

Congrès

BRUIT ET VIBRATIONS AU TRAVAIL

Nancy, 9-11 avril 2019

Compte-rendu du colloque « Bruit et vibrations au travail » organisé par l'INRS.

Organisé par l'INRS à Nancy du 9 au 11 avril 2019, le colloque consacré au bruit et aux vibrations au travail a accueilli 200 participants francophones, essentiellement des médecins du travail, des acteurs des services de santé au travail, des préventeurs d'entreprises ou d'administrations, des Caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), des fabricants et des distributeurs d'équipements, des consultants et des acteurs des bureaux d'étude ou des organismes de contrôle. Il a apporté un éclairage sur la prévention de ces deux nuisances et l'évolution des savoir-faire.

NOISE AND VIBRATIONS AT WORK – Organized by the INRS in Nancy from 9 to 11 April 2019, the symposium on noise and vibration at work hosted 200 French-speaking participants, mainly occupational physicians, occupational health service actors, OSH specialists in business or administrations, Occupational Health Insurance Funds (Carsat), manufacturers and distributors of equipment, consultants and actors from design offices or control bodies. He shed light on the prevention of these two nuisances and the evolution of know-how.

JACQUES
CHATILLON,
PATRICK
CHEVRET,
PATRICE
DONATI,
NICOLAS
TROMPETTE,
GÉRARD
FLEURY,
INRS,
département
Ingénierie des
équipements
de travail

Le directeur des études et recherche de l'INRS **L. Laurent**, a ouvert le colloque en expliquant que, si le sujet n'est pas nouveau, il évolue, s'étend dans le tertiaire et la logistique, et qu'il y a toujours 600 surdités professionnelles, 430 lombalgies et une centaine d'affections péri-articulaires provoquées par les vibrations chaque année. Il a réaffirmé que la prévention est bénéfique aux entreprises et a décrit les actions des caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat/Cramif/CGSS), de la Cnam et de l'INRS, notamment les campagnes ciblées et les aides financières. Enfin, il a détaillé les objectifs du colloque : donner des informations pratiques, introduire de nouvelles problématiques et de nouveaux outils, considérer le poste de travail dans sa globalité.

Bruits et vibrations, plantons le décor

P. Donati (INRS) est revenu sur 50 ans de prévention des affections dues aux vibrations. Celles-ci suivent deux modes de transmissions :

- à l'ensemble du corps, pour environ 10 % des salariés, dont 20 % plus de 20 heures par semaine ;

- au système mains-bras, pour 11 % des salariés, dont 10 % plus de 20 heures par semaine.

Les principales sources des vibrations sont les machines portatives, particulièrement les percuteurs, et les engins mobiles. Dans les années 60, presque rien n'était fait pour la prévention des effets des vibrations. Dans les années 70, des progrès sont apparus sur les véhicules de tourisme, alors que les chariots élévateurs restaient sans suspension et avec des roues pleines. En 1975, le syndrome des vibrations mains-bras est reconnu comme maladie professionnelle (tableau n° 69). Les premières normes d'évaluation des vibrations subies par l'homme sont arrivées avec la première directive « vibrations » parue en 1978¹, suivie de la première directive « machines »² et enfin, en 1999, de la reconnaissance de certaines atteintes du rachis lombaire comme maladie professionnelle (tableau n° 97). Des traitements anti-vibratiles sont apparus sur les machines et leur ergonomie s'est améliorée. Cependant, aujourd'hui, la directive « vibrations » n° 2002/44/CE est encore mal connue et la directive « machines » n° 2006/42/CE n'est pas toujours

correctement appliquée. L'intervenant a conclu en expliquant que la boîte à outils anti-vibrations est complète et qu'il reste à ce qu'elle soit pleinement utilisée.

É. Duchet (Carsat Nord-Est) a présenté les modes d'action et le rôle du réseau Assurance maladie - Risques professionnels de la Sécurité sociale (Cnam, Carsat/Cramif/CGSS), qui a en charge plus de 18,4 millions de salariés et 2,2 millions d'entreprises. Elle a décrit leurs missions (réparation, tarification et prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles), leurs moyens, notamment les aides financières et les contrats de prévention, dont elle a donné quelques exemples. Elle a expliqué la priorisation actuelle des actions (vers la prévention des troubles musculosquelettiques, des chutes et des risques chimiques). Enfin, elle a conclu sur les Centres de mesures physiques, unités techniques au service des contrôleurs de sécurité et des ingénieurs conseils qui suivent les entreprises. Ces centres permettent d'apporter une expertise technique et métrologique sur neuf champs de compétences, dont le bruit et les vibrations. Les priorités d'interventions sont fixées régionalement et nationalement. Les vibrations viennent en troisième position, après les mesures relatives à la ventilation et au bruit.

N. Mehier (Cramif) s'est intéressé, avec les services de santé au travail, au coût de la prévention pour l'employeur comme pour l'assureur. En prenant l'exemple du bruit, le coût direct des surdités professionnelles est de 70 à 80 millions d'euros chaque année pour l'assureur, et, selon une étude de l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), le coût global estimé des nuisances sonores en milieu professionnel est de 19 milliards. Dans les grandes entreprises, le coût direct d'une maladie professionnelle est supporté par l'entreprise elle-même (un peu moins de 100 000 euros pour une surdité). En regard, ont été présentés les coûts des solutions, depuis le protecteur auditif jusqu'à l'encoffrement de machine, relativement à leur efficacité acoustique. On montre donc facilement qu'un investissement technique d'insonorisation est rentable dès qu'il prévient une surdité.

C. Noël (INRS) a rappelé que le syndrome des vibrations sur le système main-bras est essentiellement dû aux machines portatives. Les vibrations sont dominées par les basses fréquences pour les outils percuteurs, mais s'étendent des moyennes aux hautes fréquences (> 300 Hz) pour les autres machines, en fonction de leur vitesse de rotation. Les basses fréquences vont créer des troubles ostéo-articulaires, les moyennes des troubles angioneurotiques et les hautes fréquences, des paresthésies et des œdèmes. Des vidéos viennent illustrer que certains troubles sont observables : l'échographie permet de voir que, sous l'effet des vibrations, le débit sanguin diminue. Pour constater que la main se déforme au-dessus de



© Fabrice Dimier pour l'INRS

80 Hz, il faut cette fois une mesure laser en laboratoire. Cette mesure permet de quantifier, à ces plus hautes fréquences, la transmission des vibrations selon la force de préhension appliquée à la poignée de l'outil vibrant.

La discussion qui clôturait cette session a permis de revenir sur les priorités en prévention. Les unités techniques des Carsat travaillent toujours beaucoup sur le risque bruit et les vibrations viennent ensuite. Il a été précisé que le coût des surdités figure dans le rapport annuel de l'assurance maladie et qu'il découle de l'indemnisation des victimes, elle-même fonction de leur handicap. Enfin, à une question d'un médecin du travail, il est répondu que les interventions des entités techniques sont faites sur demande des contrôleurs ou des ingénieurs des Caisses et que des priorités sont fixées régionalement et nationalement.

Méthodologies d'évaluation

H. Waldmann (Suva - Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents) a présenté les grands axes de prévention en Suisse. La stratégie de prévention est basée sur une matrice des risques, dont les deux axes sont la gravité de l'atteinte et le nombre de personnes susceptibles d'être atteintes dans le futur. Cette analyse place le bruit dans un groupe prioritaire incluant également les cancers de la peau liés aux rayonnements ultraviolets, le travail physique pénible et l'exposition au radon. Le facteur « vibrations main-bras » est également important, mais le taux de gravité, plus faible, rend ce risque moins



prioritaire. Quelques actions spécifiques de prévention de la Suva, relatives au bruit et aux vibrations ont été présentées, comme par exemple : l'évaluation de l'efficacité des gants de protection contre les vibrations ; la recherche de solutions de réduction des vibrations mains-bras pour les machines oscillantes polyvalentes ; la réalisation de films pédagogiques concernant l'utilisation des protecteurs contre le bruit ; la réduction du bruit des pistolets à air ; le dépistage des pertes auditives des salariés avec la mise à disposition des « audiomobiles » (véhicule utilitaire comportant une cabine audiométrique), accompagné d'un protocole de test dépendant du niveau d'exposition et de l'âge des salariés. Enfin, la Suva propose gratuitement aux entreprises la mise à disposition d'un système portable pour tester l'efficacité du port d'un protecteur auditif.

G. Soulet et **S. Gaillot** (société Venathec) ont présenté leur vision du rôle et de l'apport d'un bureau d'étude dans la réduction des risques liés au bruit et vibrations en milieu professionnel. Quelques exemples de réalisations ont illustré la démarche d'intervention type d'un bureau d'étude. Celle-ci s'articule en trois étapes :

- les mesures sur site permettent de faire un état des lieux objectif en regard de la réglementation (analyse du travail, groupe d'exposition homogène) ;
- un axe d'étude conduit à la définition de traitements envisageables compte tenu des contraintes de l'entreprise (traitement à la source tels qu'un encoffrement, l'apport de silencieux, d'écrans, des traitements collectifs sur un local ou son aménagement, ou solutions individuelles) ;
- un axe de suivi et d'accompagnement des entreprises est mis en place, pour, d'une part, l'établissement de CCTP (cahier des causes techniques particulières) et de DCE (dossier de consultation des entreprises) et, d'autre part, pour le suivi de chantier jusqu'à la réception.

J.X. Tisserand (Carsat Auvergne) a présenté l'application de l'INRS « Osev », qui est un outil simplifié d'évaluation des vibrations main-bras (Osev - Main-bras) ou de l'ensemble du corps (Osev - Ensemble du corps). Cet outil permet d'estimer l'exposition vibratoire journalière pour un opérateur, même s'il utilise plusieurs machines au cours de sa journée de travail. Le résultat de l'évaluation permet de situer l'exposition par rapport aux valeurs réglementaires. L'outil s'appuie sur des mesurages réalisés sur le terrain pour plusieurs types de machines. Il intègre, pour son calcul, des paramètres liés à l'utilisation de la machine, à son entretien, à la formation de l'opérateur... Le résultat final est déduit d'une analyse statistique. De ce fait, les valeurs obtenues ne sont qu'indicatives. S'il y a besoin d'obtenir une valeur d'exposition plus précise, il est nécessaire de passer par des mesures en conditions réelles d'utilisation. L'outil est disponible sur le site de l'INRS³.

M.H. Caseau (société Mirka) a présenté une solution technologique pour les ponceuses permettant d'estimer l'exposition vibratoire main-bras des opérateurs. Il s'agit d'un accéléromètre connecté, qui envoie des informations vibratoires à un smartphone afin de calculer *in fine* l'exposition journalière.

Exemples d'évaluation

C. Périgault (la Banque Postale) a traité le cas de plateaux de bureaux paysagers, accueillant 80 personnes, qui posent des problèmes en termes de niveau sonore et d'ergonomie. Le personnel a d'abord été équipé de casques avec écouteurs et les bureaux de cloisons en plexiglass. Les mesures montraient des niveaux sonores jusqu'à 65 ou 70 dB(A) et 60 % des personnes se trouvaient incommodées par le bruit. Un groupe de travail avec différents acteurs a été créé, impliquant le Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail, la Carsat et les services techniques. La solution a consisté en cloisons autoportantes en matériaux acoustiques suspendus, de hauteur ajustée en fonction de la performance. Les nouvelles mesures montrent des niveaux sonores inférieurs à 55 dB(A).

La série de normes ISO 2631⁴ relatives à l'évaluation des vibrations transmises à l'ensemble du corps précise que la sévérité de l'exposition dépend également de la posture de l'opérateur. Elle ne propose pas de méthode pour tenir compte de ce paramètre.

M. Amari (INRS) a identifié les principales postures que peuvent adopter les conducteurs d'engins de chantier ou de chariots industriels. Il a aussi estimé les amplitudes des déviations des segments du corps grâce à un posturographe. Ces postures sont reproduites en laboratoire sur un simulateur de vibrations. Les réponses dynamiques du corps humain ont été analysées. L'étude en cours montre l'amplification des vibrations par certains segments du corps (selon les fréquences) en fonction des angles de ces segments et donc, des postures repérées sur le terrain.

N. Trompette (INRS) a conduit une étude chez les musiciens qui sont exposés pendant plus de 25 heures par semaine aux bruits générés par leurs instruments (et ceux de leur orchestre). Les plus bruyants sont les cuivres, qui dépassent 90 dB(A). Certains instruments, comme l'alto ou le violon, n'exposent pas les deux oreilles de la même façon (5 à 6 dB de différence). Selon l'œuvre jouée par le musicien, on observe jusqu'à 10 dB(A) de différence. Avec la musique amplifiée, les niveaux dépassent largement les 90 dB(A) et atteignent jusqu'à 115 dB(A) avec des durées d'exposition de plus de 20 heures. Néanmoins, les pertes auditives sont moins sévères que celles attendues et en deçà de ce que prédit la norme ISO 1999. Curieusement, la perte auditive est, chez les musiciens, plus forte à 6 kHz qu'à 4 kHz, « encoche » habituelle observée chez les salariés travaillant en milieu industriel. Certains musiciens

déclarent des pertes auditives, et nombre d'entre eux disent souffrir de différents troubles de l'audition⁵. Les actions peuvent porter sur l'adaptation de la salle, sa sonorisation, le choix des œuvres, éviter que les cuivres jouent trop fort, utiliser des pare-sons, des matériaux absorbants, utiliser les retours son... La prévention individuelle consiste en l'utilisation de casques audio, bouchons plats, *ear-monitor* (appareil lumineux de signalisation du dépassement des niveaux sonores), protecteurs avec contrôle actif. La surveillance médicale est essentielle.

V. Marquenie (Carsat Bretagne) a présenté les différentes étapes de l'évaluation des vibrations. Il s'agit d'identifier les tâches qui exposent le plus, puis d'estimer ou de mesurer l'amplitude vibratoire avec un accéléromètre triaxial, rigidement fixé sur la poignée de la machine, ou posé sur l'assise du siège sous le séant de l'opérateur. Il est difficile d'estimer la durée réelle de l'exposition aux vibrations, qui est souvent plus courte que ce qui est supposé *a priori*. Les mesures sont à effectuer pour cibler les tâches et les outils attachés aux machines les plus problématiques. Il faut souvent mettre en place des analyses plus précises dès que les niveaux vibratoires sont trop élevés afin de préciser les causes de la vibration. Enfin, il est nécessaire de calculer les valeurs de l'accélération quotidienne $A(8)$ ⁶ et les expositions partielles par tâche. Il faudra aussi considérer les cofacteurs de risque (couplage, efforts, ambiance thermique...).

Le bruit dans le tertiaire

Pour introduire cette session, **P. Chevret** (INRS) et **P. Defrance** (Carsat Centre Val-de-Loire) ont évoqué la démarche et les outils pour aborder le bruit dans les open-spaces. Ils ont décrit le contexte, ont rappelé que la réglementation ne s'applique qu'au bruit délivré par les casques d'écoute, puis ont présenté les normes, les recommandations et les indicateurs acoustiques associés. Ils ont ensuite fait un état des lieux grâce à un large retour d'expérience, dans lequel ils constatent par exemple que 7 % des open-spaces observés présentent un niveau sonore supérieur à 65 dB(A), soit 13 dB(A) au-dessus des recommandations. Ils sont revenus ensuite sur l'architecture de la norme NF S 31-199, qui part de la typologie de l'espace pour finir sur des recommandations d'aménagement et qui propose un questionnaire d'évaluation et d'accompagnement de la démarche (Gabo). Enfin ils ont conclu sur la démarche corrective et les solutions potentielles.

Y. Le Muet (Ecophon - Saint-Gobain) a évoqué les tendances actuelles en construction et aménagement de bureaux. Il y a 250 millions de m² de bureau en France et 35 % des immeubles français ont une surface inférieure à 1 000 m². Il a insisté sur le fait que l'impact carbone de la construction et de l'usage est désormais l'indicateur majeur, dans la réglementa-

tion, dans les normes et les labels, même si le confort des occupants reste aussi une priorité. L'autre grande tendance est technologique : les maisons et les bureaux seront connectés et les exigences en santé et bien-être seront renforcées par l'autodiagnostic. Il a conclu en décrivant les référentiels principaux que sont les normes en matière de bruit, (NF S 31-199, S 31-180, X 35-102 et ISO 3382-3)⁷.

L. Lenne (INRS) a décrit l'évaluation de l'effet d'un système de masquage sonore installé dans un plateau ouvert de La Poste. Le principe du masquage sonore est de diminuer l'intelligibilité des conversations voisines gênant l'opérateur par l'ajout d'un bruit masquant. Devant l'absence d'étude convaincante sur les effets du masquage sonore en situation réelle, un protocole expérimental a été mis en place et l'évaluation en a été faite par questionnaire. Deux faits sont marquants : la gêne liée au bruit des machines augmente avec le masquage et celle liée aux conversations augmente après l'arrêt du masquage. Le bruit de masquage est donc considéré comme un bruit de machine et il révèle aux occupants, dès qu'il disparaît à nouveau, qu'ils sont gênés par les conversations. Mais ni la satisfaction, ni la gêne globale, ni la charge mentale ne changent ce qui permet de conclure que le masquage sonore ne constitue pas une solution aux problèmes liés aux bruits dans les espaces ouverts de travail.

T. Bonzom (Cramif) a évoqué le confort acoustique dans les lieux accueillant du public. Les enjeux sont d'éviter l'effet Lombard⁸ et d'améliorer la communication en jouant sur les facteurs comme la surface, le traitement du local, la séparation des groupes, la séparation des cuisines et l'ambiance musicale. Des guides existent (Centre d'information et de documentation sur le bruit (CIDB), articles parus dans la revue *Travail et Sécurité*) et une norme est en cours d'élaboration (NF S 31-299)⁹. Des exemples de réalisations dans des crèches ont permis de montrer que la réduction des facteurs source du stress des enfants, qui est générateur de pleurs, et donc de bruit, est plus efficace que les plafonds en placoplâtre perforé. La discussion qui a clôturé cette session a porté essentiellement sur les solutions d'aménagement : il faut de la souplesse, des aménagements mobiles. Un plafond très absorbant est indispensable. Les baffles, s'ils sont installés avec une forte densité, apportent plus d'absorption qu'un plafond, mais attention à avoir assez de hauteur. La moquette apporte une nette diminution du bruit de choc, mais elle doit être rigoureusement entretenue et reste sujet de polémiques (allergies).

Prévention collective du bruit

S. Tirlémont (Carsat Nord-Picardie) a présenté des solutions pertinentes et originales pour la prévention des risques liés au bruit et aux vibrations dans le domaine du bâtiment et des travaux publics (BTP).





© Fabrice Dimier pour l'INRS

En préambule, il a été rappelé que 28 % des maladies professionnelles reconnues sont issues du BTP et que le risque bruit est peu ciblé dans ce secteur professionnel. Pourtant, plusieurs études montrent que 60 à 70 % des salariés seraient exposés à des niveaux sonores supérieurs à 85 dB(A). Les équipements de protection individuelle (EPI) sont souvent la solution choisie, alors qu'ils peuvent montrer des limites notamment en raison de leur encombrement, de l'obstacle qu'ils constituent pour communiquer, de leur efficacité réelle..., et que des alternatives collectives existent. Plusieurs réalisations ont été présentées comme le béton auto-lissant, alternative au béton vibré, le recépage pour la mise en œuvre de pieux comme alternative au brise-béton extrêmement bruyant et générateur de vibrations, le vibro-fonçage en remplacement du battage de palplanche permettant de gagner plusieurs décibels... Ces solutions sont disponibles mais peu déployées. Il existe également trop d'outils tournants (comme la meuleuse/disqueuse) qui pourraient être remplacés par des outils moins bruyants (comme le coupe-tube à chaîne). Il reste à identifier les freins à leur mise en place et les outils nécessaires à leur promotion.

L. Legal (Carsat Bretagne) a présenté plusieurs solutions pour la maîtrise du bruit à la source et lors de sa propagation dans le secteur agroalimentaire. Dans ce secteur, les niveaux acoustiques mesurés sont très élevés (85 à 100 dB(A) dans les abattoirs de volailles par exemple). Les solutions sont souvent

complexes en raison des contraintes spécifiques du domaine (chaleur ou froid, hygiène, humidité). Quelques exemples ont été présentés, comme le tunnel acoustique avec absorbant, des silencieux haute température et haute pression pour les fours de dorage, les tôles sandwich pour réduire les bruits de chute des aliments ou le bruit de choc des tables de découpe, le traitement acoustique du local avec des matériaux absorbants protégés par des films spécifiques. La difficulté dans ce dernier cas est de définir la position la plus pertinente pour les matériaux afin de limiter leur détérioration par des chocs mécaniques. L'efficacité et la pérennité de ces solutions a été démontrée après deux décennies d'utilisation. Il existe des dégradations de certains éléments (ossature métallique, joints silicone, accrocs sur les panneaux) mais, dans l'ensemble, le retour d'expérience montre que les solutions sont viables sur le long terme.

J.P. Arz (INRS) a proposé une présentation détaillant les effets sur l'audibilité des signaux d'alarmes, du port des protecteurs individuels en cas de perte auditive. Il s'est appuyé sur les résultats d'une étude menée en collaboration avec la SNCF dans le cas des alarmes ferroviaires. La présentation a montré que deux effets principaux du port de protecteur conditionnaient l'audibilité. Le premier effet est l'atténuation proprement dite du protecteur qui, lorsqu'elle est uniforme sur toute la bande de fréquences, peut conduire à une amélioration de l'audibilité. Cette

amélioration est significative pour les personnes normo-entendantes et tend à diminuer en fonction du degré de malentendance. L'amélioration se transforme en une dégradation de l'audibilité pour les fortes malentendances et en particulier, pour les signaux d'alarme qui dominent en hautes fréquences. Ce résultat est lié au second effet, la modification du contenu spectral des signaux qui intervient lorsqu'un protecteur à atténuation non uniforme est porté. À terme, un des objectifs de l'étude est de réviser la norme ISO 7731¹⁰ sur l'audibilité des signaux d'alarme.

M. Cunnac (Carsat Midi-Pyrénées) a présenté le plan d'action régional 2014-2017 « Prévention des nuisances sonores ». L'objectif initial du plan était que toutes les entreprises ciblées réussissent à mettre en œuvre au moins une action de prévention. Au final, 360 entreprises ont été identifiées et 80 % d'entre elles ont mis en place une action de prévention bruit (57 % hors EPI et consignes). Plusieurs exemples de solutions ont été présentés, comme la mise à disposition d'un outil de dégonflage silencieux des pneumatiques ou le remplacement de moteurs thermiques par leur version électrique. Des solutions de traitement des locaux industriels ou d'enclassement des équipements bruyants ont également été apportées. D'autres actions de prévention ont été évoquées comme la création d'un groupe d'échange régional sur les nuisances physiques incluant les services de santé, la Mutualité sociale agricole, la Direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi (Drecc) et l'Organisme professionnel de prévention du BTP (OPPBT) ; ou encore, la création d'un spectacle musical permettant de sensibiliser les jeunes, futurs salariés, au risque de surdité lié à l'exposition au bruit ou encore la mise en place d'une aide financière simplifiée « AFS nuisance sonore + » pour les petites et très petites entreprises. L'objectif est le déploiement de masse de solutions de prévention éprouvées. Fort du succès de ce plan, un nouveau plan d'action régional est prévu sur la période 2019-2022, avec deux cibles prioritaires : les entreprises qui, lors de la conception de nouveaux locaux, doivent mettre en œuvre des traitements acoustiques et les jeunes, futurs salariés.

Vibrations transmises à l'ensemble du corps

Le chargement et le déchargement de camions s'effectuent aujourd'hui avec des transpalettes à conducteur autoporté (TEP). Ces machines exposent les opérateurs debout à des niveaux vibratoires élevés car les quais d'accès présentent des irrégularités importantes pour le roulage de ce type d'équipements. Pour réduire l'exposition, **J. Rebelle** (INRS) préconise de choisir des TEP équipés de plateformes suspendues et déclarés comme peu vibrants par le fabricant. Mais ce n'est pas suffisant. Il faut forcer la diminution de la vitesse du TEP au niveau du quai,

et vérifier que les roues ne présentent pas d'aplat dus à l'immobilisation du TEP. Les matériaux amortissants pour combler les irrégularités des quais d'accès sont efficaces mais ne résistent pas sur la durée, à cause des effets de poinçonnement qui les dégradent. L'INRS vient de terminer une étude qui a permis d'identifier les paramètres importants des quais (inclinaison des plaques d'accès, surépaisseur due à la lèvre du niveleur...) influant sur l'émission vibratoire.

D. Jobert (Fenwick-Linde) a présenté la mise au point d'une plateforme suspendue, efficace sur TEP pour atténuer les vibrations transmises à l'opérateur. Le gain est supérieur à 30 %, ce qui permet au fabricant de déclarer une valeur d'émission inférieure à 0,7 m/s². Ce résultat est dû au fait que l'ensemble du poste de conduite a été suspendu. Cette solution a été déclinée sur tous les types de TEP. D'autres fabricants de TEP ont mis au point des solutions équivalentes pour suspendre leur poste de travail.

Les mesures réalisées en conditions réelles par **F. Maître** (Cramif) montrent que les machines mobiles utilisées dans les aéroports sont sources de vibration pour les conducteurs et à l'origine de maux de dos. L'état des voies de circulation autour des aéroports présente de nombreuses irrégularités (rigoles, fissures...), que ces véhicules peu ergonomiques filtrent peu. Les mesures de la performance des sièges mettent fréquemment en évidence une amplification des vibrations du plancher, alors qu'un choix judicieux de ces sièges permettrait d'éviter cet écueil. On atteint des niveaux de vibrations voisins de la valeur d'action au bout d'une à deux heures de conduite. Un bon choix du siège et des conducteurs formés à leur réglage permettraient de doubler voire de multiplier par quatre le temps de conduite possible avant le dépassement de la valeur d'action sur les tracteurs de transport de bagages. L'étude a également été conduite sur les tracteurs pour aéronefs, mais, s'agissant de véhicules plus lourds résonnant plus bas en fréquence, la performance des sièges à suspension est moins bonne.

M. Chauvet (Association interprofessionnelle des centres médicaux et sociaux de santé au travail de la région Ile-de-France - ACMS) a élaboré avec ses collègues une stratégie de prévention des vibrations sur les plateformes logistiques, dont les surfaces peuvent atteindre 50 000 m². L'ACMS constate un dépassement de la valeur d'action voire de la valeur limite aux vibrations corps-entier dans près de la moitié des cas de caristes sur TEP chargeant des camions. L'ACMS a rédigé un document de bonnes pratiques à l'intention des employés et une campagne de sensibilisation a été effectuée sur la base de questionnaires. L'évaluation montre que les caristes réglent bien leurs sièges et que les entreprises réalisent en tant que de besoin la maintenance des quais et des équipements. Les besoins se situent plutôt au



niveau de la formation. Un film a été réalisé pour créer un module de prévention. La démarche est bien acceptée par le personnel et les employeurs de ces plateformes logistiques, qui se la sont appropriée.

Vibrations main-bras

Hilti fabrique de nombreux perforateurs électriques. **A. Cueto** a listé les conditions opératoires susceptibles d'influencer les niveaux vibratoires émis par ces machines. Les niveaux les plus sévères sont mesurés sur la poignée latérale et pas sur la poignée pistolet. La formation des opérateurs est primordiale. On leur apprend à appuyer suffisamment sur leur machine pour diminuer significativement la vibration transmise. Au bout de trois à quatre ans, il faut changer les pièces tournantes pour un gain en vibrations de 50 %. Sont privilégiés les burins auto-affutants et les mèches avec témoin d'usure. Les techniques anti-vibratiles utilisées dans la conception des perforateurs sont la double coque, les absorbeurs dynamiques et les poignées suspendues. La difficulté pour le fabricant est de réduire les vibrations sans augmenter le poids des outils.

Les outils manuels peuvent exposer les opérateurs à des vibrations transmises à la main par le manche ou la poignée. Il y a lieu d'utiliser la norme ISO 5349 et de se référer aux valeurs réglementaires pour évaluer l'exposition de la même façon que cela se fait pour une machine tenue à la main. **G. Fleury** (INRS) a réalisé ce type de mesures sur le manche d'un marteau. La résonance du manche de l'outil concentre les vibrations entre 400 et 500 Hz. La pondération en fréquence des signaux vibratoires, comme recommandé par la norme ISO 5349¹¹, diminue l'influence de ces vibrations du manche et les valeurs limites réglementaires ne sont pas atteintes. Mais, récemment, le filtre de pondération en fréquence de cette norme a été remis en cause. La nouvelle pondération renforce fortement l'influence des composantes des vibrations de fréquences élevées. Ce nouveau filtre met donc en évidence la nécessité de protéger les utilisateurs de marteaux manuels contre les effets des vibrations.

Les vibrations ne sont qu'un des facteurs ergonomiques à prendre en compte dans la conception d'une machine. La difficulté ne réside pas tant dans l'idée d'une solution technique pour améliorer l'ergonomie d'une machine que dans sa mise en œuvre, qui peut parfois nécessiter dix ans de mise au point. Des exemples de solutions anti-vibratiles ont été décrites par **R. Haettel** (Atlas Copco) : la flasque d'auto-équilibre du balourd d'une meuleuse, le piston différentiel qui limite la variation de pression d'air comprimé au niveau de la poignée pistolet d'un burineur, le coussin d'air jouant le rôle d'un ressort pneumatique dans un riveur... Dans le cas des boulonneuses, en créant un mode de serrage lent, on protège l'opérateur des

vibrations, mais il faut introduire une barre de réaction pour compenser le couple élevé.

L. Hardy (Carsat Midi Pyrénées) a précisé que, chez les agents travaillant dans les espaces verts (entretien, agriculture...), l'exposition aux vibrations émises par des machines tenues à la main est la deuxième cause de maladies professionnelles. Pour se prémunir, six règles sont à respecter :

- choisir un équipement adapté à la tâche afin d'optimiser la durée d'exécution ;
- acheter les machines déclarées les moins vibrantes ;
- n'utiliser que des machines équipées de systèmes antivibratoires ;
- réviser régulièrement la machine et les accessoires ;
- se protéger du froid ;
- limiter les efforts pour manipuler la machine.

Le fabricant Stihl équipe certaines de ses machines avec un capteur de champ magnétique, qui permet de quantifier la durée réelle d'exposition aux vibrations.

J.C. Jalaber a expliqué que l'application correspondante se charge sur un téléphone portable par le biais d'un code QR. La connaissance de la référence de la machine donne accès à la valeur vibratoire déclarée, qui autorise le calcul de la valeur d'accélération A(8) sur la journée de travail et sa comparaison aux valeurs limites, et donc une information sur le temps d'usage réglementaire.

Protection individuelle

La session a débuté avec une présentation des protecteurs dits « non passifs » par **G. Nexer** (société Cotral), qui a présenté les protecteurs avec des filtres mécaniques, linéaires (atténuation qui augmente linéairement avec la fréquence du son), plats (atténuation plate en fréquence) ou encore non linéaires (atténuation qui dépend de la fréquence et du niveau sonore). M. Nexer a décrit le fonctionnement des protecteurs ANR (« *active noise reduction* », avec contrôle actif du bruit) et enfin celui des protecteurs à atténuation dépendante du niveau, aussi dits avec restitution du son. Ces derniers restituent le son extérieur sous le protecteur sans dépasser les limites réglementaires. À l'aide de signaux audio, M. Nexer a démontré leur intérêt par rapport à une atténuation linéaire ou une atténuation plate. Il a conclu en expliquant que les protecteurs du futur devront de plus en plus incorporer des fonctions supplémentaires, telles que l'atténuation dépendante du niveau, mais aussi des fonctions de communication.

La seconde communication de cette session a été donnée par **J. Terroir** (INRS) qui a présenté ses travaux sur le confort des bouchons d'oreille. Le confort est essentiel pour une bonne observance du port. Or, il est mal connu et n'est ni évalué, ni mentionné sur les documentations. Les objectifs de ses recherches sont de déterminer les attributs du confort et d'en

déduire des indicateurs qui permettront aux usagers d'effectuer leur choix. Ces attributs ont été répertoriés de façon exhaustive et répartis en quatre dimensions : physique (douleur...), acoustique (atténuation...) fonctionnelle, psychologique. Une étude de terrain (sur 200 à 300 personnes) va permettre d'évaluer leur importance et leur corrélation. Des tests de laboratoire complémentaires vont être mis au point pour les confirmer. À l'issue de l'étude, l'auteur aura mis au point un questionnaire pour évaluer *in situ* le confort des bouchons d'oreille et présenter en normalisation une méthode d'évaluation en laboratoire.

La discussion qui suit porte sur le contrôle actif. Il n'y a pas de bouchons d'oreille qui en disposent, seulement des casques. À une question sur les matériaux des bouchons, il est répondu qu'ils sont en silicone ou en acrylique. La restitution sonore paraît intéressante, mais à quel coût ? M. Nexer répond : quelques centaines d'euros pour les casques, supérieur à 500 € pour les bouchons. Mais ces technologies permettront aussi de surveiller l'exposition au bruit.

Suivi médical

J.C. Normand (Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance transport travail environnement - Lyon) a rappelé que la surdité reste la troisième maladie professionnelle reconnue, car plus de 5 % des salariés sont encore exposés à des bruits nocifs sur de longues périodes. Néanmoins, les niveaux sonores lésionnels ont significativement baissé, de 12 dB(A) dans les secteurs industriels et du BTP sur ces trente dernières années, suite à soixante ans d'évolutions réglementaires et techniques. Les effets du bruit ne se limitent pas aux effets sur l'audition. C'est aussi un facteur réglementaire de pénibilité au travail.

La réglementation relative au suivi individuel de l'état de santé a été modifiée depuis le 31 décembre 2016. **T. Nivelet** (INRS) a expliqué que, dorénavant, quel que soit le niveau de nuisance, le salarié a droit à une visite d'information et de prévention au plus trois mois après la prise de poste. Cet examen est réalisé par un professionnel de santé. Il est renouvelé au moins tous les cinq ans selon la santé du salarié, son âge, ses conditions de travail... Ni l'exposition aux vibrations, ni celle au bruit n'obligent l'employeur à instaurer un suivi individuel renforcé, mais il est toujours possible dans des cas d'exposition avérée.

Les points forts du colloque ont été résumés par **S. Brunet**, directrice des applications à l'INRS. Les acteurs de la prévention, internes ou externes aux entreprises, peuvent lutter efficacement contre le bruit et les vibrations au travail, s'ils disposent d'une stratégie fixant des priorités. L'  conomie d'une partie des coûts directs et indirects compense les frais afférents aux actions de prévention. Les fabricants de machines et les concepteurs de locaux se sont mobi-

lis  s pour proposer des solutions commercialisées. La prévention s'appuie également sur de nouvelles connaissances en matière d'acoustique comme de vibrations, notamment au niveau des effets selon les fréquences. Les études se rapprochent des situations réelles en prenant en compte les facteurs humains : on parle de g  ne en acoustique, on s'intéresse aux postures et aux efforts des opérateurs concernant les vibrations. ●

1. Directive européenne n   78-764 du 25 juillet 1978, concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives au siège du conducteur des tracteurs agricoles ou forestiers à roues (sièges suspendus pour prévenir la vibration du corps entier et donc le mal de dos).
2. Directive 89/392/CEE du Conseil, du 14 juin 1989, concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux machines.
3. Voir : www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil59 et : www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil39
4. Norme ISO 2631, intitulée « Vibrations et chocs mécaniques –   valuation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps » et déclinée en plusieurs volets.
5. Par exemple : acouphènes (bruits parasites inexistantes mais entendus par la personne), hyperacousie (hypersensibilités aux sons pouvant devenir douloureux à bas niveau), diplacousie (audition de sons purs à des fréquences différentes).
6. Les vibrations se quantifiant sous la forme d'une accélération A en m/s², la dose quotidienne (8 heures) reçue par un opérateur s'écrit « A(8) ».
7. Normes NF S 31-199 – Acoustique – Performances acoustiques des espaces ouverts de bureaux ; NF S 31-080 – Bureaux et espaces associés – Niveaux et critères de performances acoustiques par type d'espace ; NF X 35-102 – Conception ergonomique des espaces de travail en bureaux ; et ISO 3382-3 – Acoustique – Mesurage des paramètres acoustiques des salles – Bureaux ouverts.
8. Phénomène de modification de la prononciation humaine pour compenser la présence de bruits environnants.
9. « Qualité acoustique des bars et restaurants » (norme non encore publiée).
10. Norme ISO 7731 – Ergonomie – Signaux de danger pour lieux publics et lieux de travail – Signaux de danger auditifs.
11. Norme ISO 5349-1:2001 – Vibrations mécaniques – Mesurage et évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main.

POUR EN SAVOIR +

- Toutes les normes citées dans l'article sont consultables sur : www.boutique-afnor.org (site payant).
 - Les présentations du colloque sont disponibles sur : www.inrs-bvt2019.fr/fr/presentations/1
 - Dossiers : **Bruit au travail** sur : www.inrs.fr ; www.hst.fr ; www.travail-et-securite.fr
 - **Rendez-vous de Travail et Sécurité** : La prévention du bruit et des nuisances sonores
-