

# Bruit et vibrations au travail

## Colloque organisé par l'INRS

### Nancy, 9-11 avril 2019

#### AUTEURS :

J. Chatillon, P. Chevret, P. Donati, N. Trompette, département Ingénierie des équipements de travail, INRS

#### EN RÉSUMÉ

Organisé par l'INRS à Nancy du 9 au 11 avril 2019, le colloque sur le bruit et les 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 bureaux d'étude, des organismes de contrôle. Il a apporté un éclairage sur la prévention de ces deux nuisances et l'évolution des savoir-faire.

#### MOTS CLÉS

Bruit / Vibration / Équipement de protection individuelle / EPI / Surveillance médicale / Suivi médical

#### INTRODUCTION

L. Laurent (directeur Études et recherches de l'INRS) a ouvert le colloque en expliquant que, si le sujet n'est pas nouveau, il évolue, s'étend sur le tertiaire et la logistique, et qu'il y a toujours 600 surdités reconnues d'origine professionnelle, 430 lombalgies et une centaine d'affections péri-articulaires provoquées par les vibrations chaque année. Il a défendu l'idée que la prévention est bénéfique aux entreprises et a décrit les actions des caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT), de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (CRAMIF), des caisses générales de sécurité sociale (CGSS) 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 les nouvelles problématiques et de nouveaux outils, considérer l'équipement 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 1/5<sup>e</sup> plus de 20 h par semaine ;
- au système mains-bras, pour 11 % des salariés, dont 1/10<sup>e</sup> plus de 20 h par semaine.

Les principales sources des vibrations sont les machines portatives, particulièrement les percutantes, et les engins mobiles. Dans les années 60, presque rien n'était fait pour la prévention des vibrations. Dans les années 70, de grands progrès sont apparus sur les véhicules de tourisme alors que les chariots élévateurs restaient sans suspension et avec des roues pleines. En 1973, le syndrome mains-bras est reconnu comme maladie professionnelle (d'abord au régime agricole, puis en 1980 au régime général). Les

## Bruit et vibrations au travail

Colloque organisé par l'INRS

premières normes d'évaluation des vibrations subies par l'homme sont arrivées avec la première directive « vibrations » parue en 1978, suivie de la première directive « machines » et enfin en 1999 de la reconnaissance de certaines atteintes du rachis lombaire comme maladie professionnelle. Des traitements anti-vibratiles sont apparus sur les machines et leur ergonomie s'est améliorée. Cependant, aujourd'hui, la directive « vibrations » 2002/44/CE, transposée dans les articles R. 4441-1 et suivants, est encore mal connue et la directive « machines » 2006/42/CE, transposée dans les articles R. 4311-4 et suivants, n'est pas toujours correctement appliquée. P. Donati a conclu en expliquant que la boîte à outils anti-vibrations est complète et qu'il reste à ce qu'elle soit pleinement utilisée.

**E. Duchet (CARSAT Nord-Est)** a présenté les modes d'action et le rôle de la Branche « risques professionnels » de la Sécurité sociale et des caisses en région (CARSAT, CRAMIF et Caisses générales de sécurité sociale dans les départements d'outre-mer) qui ont 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 – AT – et des maladies professionnelles – MP), 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 les troubles musculo-squelettiques – TMS –, les chutes et les 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 et qui permettent d'apporter une expertise technique et métrologique aux entreprises

sur neuf champs dont le bruit et les vibrations. Les priorités d'interventions sont fixées régionalement et nationalement. Les vibrations viennent en 3<sup>e</sup> 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. 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. En regard, a été présenté le coût des solutions de prévention, depuis le protecteur auditif jusqu'à l'encoffrement de machine, relativement à leur efficacité acoustique, difficile à estimer pour un protecteur individuel (car il doit être porté, bien et continuellement pour être efficace) et de 20 à 30 dB pour un encoffrement. L'intervenant en a conclu que le coût des solutions de prévention est faible devant le coût des conséquences du bruit.

**C. Noël (INRS)** a rappelé que les affections liées aux vibrations sur le système main-bras sont essentiellement dues aux machines portatives. Les vibrations sont dominées par les basses fréquences pour les outils percutants mais vont 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 et il faut une mesure laser pour voir la main se déformer au-dessus de 80 Hz et pour quantifier les effets de la force de préhension.

## MÉTHODOLOGIES D'ÉVALUATION

**H. Waldmann (directeur du service physique de la 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 matrice place le bruit dans un peloton 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 est jugé moins prioritaire. Quelques actions spécifiques de prévention de la SUVA relatives au bruit et aux vibrations ont été présentées. Ces actions sont très diverses, comme par exemple : la recherche de solutions de réduction des vibrations mains-bras pour les machines oscillantes polyvalentes, l'évaluation de l'efficacité des gants de protection contre les vibrations, 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 » avec un protocole de test dépendant du niveau d'exposition et de l'âge des salariés. Enfin, La SUVA propose gratuitement aux entreprises

un système portable pour tester l'efficacité du port d'un protecteur auditif.

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

- d'abord, les mesures sur sites permettent de faire un état des lieux objectif au regard de la réglementation (analyse du travail, groupe d'exposition homogène - GEH) ;
- ensuite, 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 des solutions individuelles) ;
- enfin, 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 son utilisation, à son entretien, à la formation de l'opérateur... Le résultat final résulte 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 beaucoup plus précise, il faut passer par des mesures en condition réelle d'utilisation. L'outil est disponible sur le site de l'INRS ([www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil59](http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil59) et [www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil39](http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil39)).

**M.H. Caseau (responsable marketing régional de la 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 des plateaux de bureaux paysagers de 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 70 dB(A) et 60 % des personnes se trouvaient incommodées par le bruit. Un groupe de travail avec différents acteurs a été créé dès le début, impliquant le Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (CHSCT), la CARSAT et les services techniques. La solution a

consisté en cloisons autoportantes de hauteur ajustée en fonction de la performance des matériaux acoustiques, en forme de nuages – esthétiques et modernes –... Les nouvelles mesures montrent des niveaux sonores inférieurs à 55 dB(A).

La norme ISO 2631 relative 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 de leur déviation et donc des postures repérées sur le terrain.

**N. Trompette (INRS)** a conduit une étude chez les musiciens qui sont exposés en moyenne 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 trouve 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

## Bruit et vibrations au travail

### Colloque organisé par l'INRS

auditives sont moins sévères que celles attendues et en deçà de ce que prédit la norme ISO 1999. Curieusement la perte auditive est plus forte à 6 kHz qu'à 4 kHz, « encoche » habituelle des pertes « industrielles ». Néanmoins, certains musiciens déclarent des pertes auditives et nombres d'entre eux disent souffrir d'acouphène, d'hyperacousie (notamment chez les batteurs) et de diplacousie. Les actions de prévention peuvent porter sur l'adaptation de la salle, sa sonorisation, le choix des œuvres, éviter que les cuivres jouent trop forts, utiliser des pare-sons, des matériaux absorbants, utiliser les retours son... La prévention individuelle consiste en casque 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 mettre en place des essais paramétriques lorsque les niveaux vibratoires sont identifiés afin de préciser les causes de la vibration. Enfin, on calcule les valeurs de l'accélération quotidienne A(8) et les expositions partielles par tâche. Il faudra aussi considérer les cofac-

teurs 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 S31-199, 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 ensuite les tendances actuelles en construction et aménagement des bureaux. Il y a 250 millions de m<sup>2</sup> de bureau en France et 35 % des immeubles français sont inférieurs à 1 000 m<sup>2</sup>. Ils se développent dans les grandes villes. Il a insisté sur le fait que l'impact carbone de la construction et de l'usage est désormais l'indicateur majeur, dans la réglementation, 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. Il a conclu en décrivant les référentiels principaux en matière de bruit, que sont les normes (NF S31-199, S31-180, X35-102 et ISO 3382-3).

**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 bruits gênants par l'ajout d'un bruit masquant. Devant l'absence d'étude convaincante sur les effets en situation réelle du masquage sonore, 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 qu'ils sont gênés par les conversations. Mais ni la satisfaction, ni la gêne globale, ni la charge mentale ne changent, ce qui permet à L. Lenne 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 parlé du confort acoustique dans les lieux accueillant du public. Les enjeux sont d'éviter l'effet Lombard<sup>1</sup> 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 de la salle de restaurant et l'ambiance musicale. Des guides existent (centre d'information et de documentation sur le

*1. Phénomène de modification de la prononciation humaine pour compenser la présence de bruits environnants*

bruit, articles dans la revue *Travail et Sécurité*) et une norme est en cours d'élaboration (NF S31-299). Des exemples de réalisations dans des crèches ont permis de montrer que la réduction du stress qui est générateur de pleurs, et donc de bruit, est plus efficace que les plafonds en placoplâtre perforé.

## VIBRATIONS À L'ENSEMBLE DU CORPS

Le chargement et le déchargement de camions s'effectuent aujourd'hui dans la logistique 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 est nécessaire de diminuer la vitesse du TEP au niveau du quai et de 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 (entreprise Fenwick-Linde)** a présenté la mise au point d'une plateforme suspendue efficace sur TEP pour atténuer les vi-

brations 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/s<sup>2</sup>. 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.

Les mesures réalisées en conditions réelles par **F. Maître (CRA-MIF)** montrent que les milliers de machines mobiles utilisées sur les aéroports sont sources de vibrations pour les conducteurs et à l'origine de mal 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 en évidence fréquemment une amplification des vibrations du plancher alors qu'un choix judicieux de ces sièges permettrait d'éviter cet écueil. On mesure des niveaux de vibrations voisins de la valeur d'action au bout de 1 à 2 heures de conduite. Un bon choix du siège et des conducteurs formés à leur réglage permettraient de doubler voire de multiplier par 4 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 Île-de-France – ACMS)** a élaboré avec ses collègues une stra-

tégie de prévention aux vibrations sur les plateformes logistiques dont les superficies peuvent atteindre 50 000 m<sup>2</sup>. 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 une plaquette de bonnes pratiques à l'intention des employés. Une seconde campagne de sensibilisation a été effectuée à base de questionnaires. Une nouvelle évaluation montre que les caristes règlent bien leurs sièges et que les entreprises réalisent si nécessaire la maintenance des quais et des équipements. Les besoins se situent également au niveau de la formation. Un film a été réalisé et inclus dans un module de prévention. La démarche est bien acceptée par le personnel et les employeurs de ces bases logistiques qui se la sont appropriée.

## PRÉVENTION COLLECTIVE DU BRUIT

**S. Tirlemont (CARSAT Nord-Picardie)** a présenté des solutions pertinentes et originales pour la prévention des risques bruit et vibrations dans le domaine du bâtiment et des travaux publics (BTP). 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

## Bruit et vibrations au travail

### Colloque organisé par l'INRS

leur encombrement, de l'obstacle qu'ils constituent pour communiquer, de leur efficacité réelle... et que des alternatives en matière de protection collective existent. Sont présentées plusieurs réalisations originales 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 vi-bro-fonçage en remplacement du battage de palplanche permettant de gagner plusieurs décibels... Ces solutions sont disponibles mais peu déployées en pratique. 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 ont été démontrées après deux décennies d'utilisation. Il existe des dégradations de certains éléments (ossature métallique, joints silicone, accros 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 pédagogique détaillant les effets du port des protecteurs individuels et des atteintes auditives sur l'audibilité des signaux d'alarmes. Pour ce faire, il s'est appuyé sur les résultats d'une étude en collaboration avec la SNCF portant sur l'audibilité des alarmes ferroviaires chez les salariés ayant des pertes auditives. 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'effet devient négatif (dégradation de l'audibilité) pour les fortes malentendances et en particulier pour les signaux qui dominent en hautes fréquences. Ce résultat, qui a été très bien illustré lors de la présentation, est lié à la modification des phénomènes de masquage (second effet) lorsqu'un protecteur à atténuation non uniforme est porté. À terme, un des objectifs de l'étude est de

réviser la norme ISO 7731 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 » de la CARSAT. 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 consignés). Plusieurs exemples de solutions ont été présentés, comme la mise à disposition d'un outil de dégonflage silencieux des pneumatiques ou le remplacement d'équipements thermiques par leur version électrique. Des solutions de traitement des locaux industriels ou d'encoffrement des équipements bruyants ont également été présentées. 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 (MSA), la Direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi (DIRECCTE) et l'Organisme professionnel de prévention du BTP (OPPBTB) ou 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, dans ce cas, 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 priori-

taires : les entreprises qui, lors de la conception de nouveaux locaux, doivent mettre en œuvre des traitements acoustiques et les jeunes, futurs salariés, dans la continuité du plan d'action précédent.

## VIBRATIONS MAIN- BRAS

La société **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 pour leur apprendre à diminuer significativement la vibration transmise. Au bout de 3 à 4 ans, il faut changer les pièces tournantes pour un gain en vibrations de 50 %. Les burins auto-affutants et les mèches avec témoin d'usure seront privilégiés. Les techniques antivibratiles utilisées dans la conception des perforateurs sont la double coque, les absorbeurs dynamiques et les poignées suspendues. La difficulté 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. Les sources d'énergie sont les mouvements du membre supérieur (à ne pas prendre en compte) et la résonance du manche de l'outil entre

400 et 500 Hz. Après pondération en fréquence des signaux vibratoires, comme recommandé par la norme ISO 5349, il est constaté une très faible influence supposée des vibrations du manche. L'essentiel de l'énergie résiduelle serait issu des mouvements de la main et du bras, qu'il faut négliger. Les valeurs limites réglementaires ne seraient pas atteintes. Mais, récemment, la forme du filtre de pondération en fréquence a été remise en cause. La nouvelle pondération renforce fortement les vibrations de fréquences élevées. Ce nouveau filtre met 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 n'est pas l'idée d'une solution technique pour améliorer l'ergonomie d'une machine mais sa mise en œuvre qui peut parfois nécessiter 10 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 couple 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'expo-

sition aux vibrations émises par des machines vibrantes tenues à la main est la 2<sup>e</sup> cause de maladies professionnelles. Pour se prémunir, 6 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 ;
- prendre des machines équipées avec des 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 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 QR code. 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)**. Il a commencé par présenter 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

## Bruit et vibrations au travail

### Colloque organisé par l'INRS

sonore). L'intervenant a expliqué ensuite le fonctionnement des protecteurs ANR (*active noise reduction*), avec contrôle actif du bruit et enfin celui des protecteurs à atténuation dépendante du niveau sonore, 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, G. Nexer a démontré ensuite 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.

Dans la seconde et dernière communication, **J. Terroir (INRS)** 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 4 dimensions : physiques (douleur...), acoustique (atténuation...), fonctionnel, 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'intervenant espère disposer d'un questionnaire pour évaluer *in situ* le confort des bouchons d'oreille et faire normaliser une méthode d'évaluation en laboratoire de ce confort.

## SUIVI MÉDICAL

**J.C. Normand (Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance transport travail environnement – UMRESTTE- Lyon)** a rappelé que la surdité reste la 3<sup>e</sup> 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 ces 30 dernières années suite à 60 ans d'évolutions réglementaires et techniques. Les effets du bruit ne se limitent plus aux effets sur l'audition. C'est aussi un facteur de pénibilité au travail.

La réglementation relative au suivi individuel de l'état de santé est applicable depuis janvier 2017. **T. Nivelet (INRS)** a expliqué que dorénavant, quel que soit le niveau de la nuisance, le salarié bénéficie d'une visite d'information et de prévention au moins 3 mois après la prise de poste. Cet examen est réalisé par un professionnel de santé. Il est renouvelé au moins tous les 5 ans selon l'état de santé du salarié, son âge, ses conditions de travail...

**Les points forts du colloque** ont été résumés par **S. Brunet (directrice des Applications à l'INRS)**. La lutte contre le bruit et les vibrations au travail est efficace grâce à une stratégie fixant des priorités. L'économie 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 mobilisés 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 des ondes. Les études se rapprochent des situations réelles en prenant en compte les facteurs humains : gêne en acoustique, postures et efforts des opérateurs pour les vibrations.