les axes x, y et z valent alors :

Chariot élévateur	Camion de livraison
$A_{x,chariot}(8) = 1{,}4 \times 0{,}5\sqrt{\frac{1}{8}} = 0{,}25$ m/s²	$A_{x,camion}(8) = 1{,}4 \times 0{,}2\sqrt{\frac{6}{8}} = 0{,}24$ m/s²
$A_{y,chariot}(8) = 1{,}4 \times 0{,}3\sqrt{\frac{1}{8}} = 0{,}15$ m/s²	$A_{y,camion}(8) = 1{,}4 \times 0{,}3\sqrt{\frac{6}{8}} = 0{,}36$ m/s²
$A_{z,chariot}(8) = 0{,}9\sqrt{\frac{1}{8}} = 0{,}32$ m/s²	$A_{z,camion}(8) = 0{,}3\sqrt{\frac{6}{8}} = 0{,}26$ m/s²

Étape 3: Les expositions journalières totales sur chaque axe valent :

$$A_x(8) = \sqrt{0{,}25^2 + 0{,}24^2} = 0{,}3 \text{ m/s}^2$$

$$A_y(8) = \sqrt{0{,}15^2 + 0{,}36^2} = 0{,}4 \text{ m/s}^2$$

$$A_x(8) = \sqrt{0{,}32^2 + 0{,}26^2} = 0{,}4 \text{ m/s}^2$$

Étape 4: L'exposition journalière totale du chauffeur à des vibrations totales du corps est la plus grande valeur A(8), ici la valeur pour l'axe y ou z, soit 0,4 m/s², soit juste en dessous de la valeur d'action.

E.3 Exposition journalière : VDV, dans le cas d'une seule tâche

Étape 1: Déterminer les trois VDV pondérées en fréquence VDV_x, VDV_y and VDV_z. (Note – les données de VDV sont moins fréquentes que les données r.m.s et les fabricants ne sont pas tenus de les publier ; les valeurs de VDV ont donc plus de chance de provenir de mesures que de publications).

Étape 2: Trouver les expositions journalières dans les trois directions x, y et z par :

$$VDV_{\exp,x,i} = 1{,}4 \times VDV_x \left(\frac{T_{\exp}}{T_{mes}}\right)^{1/4}$$

$$VDV_{\exp,y,i} = 1{,}4 \times VDV_y \left(\frac{T_{\exp}}{T_{mes}}\right)^{1/4}$$

$$VDV_{\exp,z,i} = VDV_z \left(\frac{T_{\exp}}{T_{mes}}\right)^{1/4}$$

où :

- T_{mes} est la période de mesure, et
- $T_{\exp}$ est la durée journalière d'exposition aux vibrations.

Étape 3: La plus grande valeur de $VDV_{\exp,x}$, $VDV_{\exp,y}$ et $VDV_{\exp,z}$ est la VDV journalière.

Exemple

Le conducteur d'une moissonneuse d'arbres conduit le véhicule 6½ heures par jour.

Étape 1: Les VDV mesurées sur le siège sur une période de 2 heures valent :

- axe x : 3 $m/s^{1,75}$
- axe y : 5 $m/s^{1,75}$
- axe z : 4 $m/s^{1,75}$

Étape 2: Les expositions aux VDV sur les axes x, y et z valent alors :

$$VDV_{\exp,x} = 1{,}4 \times 3\left(\frac{6{,}5}{2}\right)^{1/4} = 5{,}6 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV_{\exp,y} = 1{,}4 \times 5\left(\frac{6{,}5}{2}\right)^{1/4} = 9{,}4 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV_{\exp,z} = 4\left(\frac{6{,}5}{2}\right)^{1/4} = 7{,}5 \text{ m/s}^{1,75}$$

Étape 3: La VDV journalière est la plus grande de ces valeurs. Ici, c'est l'axe y, donc 9,4 $m/s^{1,75}$, c'est à dire juste au dessus de la valeur d'exposition VDV.

E.4 Exposition journalière : VDV, dans le cas de plusieurs tâches

Si une personne est exposée à plusieurs sources de vibrations (par ex. parce qu'elle utilise plusieurs machines différentes ou mène plusieurs activités durant la journée), on calcule une *VDV partielle* à partir de l'amplitude et de la durée pour chaque axe et chaque exposition. On combine ensuite ces valeurs partielles pour obtenir la VDV journalière totale pour cette personne et pour chaque axe. La VDV journalière est alors la plus grande des valeurs sur les trois axes.

Étape 1: Déterminer les trois VDV pondérées en fréquence VDV_x, VDV_y et VDV_z, pour chaque tâche ou véhicule.

Étape 2: Trouver les VDV partielles dans les trois directions x, y et z à partir de :

$$VDV_{\exp,x} = 1{,}4 \times VDV_x \left(\frac{T_{\exp}}{T_{mes}}\right)^{1/4}$$

$$VDV_{\exp,y} = 1{,}4 \times VDV_y \left(\frac{T_{\exp}}{T_{mes}}\right)^{1/4}$$

$$VDV_{\exp,z} = VDV_z \left(\frac{T_{\exp}}{T_{mes}}\right)^{1/4}$$

où :

- T_{mes} est la période de mesure, et
- $T_{\exp}$ est la durée journalière d'exposition aux vibrations.

Étape 3: Pour chaque axe (j), la VDV journalière totale se calcule à partir des valeurs d'exposition partielles, suivant:

$$VDV_j = \left(VDV_{j1}{}^4 + VDV_{j2}{}^4 + VDV_{j3}{}^4 + \ldots\right)^{1/4}$$

où VDV_{j1}, VDV_{j2}, VDV_{j3}, etc. sont les valeurs d'exposition partielles pour les différentes sources de vibrations.

Étape 4: La plus grande valeur de VDV_x, VDV_y et VDV_z est la VDV journalière.

Exemple

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.

Étape 1: Les valeurs de vibration sur le siège, mesurées pendant 1 heure sur le chariot élévateur et 4 heures sur le camion de livraison, sont :

Chariot élévateur	Camion de livraison
▪ axe x : 6 m/s^{1,75} ▪ axe y : 4 m/s^{1,75} ▪ axe z : 12 m/s^{1,75}	▪ axe x : 4 m/s^{1,75} ▪ axe y : 5 m/s^{1,75} ▪ axe z : 6 m/s^{1,75}

Étape 2: Les DVD partielles sur les axes x, y et z valent alors :

Chariot élévateur	Camion de livraison
$VDV_{\exp,x,chariot} = 1{,}4 \times 6\left(\frac{1}{1}\right)^{1/4} = 8\,\text{m/s}^{1,75}$	$VDV_{\exp,x,camion} = 1{,}4 \times 4\left(\frac{6}{4}\right)^{1/4} = 6\,\text{m/s}^{1,75}$
$VDV_{\exp,y,chariot} = 1{,}4 \times 4\left(\frac{1}{1}\right)^{1/4} = 6\,\text{m/s}^{1,75}$	$VDV_{\exp,y,camion} = 1{,}4 \times 5\left(\frac{6}{4}\right)^{1/4} = 8\,\text{m/s}^{1,75}$
$VDV_{\exp,z,chariot} = 12\left(\frac{1}{1}\right)^{1/4} = 12\,\text{m/s}^{1,75}$	$VDV_{\exp,z,camion} = 6\left(\frac{6}{4}\right)^{1/4} = 7\,\text{m/s}^{1,75}$

Étape 3: Les expositions journalières sur chaque axe valent :

$$VDV_x = \left(8^4 + 6^4\right)^{1/4} = 9\,\text{m/s}^{1,75}$$

$$VDV_y = \left(6^4 + 8^4\right)^{1/4} = 9\,\text{m/s}^{1,75}$$

$$VDV_z = \left(12^4 + 7^4\right)^{1/4} = 12\,\text{m/s}^{1,75}$$

Étape 4: L'exposition journalière totale du chauffeur à des vibrations totales du corps est la plus grande valeur de VDV, ici la valeur pour l'axe z, soit 12 m/s^{1,75}, c'est à dire entre la valeur VDV d'action et la valeur limite d'exposition.

E.5 Exposition quotidienne : A(8), utilisation du système à points de calcul de l'exposition

(Note: ceci est le même exemple travaillé dans l'annexe E.2 en utilisant la méthode à points)

Si vous avez l'accélération en m/s²:

Etape 1 : Déterminer les valeurs de points pour chaque tâche et véhicule en utilisant la Figure D.3 pour calculer l'exposition en points basée sur la valeur d'accélération, les facteurs k, et la durée d'exposition.

Etape 2 : Pour chaque axe ajouter les points par machine pour obtenir pour chaque axe les points totaux pour la journée.

Etape 3 : La plus forte valeur selon les 3 axes est l'exposition quotidienne en points.

Exemple

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.

Etape 1 : Les expositions quotidiennes selon les axes x, y et z sont :

chariot	Points après 1 heure d'utilisation (de Figure D.3)
▪ x-axe: 0,5 *x* 1,4 = 0,7 ▪ y-axe: 0,3 *x* 1,4 = 0,42 ▪ z-axe: 0,9	▪ 25 ▪ 13 ▪ 41

camion	Points après 6 heures d'utilisation (de Figure D.3)
▪ x-axe: 0,2 *x* 1,4 = 0,28 ▪ y-axe: 0,3 *x* 1,4 = 0,42 ▪ z-axe: 0,3	▪ 27 ▪ 75 ▪ 27

* La valeur exacte de la vibration n'est pas donnée dans la Figure D.3, c'est pourquoi la valeur plus élevée la plus proche est utilisée.

Etape 2 : Les points d'exposition quotidienne pour chaque axe sont :

x-axe = 25 + 27 = 52 points

y-axe = 13 + 75 = 88 points

z-axe = 41 + 27 = 68 points

Etape 3 : L'exposition quotidienne du conducteur aux vibrations totales du corps correspond à la plus forte valeur pour les 3 axes, dans ce cas la valeur pour l'axe Y: 83 points, i.e. sous la valeur d'action d'exposition de 100 point.

Si vous avez le nombre de points par heure

Etape 1 : Déterminer le nombre de points par heure pour chaque tâche ou véhicule, à partir des données des fabricants, d'autres sources ou des mesures.

Etape 2 : Pour chaque véhicule et chaque tâche, trouver le nombre de points correspondant en multipliant le nombre de point par heure par le nombre d'heures d'utilisation de chaque machine.

Etape 3 : Pour chaque axe, ajouter les points par machine pour obtenir le nombre de point quotidien par axe.

Etape 4 : La plus forte valeur des 3 axes est la valeur quotidienne d'exposition en points.

Exemple

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.

Étape 1: Etape 1 : Le nombre de points pour chaque heure sur le siège est :

chariot	camion
▪ x-axe: 25 ▪ y-axe: 9 ▪ z-axe: 41	▪ x-axe: 4 ▪ y-axe: 9 ▪ z-axe: 5

Notes:

- Les facteurs k sont inclus dans les valeurs exprimées en points par heure (voir *l'annexe D.4*).
- Les valeurs exprimées en points par heure ont été arrondies à la valeur entière la plus proche

Étape 2: Le nombre quotidien de points pour les axes x, y et z sont :

chariot *(1 heure d'utilisation)*	camion *(6 heures d'utilisation)*
▪ x-axe: 25 *x* 1 = 25 ▪ y-axe: 9 *x* 1 = 9 ▪ z-axe: 41 *x* 1 = 41	▪ x-axe: 4 *x* 6 = 24 ▪ y-axe: 9 *x* 6 = 54 ▪ z-axe: 5 *x* 6 = 30

Étape 3: Le nombre total quotidien de points pour chaque axe est :

x-axe = 25 + 24 = 49 points

y-axe = 9 + 54 = 63 points

z-axe = 41 + 30 = 71 points

Étape 4: L'exposition quotidienne aux vibrations du conducteur est la plus forte valeur, dans ce cas la valeur pour l'axe z : 71 points, i.e moins que 100 point, la valeur d'action en points.

ANNEXE F TECHNIQUES POUR LE SUIVI MEDICAL

Le suivi médical doit consister en une évaluation des antécédents d'un employé, associée à un examen physique conduit par un médecin qualifié.

Des questionnaires pour le suivi médical des vibrations globales du corps sont disponibles auprès de différentes sources (par ex la section VIBGUIDE :

http://www.humanvibration.com/EU/EU-index.htm).

Les antécédents

Les antécédents doivent se concentrer sur :

- les antécédents familiaux ;
- les antécédents sociaux, notamment tabagisme et consommation d'alcool, participation à des activités physiques ;
- les antécédents professionnels, notamment postes antérieurs et actuels exposés à des vibrations globales du corps, position de travail, tâches de manutention et autres efforts dorsaux liés au travail, et toute activité de loisirs comprenant l'utilisation de machines vibrantes ;
- les antécédents de santé personnels.

L'examen physique

Un examen physique peut inclure :

- examen de la fonction dorsale et évaluation des effets de la douleur sur la flexion et l'extension latérales et vers l'avant ;
- test d'élévation de la jambe tendue ;
- examen neurologique périphérique (réflexes du genou et du tendon d'Achille et sensibilité dans la jambe et le pied) ;
- signes de faiblesse musculaire (mm d'extension du quadriceps, flexion/extension du gros orteil/pied) ;
- test d'endurance dorsale ;
- signes de Waddel d'une douleur non organique.

ANNEXE G GLOSSAIRE

Vibrations globales du corps . Vibrations mécaniques qui, une fois transmises à tout le corps, comportent des risques pour la santé et la sécurité des employés, notamment la morbidité lombaire et les traumatismes de la colonne vertébrale.

Émission de vibrations ..... Valeur de vibrations fournie par les fabricants de machines pour indiquer les vibrations susceptibles d'apparaître sur leurs machines. La valeur des émissions de vibrations doit être obtenue par un code d'essai normalisé et figurer dans les instructions de la machine.

Pondération en fréquence Filtre appliqué aux mesures de vibrations pour simuler l'effet de la fréquence sur le risque de dommage corporel. On utilise deux courbes de pondérations pour les vibrations globales du corps :

- Wd pour les vibrations sur l'axe avant-arrière (x) et latéral (y), et
- Wk pour l'axe vertical (z).

Exposition journalière ..... A(8) – accélération équivalente continue, normalisée pour 8 heures par jour ; la valeur de A(8) est basée sur la moyenne quadratique du signal d'accélération et s'exprime en m/s^2.

Valeur de dose de vibrations VDV – dose cumulative basée sur la moyenne d'ordre 4 du signal d'accélération. La VDV s'exprime en $m/s^{1,75}$.

Suivi médical ..... Programme de suivi médical des employés afin de détecter les effets précoces de pathologies résultant de leurs activités professionnelles.

Seuil d'action d'exposition

Exposition journalière d'un employé aux vibrations A(8) égale à $0,5m/s^2$ ou de VDV égale à $9,1m/s^{1,75}$, seuils au-dessus desquels les risques liés à l'exposition doivent être maîtrisés[2].

Valeur limite d'exposition

Exposition journalière d'un employé aux vibrations A(8) égale à $1,15m/s^2$ ou de VDV égale à $21m/s^2$, au[2]-dessus desquels les employés ne doivent pas être exposés[2].

Temps d'exposition

La durée par jour qu'un opérateur est exposé à une source vibratoire.

---

[2] Les Etats membres ont le choix d'employer A(8) ou VDV pour les valeurs d'action et limite.

ANNEXE H BIBLIOGRAPHIE

H.1 Directives européennes

Directive 2002/44/EC du Parlement européen et du Conseil du 25 Juin 2002 relative aux exigences minimales d'hygiène et de sécurité relatives à l'exposition des employés à des risques résultants d'agents physiques (vibrations) (seizième directive individuelle au sens de l'article 16 (1) de la Directive 89/391/EEC).

Directive of 89/391/EEC du Parlement européen et du Conseil du 12 juin 1989 relative à l'introduction de mesures visant à promouvoir des améliorations dans le domaine de l'hygiène et de la sécurité des employés pendant le travail.

Directive 98/37/EC of the European parliament and of the Council of 22 June 1998 on the approximation of the laws of the Member States relating to machinery

Directive du Conseil 90/269/EEC du 29 Mai 1990 relative aux exigences minimales d'hygiène et de sécurité pour la manutention manuelle de charges quand il existe un risque, notamment de blessure dorsale chez les employés (quatrième directive individuelle au sens de l'Article 16 (1) de la Directive 89/391/EEC).

H.2 Normes

Normalisation Européenne

Comité Européen de Normalisation (1997) - EN 12096 : 1997 Vibrations mécaniques – Déclaration et vérification des valeurs des vibrations émises.

Comité Européen de Normalisation (2001) Vibrations mécaniques – Chariots industriels – Evaluation en laboratoire et spécifications des vibrations du siège de l'opérateur- EN 13490-2001

Comité Européen de Normalisation (2001) Sécurité des chariots industriels –Méthode d'essai pour la mesure des vibrations - EN 13059:2001.

Comité Européen de Normalisation (2003) EN 14253, Vibrations mécaniques – Mesure et calcul de l'exposition professionnelle à des vibrations globales du corps dans un souci sanitaire – Guide pratique.

Comité Européen de Normalisation (2003) EN 1032 / 2003 Vibrations mécaniques – Tests des machines

Comité Européen de Normalisation - CEN/TR premier document du comité Munich (mars 2005) – Vibration mécanique – Guide pour l'évaluation de l'exposition aux vibrations globales du corps transmises par les engins de chantier. Utilisation de données harmonisées mesurées par des Instituts internationaux, des organisations et des fabricants.

CEN/TR 15172-1, Vibrations globales du corps – Directives pour la réduction des risques vibratoires – Partie 1 : Méthodes techniques lors de la conception des machines.

CEN/TR 15172-2, Vibrations globales du corps – Directives pour la réduction des risques vibratoires – Partie é : Mesures sur les lieu de travail.

Organisation Internationale de Normalisation (1992) Méthode en laboratoire pour évaluer les vibrations du siège de véhicule – Partie I : exigences de base
EN ISO 10326-1:1992

International

Organisation Internationale de Normalisation (1997) ISO 2631-1:1997 – Vibrations mécaniques et chocs – Evaluation de l'exposition humaine aux vibrations globales du corps – Partie 1 : Exigences générales.

Organisation Internationale de Normalisation (2000) EN ISO 7096:2000 - Engins de chantier – Evaluation en laboratoire des vibrations du siège du véhicule.

Organisation Internationale de Normalisation (2003) ISO 5007:2003 -Tracteurs agricoles – Siège de l'opérateur : mesure en laboratoire des vibrations transmises.

Organisation Internationale de Normalisation (2005) ISO 8041:2005 - Réponse humaine aux vibrations – Instrumentation de mesures.

Organisation Internationale de Normalisation (2001) ISO 10326-2:2001 - Méthode de laboratoire pour évaluer les vibrations du siège du véhicule – Partie 2 : Application aux véhicules ferroviaires.

National

British Standards Institution (1987) Measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock. British Standard, BS 6841.

Dachverband der Ingenieure (2002) Human exposure to mechanical vibrations — Whole-body vibration. VDI 2057-1:2002. In German.

Dachverband der Ingenieure (2005) Protective measures against vibration effects on man. VDI 3831:2005. In German.

H.3 Publications scientifiques

Bovenzi M & and Betta A. (1994) Low back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole body vibration and postural stress. Applied Ergonomics 25. 231-240.

Bovenzi M & and Hulshof CTJ. (1999) An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole body vibration and low back pain (1986-1997). Int Arch Occup Environ Health. 72: 351-365.

Bovenzi M, Pinto I, Stacchini N. Low back pain in port machinery operators. Journal of Sound and Vibration 2002; 253(1):3-20.

Bovenzi M & and Zadini (1992) A. Self reported low back symptoms in urban bus drivers exposed to whole body vibration. Spine, vol 17, no 9. 1048-1058.

Donati P. Survey of technical preventative measures to reduce whole body vibration effects when designing mobile machinery. Journal of Sound and vibration (2002) 253(1), 169-183.

Dupuis H. (1994) Medical and occupational preconditions for vibration-induced spinal disorders: occupational disease no. 2110 in Germany. Int Arch Occup Environ Health. 66: 303-308.

Dupuis, H. Diseases due to whole-body vibration. In: Manual of Occupational Medicine: Occupational physiology, occupational pathology, prevention. Konietzko, Dupuis. Landsberg a.L.: ercomed-Verl.-Ges., Loose-leaf-edt. Chap. IV-3.5. (In German)

Griffin, M.J. (1990, 1996) Handbook of human vibration. Published: Academic Press, London, ISBN: 0-12-303040-4.

Griffin, M.J. (1998) A comparison of standardized methods for predicting the hazards of whole-body vibration and repeated shocks. Journal of Sound and Vibration, 215, (4), 883-914.

Griffin, M.J. (2004) Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union; a review. Occupational and Environmental Medicine; 61, 387-397.

Hartung, E.; Heckert, Ch.; Fischer, S.; Kaulbars, U. Load by mechanical vibration . Knietzko, Dupuis, Letzel (Hrsg.): Manual of Occupational Medicine, Ecomed Landsberg, Chap. II-3.1,1-16 (33. Completion 8/08). (In German)

Homberg, F; Bauer, M. Neue (2004) VDI-Richtlinie 2057:2002 – „Former measuring values can be used further on“ VDI-Report No. 1821, S. 239-250. (In German)

HSE Contract Research Report 333/2001 Whole body vibration and shock: A literature review. Stayner RM.

Kjellberg, A., Wikstrom, B.O. & Landstrom, U. (1994) Injuries and other adverse effects of occupational exposure to whole body vibration. A review for criteria document Arbete och halsa vetenskaplig skriftserie 41. 1-80.

Mansfield, N.J. (2004) Human Response to Vibration ISBN 0-4152-8239-X

National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) (1997) Musculoskeletal disorders and workplace factors. A critical review of epidemiological evidence for work related musculoskeletal disorders of the neck upper extremity and low back.

National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), Bernard, B.P. (Editor) (1997) Musculoskeletal disorders and workplace factors: a critical review of epidemiologic evidence for work-related disorders of the neck, upper extremities, and, low back. U.S. Department of Health and Human Services, National Institute of Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 97-141.

Paddan, G.S., Haward, B.M., Griffin, M.J., Palmer, K.T. (1999) Whole-body vibration: Evaluation of some common sources of exposure in Great Britain. Health and Safety Executive Contract Research Report 235/1999, HSE Books, ISBN: 0-7176-2481-1.

Palmer, K.T., Coggon, D.N., Bendall, H.E., Pannett, B., Griffin, M.J., Haward, B. (1999) Whole-body vibration: occupational exposures and their health effects in Great Britain. Health and Safety Executive Contract Research Report 233/1999, HSE Books, ISBN: 0-7176-2477-3.

Palmer, K.T., Griffin, M.J., Bednall, H., Pannett, B., Coggon, D. (2000) Prevalence and pattern of occupational exposure to whole body vibration in Great Britain: findings from a national survey. Occupational and Environmental Medicine, 57, (4), 229-236.

Palmer, K.T., Haward, B., Griffin, M.J., Bednall, H., Coggon, D. (2000) Validity of self reported occupational exposure to hand transmitted and whole body vibration. Occupational and Environmental Medicine, 57, (4), 237-241.

Rossegger R. and Rossegger S. (1960) Health effects of tractor driving. J Agric. Engineering Research 5. 241-275.

Sandover J. (1998a) The fatigue approach to vibration and health: is it a practical and viable way of predicting the effects on people? Journal of Sound & Vibration 215(4) 688-721.

Sandover J. (1998b) High acceleration events: An introduction and review of expert opinion. Journal of Sound & Vibration 215 (4) 927-945.

Scarlett A.J, Price J.S, Semple D.A, Stayner R.M (2005) Whole-body vibration on agricultural vehicles: evaluation of emission and estimated exposure levels HSE Books, 2005. (Research report RR321) ISBN 0717629708

Schwarze, S.; Notbohm, G.; Hartung, F.; Dupuis, H. (1999) Epidemiological Study - Whole body vibration. Joint research project on behalf of the HVBG, Bonn. (In German)

Seidel, H. & Heide, R. (1986) Long term effects of whole body vibration - a critical survey of the literature. Int. Arch. Occupational Environmental Health 58. 1-26.

Troup, J.D.G. (1988) Clinical effects of shock and vibration on the spine. Clinical Biomechanics 3 227-231.

H.4 Guides

HSE (2005) Whole-body vibration – Control of Vibration at Work Regulations 2005. Guidance on Regulations L141
HSE Books 2005 ISBN 0 7176 6126 1

HSE (2005) Control back-pain risks from whole-body vibration: Advice for employers on the Control of Vibration at Work Regulations 2005 INDG242(rev1)
HSE Books 2005 ISBN 0 7176 6119 9

HSE (2005) Drive away bad backs: Advice for mobile machine operators and drivers INDG404 HSE Books 2005 ISBN 7176 6120 2

Bongers et al (1990) and Boshuizen et al (1990 a,b) in: Bongers PM, Boshuizen HC. Back Disorders and Whole body vibration at Work.

Gruber, H.; Mierdel, B. Guidelines for risk assessment. Bochum: VTI Verlag 2003.

Hartung, E Dupuis, H. Christ, E. Noise and vibration at the workplace: The measurement booklet for the practitioner. Edited bei Institute of Applied Work Science (Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V.), Adaptation and Editorial: Wilfried Brokmann. 2nd run. Cologne, Wirtschaftsverlag Bachem, 1995. (In German).

INRS. (1992) La conduite sans le secousses – Comment régler votre siège à suspension . Edition INRS, ED1372.

INRS. (1993) La conduite sans les secousses – Comment choisir et entretenir un siège à suspension pour chariot élévateur - Edition INRS, ED1373.

INRS. (1998) La conduite sans les secousses – Un siège à suspension pour ménager votre dos - Edition INRS, ED 1493.

INRS. (1998) La conduite sans les secousses. Aidez vos clients à garder la forme Edition INRS, ED 1494.

INRS. (1998) La conduite sans les secousses- Choix et remplacement de sièges de tracteurs et de machines agricoles. Edition INRS, ED 1492.

INRS. Vibrations, plein le dos. Edition INRS, ED 864, 2001.

Ministère fédéral de l'Emploi et du Travail (Belgique) Vibrations corps total. Stratégie d'évaluation et de prévention des risques. D/1998/1205/72 (In French)

Centres de Mesure Physique (CMP) et Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). Guide pour évaluer les vibrations transmises à l'homme au poste de travail

(partie 1 : Vibrations transmises à l'ensemble du corps par les machines mobiles) Edité par l'INRS – Vandoeuvre – 1998

Saint Eve P., Donati P. Prévention des risques dorso-lombaires liés à la conduite de chariots élévateurs. Document pour le médecin du travail n°54 TC 45 , 27ème trimestre 1993

AISS. (1989) Les vibrations au postes de travail. Publié par le Comité International pour Recherche – Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) 30, rue Olivier Noyer – 75680 PARIS Cedex 14.

Protection against vibration: a problem or not? Leaflet of the Federal Institute for Occupational Safety and Health (FIOSH) (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)).

Dupuis, H. Diseases due to whole-body vibration. In: Manual of Occupational Medicine: Occupational physiology, occupational pathology, prevention. Konietzko, Dupuis. Landsberg a.L.: ercomed-Verl.-Ges., Loose-leaf-edt. Chap. IV-3.5. (In German)

Hartung, E.; Heckert, Ch.; Fischer, S.; Kaulbars, U. Load by mechanical vibration. Knietzko, Dupuis, Letzel (Hrsg.): Manual of occupational medicine, ecomed Landsberg, Chap. II-3.1., 1-16 (33. completion 8/08). (In German)

Homberg, F; Bauer, M. New VDI-Directive 2057:2002 – Former measuring values can be used further on. VDI-Berichte Nr. 1821 (2004), S. 239-250.

Federal Institute for Occupational Safety and Health (FIOSH) Protection against vibrations at the workplace (Technics 12). (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin).

Federal Institute for Occupational Safety and Health (FIOSH) Load of vibration in the building industry (technics 23). Serial "technics" of the (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin).

Neugebauer, G.; Hartung, E. Mechanical vibrations at the workplace. Bochum: VTI Verlag 2002.

Schwarze, S.; Notbohm, G.; Hartung, F.; Dupuis, H. Epidemiological Study - Whole body vibration. Interconnecting research project on behalf of the HVBG, Bonn 1999.

ISPESL. La colonna vertebrale in pericolo. Vibrazioni meccaniche nei luoghi di lavoro : stato della normativa. (In Italian)

H.5 Sites Web

www.humanvibration.com	Informations générales sur les vibrations humaines y compris des liens à différents sites
http://vibration.arbetslivsinstitutet.se/eng/wbvhome.lasso	Données sur les vibrations émises
http://www.las-bb.de/karla/index_.htm	Données sur les vibrations émises
www.hse.gov.uk/vibration/calculator.htm	Calculateur de l'exposition
http://vibration.arbetslivsinstitutet.se/eng/wbvcalculator.lasso	Calculateur de l'exposition

INDEX

A

A(8) 38, 43

C

Collective measures..... **28**
constrained postures 41
consultation and participation **25**
control strategy **24**

D

daily exposure action value **7**
Daily exposure: A(8) **48**, **49**
Daily exposure: VDV **51**, **52**
Daily vibration exposure, A(8)..... **21**
driving techniques 28

E

exposure duration **16**
Exposure points system **46**

F

Framework Directive..... **8**
frequency weighting **38**
frequency-weighted acceleration..... 19

H

health records..... 33
health surveillance..... 31

L

Lower-back pain..... **41**

M

Machinery Directive..... 17
maintenance..... 29
Manual Handling Directive **12**
material handling..... 42
measurements **20**

N

nomogram..... **43**

O

off-road..... 13

P

poor postures 41
posture 6, **11**, 28

Q

qualified physician 56

R

risk assessment 31
rough ground **11**

S

selection..... **26**
shocks or jolts..... 6
Suspension seats..... **29**

T

Task and process design..... **27**
twisting..... 41

V

VDV **19**, 39
Vibration Directive..... **8**
vibration dose value 7
Vibration dose value, VDV **21**
vibration emission 17, 27
vibration magnitude..... **19**
vibration risk assessment..... 34

W

Wd weighting..... 38
Wk weighting **38**
Work schedules **29**