

Colloque

Le monde du travail prend conscience du coût humain des vibrations

On a longtemps sous-estimé les coûts humain et financier des vibrations transmises à l'ensemble du corps, notamment par les engins de chantier et les chariots de manutention. La conférence internationale qui s'est tenue à Nancy du 7 au 9 juin 2005 a permis aux préventeurs et aux industriels de confronter leurs travaux et leurs avancées. Enquêtes épidémiologiques, mesures et diagnostics, simulation numérique, stratégies de prévention...

Les véhicules en mouvement, les grosses machines produisent des vibrations à l'origine de troubles plus ou moins graves pour l'homme. Les vibrations ont été surmontées depuis longtemps sur les automobiles et même sur les poids lourds et les tracteurs agricoles, grâce à des suspensions qui absorbent les secousses et les irrégularités de la chaussée. Ainsi que le remarque Patrice Donati, organisateur de la conférence de Nancy : « Les constructeurs ont été poussés par leurs clients, qui sont aussi, en général, ceux qui conduisent ces véhicules. » Rien de tel malheureusement pour les engins de chantier et les chariots de manutention. Ceux qui les achètent sont rarement ceux qui les conduisent !

Aussi a-t-on longtemps méconnu les conséquences sur la santé de l'exposition aux vibrations conjuguée à la position assise. Mais les choses évoluent rapidement, comme ont pu s'en rendre compte les 150 professionnels d'une douzaine de pays participant à la Conférence internationale sur les

vibrations transmises à l'ensemble du corps humain, qui s'est tenue à Nancy du 7 au 9 juin, à l'initiative de l'INRS et du NIWL (National Institute for Working Life, Suède). « Aujourd'hui, les enquêtes épidémiologiques montrent avec netteté que l'exposition prolongée aux vibrations affecte en priorité la colonne vertébrale, avec des douleurs vives au bas de la colonne qui peuvent se diffuser

jusque dans les cuisses et le nerf sciatique, dit Massimo Bovenzi, un médecin qui enseigne à l'université de Trieste. Mais ces douleurs ne sont généralement pas le seul fait des vibrations. Elles résultent d'une combinaison de celles-ci avec des facteurs comportementaux, comme une mauvaise posture au poste de travail, et peuvent être aggravées par des facteurs psychologiques, comme un sentiment de mal-être au travail ou dans la vie quotidienne. »

Une directive qui dérange

En 1999, certaines lombalgies consécutives aux vibrations ont été inscrites dans deux tableaux de maladies professionnelles (tableaux n° 97 du régime général et n° 57 du

régime agricole). Les professionnels ont alors commencé à prendre conscience de la gravité du problème, qui touche près d'un million de personnes en France. Trois ans plus tard a été publiée la directive 2002/44/CE, dite directive « Vibrations », concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux vibrations. Cette directive complète la directive 98/37, dite directive « Machines », qui impose aux fabricants d'informer les acheteurs sur les intensités vibratoires des machines mobiles. La directive « Vibrations », appliquée en France depuis le 6 juillet 2005, fixe à 0,5 m/s² la « valeur d'action » pour une vibration transmise à l'ensemble du corps pendant huit heures et à 1,15 m/s² la « valeur-plafond ». Entre ces deux valeurs, les employeurs doivent évaluer le risque vibratoire, informer les opérateurs des risques encourus, prévoir des visites médicales et mettre en œuvre un programme pour réduire les vibrations. Ils doivent par ailleurs prendre des dispositions pour maintenir celles-ci en deçà de la « valeur plafond » (le législateur a néanmoins prévu sur ce dernier point une période dérogatoire de cinq ans).

Pour évaluer le risque vibratoire, les employeurs peuvent en premier lieu consulter les notices des constructeurs ou les banques de données concernant leurs équipements. (L'INRS a en préparation un guide de bonnes



pratiques pour les y aider.) Ils doivent ensuite rapprocher ces informations de la durée durant laquelle, chaque jour, les opérateurs sont soumis aux dites vibrations.

Les employeurs ou les préventeurs de sécurité en entreprise peuvent faire appel s'il le faut à des techniciens spécialisés pour une mesure plus précise. « *La mise en application de la directive européenne a libéré le marché de la mesure de vibrations* », constatent les représentants des sociétés Arelco et Svantek, qui commercialisent des équipements de mesure portatifs, avec un capteur que l'on place sous le siège, associé à un système de traitement du signal. Si le risque vibratoire s'avère excessif, il peut être réduit de différentes façons. On peut intervenir à la source en nivelant les surfaces de roulement,

en utilisant des pneus plus souples, une suspension basse fréquence du châssis ou de la cabine, des sièges suspendus... On peut aussi former les opérateurs au réglage des sièges en fonction de leur taille et de leur poids, de façon à mieux soutenir le dos et faciliter la rotation du buste lorsqu'il est nécessaire de se retourner fréquemment pour surveiller le travail. Cette démarche de formation est très importante lorsqu'un engin est utilisé par différentes personnes. « *Nous encourageons les écoles de formation des chauffeurs et des conducteurs de chariots à enseigner la manière et l'importance de bien régler les sièges* », dit Jean-Pierre Galmiche, spécialiste des vibrations à l'INRS.

Les fabricants de sièges et les constructeurs d'engins et de chariots ne restent pas indiffé-

Les vibrations coûtent cher

25 % des salariés de l'Union européenne seraient exposés à des vibrations main-bras (suite à l'emploi de certains outils) ou à des vibrations dans tout le corps selon des enquêtes citées par le Dr Massimo Bovenzi (université de Trieste). Mais on ne connaît pas la proportion de ceux qui sont affectés par ces vibrations. « *Toujours est-il que les soins s'avèrent au final très coûteux pour la collectivité, depuis l'arrêt de travail jusqu'à la physiothérapie en passant par la visite au médecin et l'ordonnance médicamenteuse* », note le médecin.

Alex Burdorf, chercheur à l'université de Rotterdam (Erasmus Medical Center), et Carel Hulshof, médecin chercheur à l'université d'Amsterdam, viennent de boucler une étude inédite sur les conséquences économiques d'une exposition prolongée à de fortes vibrations dans tout le corps (huit heures par jour, accélérations supérieures à 1 m/s²), en procédant à des simulations probabilistes à partir des données disponibles en Europe sur les arrêts de travail. « *Nous sommes arrivés au constat que les travailleurs durablement exposés à de fortes vibrations perdent 47 semaines, soit 2,5 % de leur vie active, du fait de congés maladie*, dit Carel Hulshof. *À comparer avec les travailleurs peu ou pas exposés qui perdent quant à eux 0,8 % de leur vie active du fait de congés maladie.* »

INRS et préventeurs face aux vibrations

L'INRS et les CRAM se confrontent depuis longtemps déjà aux vibrations. Un groupe Vibrations existe depuis onze ans au sein des neuf Centres interregionaux de mesures physiques (CIMP). Il intervient sur le terrain à la demande des chefs d'entreprise ou des contrôleurs de sécurité, en effectuant une analyse des postes suspects, en s'entretenant avec les opérateurs et en procédant à des mesures de vibrations. Les mesures s'effectuent généralement à l'aide de capteurs d'accélération placés sous l'assise du siège du conducteur. « *Nous apportons aux entreprises et aux préventeurs des outils d'aide à la décision*, explique Jean-Xavier Tisserand,

contrôleur de sécurité au sein d'un CIMP. *Mais nous devons rester prudents dans les diagnostics. Ainsi arrive-t-il qu'un inconfort ne résulte pas de vibrations excessives mais d'une mauvaise posture.* »

Riches de dix ans de travaux et d'enquêtes, l'INRS et les CIMP ont réalisé récemment trois guides techniques sur les vibrations, le premier sur les vibrations transmises à l'ensemble du corps humain (celles qui nous intéressent ici), le deuxième sur les vibrations main-bras (voir notre article publié dans le numéro 613 de TS), le dernier enfin sur les vibrations de machines transmises par le sol. Ces guides concernent les spécialistes et les techniciens

de la prévention. L'INRS et les CIMP ont lancé une étude sur les engins de chantier en vue d'évaluer les niveaux de vibrations par type d'activité.

Trotter en souplesse

L'étude comporte des mesures sur des durées de travail de huit heures avec 400 engins différents. Elle devrait s'achever à la fin de 2006. « *Cette étude nous permettra d'évaluer la pertinence des actions de prévention, par exemple sur le réglage des sièges et la formation des conducteurs* », dit Jean-Pierre Galmiche, spécialiste des vibrations à l'INRS. L'institut collabore par ailleurs avec la MSA (Mutualité sociale agricole) pour l'optimisation des... sulkies, ces voitures

légères utilisées dans les courses de trot attelé. « *On s'est aperçus avec le syndicat des trotteurs que ces voitures étaient utilisées à l'entraînement pendant plusieurs heures d'affilée alors qu'avec leur niveau de vibrations, elles ne devraient pas l'être plus d'un quart d'heure !* » lance Nausicaa L'Hôtellier, ingénieur de la MSA. Dans les locaux nancéiens de l'INRS, le laboratoire MSMP (Modélisation des systèmes mécaniques et de prévention) a donc conçu un sulky conforme aux exigences de la profession... et aussi peu vibratile que possible. En France, pas moins de cinq fabricants de sulkies sont disposés à copier ce prototype.

Le monde du travail prend conscience du coût humain des vibrations

Il y a vibrations et vibrations

Faire de la balançoire, tout comme conduire un engin de chantier, est une activité génératrice de vibrations ! Deux paramètres détermineront le caractère agréable ou désagréable des mouvements vibratoires du corps :

- l'accélération équivalente ;
- la fréquence (nombre de pulsations par seconde).

Pour être supportée sans trop de dommage par l'organisme, l'accélération équivalente ne doit pas dépasser $0,5 \text{ m/s}^2$ en moyenne sur une journée de travail.

La fréquence idéale (celle de la balançoire) est de l'ordre de 1 Hz (une pulsation par seconde), sachant que la fréquence naturelle du corps humain, quand celui-ci se déforme spontanément, est de 4 Hz et qu'en dessous de 1 Hz, on risque le mal de mer ou le mal des transports. À défaut d'empêcher les vibrations, il reste la possibilité de les absorber grâce à des suspensions. Sur un véhicule, les suspensions permettent d'absorber les vibrations mais aussi les chocs occasionnés par des cahots. Elles sont un compromis entre deux types de composants : les ressorts qui réagissent à l'élongation et les amortisseurs qui réagissent à la vitesse de la vibration. On peut « durcir » les amortisseurs pour mieux absorber les chocs occasionnels, mais au risque de moins bien absorber des vibrations moins brutales mais plus constantes.

rents au problème des vibrations. Caterpillar fait valoir ses efforts pour améliorer les sièges de ses engins de chantier. Dès 1976, le constructeur américain a développé des sièges avec suspensions dynamiques à air comprimé pour absorber les secousses sur ses tracto-pelles à pneus : « Aujourd'hui, nous nous préoccupons par-dessus tout de maintenir au fil du temps les facultés amortissantes des sièges », souligne Lutz Meyer, cadre chez ISRI-Seats, fabricant de sièges pour autobus, engins et tracteurs. Nous fondons aussi beaucoup d'espoirs sur la simulation numérique pour limiter l'impact des vibrations, la simulation permettant de faire évoluer chaque élément du siège indépendamment des autres. » Les recherches sont menées avec le concours des universitaires. C'est ainsi qu'à Darmstadt le Pr Horst Peter Wölfel a mis au point une méthode de simulation numérique du comportement des conducteurs qui est d'ores et déjà utilisée par les fabricants de sièges.

Recherches en cours

Sur son centre de Lorraine, l'INRS travaille également à la recherche de solutions. Le laboratoire MSMP (Modélisation des systèmes mécaniques et de prévention), animé par Pierre Lemerle, a ainsi conçu un prototype de cabine antivibratile pour chariot élévateur, destiné à amortir les cahots et absorber les dévers latéraux. Parmi d'autres travaux, il a également mis au point un



La société Caterpillar a mis au point un simulateur numérique du comportement des conducteurs. Objectif : améliorer le confort des sièges.

banc d'essais pour simuler les passages d'un pneu de chariot sur des obstacles. Gérard Fleury, un des ingénieurs du MSMP, met au point une suspension avant-arrière pour siège d'engin de chantier. « Selon le mode de fonctionne-

ment habituel de l'INRS, ces travaux sont mis à la disposition de tous les fabricants afin qu'ils améliorent leurs propres équipements. »

André Larané
Photos : DR