

CHAPITRE 4 LA PRÉVENTION TECHNIQUE DES RISQUES LIÉS AU BRUIT OU AUX VIBRATIONS



4.1 PRÉVENTION DES VIBRATIONS

4.2 ANALYSE VIBRATOIRE DE SIX TRANSPALETTES ÉLECTRIQUES DU MARCHÉ - APPROCHE EXPÉRIMENTALE

4.3 DES PARE-BRISE À CHANGER, DES SALARIÉS À PRÉSERVER

4.4 VIBRATIONS ET CONDUITE DES TRACTEURS VITICOLES - PRISE EN COMPTE AU VIGNOBLE VEUVE CLICQUOT

4.5 LA PRÉVENTION DE L'EXPOSITION AU BRUIT

4.6 TRAITEMENT ACOUSTIQUE DANS LES LOCAUX AGROALIMENTAIRES

4.7 MODÉLISATION - OPTIMISER LA RÉDUCTION DU BRUIT À LA CONCEPTION

4.8 ACHETER SILENCIEUX, ACHETER MOINS VIBRANT, UNE STRATÉGIE RÉGLEMENTAIRE EUROPÉENNE

4.9 LE POINT DE VUE DU MÉDECIN DU TRAVAIL SUR LES ACTIONS DE PRÉVENTION

- Mesure de prévention
- Conception
- Protection individuelle
- Protection collective
- Suspension, siège suspendu
- Machine antivibratile
- Directive machines

4.1. PRÉVENTION DES VIBRATIONS

Il existe plusieurs façons de réduire les risques liés à l'exposition aux vibrations. La réduction des vibrations à la source s'effectue en utilisant des machines et des engins moins vibrants adaptés à la tâche de travail à effectuer, en modifiant la façon de travailler ou le processus de fabrication, ainsi qu'en faisant l'entretien préventif de ces équipements. La réduction de l'exposition aux vibrations se fait également à l'aide d'équipements permettant d'isoler l'opérateur de la machine vibrante, par exemple en utilisant des poignées antivibratiles et des sièges à suspension. Par ailleurs, la diminution du risque vibratoire s'effectue en tenant compte de facteurs ergonomiques telles la posture de l'opérateur (par exemple, éviter les torsions du dos et du cou pour les vibrations de l'ensemble du corps) et les forces exercées par la main sur les machines dans le cas des vibrations main-bras. La diminution du risque se fait également en réduisant le temps d'exposition aux vibrations par l'organisation du travail, notamment en effectuant des rotations sur les postes de travail les plus vibrants.

► Pierre MARCOTTE, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Service de la recherche

Différentes stratégies préventives peuvent être élaborées par l'employeur pour diminuer ou supprimer l'exposition aux vibrations main-bras et corps entier afin de diminuer les risques de développer ou d'aggraver des pathologies. On parle de réduction à la source lorsque la réduction des vibrations s'effectue directement sur la machine ou le processus générant les vibrations et de réduction de la transmission des vibrations lorsqu'un dispositif est intercalé entre la machine et l'opérateur pour l'isoler des vibrations. Une autre approche consiste à apporter certaines améliorations au poste de travail afin de diminuer la susceptibilité des travailleurs aux effets néfastes des vibrations, par exemple en évitant les efforts musculaires inutiles et les postures contraignantes. D'autres mesures de nature organisationnelle telle la réduction du temps d'exposition aux vibrations peuvent également être considérées.

RÉDUIRE LES VIBRATIONS À LA SOURCE

La réduction des vibrations à la source consiste à diminuer ou à éliminer les vibrations au niveau de la machine même ou de son interaction avec son environnement. Elle consiste à :

- lors de l'achat de nouveaux équipements, privilégier les machines ou engins ayant une faible émission vibratoire déclarée par le constructeur ;
- modifier le procédé ou la façon de travailler. Par exemple, utiliser un brise-roche monté sur une chargeuse pelleteuse (cf. Figure 1) plutôt qu'un brise-béton manuel. Favoriser les engins télécommandés, lorsque disponibles. Utiliser un convoyeur plutôt que des machines mobiles pour transporter le matériel ;
- utiliser des machines et des engins moins vibrants adaptés à la tâche

FIGURE 1

Brise-roche monté sur une chargeuse pelleuseuse



de travail à effectuer. Par exemple, utiliser une meuleuse plutôt qu'un marteau pneumatique pour couper des rivets ;

■ utiliser une machine avec une capacité adaptée à la tâche de travail. Une machine de trop grande capacité va augmenter inutilement l'exposition aux vibrations et le poids de la machine à supporter, tandis qu'un équipement de trop petite capacité va allonger le temps d'exposition. Par exemple, des clés à chocs de différentes capacités sont utilisées pour changer des roues de véhicules automobiles versus des roues de véhicules lourds (cf. Figure 2) ;

■ entretenir les machines et les outils afin de conserver leurs performances et éviter une usure prématurée. Lubrifier les machines pneumatiques et les opérer à la pression d'air recommandée par le fabricant. Changer les outils lorsqu'ils sont trop usés ;

■ entretenir les véhicules et leurs suspensions. Changer les éléments de la suspension du véhicule, lorsque nécessaire ;

■ choisir les outils de façon judicieuse. Par exemple, utiliser le bon type de meule en fonction du type de matériau à travailler ;

■ entretenir les outils, affûter les parties coupantes, changer les outils lorsqu'ils deviennent moins performants, avant qu'ils ne soient trop usés ;

■ équilibrer les parties tournantes des machines. Utiliser une meuleuse équipée d'un dispositif auto-équilibrant ;

■ garder les surfaces de roulement

FIGURE 2

Exemples de clés à chocs de différentes capacités



FIGURE 3

Exemples de sièges à suspension. Suspension sous l'assise (gauche) ; suspension dans le dossier (droite)



lisses, supprimer les obstacles, réparer les nids de poules dans la chaussée ;

■ minimiser les déplacements et réduire la vitesse des véhicules ;

■ faire l'entretien des pneus et les maintenir à une pression adéquate. La pression doit être ajustée en fonction du type de chaussée et des conditions de chargement du véhicule.

ISOLER L'OPÉRATEUR DE LA MACHINE OU DE L'ENGIN VIBRANT

La réduction de l'exposition aux vibrations se fait également à l'aide d'équipements permettant d'isoler l'opérateur de la machine vibrante, par exemple en utilisant des poignées antivibratiles et des sièges à suspension. Pour être efficaces, les sièges à suspension doivent être adaptés à la dynamique du véhicule. Un siège à suspension non adapté au véhicule peut

augmenter plutôt que réduire les vibrations. En effet, les sièges à suspension ont une plage de fréquence où ils résonnent, donc il faut s'assurer que la fréquence dominante du véhicule ne se trouve pas dans cette plage d'amplification. Il peut être nécessaire de faire évaluer l'efficacité de la suspension du siège par des mesures vibratoires sur l'assise et au plancher lorsque celui-ci semble amplifier les vibrations, et de le changer au besoin. Par ailleurs, pour maximiser l'atténuation des vibrations et éviter que le siège « ne frappe les butées », la suspension doit être ajustée à mi-course en fonction du poids de l'opérateur. Il est recommandé d'utiliser des sièges qui se règlent automatiquement à mi-course selon le poids de l'opérateur. Le siège devrait avoir en plus un ajustement en hauteur indépendant de l'ajustement à mi-course. Il est également important de faire l'entretien préventif des sièges à suspension, en lubrifiant les parties mobiles et en changeant les pièces qui sont trop usées. La Figure 3 montre des exemples de sièges à suspension.

Par ailleurs, plusieurs machines portatives sont équipées de poignées antivibratiles (cf. Figure 4) qui agissent comme une suspension pour isoler l'opérateur de la machine. L'isolation est souvent réalisée avec des matériaux élastomères disposés entre la poignée et la machine, parfois avec des ressorts métalliques. Tout comme pour les sièges à suspension, il faut s'assurer que les caractéristiques de la poignée soient adaptées aux vibrations de la machine, sinon la poignée peut amplifier plutôt qu'atténuer les vibrations. Il est donc préférable d'utiliser seulement des poignées antivibratiles recommandées par le fabricant de la machine. Les gants antivibratiles peuvent aider à réduire les vibrations de machines rotatives telles les meuleuses (à grandes vitesses de rotation), mais pas des machines à percussion tels les brise-béton. Par ailleurs, ces gants doivent être homologués selon la norme ISO 10819. Le fait d'envelopper la poignée d'une machine vibrante dans un matériau élastique (par exemple caoutchouc) peut augmenter le confort et la préhension de la machine, mais a peu de chance d'atténuer les vibrations dans les fréquences les plus à risques pour les vibrations main-bras, et peut même les accroître dans certains cas.

AMÉLIORER L'ERGONOMIE

La diminution des risques d'atteintes à la santé s'effectue également en contrôlant les facteurs ergonomiques tels les postures de travail et les efforts musculaires qui peuvent augmenter les effets néfastes des vibrations. Le contrôle de ces facteurs de risque consiste à :

- éviter les postures contraignantes. Par exemple, éviter de travailler à bout de bras ou dans une posture main-bras inconfortable lors de l'utilisation de machines portatives. Positionner la pièce à travailler à la bonne hauteur. Pour les vibrations corps entier, éviter les torsions du dos et du cou en améliorant la visibilité et en positionnant les commandes de façon judicieuse. Encourager le port de la ceinture de sécurité pour aider au maintien d'une bonne posture ;

- limiter les efforts musculaires. Pour les vibrations main-bras, limiter les forces de poussée et de préhension aux niveaux nécessaires à l'exécution de la tâche de façon sécuritaire. Éviter de supporter le poids de la machine. Par exemple, utiliser un dispositif auto-équilibré

FIGURE 4

Exemples de poignées antivibratiles. Suspension de type élastomère pour perceuse à percussion (gauche); suspension de type ressort pour foreuse à béquille (droite).



compensant le poids de la machine. Pour les vibrations corps entier, limiter les ports de charges ;

- garder les mains au chaud et à l'abri de l'humidité. Éviter le contact de la main directement avec les surfaces métalliques froides de la machine. Éviter de diriger l'échappement d'air froid sur les doigts. Au besoin, porter des gants isolant du froid.

AGIR AU NIVEAU DE L'ORGANISATION DU TRAVAIL

La diminution du risque se fait également en réduisant le temps d'exposition aux vibrations par l'organisation du travail,

par exemple en effectuant des rotations sur les postes de travail les plus vibrants. La formation des opérateurs quant aux moyens de réduire l'exposition aux vibrations est également une part importante de la prévention. Il est par ailleurs avantageux de faire participer activement les opérateurs aux actions de prévention. Ceux-ci peuvent souvent aider à identifier des situations à risques et à proposer des solutions. Par ailleurs, étant les utilisateurs de ces machines et engins vibrants, ils sont les mieux placés pour détecter des vibrations anormalement élevées qui peuvent indiquer un bris ou un dysfonctionnement de l'équipement.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Commission européenne, Direction générale de l'emploi, des affaires sociales et de l'égalité des chances, 2006. Guide des bonnes pratiques en matière de vibrations mains-bras. 62 pages.

<http://www.sante.public.lu/publications/impacts-milieu-vie/sante-travail/guide-bonnes-pratiques-vibrations-mains-bras/guide-bonnes-pratiques-vibrations-mains-bras.pdf>

[2] Commission européenne, Direction générale de l'emploi, des affaires sociales et de l'égalité des chances, 2006. Guide des bonnes pratiques en matière de vibrations globales du corps. 65 pages.

<http://www.sante.public.lu/publications/impacts-milieu-vie/sante-travail/guide-bonnes-pratiques-vibrations-globales-corps/guide-bonnes-pratiques-vibrations-globales-corps.pdf>

[3] Membres du groupe de travail CRAM-INRS, 2008. Vibrations et mal de dos. Guide des bonnes pratiques en application du décret « Vibrations ». INRS, ED 6018.

[4] Collectif de neuf organismes Européens, 2001. La main en danger. Syndrome des vibrations. INRS, ED 863, 12 pages.

[5] BOILEAU P.-É., GRATTON L., RAKHEJA S., 1995. Principes et critères de sélection de sièges à suspension pour véhicules. Études et recherches / Fiche technique RF-095, Montréal, IRSST, 5 pages.

[6] BOUSQUET L., MARCOTTE P., 2010. Les outils portatifs pneumatiques – Protéger vos oreilles et vos mains. Études et recherches / Fiche technique RF-648, Montréal, IRSST, 6 pages.

4.2.

ANALYSE VIBRATOIRE DE SIX TRANSPALETTES ÉLECTRIQUES DU MARCHÉ- APPROCHE EXPÉRIMENTALE

► Jérôme REBELLE, Alexandre KLINGLER,
Richard POIROT, INRS, département Ingénierie
des équipements de travail

Les interventions en entreprise menées récemment ont montré que les niveaux vibratoires mesurés sur la plateforme de transpalettes électriques à conducteur porté (TEP) dépassaient la valeur d'action (exposition journalière $A(8) < 0,5 \text{ m/s}^2$) et, dans de nombreux cas, étaient même supérieurs à la valeur limite d'exposition de $1,15 \text{ m/s}^2$, valeurs fixées par la directive Vibrations.

L'objectif de cette étude était de faire un état de l'art des performances des TEP du marché afin de juger de l'efficacité de la suspension de la plateforme de conduite. Une analyse paramétrique a aussi montré quels étaient les facteurs influant le plus sur l'exposition vibratoire du cariste. Enfin, l'INRS a voulu vérifier que les valeurs d'émission vibratoire déclarées par les fabricants suite à la réalisation du code d'essai défini par la norme EN 13059, étaient correctement déterminées.

Les résultats de notre analyse ont montré que certaines machines sont équipées d'une suspension efficace (transmissibilité inférieure à 0,6) et confirmé que la vitesse de circulation et l'état du revêtement des voies empruntées constituaient les paramètres prépondérants sur l'exposition vibratoire du salarié. Les essais réalisés sur piste normalisée EN 13059 ont montré que les valeurs déclarées étaient correctes mais, surtout, que celles-ci pouvaient être corrélées aux valeurs d'exposition et servir d'indicateur de performance vibratoire.

Parmi tous les engins disponibles sur le marché pour assurer une manutention mécanique assistée, les transpalettes électriques à conducteur porté (TEP) constituent une famille de machines très utilisée, en particulier dans le secteur de la grande distribution et de la logistique. Leur faible encombrement, leur vitesse (jusqu'à 12 km/h) et la facilité de prise en main constituent ses avantages majeurs. La capacité de charge de ces machines est égale ou inférieure à 2,5 tonnes. Ces engins évoluent sur des surfaces très variées dont l'état peut être dégradé par

des trous, des bosses, des obstacles de type quai niveleur, passage de porte ou rail, engendrant des vibrations et des chocs importants au poste de travail. Nous nous intéressons ici aux transpalettes conduits par un opérateur en position debout. Sont donc exclus les transpalettes à conducteur accompagnant et les transpalettes sur lesquels le conducteur peut être assis.

Le décret n°2005-746 du 4 juillet 2005 et les arrêtés du 6 juillet 2005 ont transposé la directive Vibrations dans le droit du travail français. En particulier,

ces textes fixent, pour les vibrations transmises à l'ensemble du corps suivant l'axe prévalent, que la valeur d'exposition journalière $A(8)^1$ doit être inférieure à $0,5 \text{ m/s}^2$. Si ce seuil est dépassé, une action de prévention doit être déclenchée au sein de l'entreprise. La valeur limite d'exposition journalière est fixée à $1,15 \text{ m/s}^2$. Des mesures réalisées en entreprise par l'INRS et par les Centres de mesures physiques (CMP) des Caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) ont montré, à plusieurs reprises, que des niveaux vibratoires dépassant la valeur limite d'exposition avaient été relevés sur des TEP équipés d'une plateforme suspendue. La situation de travail la plus préoccupante est celle où le cariste charge ou décharge un camion en empruntant la rampe située entre le quai et le plancher de sa remorque. Certaines mesures montrent que les chocs et les vibrations peuvent être intégralement transmis au conducteur, voire même amplifiés.

L'objectif de la présente étude était, d'une part, d'analyser en laboratoire le comportement vibratoire de six TEP récents, issus de cinq fabricants les plus présents sur le marché français. Pour réaliser des essais, l'INRS a construit un banc spécifique censé reproduire des conditions réalistes d'utilisation d'un quai de chargement/déchargement. Une procédure expérimentale a été développée et a permis :

- d'évaluer la performance de la suspension de certains TEP ;
- d'estimer l'influence de différents paramètres sur le niveau vibratoire transmis à l'ensemble du corps de l'opérateur.

Ainsi, les effets de la vitesse, de la nature de la rampe d'accès au camion, de masses inertes posées sur la plateforme suspendue, du chargement sur les bras de la fourche, de l'état de la roue motrice et de la position de l'opérateur sur la plateforme ont été étudiés.

D'autre part, il s'agissait de reproduire les essais décrits dans la norme EN 13059 [1]. La valeur moyenne quadratique de l'accélération des vibrations pondérées verticales transmises à l'ensemble du corps, notée $(\bar{a}_{w,zF})$, mesurée sur la plateforme suite à la circulation de l'engin sur un parcours normalisé, doit être déclarée dans la notice utilisateur si elle est supérieure à $0,5 \text{ m/s}^2$ (seuil différent de celui correspondant à la valeur d'action). Nous avons voulu déterminer les

TABLEAU I

Transpalettes utilisés dans notre étude



ERE 225 - société JUNGHEINRICH
Plateforme rabattable
Capacité de 2,25 tonnes



T20 SP - société FENWICK-LINDE
Plateforme fixe suspendue
Capacité de 2 tonnes



WT3040 - société CROWN
Plateforme fixe suspendue
Capacité de 2 tonnes



EXU-S22 - société STILL
Plateforme fixe suspendue
Capacité de 2,2 tonnes



WT3040 - société CROWN
Plateforme rabattable
Capacité de 2 tonnes



LPE240 - société BT
Plateforme rabattable
Capacité de 2,4 tonnes

valeurs pour les six machines en test. La norme EN 13059 étant une norme de déclaration de niveau d'émission vibratoire, nous avons aussi voulu vérifier son degré de représentativité par rapport à des mesures d'exposition vibratoire.

Le contenu de cet article ne peut présenter en détail l'ensemble de ces résultats. Il se focalisera donc sur le dernier point relatif au code d'essais normalisé et présentera une synthèse des principaux résultats concernant les autres points abordés.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

SIX TRANSPALETTES ÉLECTRIQUES À CONDUCTEUR PORTÉ

Les six modèles en prêt sont présentés dans le *Tableau I* (les photos sont issues du catalogue et ne correspondent pas exactement aux versions employées au cours des essais).

Tous les véhicules étaient équipés de bras de fourche aux longueurs standards (1 150 à 1 200 mm) sauf l'ERE 225 qui avait des bras de fourche rallongés pour transporter deux palettes. Le T20 SP était équipé d'une roue motrice en caoutchouc

alors que celle des autres modèles était en polyuréthane ou dérivé. Dans la suite du rapport, les six TEP seront désignés par TEP-A, TEP-B, TEP-C, TEP-D, TEP-E, TEP-F afin de rendre les résultats anonymes.

LA PISTE NORMALISÉE EN 13059 COMPORTANT DEUX OBSTACLES SUCCESSIFS

La norme EN 13059 a été rédigée dans le but de fournir une méthode permettant de mesurer les vibrations transmises à l'ensemble du corps des opérateurs de chariots de manutention et de comparer des machines d'une même catégorie. En revanche, à l'origine, cette norme n'est pas un moyen pour déterminer l'exposition journalière aux vibrations d'un opérateur.

Les essais se sont déroulés en ligne droite sur une section de route neuve en

¹ L'exposition journalière $A(8)$ est déterminée à partir des mesures d'accélération réalisées suivant les 3 axes. Les valeurs efficaces des accélérations pondérées selon l'axe avant-arrière et latéral (réseau de pondération W_d) sont multipliées par 1,4 pour tenir compte de la sensibilité du corps humain aux directions de vibration, et par 1 suivant l'axe vertical (réseau de pondération W_d). La valeur dominante suivant un axe est alors retenue pour le calcul de $A(8)$ et multipliée par la racine carrée de la durée réelle d'exposition divisée par 8 heures.

macadam de 15 m de long comportant deux obstacles situés à 4 et 10 m du début de la piste. La surface est plane et lisse² conformément aux spécifications de la norme. Les deux obstacles métalliques mesurent 1 500 mm de long, 150 mm de large et 5 mm de haut (cf. Figure 1). A l'entrée de la piste, le TEP doit avoir une vitesse établie de 5 km/h, qu'il doit conserver jusqu'à la fin de l'essai. Dans la suite de l'article cette piste est nommée, piste « EN 13059 ».

MESURES ET PLAN D'EXPÉRIMENTATIONS

Mesures et localisation des capteurs

Les résultats de mesures réalisées en entreprise sur des TEP ont montré que les vibrations suivant l'axe vertical étaient prépondérantes sur celles mesurées suivant les autres directions. Nous nous intéressons donc ici uniquement aux vibrations verticales. Chaque TEP a été instrumenté de capteurs positionnés en différents points du châssis et de la plateforme (cf. Figure 2) identifiés de la manière suivante :

- le capteur 1 solidaire à l'axe de la roue (suspendue ou non selon les machines) situé au niveau de la roue motrice ;

- le capteur 2 localisé sur le châssis au niveau de la roue stabilisatrice droite et aligné avec le capteur 1 suivant un axe transversal ;

- le capteur 3 est positionné sur une plaque métallique posée sur le tapis recouvrant la plateforme. Il est placé suivant un axe longitudinal passant par le capteur 1 ;

- le capteur 4 est fixé sur le châssis, dans l'axe longitudinal du capteur 2 et aligné transversalement avec le capteur 4.

Lorsque la machine est en version « Ben-Hur », 4 accéléromètres ont été employés : 1 sur la plateforme et 3 sur le châssis. Pour les TEP en version « plateforme rabattable », seulement 3 capteurs ont été utilisés : 1 sur la plateforme et 2 sur le châssis, le capteur 4 ne pouvant être implanté.

Comme préconisé dans les différentes normes qui traitent de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps, l'accéléromètre situé sur la plateforme a été fixé sur une plaque métallique rigide de 400 x 300 mm et de 8 mm d'épaisseur (7,5 kg). Cette plaque a été posée sur le tapis de la plateforme de telle sorte que le capteur d'accéléra-

FIGURE 1

Piste utilisée pour la réalisation des essais décrits dans la norme EN 13059

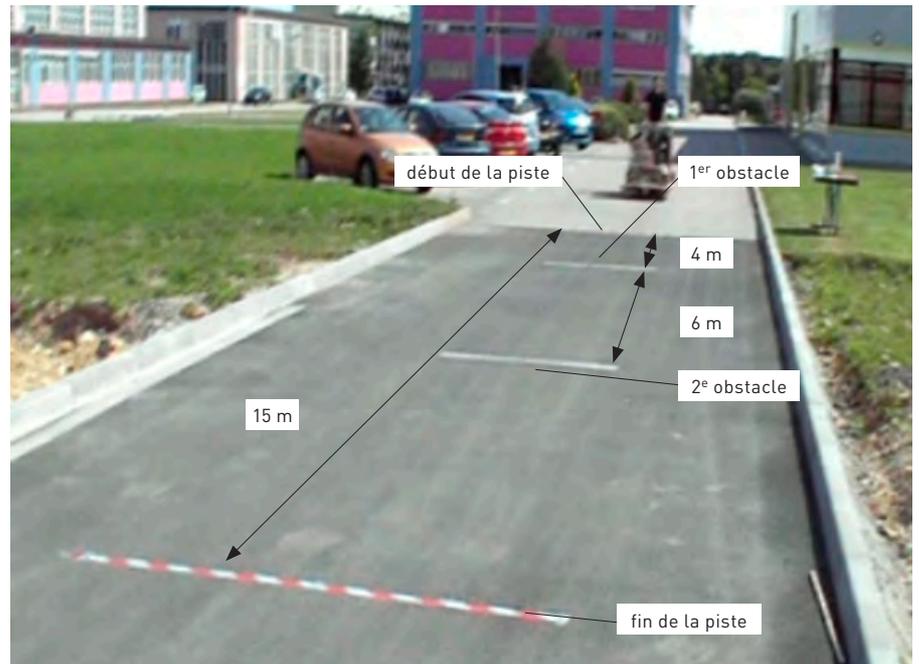
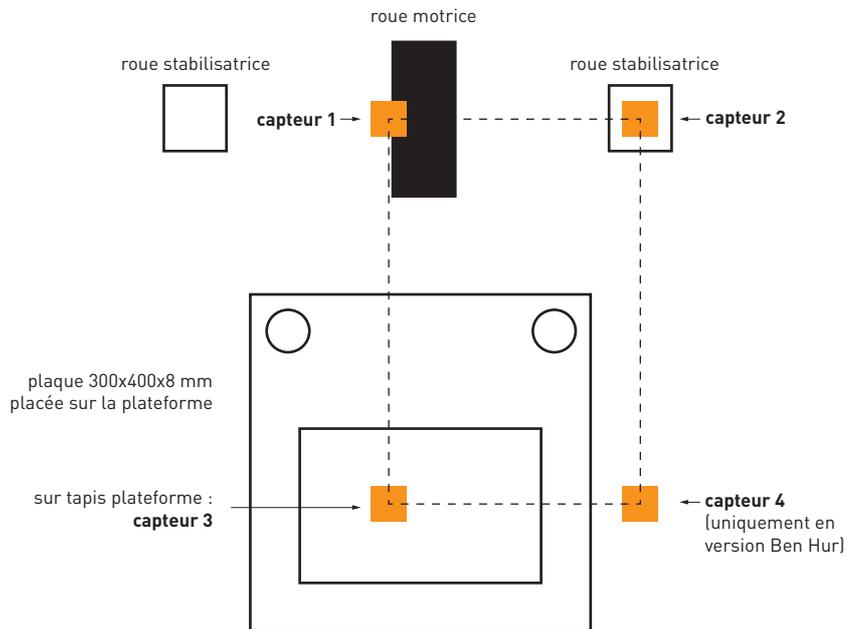


FIGURE 2

Schéma de principe de l'implantation des capteurs sur chaque TEP



tion soit situé entre les pieds de l'opérateur lors des expérimentations.

Les capteurs utilisés pour acquérir les signaux d'accélération sont des capteurs PCB® capacitif (type 3701D3FA20G) de ± 20 g avec une bande passante de 0,5 à 300 Hz. Leur sensibilité est de 100 mV/g.

Afin de contrôler la vitesse instantanée au cours des essais, un capteur sans contact

CORRYSYS-DATRON® (type COREVIT SC-E) a été implanté sur le flanc de chaque TEP.

² Le caractère lisse de la surface est spécifié dans la norme : la valeur moyenne quadratique de l'accélération de la vibration verticale pondérée en fréquence, mesurée sur le plancher quand le chariot en essai se déplace sur la piste sans obstacle, doit être inférieure de 50 % à la valeur mesurée, au même endroit, lorsque le chariot se déplace sur la piste d'essai avec obstacles.

Acquisition des signaux

Pour l'acquisition des signaux et des images, une station DEWETRON® (Modèle DEWE-2010) a été utilisée. L'ensemble est installé sur les bras de la fourche et représente une masse d'environ 65 kg (cf. Figure 3). Les signaux ont été acquis à une fréquence d'échantillonnage de 200 Hz.

Essais de la norme EN 13059

Les essais décrits dans la norme EN 13059 ont été réalisés avec chaque TEP chargé à 60 % de leur charge maximale admissible. Un opérateur dont le poids était égal à 75 (0 ; - 10) kg a été employé pour réaliser ces essais.

Une série de 10 essais successifs a permis de calculer le coefficient de variation C_v , assurant de la répétabilité des essais (i.e $C_v < 0,15$). Une autre série de 3 essais a été réalisée dans les mêmes conditions que celles décrites précédemment mais sur la piste sans obstacle. Cette série a permis de vérifier le caractère lisse de la piste extérieure utilisée.

La valeur de $(\bar{a}_{w,zF})$ est calculée en appliquant les facteurs de pondération définis dans la norme ISO 2631-1 [3] et se rapportant au réseau de pondération en fréquence W_k . Pour la piste « EN 13059 », les valeurs de $(\bar{a}_{w,zF})$ sont calculées entre le début et la fin de la piste repérés par du ruban de balisage posé au sol et, ce, pour 10 passages successifs.

Les essais réalisés avec le TEP-F ont donné lieu à plusieurs configurations puisque ce transpalette est équipé d'une suspension de plateforme ajustable au poids de l'opérateur. Ainsi, en conservant le même opérateur, nous avons testé les quatre réglages intermédiaires, c'est-à-dire en omettant les deux positions extrêmes basse (pos6) et haute (pos1).

RÉSULTATS

COMPARAISON AUX VALEURS DÉCLARÉES

Le Tableau II synthétise les résultats obtenus pour les six TEP et précise, lorsque celles-ci sont connues, les valeurs déclarées par chaque fabricant dans la notice utilisateur. Les valeurs du coefficient C_v sont données dans la première colonne et permettent de confirmer le

FIGURE 3

Exemple d'implantation de la station d'acquisition sur deux TEP



TABLEAU II

Valeurs moyennes de $(\bar{a}_{w,zF})$ déterminées sur la plateforme et du coefficient C_v

	Coefficient C_v	Résultats du test EN 13059 à 5 km/h $(\bar{a}_{w,zF}) \pm \text{Ecart-Type}$ (m/s ²)	Valeur déclarée dans la notice utilisateur par le fabricant (m/s ²)	Valeur à 7 km/h sur la rampe de chargement/déchargement (m/s ²)
TEP-A	0,11	1,29 ± 0,14	1,20	1,24
TEP-B	0,02	0,60 ± 0,01	0,81	0,63
TEP-C	0,06	0,63 ± 0,04	0,60	0,63
TEP-D	0,11	1,05 ± 0,11	1,20	0,81
TEP-E	0,05	0,65 ± 0,03	-	-
TEP-F _{pos2}	0,03	0,59 ± 0,02	-	-
TEP-F _{pos3}	0,03	0,43 ± 0,01	-	-
TEP-F _{pos4}	0,07	0,39 ± 0,03	-	-
TEP-F _{pos5}	0,07	0,51 ± 0,04	-	-

caractère répétable de nos essais. La dernière colonne de droite contient les valeurs de $(\bar{a}_{w,zF})$ obtenues lorsque le transpalette emprunte une rampe de chargement/déchargement (opération reproduite en laboratoire) à une vitesse établie de 7 km/h.

Les résultats pour le TEP-F avec un indice pos2, correspondent à la position 2 haute (sujet plus lourd) et ceux donnés avec un indice pos5 correspondent à la position 5 basse (sujet plus léger), les autres indices correspondent aux positions intermédiaires.

Ces résultats montrent que les valeurs annoncées par les fabricants sont voisines de celles déterminées par l'INRS et, lorsqu'elles ne le sont pas, c'est que le fabricant a surestimé la valeur (exemple pour le TEP-D). Ces différences peuvent avoir plusieurs origines : nature et qualité de la piste d'essai, déclivité, non maintien de la vitesse de consigne à 5 km/h au cours de l'essai, erreurs de mesurage, version du TEP (fourche courte ou longue, « Ben-Hur » ou à plateforme rabattable, etc.), nature du matériau de la

roue motrice (polyuréthane et dérivés, caoutchouc)...

Nous constatons que les valeurs $(\bar{a}_{w,zF})$ obtenues pour le test normalisé s'échelonnent entre 0,39 (TEP-F_{pos4}) et 1,29 m/s² (TEP-A). Considérant que l'axe de vibration verticale est prépondérant et donc que nous avons :

$$A(\delta) = \sqrt{\frac{1}{8} \cdot (\bar{a}_{w,zF})^2 \cdot T}$$

soit,

$$T = \frac{8 \cdot A(\delta)^2}{(\bar{a}_{w,zF})^2}$$

où T représente le temps d'exposition du travailleur à la valeur $(\bar{a}_{w,zF})$ mesurée.

Si nous supposons que les deux machines ayant obtenu les valeurs les

$$3 \text{ Valeur moyenne } \bar{a}_{w,zF} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_{w,zF}^i$$

$$\text{Écart-type : } S_{N-1} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (a_{w,zF}^i - \bar{a}_{w,zF})^2}$$

$$\text{Coefficient de variation : } C_v = \frac{S_{N-1}}{\bar{a}_{w,zF}}$$

plus extrêmes sont utilisées dans les conditions du test et que nous veillons à rester en dessous de la valeur de déclenchement d'une action de prévention (i.e. $A(8) < 0,5 \text{ m/s}^2$), alors le TEP-A pourrait être utilisé 1 heure et 12 minutes par le même opérateur alors que le TEP-Fpos4 pourrait l'être pendant une journée pleine de 8 heures (le calcul donne exactement 13 heures et 9 minutes).

Les valeurs données dans la colonne de droite montrent que des conditions classiques de travail, employant un TEP lors d'une opération de chargement/déchargement effectué à 7 km/h, sont cohérentes avec celles obtenues au cours du test normalisé. En effet, les valeurs de ($\bar{a}_{w,zF}$) déterminées sur la plateforme lors de la circulation sur une rampe sont du même ordre que celles mesurées sur la piste normalisée comportant deux obstacles. De plus, le « classement » des TEP que nous avons obtenu est identique dans les deux situations.

Ce résultat est très important puisque qu'il implique que la valeur déclarée dans la notice utilisateur peut servir d'indicateur de performance vibratoire de la machine. Ainsi, l'acheteur pourra considérer que, plus un TEP à une valeur d'émission faible, plus la valeur d'exposition du salarié sera faible, pour une situation de travail réalisée dans des conditions de circulation strictement identiques.

ESTIMATION DE L'EFFICACITÉ DES SUSPENSIONS

Les éléments de suspension présents sur le TEP permettent ou non de filtrer une partie des vibrations transmises, des éléments roulants au châssis, puis du châssis à la plateforme sur laquelle se trouve l'opérateur. En règle générale, pour dimensionner correctement une suspension, il faut que la fréquence de résonance de la suspension soit inférieure à la fréquence principale de l'excitation. La difficulté majeure lors de la conception d'une suspension réside dans le fait que la masse qu'elle supporte varie (d'un sujet à l'autre) tout comme la fréquence de l'excitation. Un compromis est donc nécessaire pour déterminer les caractéristiques de suspension.

Le facteur de transmissibilité (Tr) nous a permis de quantifier l'atténuation des vibrations transmises entre le châssis et la plateforme (capteurs n°3 et n°4) mais aussi celle liée aux éléments de suspen-

TABLEAU III

Synthèse des performances de suspension pour trois TEPv

	TEP-A		TEP-D		TEP-C	
	(TR) Suspension	(TR) Colonne Direction	(TR) Suspension	(TR) Colonne Direction	(TR) Suspension	(TR) Colonne Direction
à 3 km/h	0,63	1,13	0,61	1,12	0,44	0,91
à 5 km/h	0,66	0,85	0,62	0,99	0,41	0,78
à 7 km/h	0,68	0,57	0,51	0,78	0,38	0,67
à 9 km/h	0,68	0,57	0,59	0,97	0,38	0,71
Moyenne	0,67 ± 0,02	0,78 ± 0,27	0,58 ± 0,05	0,96 ± 0,14	0,40 ± 0,03	0,77 ± 0,11

sion entre la roue motrice et le châssis (capteurs n°1 et n°2). Nous rappelons que la transmissibilité est obtenue en calculant le rapport de l'accélération calculée « après l'élément de suspension » (sortie) sur l'accélération calculée « avant l'élément de suspension » (entrée). Plus ce facteur (Tr) est petit, plus la suspension est performante et isole correctement les éléments ou personnes situées au-dessus de celle-ci.

Concernant la suspension de la plateforme, deux méthodes ont été proposées pour estimer sa performance, en fonction de la version « Ben-Hur » ou à plateforme rabattable. La première méthode a consisté à utiliser les valeurs de l'accélération verticale pondérée provenant du capteur sur le châssis (n°4) et celles sur la plateforme (capteur n°3) pour calculer (Tr). Dans le cas de la plateforme rabattable, une autre solution a consisté à bloquer la suspension, puisque le capteur n° 4 ne peut être implanté. Ainsi, une mesure est d'abord effectuée avec la suspension libre ; puis un parcours identique est effectué avec la suspension bloquée. Pour une seule des six suspensions étudiées nous avons pu mettre en œuvre les deux méthodes évoquées ci-dessus. Dans ce cas, nous avons pu vérifier que la méthode utilisant deux mesures (suspension libre et suspension bloquée) donnait une estimation à 2 % près de la valeur moyenne du facteur (Tr), si la méthode est appliquée pour différentes vitesses.

Le *Tableau III* donne les facteurs de transmissibilité pour trois TEP, calculés pour quatre vitesses de consigne. Au cours des expérimentations, nous n'avons pu réaliser que trois systèmes de blocage sur les six machines en prêt. Parmi les trois systèmes de blocage, deux seulement ont bien fonctionné. Les résultats ont été classés en ordre croissant de performance de plateforme et varient de 0,67 à 0,40. En revanche, nous observons que la suspension au niveau de la

colonne de direction donne un facteur (Tr) moyen compris entre 0,77 et 0,96. Cette dernière valeur indique que la suspension transmet presque intégralement la vibration et donc que son efficacité est très limitée.

Les résultats montrent aussi que la performance de chacune des suspensions est relativement indépendante de la vitesse, au maximum 20 % d'écart pour TEP-D.

A titre de comparaison, nous pouvons signaler que les valeurs moyennes du facteur (Tr) de chaque TEP sont équivalentes et même inférieures (TEP-C) aux performances des meilleurs sièges à suspension du marché. Les TEP-D et TEP-C ont obtenu un facteur (Tr) inférieur à 0,6 et nous considérons que leur suspension est performante.

La transmissibilité décrit bien une performance de suspension mais une valeur faible ne suffit pas à garantir, pour le salarié, une exposition journalière aux vibrations inférieure à 0,5 m/s². En effet, nous avons montré par ailleurs que des niveaux d'exposition bien supérieurs à la valeur d'action pouvaient être dépassés et, ce, même avec un TEP équipé d'une suspension performante. En effet, les conditions de circulation, en particulier la vitesse et l'état des revêtements rencontrés, sont des paramètres importants qui influent fortement sur le niveau vibratoire mesuré au poste de conduite.

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE PARAMÉTRIQUE

Notre étude a aussi porté sur l'influence de paramètres de conception et de circulation sur le niveau vibratoire mesuré sur la plateforme. Ainsi, une analyse paramétrique a été menée en utilisant un banc d'essai spécifiquement construit pour notre étude, qui simulait

un quai de chargement/déchargement équipé d'une rampe d'accès au plancher d'une remorque de camion d'un camion remorque (cf. Figure 4).

Un protocole expérimental a été développé permettant de comparer les situations de conduite et les machines entre elles. L'influence de la vitesse de circulation sur sol lisse ou sur la rampe, du poids de l'opérateur, de l'état de surface de la rampe, du chargement sur les bras de la fourche, de la position de l'opérateur sur la plateforme ainsi que l'effet d'une dégradation de la roue motrice a été étudiée. L'analyse des différents résultats a conduit aux remarques et recommandations suivantes.

Pour un parcours équivalent, le fait d'emprunter une rampe de chargement/déchargement, peut doubler voire tripler l'exposition vibratoire verticale du cariste. Nous avons montré que les six TEP pourraient circuler sur un sol lisse à une vitesse de 9 km/h (et a fortiori à une vitesse inférieure) pendant une journée de travail sans dépasser le seuil de $0,5 \text{ m/s}^2$. Pour que ceci reste vrai lors de l'opération de chargement/déchargement, il faudrait circuler à une vitesse de 3 km/h, ce qui semble très improbable dans des conditions réelles d'utilisation.

Recommandation 1 :

La circulation sur des pistes, quais et revêtements les plus lisses possibles, permet de réduire l'exposition aux vibrations verticales d'un conducteur de TEP.

Recommandation 2 :

Diminuer sa vitesse moyenne de 9 à 7 km/h (- 22 %) lors d'opérations de chargement/déchargement permet de réduire l'accélération pondérée sur la plateforme de 20 à 30 % et donc de doubler le temps d'utilisation d'un TEP par le même opérateur tout en restant en dessous d'une exposition journalière de $0,5 \text{ m/s}^2$.

L'étude de la position du conducteur vis-à-vis de la plateforme a permis de montrer qu'une position trop reculée pouvait provoquer une augmentation de 80 à 190 % de ($\bar{a}_{w,zF}$) sur la plateforme.

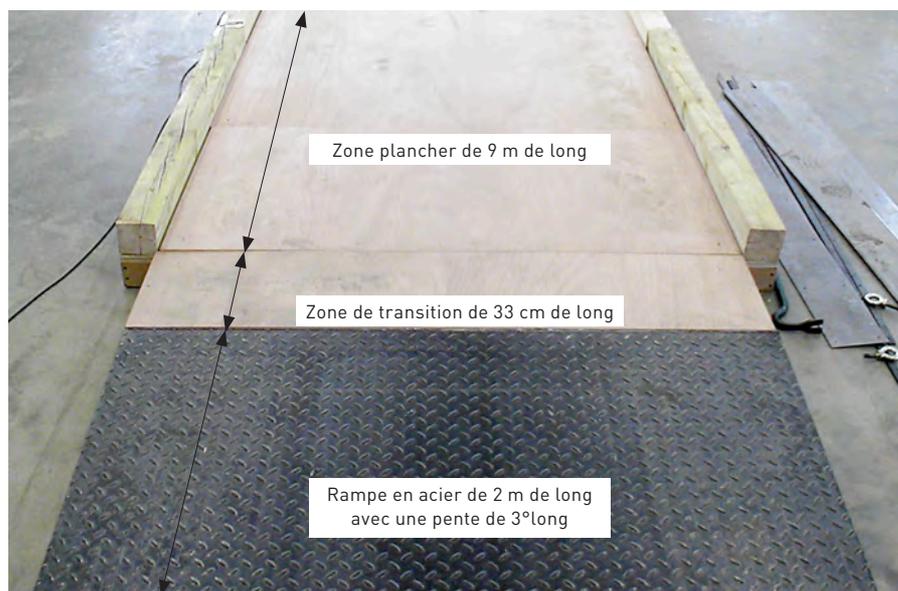
Recommandation 3 :

Circuler en adoptant une position centrée sur la plateforme permet de limiter l'exposition aux vibrations verticales d'un conducteur de TEP.

Concernant l'entretien et l'état des éléments roulants de la machine, nous avons démontré qu'un méplat créé sur

FIGURE 4

Banc d'essai simulant une rampe d'accès au plancher d'une remorque de camion



la roue motrice (défaut fréquemment constaté en entreprise) pouvait augmenter l'accélération verticale pondérée jusqu'à 700 % sur le support de roue, comparé à une roue neuve. En revanche, lorsque la machine est équipée d'une roue motrice en caoutchouc, ce matériau permet de limiter l'effet du défaut et l'augmentation est alors limitée et reste inférieure à 50 %.

Sur la plateforme de conduite, en fonction de la qualité de la suspension, l'augmentation de l'accélération verticale pondérée peut alors varier de 0 à 100 % lors d'une circulation avec le méplat sur sol lisse.

Recommandation 4 :

Circuler avec des éléments roulants en bon état, sans défaut, permet de limiter l'exposition aux vibrations verticales d'un conducteur de TEP. Le montage d'une roue en caoutchouc permet de réduire l'effet d'un défaut occasionné à la roue motrice.

CONCLUSIONS

Des mesures réalisées en entreprise sur des transpalettes électriques à conducteur porté (TEP) montrent que les niveaux vibratoires dépassent très régulièrement la valeur d'action et parfois la limite d'exposition de $1,15 \text{ m/s}^2$ même pour des machines équipées d'une plateforme suspendue.

En utilisant six TEP récents du marché, nous avons mis en œuvre le test décrit dans la norme EN 13059 afin de vérifier que la valeur d'émission déclarée dans la notice utilisateur par le fabricant, était correctement déterminée. Au delà de cette simple vérification, les résultats des essais réalisés sur la piste normalisée ont été corrélés avec des valeurs d'exposition vibratoire, lors de circulation sur une rampe de chargement/déchargement. Cette valeur d'émission peut alors être assimilée à un critère permettant de juger de la performance vibratoire des éléments de suspension de la machine, ce qui est très intéressant pour orienter son choix lors de l'achat d'une nouvelle machine.

Ensuite, en utilisant un banc d'essai spécifique censé reproduire les conditions réalistes de circulation sur un quai de chargement/déchargement, nous avons analysé l'effet de différents paramètres sur la valeur de l'accélération efficace verticale pondérée calculée sur la plateforme du transpalette. Nos résultats ont confirmé que la vitesse de circulation et l'état du revêtement constituaient les paramètres influant le plus sur l'exposition vibratoire au poste de conduite.

Enfin, nous avons prouvé que certains TEP sont équipés de suspensions efficaces (facteur de transmissibilité compris entre 0,4 et 0,6). Néanmoins, nous confirmons que, même équipés de ces suspensions, l'exposition vibratoire pouvait largement dépasser la valeur d'action et parfois dépasser la limite d'exposition journalière de $1,15 \text{ m/s}^2$.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Norme Européenne NF EN 13059, Sécurité des chariots de manutention, Méthodes d'essais pour mesurer les vibrations, Juin 2002.

[2] Norme Européenne NF EN 14253+A1, Vibrations mécaniques, Mesurage et calcul de l'effet sur la santé de l'exposition professionnelle aux vibrations transmises par l'ensemble du corps, Guide pratique, Février 2008.

[3] Norme internationale ISO 2631-1, Vibrations et chocs mécaniques – Évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps, Partie 1 : exigences générales, Second édition, 1997.

4.3.

DES PARE-BRISE À CHANGER, DES SALARIÉS À PRÉSERVER

► Marie-Astrid KERVELLEC,
CARSAT du Languedoc Roussillon

Le parc automobile français représentant aujourd'hui plus de 37 millions de véhicules, les professionnels spécialistes du remplacement de vitrage ont fort à faire.

La découpe des joints lors d'un remplacement de pare-brise et de vitrages est réalisée soit à l'aide d'une corde à piano, qui nécessite généralement la mobilisation de deux opérateurs, soit à l'aide d'un couteau vibrant par un seul opérateur.

Ces outils vibrants génèrent, autant à vide qu'en utilisation, des vibrations dues à l'oscillation d'un outil, avec une faible amplitude et une fréquence de 11 000 à 18 500 oscillations par minute.

Le couteau vibrant électrique est tenu à deux mains par l'opérateur et son utilisation exige parfois un effort important, fonction du type de pare-brise et de l'usure de l'outil. De plus, la variabilité des tailles du pare-brise impose à l'opérateur des postures contraignantes.

Des mesures réalisées, à l'aide d'un couteau vibrant conventionnel lors de la découpe d'un joint collé de pare-brise de bus, mettent en évidence une accélération totale de 19 m/s².

Une réduction majeure de l'exposition vibratoire quotidienne des utilisateurs a pu être obtenue grâce à la mise en place d'un dispositif support présentant des poignées de préhension suspendues, développées par l'entreprise utilisatrice.

Différents vitrages peuvent être remplacés sur un véhicule. Il s'agit du pare-brise, des vitres latérales, de la lunette arrière, des rétroviseurs extérieurs et intérieurs.

Pour les professionnels utilisant des couteaux vibrants, leur emploi ne concerne que la partie basse du pare-brise pour les véhicules légers, mais la totalité du pare-brise pour les bus et poids lourds.

Ainsi, un technicien poseur de pare-brise utilisant un couteau vibrant est non seulement soumis à des postures défavorables, mais aussi à des vibrations et à

des efforts importants. L'apparition de troubles musculosquelettiques (TMS) peut être la conséquence de ces conditions de travail difficiles.

POSEUR DE PARE-BRISE, LE MÉTIER

Le poseur de vitrage travaille au sein des ateliers de réparation automobile, mais aussi chez les spécialistes de l'entretien et de la pose de vitres automobile.

Dans ce dernier cas, le poseur intervient dans l'atelier ou au domicile des clients pour la réparation de fissures ou le remplacement de vitres brisées.

Pour changer un pare-brise, il faut couper le joint collé entre la vitre et la carrosserie du véhicule.

Deux techniques sont possibles pour couper le joint du pare-brise. La première, qui consiste à utiliser une « corde à piano », nécessite généralement l'intervention de deux salariés. La seconde, qui nous intéresse, peut être réalisée par un seul salarié grâce à l'utilisation d'un couteau vibrant (cf. Figure 1).

LES VIBRATIONS, UN DES FACTEURS AGGRAVANTS DES TMS

Les troubles musculosquelettiques (TMS) sont des pathologies douloureuses et/ou invalidantes au travail comme dans la vie privée.

Les conditions de travail sont un facteur principal d'apparition de ces pathologies. En effet, les gestes répétitifs, les efforts à fournir, les postures défavorables sont la cause de ces maladies professionnelles. Des facteurs environnementaux aggravants, tels que les vibrations, le froid, une exposition au bruit, etc. peuvent accélérer l'apparition des TMS.

Dans le secteur de la pose de pare-brise, il existe aujourd'hui de nombreuses enseignes. Nous avons suivi, en partenariat avec la médecine du travail, de 2004 à 2007, une de ces entreprises. Spécialisée dans le remplacement de vitrages de poids-lourds (autobus, camions...), elle se déplace chez le client ou répare in situ les véhicules.

Le remplacement de pare-brise (ou de vitres latérales) est réalisé par un seul opérateur muni d'un couteau vibrant et d'un robot de manutention des vitres.

L'ORIGINE DE LA DEMANDE

Cette étude a été réalisée à la demande des services de Santé au travail, suite à la déclaration de maladies professionnelles touchant les membres supérieurs de certains salariés de l'entreprise visitée.

Aujourd'hui, les TMS représentent plus de 80 % des maladies professionnelles reconnues et constituent un enjeu de taille en matière de santé au travail.

C'est d'ailleurs l'une des quatre priorités d'action de la branche Accidents du travail et maladies professionnelles de la CNAMTS.

UN ÉTAT DES LIEUX PAR LA MESURE

Entre 2004 et 2005, des mesures de vibrations ont été réalisées sur deux couteaux vibrants conventionnels (cf. Figures 2 et 3), en conditions réelles d'utilisation.

En 2007, des mesures de vibrations ont été effectuées, toujours en conditions réelles d'utilisation et avec le couteau vibrant de la Figure 3, mais cette fois monté sur un dispositif support présentant des poignées de préhension suspendues avec des plots de caoutchouc, développé par l'entreprise (cf. Figure 4).

LES RÉSULTATS

LES NIVEAUX VIBRATOIRES

Les mesures de vibration effectuées mettent en évidence des accélérations totales élevées comprises selon le couteau entre 16,5 m/s² et 19 m/s² (cf. Tableau 1).

Le temps d'exposition est variable. Nous avons estimé qu'un salarié effectue trois poses de pare-brise pour les poids lourds par jour, à raison d'une exposition aux vibrations d'environ 15 minutes par pare-brise.

Ainsi, pour les durées estimées d'exposition au risque, la valeur limite de 5 m/s² est dépassée pour les deux couteaux sans suspension.

LES NIVEAUX VIBRATOIRES

Selon la norme NF EN ISO 5349 1, des troubles neuro-vasculaires périphériques (syndrome de Raynaud) pourraient apparaître à la suite de plusieurs années d'une exposition régulière.

Pour le couteau de la Figure 2, et avec une exposition journalière de 5,1 m/s², le salarié exposé à ces niveaux vibratoires durant 5 ans et demi pourrait présenter des troubles neuro-vasculaires périphériques (cf. Tableau II).

De même, pour le second couteau (cf. Figure 3) sans suspension, ces troubles pourraient apparaître au bout de 5 ans, alors que pour le couteau avec suspension (cf. Figure 4), il faudrait 24 ans.

La découpe des joints collés, fréquemment rencontrée en pratique (environ 50 % des montages rencontrés), exige de l'opérateur des efforts importants (cf. Figure 5). La forme et l'aménagement de l'habitacle d'un véhicule ainsi que la dimension du pare-brise entraînent le maintien de la machine (poids 1,5 kg) à bout de bras et une angulation importante des cervicales.

L'ÉVOLUTION DE LA TECHNIQUE

Nous avons cherché à connaître l'évolution des pratiques depuis 2007. Bien que le couteau vibrant reste encore aujourd'hui largement utilisé, certaines entreprises l'ont pourtant abandonné au profit de nouvelles techniques.

Le choix des outils de découpe est propre à chaque entreprise spécialisée. Globalement, la majorité d'entre elles utilisent des couteaux vibrants. Nous n'avons trouvé, lors de nos recherches, qu'une entreprise dont la politique sécurité exclut l'utilisation de couteaux vibrant, pour l'instant sur les véhicules légers, au profit d'une technique développée en interne par leur bureau d'études.

FIGURE 1

Utilisation d'un couteau vibrant pour le changement d'un pare-brise



FIGURE 2

Couteau vibrant conventionnel mesuré



FIGURE 3

Couteau vibrant conventionnel mesuré



FIGURE 4

Couteau vibrant équipé d'une suspension



TABLEAU I

Résultats des mesures de vibrations effectuées sur les couteaux vibrants

Couteaux	Figure 2	Figure 3	Figure 4 modifié
Accélération totale (m/s ²)	16,5	19	4,3
Exposition journalière (m/s ²)	5,1	5,5	1,2

TABLEAU II

Nombre d'années avant un risque d'apparition de troubles neuro-vasculaires périphériques

Couteaux	Figure 2	Figure 3	Figure 4 modifié
Exposition journalière (m/s ²)	5,1 m/s ²	5,5 m/s ²	1,2 m/s ²
Probabilité d'apparition de troubles neuro-vasculaires	5,5 ans	5,2 ans	24 ans

FIGURE 5

Positions contraignantes lors du changement de pare-brise



Cette entreprise est d'ailleurs celle qui nous a permis de réaliser cette étude. Actuellement, la découpe de pare-brise des véhicules légers se fait par un couplage intelligent de corde à piano et de ventouse. Les salariés ont également à disposition un couteau à froid (manuel) optimisé destiné à certaines opérations de découpe plus délicates.

Cette technique est actuellement en cours d'étude pour les poids lourds. En attendant, les salariés de cette entreprise utilisent le couteau vibrant de la Figure 4 équipé du dispositif avec poignées de préhension suspendues, modification appréciée des salariés en poste.

CONCLUSION

Le dispositif avec poignées de préhension suspendues remplit son rôle de protection de l'opérateur.

L'accélération totale mesurée avec un couteau équipé de poignées suspendues, en conditions réelles de travail, est réduite à moins du quart de la valeur initiale, ce qui devrait diminuer fortement les risques de TMS.

La qualité du travail réalisé est équivalente à celle obtenue avec le couteau d'origine, dans de meilleures conditions ergonomiques.

Les machines conventionnelles sont suffisamment vibrantes pour induire à moyen terme des perturbations de la circulation sanguine, voire des atteintes neurologiques et musculaires ainsi que des pathologies du poignet.

En poursuivant notre étude à d'autres intervenants de ce métier, nous sommes aperçus que certaines entreprises ont aujourd'hui abandonné les couteaux vibrants au profit de nouvelles techniques.

Cependant le couteau vibrant reste aujourd'hui encore largement utilisé, en particulier pour les poids lourds.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Norme NF EN ISO 5349-1 « Vibrations mécaniques – Mesurage et évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main »

[2] Norme NF EN ISO 5349-2 « Vibrations mécaniques – Mesurage et évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main - guide pratique pour le mesurage sur le lieu de travail »

[3] Décret n° 2005-746 du 4 juillet 2005, relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus aux vibrations mécaniques et modifiant le code du travail

4.4.

VIBRATIONS ET CONDUITE DES TRACTEURS VITICOLES - PRISE EN COMPTE AU VIGNOBLE VEUVE CLICQUOT

► Christian RENARD
Champagne Veuve Clicquot, France

Dans le cadre de son groupe de travail pénibilité, le vignoble du Champagne Veuve Clicquot a identifié les vibrations engendrées par la conduite des tracteurs comme un risque important pour la santé de ses tractoristes.

Faute de référence, une série de mesures a été faite en 2009, à notre demande et avec l'assistance de la MSA, par la société Vibr'Action.

Il a été démontré que l'exposition des tractoristes aux risques dus aux vibrations mécaniques est plus importante lors des déplacements sur route et sur chemin que dans la vigne où le travail s'effectue à faible vitesse. Les manœuvres en bout de rang génèrent également des vibrations longitudinales.

Les conclusions de l'étude ont été exploitées pour évaluer l'exposition des tractoristes aux risques dus aux vibrations et mettre en place un plan d'actions.

La première action a été d'organiser, avec la société Vibr'Action, une sensibilisation-formation au réglage des sièges pour réduire les vibrations transmises au conducteur. Ensuite, un état des lieux du parc, avec inventaire et expertise des sièges, a précédé le lancement d'un plan de maintenance et de remplacement des sièges puis la rédaction d'un cahier des charges à destination des constructeurs. Le plan se poursuit par des mesures organisationnelles.

CONTEXTE

Le groupe de travail pénibilité, constitué de représentants des salariés et de la direction du vignoble Veuve Clicquot, a été constitué en 2007. Ses objectifs étaient de mieux maîtriser la pénibilité des travaux viticoles et sa répercussion sur les conditions de travail du vigneron pour mettre en place toutes les dispositions possibles permettant d'améliorer ses conditions de travail.

Les vibrations transmises aux vignerons pendant la conduite des tracteurs

ont été rapidement identifiées comme devant être prises en compte pour préserver la santé des salariés.

En effet, ces vibrations basses fréquences, de 0,4 à 100 Hz, sont principalement responsables d'atteintes musculo-squelettiques : astreinte musculaire importante, douleur, voire destruction de la charnière dorso-lombaire ou lombo-sacrée d'où lombosciatique par hernie discale [1].

Le vignoble Veuve Clicquot est équipé de plus de trente tracteurs viticoles enjambeurs qui sont conduits par une quarantaine de salariés. Le temps de

conduite annuel, pour la moitié d'entre eux, est compris entre 350 et 700 heures. Pour l'autre moitié, ce temps est inférieur. Tous ces tractoristes participent également aux autres travaux viticoles, en particulier la taille qui sollicite également beaucoup le dos.

MESURES

OBJECTIFS

Les objectifs clairement définis de l'étude sont de mieux connaître la problématique vibrations, de pouvoir répondre à l'exigence réglementaire concernant l'exposition des travailleurs aux risques dus aux vibrations mécaniques et d'avoir un socle sur lequel bâtir un plan d'actions.

MISE EN PLACE

Une journée de préparation a permis un échange d'informations entre Veuve Clicquot et Vibr'Action, avec l'assistance de la technicienne-conseil de prévention des risques professionnels de la MSA, pour mettre en place deux journées de mesures (organisation générale et liste des différentes modalités).

Le travail de préparation s'est ensuite poursuivi par l'identification des circuits (route et chemin) et des parcelles de vigne, la réservation du concessionnaire pour changer un siège, la mise à disposition des tracteurs et la planification des changements d'outils.

Les mesures ont été réalisées les 2 et 3 mars 2009 selon 19 modalités.

MATÉRIEL DE MESURES

Le matériel utilisé est un vibromètre de type MAESTRO de marque 0.1 dB équipé, d'une part, d'une interface de mesure munie de 3 accéléromètres permettant les mesures selon les 3 directions orthonormées sur le siège et, d'autre part, d'un capteur mono-axial dirigé selon l'axe vertical, placé sur le plancher (*cf. Figure 1*).

L'enregistrement du signal est effectué dans l'appareil chaque seconde. Les signaux enregistrés sont ensuite trans-

FIGURE 1

Matériel de mesure MAESTRO associé à ses capteurs placés sur le siège et sur le plancher du poste de conduite



FIGURE 2

Tracteur Tecnomat Préciculture U 100 VV, équipé d'une prétailleuse



Siège Grammer
MSG 95-Maximo L

férés dans un système informatique qui utilise un logiciel dédié au traitement de ce type de signal, donnant les valeurs des accélérations pondérées en fréquences.

Les accélérations sont mesurées et calculées selon les 3 axes (longitudinal : awx, transversal : awy et vertical : awz), elles sont exprimées en m/s^2 .

Pour l'axe vertical, le rapport entre awzs (siège) et awzp (plancher) donne le SEAT, facteur de transmission du siège, qui permet d'évaluer l'efficacité de sa suspension à filtrer les vibrations émises

au niveau du plancher. Il y a amplification des vibrations transmises à l'opérateur par l'intermédiaire du siège si le facteur SEAT est supérieur à 100 %. Dans le cas contraire (SEAT < 100 %), le siège atténue les vibrations émises au niveau du plancher.

VALEURS D'ÉMISSION VIBRATOIRE

Parmi les différentes modalités étudiées, celle concernant le tracteur Tecnomat Préciculture U 100 VV, équipé d'une prétailleuse (*cf. Figure 2*) est une des plus riches d'enseignements.

FIGURE 3

Relevé global des vibrations du tracteur U 100 VV lors du trajet sur chemin avec la prétailleuse (accélération m/s^2 /temps)

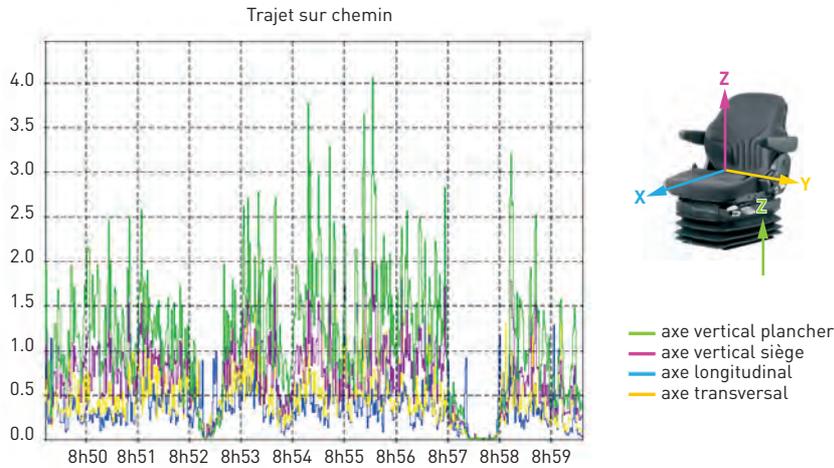


FIGURE 4

Relevé global des vibrations du tracteur U 100 VV lors du travail dans la vigne avec la prétailleuse (accélération m/s^2 /temps)

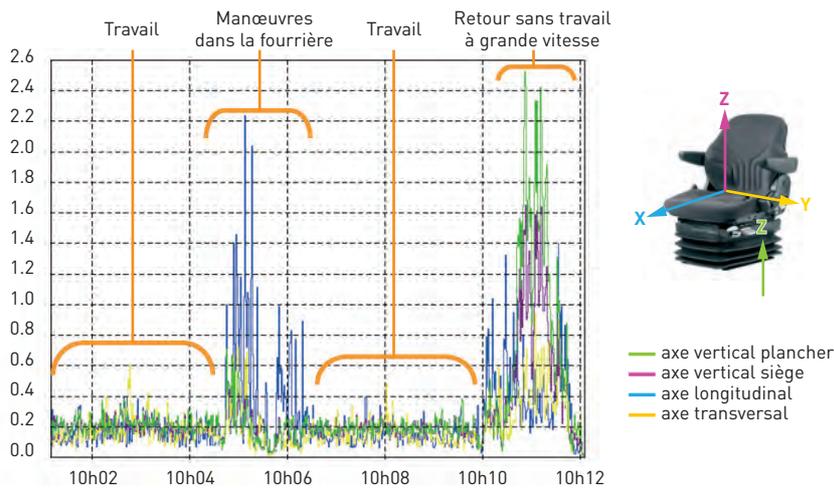


TABLEAU I

Limites réglementaires d'exposition au bruit

Accélération pondérée	Awxs (m/s^2)	Awys (m/s^2)	Awzs (m/s^2)	Awzp (m/s^2)	SEAT (%)
Chemin	0.45	0.56	0.82	1.32	62
Route	0.37	0.35	0.63	0.94	67
Vigne : déplacement rapide	0.51	0.42	0.75	1.08	69
Vigne : travail	0.18	0.17	0.20	0.21	95

Les relevés des vibrations (cf. Figures 3 et 4) montrent le niveau assez élevé des vibrations selon l'axe vertical, voire longitudinal, en fonction des différentes situations de trajet ou de travail.

Les différentes valeurs d'émission vibratoire sont regroupées dans le Tableau I. Elles permettent de dégager plusieurs enseignements.

Le chemin est plus pénalisant que la route. Le travail dans la vigne s'effectuant à faible vitesse, le niveau vibratoire est faible et ne permet pas à la suspension d'agir pour filtrer les vibrations du plancher. Les valeurs relevées pour la circulation à vitesse rapide dans la vigne correspondent à celles d'un déplacement sur chemin. Les manœuvres en bout de rang génèrent surtout des vibrations

longitudinales. La performance de la suspension du siège étudiée est bonne (atténuation de 31 à 38 % dans les situations pénalisantes).

D'autres modalités ont permis de tirer des enseignements complémentaires.

Sur route, comme sur chemin, les vibrations augmentent quand on se déplace à vide (cf. Tableaux II et III).

Les outils animés, broyeur ou tondeuses, n'engendrent pas de vibrations supplémentaires transmises par le siège au conducteur (cf. Tableaux IV et V).

Un siège en mauvais état augmente de manière significative le coefficient de transmission.

Si le siège de remplacement n'est pas bien implanté dans la cabine, le problème n'est pas réglé (cf. Tableaux VI et VII).

Le bon réglage du siège réduit de manière significative le coefficient de transmission (cf. Tableaux VIII et IX).

Le mode de conduite (normal ou agressif) peut, dans certaines configurations, avoir une influence sur les vibrations, une masse corporelle du conducteur accrue améliore le SEAT du siège.

EVALUATION DU RISQUE VIBRATOIRE

La répartition des tâches sur une journée de 8 heures d'un tractoriste a été établie par enquête auprès de cinq tractoristes travaillant sur des vignobles différents. La prise en compte des valeurs maximales ($awzs$) d'émission vibratoire permet de calculer la valeur d'exposition (cf. Tableau X).

L'exposition vibratoire $A(8)$ est dans cet exemple de $0,35 m/s^2$, elle varie, pour les tracteurs étudiés, de $0,35$ à $0,60 m/s^2$. Dans plusieurs situations, la valeur de $0,50 m/s^2$, déclenchant l'action, est donc dépassée.

Même si nous sommes loin de la valeur limite d'exposition à $1,15 m/s^2$, il y a cependant nécessité « d'établir et de mettre en œuvre un programme de mesures techniques et organisationnelles visant à réduire l'exposition aux vibrations mécaniques et les risques qui en résultent » (décret 2005-746 du 4 juillet 2005) [2].

PLAN D' ACTIONS

RECOMMANDATIONS DE L'AUDITEUR

Pour décider de son plan d'actions, le groupe de travail « pénibilité » s'est appuyé sur les recommandations de l'auditeur (J. P. Galmiche de la société Vibr'Action) :

- sensibiliser et former les tractoristes au réglage de la suspension des sièges,

- rester vigilant sur l'entretien des chemins,

- inciter les tractoristes au port de la ceinture de sécurité qui, en maintenant le tractoriste, limite les mouvements et les à-coups du dos,

- mettre en place une révision annuelle des sièges avec lubrification de la cinématique,

- inclure dans le cahier des charges des tracteurs l'exigence de sièges performants,

- disposer de cabines de taille suffisante pour y implanter des sièges performants,

- ranger les objets divers qui encombrant le plancher des cabines et entravent le bon fonctionnement des sièges.

PLAN D' ACTIONS

Le plan d'actions a été mis en place dès début 2009 (cf. Figure 5).

A fin 2010 on peut faire le bilan suivant :

- au cours de trois sessions en 2009 et une en 2010, plus de 40 salariés ont suivi une séance de sensibilisation-formation au réglage des sièges animée par J. P. Galmiche, avec utilisation d'un banc reproduisant les vibrations émises et réglage du siège ;

- l'inventaire de l'état des sièges a été réalisé par les tractoristes selon une grille commune ;

- le plan de remplacement des sièges a été mis en place et 5 sièges ont été remplacés en 2010, soit 12 % du parc, autant le seront en 2011 ;

- un plan de maintenance qui spécifie les contrôles et entretiens périodiques a été mis en œuvre ;

- un cahier des charges est donné aux concessionnaires, tant pour l'achat d'un tracteur neuf que pour une deuxième monte. Après étonnement, les fournisseurs s'y réfèrent ;

TABLEAU II

Valeurs d'émission vibratoire relevées sur le siège Grammer MSG 95 et le plancher du tracteur TPH 100 équipé du pulvérisateur et facteur de transmission du siège SEAT lors des déplacements sur route.

Accélération pondérée	Awxs (m/s ²)	Awys (m/s ²)	Awzs (m/s ²)	Awzp (m/s ²)	SEAT (%)
Cuve pleine	0.37	0.26	0.60	0.64	94
Cuve 1/2 pleine	0.50	0.29	0.71	0.80	89
Cuve vide	0.52	0.31	0.72	0.79	91

TABLEAU III

Valeurs d'émission vibratoire relevées sur le siège Grammer MSG 95 et le plancher du tracteur TPH 100 équipé du pulvérisateur et facteur de transmission du siège SEAT lors des déplacements sur chemin.

Accélération pondérée	Awxs (m/s ²)	Awys (m/s ²)	Awzs (m/s ²)	Awzp (m/s ²)	SEAT (%)
Cuve pleine	0.42	0.51	0.79	0.91	87
Cuve 1/2 pleine	0.53	0.53	0.84	1.00	84
Cuve vide	0.55	0.60	0.90	1.04	87

TABLEAU IV

Valeurs d'émission vibratoire relevées sur le siège Grammer MSG 95 et le plancher du tracteur TPH 100 équipé du broyeur de sarments et facteur de transmission du siège SEAT.

Accélération pondérée	Awxs (m/s ²)	Awys (m/s ²)	Awzs (m/s ²)	Awzp (m/s ²)	SEAT (%)
Route	0.60	0.34	0.84	0.84	100
Chemin	0.80	0.60	1.14	1.19	96
Vigne : travail	0.17	0.14	0.18	0.21	86

TABLEAU V

Valeurs d'émission vibratoire relevées sur le siège Grammer MSG 95 et le plancher du tracteur U 65 équipé de tondeuses et facteur de transmission du siège SEAT.

Accélération pondérée	Awxs (m/s ²)	Awys (m/s ²)	Awzs (m/s ²)	Awzp (m/s ²)	SEAT (%)
Route	0.34	0.31	0.62	0.74	84
Chemin	0.41	0.63	0.91	1.11	82
Vigne : travail	0.28	0.20	0.19	0.35	54

TABLEAU VI

Valeurs d'émission vibratoire relevées sur le siège Cobo MT et le plancher du tracteur TXH 100 et facteur de transmission du siège SEAT. Siège en mauvais état avec dossier qui tape sur la paroi arrière de la cabine.

Accélération pondérée	Awxs (m/s ²)	Awys (m/s ²)	Awzs (m/s ²)	Awzp (m/s ²)	SEAT (%)
Route	0.41	0.39	0.129	0.97	133
Chemin	0.59	0.78	1.53	1.10	139

TABLEAU VII

Valeurs d'émission vibratoire relevées sur le siège Grammer neuf et le plancher du tracteur TXH 100 et facteur de transmission du siège SEAT. Siège neuf de bonne qualité mais qui ne peut pas être reculé, qui est trop haut et monté sur un plancher trop souple.

Accélération pondérée	Awxs (m/s ²)	Awys (m/s ²)	Awzs (m/s ²)	Awzp (m/s ²)	SEAT (%)
Route	0.47	0.43	0.82	0.75	109
Chemin	0.62	0.80	1.04	0.92	113

■ le volet mesures organisationnelles est toujours en cours de développement :

■ la distribution d'un tableau indiquant par type de tracteur et outil la pression optimale de gonflage,

■ une fiche résumant les possibilités de réglage du siège et spécifique à chaque tracteur a été distribuée,

■ la recherche de coffre permettant de dégager l'espace dans la cabine est toujours en cours,

■ un inventaire de l'état des chemins a été fait par les tractoristes, il permettra d'en mieux gérer l'entretien, voire de définir des itinéraires de contournement pour les plus mauvais,

■ le port de la ceinture de sécurité va être rendu obligatoire, progressivement d'ici 2013,

■ une formation « conduite souple et durable » va débiter au 1^{er} trimestre 2011,

■ les mesures de limitation de temps de conduite, d'alternance en fonction des travaux et de la santé des salariés restent à travailler.

TABLEAU VIII

Valeurs d'émission vibratoire relevées sur le siège Grammer MSG 95 mal réglé et le plancher du tracteur U 100 VV équipé du pulvérisateur avec ses cuves pleines et facteur de transmission du siège SEAT.

Accélération pondérée	Awxs (m/s ²)	Awys (m/s ²)	Awzs (m/s ²)	Awzp (m/s ²)	SEAT (%)
Route	0.40	0.32	0.93	0.94	99
Chemin	0.57	0.68	1.41	1.37	103

TABLEAU IX

Valeurs d'émission vibratoire relevées sur le siège Grammer MSG 95 bien réglé et le plancher du tracteur U 100 VV équipé du pulvérisateur avec ses cuves pleines et facteur de transmission du siège SEAT.

Accélération pondérée	Awxs (m/s ²)	Awys (m/s ²)	Awzs (m/s ²)	Awzp (m/s ²)	SEAT (%)
Route	0.47	0.30	0.85	1.22	70
Chemin	0.53	0.62	1.02	1.43	71

TABLEAU X

Exposition vibratoire sur tracteur U 100 VV équipé de la prêtailleuse, siège Grammer MSG 95.

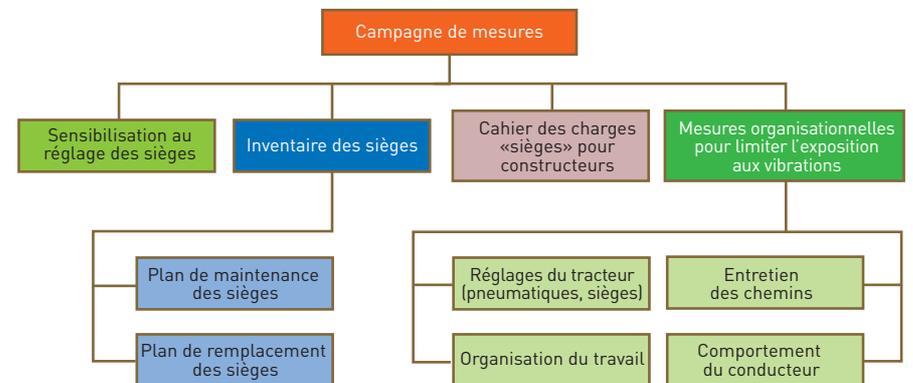
	Hors conduite tracteur (entretien, plein, pauses...)	Conduite sur route	Conduite sur chemin	Travail dans la vigne (y compris manœuvres dans les fourrières)	A(8) calculé m/s ²
Temps (mn)	60	40	30	350	
aeq (m/s ²)		0.63	0.82	0.25*	0.35

CONCLUSION

La réalisation en interne, avec l'appui d'un expert, des mesures d'émission vibratoires et d'exposition vibratoire, a légitimé et facilité la mise en place du plan d'actions « vibrations ». Même s'il faut rester vigilant, la dynamique nécessaire au bon avancement du plan est toujours présente car, au-delà du groupe de travail « pénibilité » qui l'a suscité, les salariés se le sont appropriés.

FIGURE 5

Plan d'actions « vibrations » du vignoble Veuve Clicquot



BIBLIOGRAPHIE

[1] MARTENS S., REGNIER J.M. 2010. Approche technique et médicale du risque lié aux vibrations des machines mobiles agricoles. *Archives de médecine et santé au travail de Champagne-Ardenne*, 6 : 27-31.

[2] GALMICHE J.P. 2010. Effets des vibrations sur l'Homme. Conséquences des vibrations sur le corps complet et le système main-bras, Réglementations/Métrieologie/Prévention. « Spécial Vibrations – Partie 2 » *Acoustique & Techniques* n°48 : 37-42.

4.5. LA PRÉVENTION DE L'EXPOSITION AU BRUIT

La réglementation impose de prévenir les risques d'exposition au bruit en agissant, le plus en amont possible, sur l'environnement de travail. Elle impose notamment le choix de machines les moins bruyantes possible et le traitement acoustique des locaux de travail. Lorsque l'exposition au bruit dépasse le second seuil réglementaire, la mise en œuvre d'un programme de mesures techniques et organisationnelles est obligatoire. Les mesures techniques se divisent en six familles : réduction du bruit à la source, encoffrement des sources de bruit, installation de cabines insonorisées pour les opérateurs, traitement acoustique du local, mise en place d'écrans acoustiques et protection individuelle. La réduction à la source doit être privilégiée, mais elle est souvent difficile. Le recours à l'encoffrement est très fréquent et, généralement, efficace mais il exige des précautions quant à sa mise en œuvre et il est contraignant pour les opérateurs. Les cabines insonorisées ne sont efficaces que si les opérateurs sont à l'intérieur. L'impact d'un traitement acoustique du local dépend de la position des opérateurs vis-à-vis des sources du bruit tout au long de leur journée de travail. Les écrans acoustiques ont une efficacité limitée. Enfin, les protections individuelles contre le bruit doivent être utilisées en dernier ressort. Leur choix est difficile, elles induisent de nouveaux risques et, surtout, leur efficacité réelle dépend beaucoup de leur bonne utilisation, qu'il est difficile de contrôler.

► Nicolas TROMPETTE, INRS,
département Ingénierie des équipements de travail

RÉGLEMENTATION

PROTECTION DES TRAVAILLEURS EXPOSÉS

La loi impose le respect de conditions pour l'affectation à un poste exposé au bruit, une surveillance médicale et un devoir d'information des personnes exposées.

Ensuite, en fonction du seuil de dépassement, les mesures complémentaires à mettre en œuvre diffèrent : le *Tableau 1* consigne les valeurs des seuils réglementaires de bruit.

En cas de dépassement, des dispositions visant à protéger les travailleurs exposés sont à prendre obligatoirement, en application des articles R. 4433-1 à R. 4433-10 du code du travail [1].

En particulier, en cas de dépassement du seuil inférieur d'action, l'employeur doit fournir gratuitement et personnellement aux travailleurs exposés des protecteurs individuels adaptés. Et, en cas de dépassement du seuil supérieur d'action, l'employeur doit « établir et mettre en œuvre un programme de mesures de nature technique ou d'organisation du travail destiné à réduire l'exposition au bruit ».

BRUIT DES MACHINES

L'annexe I à l'article R4312-1 [1] du code du travail fixe les règles techniques applicables à la construction des équipements neufs :

« La machine est conçue et construite de manière que les risques résultant de l'émission du bruit aérien soient réduits au niveau le plus bas, compte tenu du

progrès technique et de la disponibilité de moyens permettant de réduire le bruit, notamment à la source ». L'objectif est d'inciter les fabricants à concevoir des machines les plus silencieuses possibles compte tenu de l'état de l'art.

La loi exige aussi que figurent dans la notice d'instructions les informations concernant l'émission de bruit aérien suivantes : le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A aux postes de travail lorsqu'il dépasse 70 dB(A) (si le niveau est inférieur, ce fait doit être mentionné), la valeur maximale de la pression acoustique de crête aux postes de travail lorsqu'elle dépasse 130 dB(C) et, enfin, le niveau de puissance acoustique émis par la machine lorsque le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A aux postes de travail dépasse 85 dB(A).

La directive 98/37/EC a donc rendu obligatoire la déclaration de l'émission sonore des machines lors de leur mise sur le marché européen. Pour leur déclaration, les constructeurs s'appuient sur deux types de normes : celles qui décrivent de façon générale les méthodes de mesure acoustique (normes « B »), celles qui décrivent de façon précise et spécifique à la machine les conditions de montage et de fonctionnement dans lesquelles les mesures acoustiques doivent être effectuées (code d'essai des normes « C »). Ces dernières normes concernent désormais un grand nombre de machines et servent de référence pour la déclaration. Si une telle norme n'existe pas ou n'est pas jugée appropriée par le fabricant, il peut appliquer sa propre procédure mais il doit faire figurer sa méthodologie et les positions des points de mesure dans la notice d'instructions.

TRAITEMENT ACOUSTIQUE DES LOCAUX

L'article R4213-5 du Code du travail [1], relatif à la correction acoustique des locaux de travail, fixe les exigences en matière de réverbération. Ces exigences s'appliquent lorsque le niveau d'exposition sonore quotidienne dépasse 85 dB(A) et lorsqu'il est établi que la réverbération, évaluée par une méthode d'acoustique prévisionnelle, provoquerait une augmentation notable du niveau d'exposition sonore quotidienne d'un travailleur.

L'article R4213-6 du Code du travail [1] ajoute que les prescriptions techniques nécessaires à l'application de cet article sont précisées dans un arrêté des ministres

TABLEAU I

Limites réglementaires d'exposition au bruit

Valeurs d'exposition	Niveau d'exposition
Valeurs limites d'exposition	Niveau d'exposition quotidienne au bruit de 87 dB (A) ou niveau de pression acoustique de crête de 140 dB (C)
Valeurs d'exposition supérieures déclenchant l'action de prévention	Niveau d'exposition quotidienne au bruit de 85 dB (A) ou niveau de pression acoustique de crête de 137 dB (C)
Valeurs d'exposition inférieures déclenchant l'action de prévention	Niveau d'exposition quotidienne au bruit de 80 dB (A) ou niveau de pression acoustique de crête de 135 dB (C)

TABLEAU II

Exigences réglementaires en matière de qualité acoustique des locaux

Configuration	Exigence (toutes tolérances de mesure incluses)
Local vide	
si S* < 210 m ²	DL2 ≥ 2 dB
si 210 m ² < S < 4 600 m ²	DL2 ≥ 1,5 lg(S) -1,5 dB
si S > 4 600 m ²	DL2 ≥ 4 dB
Local après installation des machines et appareils de production	
si S < 210 m ²	DL2 ≥ 3 dB
si 210 m ² < S < 1 000 m ²	DL2 ≥ 1,5 lg(S) -0,5 dB
si S > 1 000 m ²	DL2 ≥ 4 dB

*S représente la surface au sol du local.

tiers chargés du travail, de l'agriculture et de la construction (arrêté du 30 Août 1990 [1]). Cet arrêté précise que les prescriptions techniques sont applicables dès lors qu'il est établi que la réverbération provoquerait une augmentation du niveau d'exposition sonore quotidienne d'un travailleur égale ou supérieure à 3 dB(A). Dans ce cas, les parois des locaux doivent recevoir une correction acoustique telle que la décroissance du niveau sonore par doublement de distance à la source (notée DL2) respecte les exigences précisées dans le *Tableau II*.

La mesure de la décroissance sonore exige un équipement spécifique (source sonore de référence) et des moyens de dépouillement. Il est intéressant de mentionner un indicateur plus usuel, la durée (ou temps) de réverbération. Il est défini comme l'intervalle de temps nécessaire pour que le niveau de pression acoustique décroisse de 60 dB après arrêt de la source. Les normes NF EN ISO 3382 [2] décrivent la procédure de mesurage. Comme cet indicateur est mieux connu et plus facile à mesurer, il est souvent préféré à la décroissance pour évaluer la qualité acoustique d'un local. Mais il n'est pas réglementaire.

Si la réverbération est un paramètre important, la transmission du son d'un local à un autre est également à prendre en compte. On parle alors d'isolement acoustique. C'est la différence arithmétique

de deux niveaux de la pression acoustique moyenne Lp produite dans deux locaux par une ou plusieurs sources de bruit situées dans l'un d'eux : $D = L_{p1} - L_{p2}$. En fait, pour évaluer précisément l'isolement acoustique, il convient de tenir compte de la réverbération dans le local récepteur. Les normes actuelles proposent des méthodes d'évaluation (série des normes NF EN ISO 140 [3]).

Enfin, les lieux de travail où les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à un bruit dépassant les valeurs d'exposition supérieures font l'objet d'une signalisation appropriée. Ces lieux sont délimités et font l'objet d'une limitation d'accès lorsque cela est techniquement faisable et que le risque d'exposition le justifie (article R. 4434 et norme NF X08-003 [4]).

PRÉVENTION COLLECTIVE

Lorsque les valeurs d'exposition supérieures, définies ci-dessus, sont dépassées, l'article R. 4434-1 spécifie que l'employeur établit et met en œuvre un programme de mesures techniques ou d'organisation du travail visant à réduire l'exposition au bruit, en prenant en considération, notamment, les mesures suivantes :

- la mise en œuvre d'autres procédés de travail ne nécessitant pas d'exposition au bruit ou nécessitant une exposition moindre ;

■ le choix d'équipements de travail appropriés émettant, compte tenu du travail à accomplir, le moins de bruit possible ;

■ dans le cas d'équipements de travail utilisés à l'extérieur des bâtiments, la possibilité de mettre à la disposition des travailleurs des matériels conformes aux dispositions prises en application du décret n° 95-79 du 23 janvier 1995 concernant la lutte contre le bruit et relatif aux objets bruyants et aux dispositifs d'insonorisation ;

■ la modification de la conception et de l'agencement des lieux et postes de travail ;

■ des moyens techniques pour réduire le bruit aérien en agissant sur son émission, sa propagation, sa réflexion, tels que réduction à la source, écrans, capotages, correction acoustique du local ;

■ des moyens techniques pour réduire le bruit de structure, par exemple par l'amortissement ou par l'isolation ;

■ l'information et la formation adéquates des travailleurs afin qu'ils utilisent correctement les équipements de travail en vue de réduire leur exposition au bruit ;

■ des programmes appropriés de maintenance des équipements de travail et du lieu de travail ;

■ la réduction de l'exposition au bruit par une meilleure organisation du travail, en limitant la durée et l'intensité de l'exposition et en organisant convenablement les horaires de travail, en prévoyant notamment des périodes de repos.

Les trois premiers items concernent le choix des équipements. Le quatrième la conception du local de travail. Le cinquième et le sixième regroupent l'ensemble des mesures techniques correctives, les deux suivants les règles de bonne pratique et, enfin, le dernier est relatif à l'organisation du travail.

Dans la deuxième partie, nous revenons sur les choix des équipements, les actions à la conception et les actions correctives. Les autres mesures relèvent du bon sens et ne nécessitent pas d'être plus développées.

MESURES TECHNIQUES DE RÉDUCTION DU BRUIT

ACTIONS À LA CONCEPTION

L'étude d'une nouvelle usine ou d'un nouvel atelier doit être l'occasion d'élaborer un plan de réduction du bruit qui permettra de trouver des remèdes bon marché à d'éventuels futurs problèmes de bruit. Pour aboutir, dans un atelier ou un local industriel, à un niveau de bruit acceptable, un plan d'action et un cahier des charges doivent être élaborés méthodiquement. Au début du projet, il importe de faire le recensement complet des sources de bruit qui se trouvent à l'intérieur et à l'extérieur des lieux de travail. Lorsque le niveau de bruit auquel les travailleurs seront exposés risque d'être supérieur à 80 dB(A), les locaux doivent être conçus de façon à réduire la réverbération du bruit par les parois, si celle-ci doit occasionner une augmentation notable du niveau d'exposition des travailleurs, et à limiter la propagation du bruit vers les autres locaux occupés par des travailleurs. La conception du bâtiment dépendra de la nature des sources de bruit, des bruits prévisibles transmis par l'air et par les structures (sols, parois...). Les points suivants sont à traiter particulièrement : la disposition des locaux et des postes de travail, le choix des matériaux, le choix (ou la conception) des machines, la structure des bâtiments, les équipements techniques. Enfin, il est souhaitable de s'appuyer sur des calculs prévisionnels.

Disposition des locaux et des postes de travail

La séparation des machines bruyantes et des postes de travail est à rechercher dans la mesure où l'organisation du travail, la circulation des hommes et des produits le permettent. De même, il conviendra d'éloigner au maximum les différentes sources principales du bruit les unes des autres. Par exemple, les zones de stockage pourront être disposées de telle sorte qu'elles créent des espaces tampons entre les différentes zones de travail, limitant ainsi l'augmentation des bruits et facilitant la mise en place d'écrans. De même, des locaux spécifiques seront prévus pour les compresseurs, broyeurs ou autres machines et installations bruyantes ne nécessitant pas d'interventions humaines fréquentes.

Traitement acoustique du local

Le traitement acoustique consiste à recouvrir une partie des parois d'un local, généralement le plafond mais parfois aussi les murs, d'un matériau absorbant afin de limiter au maximum l'amplification du bruit. Bien sûr l'absorption n'est jamais totale mais elle a un impact important sur le niveau sonore ambiant. Le surcoût est toujours faible à la conception, ce qui n'est pas le cas lorsque l'on traite les problèmes par la suite.

La surface traitée doit être la plus grande possible. Il faut choisir des matériaux qui aient à la fois des qualités acoustiques (indice d'affaiblissement et coefficient d'absorption), thermiques (coefficient thermique) et qui ne nuisent pas à l'éclairage (coefficient de réflexion et couleurs). Il faut noter qu'un matériau performant en acoustique est souvent bon isolant thermique. En revanche, l'inverse n'est pas vrai : ainsi, les polystyrènes expansés et les mousses rigides à pores fermés n'améliorent pas – voire dégradent légèrement – les performances acoustiques de la paroi qu'elles recouvrent. Dans tous les cas, il est recommandé de retenir des matériaux caractérisés par des coefficients d'absorption sonore aussi élevés que possible, au moins dans les gammes de fréquence des bruits prévisibles générant l'exposition la plus forte.

L'absorption est en général assez faible aux basses fréquences [5] : il est parfois nécessaire de l'améliorer. Cela peut être fait en augmentant l'épaisseur. Comme cette solution peut être contraignante, certains fabricants ont mis au point des matériaux hétérogènes (poreux, poreux avec inclusion, résonateurs) qui présentent une bonne absorption aux basses fréquences pour des épaisseurs plus faibles.

Par ailleurs, dans les industries agro-alimentaires, la nécessité du nettoyage régulier des parois demande l'utilisation de matériaux spéciaux [6], par exemple :

■ les matériaux absorbants revêtus d'une peinture micro-perforée destinés aux locaux peu exposés aux salissures et n'exigeant un nettoyage humide que quelques fois par an ;

■ les matériaux absorbants entourés d'un film étanche destinés aux locaux exposés à de fréquentes salissures et pouvant nécessiter un nettoyage humide tous les jours.

Conception ou achat des machines

C'est l'occasion de rechercher les équipements présentant les conditions de fonctionnement les plus silencieuses :

- en indiquant les niveaux de bruit acceptables comme critères contractuels dans les cahiers des charges. Pour établir ces critères, il est préférable d'utiliser des grandeurs normalisées. Suivant les conditions réelles d'exploitation, il faut soit préciser les conditions de fonctionnement, soit se référer à une norme de type C. Il faut également tenir compte des équipements périphériques : l'adjonction d'un ventilateur, les chocs sur une goulotte d'entrée, sur un tapis d'évacuation ou dans un bac de réception peuvent faire plus de bruit que la machine elle-même ;

- en choisissant, chaque fois que cela est possible, des machines silencieuses d'origine, dans la mesure où les données fournies par le constructeur sont obtenues dans des conditions de fonctionnement réalistes ;

- en veillant à l'équilibrage des parties tournantes ;

- en munissant certaines machines de dispositifs appropriés (silencieux pour échappement d'air comprimé, butées en caoutchouc pour éviter certains claquements, tôles rigides ou amorties, outils spéciaux, habillage par des panneaux acoustiques, silencieux d'entrée de compensation d'air).

Structure du bâtiment

Les sols, les fondations et les éléments porteurs sont très importants : la conception des sols doit assurer une assise suffisante aux machines (afin de garantir leur bon fonctionnement et de limiter les efforts dynamiques transmis) et permettre d'éviter la transmission des vibrations, notamment en implantant les équipements bruyants sur des structures massives (massif) désolidarisées de la structure des bâtiments. Si une machine, telle qu'un ventilateur ou un turbo-alternateur, nécessite des fondations spéciales pour éviter la propagation des vibrations, le constructeur fournira les caractéristiques nécessaires à l'étude de génie civil.

Dans le cas courant d'une structure porteuse de ponts roulants et contiguë à une construction abritant une activité calme, on veillera en outre à désolidariser, autant que possible, depuis les fondations jusqu'au point le plus haut, cette structure porteuse de la construction.

De la même façon, les machines de forte puissance générant des chocs (presses à découpe, presses d'emboutissage, concasseurs) ou des vibrations (cribles, tamis,

transporteurs) devront être implantées sur des massifs isolés du bâtiment.

Équipements techniques

Il est impératif de traiter les équipements techniques dès la conception car leur traitement est alors facile et peu coûteux. En revanche, traiter les équipements a posteriori peut s'avérer très difficile pour des raisons d'accès, d'encombrement, de compensation d'air...

Les sources intenses telles que moteurs, pompes, compresseurs, centrales de traitement de l'air peuvent être installées dans des locaux indépendants ou être encoffrées. Les tuyauteries et les gaines peuvent être traitées pour éviter les propagations vers les locaux desservis.

La propagation des vibrations génératrices de bruit est à limiter autant que possible au droit des points particuliers tels que raccords de dilatation, supports de fixation, traversées de parois, pieds des pompes et pieds des machines.

L'acoustique prévisionnelle intérieure

Beaucoup de bureaux d'études spécialisés en acoustique industrielle utilisent des logiciels d'acoustique prévisionnelle pour définir ou vérifier qu'un projet de local bénéficie d'un traitement acoustique acceptable. Ces logiciels [7] permettent de fournir deux types de résultats :

- la décroissance sonore par doublement de distance à une source de bruit de référence. À noter que cette décroissance peut être calculée même à un stade où les caractéristiques (puissance acoustique, position) des machines amenées à être installées dans le local sont inconnues ;

- des cartes de bruit prédisant soit les niveaux sonores en divers points du local, ou les écarts de niveaux sonores correspondant à diverses solutions de traitement du local et/ou d'implantation des machines, d'ajout de cloisons, de répartition du personnel.

Le recours à l'acoustique prévisionnelle, seul moyen prédictif en la matière, est donc fortement recommandé tant pour le concepteur d'un projet que pour le maître d'ouvrage souhaitant optimiser leurs choix par des simulations et appuyer leurs décisions sur des résultats objectifs. Comme toutes les méthodes de calcul, l'acoustique prévisionnelle intérieure fait des hypothèses et présente des limites théoriques. Par exemple, certains logiciels

ne prennent pas en compte la diffraction, les parois sont supposées de géométrie régulière, etc. Elle doit donc être considérée comme une aide à la conception et un moyen de comparer des solutions.

ACTIONS CORRECTIVES

Dans un atelier, à un poste de travail donné, il est souvent difficile d'identifier les sources de bruit qui sont responsables des niveaux sonores mesurés. Les techniques actuelles d'identification de ces sources nécessitent la réalisation de nombreuses mesures acoustiques et un travail de modélisation important qui rendent ces techniques lourdes à utiliser.

A contrario, la mesure de qualité acoustique du local est bien codifiée et la réglementation impose sa correction dans la mesure où il est montré que la réverbération provoque une augmentation du niveau d'exposition sonore quotidienne d'un travailleur égale ou supérieure à 3 dB(A).

Une fois réalisé ce travail de diagnostic et de qualification acoustique du local, les actions correctives possibles sont variées : réduction du bruit à la source (choix de machines plus silencieuses, d'outils moins bruyants, traitement des échappements, etc.), isolation de ces sources (mise en place d'écrans, isolation vibratoire, encoffrement), traitement acoustique du bâtiment et/ou réimplantation des sources, changements dans l'organisation du travail ou création de zones isolées (cabines) afin de réduire le temps d'exposition au bruit des travailleurs et, en dernier ressort, protection individuelle.

Réduction du bruit à la source

Ce mode d'action – le plus efficace – est à retenir en priorité chaque fois que possible. Malheureusement, au stade de l'action correctrice, il est très difficile à appliquer. Il repose sur un diagnostic précis du mécanisme générateur du bruit et du mode de rayonnement. À partir de ce diagnostic, les actions de réduction du bruit consistent soit en la modification de ce mécanisme pour diminuer l'excitation acoustique, soit en la diminution du rayonnement acoustique induit par cette excitation. Il est difficile de détailler davantage. Chaque action est différente, seuls les problèmes sont génériques [8].

Prenons, par exemple, le cas très simple de la chute d'une pièce dans un bac : on peut réduire la hauteur de chute ou on peut diminuer la vitesse de la pièce au moyen d'une descente en matériau amorti.

Dans les deux cas, on réduit l'excitation. On peut utiliser des bacs grillagés ou en tôles amorties : l'excitation reste la même, mais le rayonnement du bac diminue. Si les pièces s'entrechoquent, elles vont elles-mêmes rayonner : il faudra donc un bac fermé en tôles amorties. Cet exemple apparemment simple se pose régulièrement et est toujours difficile à traiter.

Encoffrement de la source

Lorsque les impératifs d'accès et de fonctionnement de la machine le permettent (c'est le cas des machines automatiques), l'encoffrement intégral de la machine constitue une très bonne solution à condition que certaines règles soient respectées [9] : utiliser des parois de masse surfacique suffisante afin de bien isoler la source et revêtues d'un matériau absorbant (coté intérieur) afin de limiter l'amplification générée par le confinement de la source, prendre des précautions pour éviter les ponts phoniques (traitement des ouvertures avec des silencieux), éviter absolument les fuites [10], découpler (système anti-vibratile) l'encoffrement de la machine si cette dernière vibre, insonoriser la ventilation... Notons qu'un bon encoffrement apporte au minimum un affaiblissement de l'ordre de 20 dB(A).

Écrans acoustiques

Leur efficacité est limitée ; un écran apportera de l'ordre de 6 dB d'atténuation lorsqu'il est placé entre la source et les personnes exposées. De plus, il faut éviter d'installer un écran acoustique dans un local réverbérant. En effet, le bruit se propageant par voie directe serait effectivement arrêté mais le bruit se propageant après une ou plusieurs réflexions serait presque intégralement transmis. Les écrans sont toujours complémentaires du traitement acoustique du bâtiment. D'autre part, un écran n'est efficace que pour les personnes très proches et placées dans la zone d'ombre qu'il crée par rapport à la source.

Isolation du personnel en cabine

Lorsque l'isolation acoustique des machines par encoffrement ne peut être envisagée, l'isolation du personnel en cabine ou en box insonorisé peut être une alternative. Outre ses qualités acoustiques, une telle cabine devra comporter une bonne ventilation ou une climatisation, un bon éclairage et une bonne visibilité vers l'extérieur. Le non-respect de l'une ou l'autre de ces recommandations se traduirait par l'ouverture permanente des portes de la cabine et replacerait le personnel en ambiance sonore élevée.

Traitement acoustique du bâtiment

Cette méthode a été détaillée dans la partie « Actions à la conception ». Dans le cadre d'une action corrective, elle est évidemment beaucoup plus coûteuse, d'autant plus qu'elle implique souvent un arrêt de la production. Même au stade de l'action corrective, l'efficacité prévisible d'un projet de traitement anti-réverbérant est à déterminer par une étude d'acoustique prévisionnelle. Cependant, quelque soit son impact sur l'exposition au bruit des personnels travaillant dans le local, un traitement acoustique apportera toujours un bien meilleur confort et améliorera donc les conditions de travail.

Éloignement et disposition des machines

La séparation des machines bruyantes et des postes de travail silencieux est à rechercher dans la mesure où l'organisation du travail, la circulation des hommes et des produits le permettent. Les nuisances sonores sont à prendre en compte lors de toute implantation.

Réduction du temps d'exposition

Il faut rappeler que l'on diminue de 3 dB le niveau sonore équivalent chaque fois que l'on divise le temps d'exposition par 2. Cela peut conduire à un aménagement du temps de travail du personnel exposé. Par exemple, la rotation du personnel toutes les heures à un poste de travail où le niveau sonore équivalent serait de 93 dB(A). Il est évident que cette solution n'amènera jamais un gain élevé.

Protection individuelle

Les protections individuelles ne devraient être qu'un appoint de la protection collective, mais elles demeurent bien souvent pour le salarié sa seule protection [11]. Il s'agit de serre-tête (casque), de bouchons d'oreille formable (mousse, résine formable ou fibre), pré-moulés ou enfin de bouchons moulés individualisés. Le choix se fera en fonction de l'utilisation. Les bouchons d'oreille sont le plus souvent préférés pour un port continu. D'après les mesures en laboratoire, tous les types de protection ont à peu près la même efficacité. Elles procurent une atténuation d'environ 20 dB(A). Cependant, une étude [12] a montré qu'en moyenne, les mesures d'affaiblissement obtenues en laboratoire surestimaient les résultats sur le terrain.

Les protections individuelles présentent l'inconvénient de perturber la relation sonore homme-machine et gênent la perception des signaux de danger. Elles

sont aussi souvent difficiles à supporter (il faut une période de l'ordre de deux semaines pour s'y habituer).

Enfin, pour qu'une protection soit efficace, il faut qu'elle soit portée pendant toute l'exposition au bruit. Prenons l'exemple d'une protection ayant une efficacité d'atténuation de 20 dB(A). Si elle est portée par le salarié pendant 8 heures dans un environnement sonore de 96 dB(A), le salarié aura été exposé à 76 dB(A). En revanche, si le salarié, dans le même environnement sonore, ne porte la protection que pendant 5 heures, l'efficacité d'atténuation ne sera que de 4 dB(A). Il aura reçu comme dose sonore 92 dB(A), dose suffisante pour que, au fil du temps, une destruction irréversible de l'ouïe s'installe.

SYNTHÈSE

La lutte contre l'exposition au bruit est imposée par la réglementation. Au stade de la conception, cette réglementation impose notamment le choix de machines les moins bruyantes possible et le traitement acoustique des locaux de travail. Lorsque l'exposition est avérée, la réglementation exige et détaille la mise en œuvre d'un programme de mesures techniques et organisationnelles. Parmi les actions correctives possibles, le recours à l'encoffrement reste la mesure la plus efficace mais demande des précautions de mise en œuvre et elle est contraignante pour les opérateurs. Les cabines insonorisées ne sont efficaces que si les opérateurs sont à l'intérieur. Les écrans acoustiques ont une efficacité limitée. L'impact d'un traitement acoustique du local dépend de la position des opérateurs vis-à-vis des sources du bruit tout au long de leur journée de travail. Mais il aura un effet positif et il complète toujours efficacement les autres actions, notamment la mise en place d'écrans. Enfin, les protections acoustiques doivent être utilisées en dernier ressort : leur choix est difficile, elles induisent de nouveaux risques et, surtout, leur efficacité réelle dépend beaucoup de leur bonne utilisation, qu'il est difficile de contrôler.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Aide Mémoire Juridique T]16 « Le bruit », Edition INRS, 2007.

[2] Normes ISO 3382 «Acoustique - Mesurage des paramètres acoustiques des salles ».

[3] Les normes EN-ISO 140 relatives à la mesure acoustique des immeubles et éléments de construction, AFNOR.

[4] Fiche pratique de sécurité ED 777 « Signalisation de santé et de sécurité au travail. Réglementation », Edition INRS, 2005.

[5] Note scientifique et Technique NST 58 « Matériaux absorbants pour parois : performance des matériaux les plus courants », Edition INRS, 1984.

[6] BOISSIER M., RITOUX S., ROBINE E., VERNONIS G., Etude des qualités hygiéniques des panneaux acoustiques, ND2208, Edition INRS, 2004.

[7] ONDET A.M., BARBRY J.L., Acoustique Prévisionnelle, modélisation de la propagation dans les locaux industriels à partir de la technique des rayons, Notes scientifiques et techniques de l'INRS, vol 67 (1987).

[8] Fiche pratique de sécurité ED 997 « Techniques de réduction du bruit en entreprise ». Edition INRS, 2007.

[9] Fiche pratique de sécurité ED 107 « Réussir un encoffrement acoustique », Edition INRS, 2003.

[10] TROMPETTE N., BARBRY J., SGARD F., NELISSE H., La perte par transmission des ouvertures et des fuites - Résultats expérimentaux et corrélations avec des modèles. Journal of the Acoustical Society of America, January 2009, Vol. 125, N° 1, pp. 31-41.

[11] Fiche pratique de sécurité ED 133 « Application de la réglementation sur le bruit et usage de protecteurs individuels contre le bruit (PICB) », Edition INRS, 2008.

[12] KUSY A., Affaiblissement acoustique in situ des protecteurs individuels contre le bruit - Étude bibliographique, ND 2295, Edition INRS, 2008.

4.6.

TRAITEMENT ACOUSTIQUE DANS LES LOCAUX AGROALIMENTAIRES

Les salariés de l'industrie agroalimentaire sont souvent exposés à des niveaux sonores lésionnels. De par leur conception, les locaux de travail de ce secteur d'activité sont, en général, particulièrement réverbérants. Les matériaux acoustiques absorbants actuellement commercialisés et adaptés pour le traitement de ces locaux sont réputés fragiles et coûteux. De plus, les contraintes sont fortes en matière de nettoyage et d'exposition aux chocs. Le but est ici de faire un bilan, après plusieurs années d'implantation, des performances acoustiques et de l'état de conservation de traitements acoustiques réalisés.

La torréfaction du café est un exemple d'activité bruyante. Cette entreprise a travaillé sur l'isolement et le traitement acoustique des locaux afin de permettre de diminuer les niveaux sonores et travailler sans protection individuelle contre le bruit (PICB) [1].

► Laurent LEGAL,
Centre interrégional de mesures physiques de
l'Ouest (CIMPO)

L'ouest de la France occupe la première place en termes de chiffre d'affaires dans l'industrie agroalimentaire nationale. Les études et les nombreuses mesures de bruit réalisées par le CIMPO dans ces régions, montrent que ce secteur est particulièrement touché par les nuisances sonores. Or, des bonnes pratiques de réduction du bruit mises en œuvre par les entreprises ou initiées par les services Prévention des Carsat et CGSS, démontrent que cette situation n'est pas irrémédiable.

LA CONCEPTION DES LOCAUX

L'exigence d'une conception et d'un agencement des lieux de travail visant à éviter ou à réduire l'exposition au bruit est rappelée dans la directive européenne

2003/10/CE. Elle se traduit dans la réglementation française par les articles R4213-5 et R4213-6 du code du travail (arrêté du 30 août 1990).

Dans le cas des locaux où doivent être installés des machines et des appareils susceptibles d'exposer les travailleurs à un niveau d'exposition quotidienne supérieure à 85 dB(A), le code du travail fixe les caractéristiques de décroissance du local (DL) minimales que doivent présenter ces locaux de façon à réduire la réverbération du bruit sur les parois lorsque celle-ci doit augmenter notablement le niveau d'exposition sonore des travailleurs.

La DL est la décroissance du niveau sonore lorsque l'on s'éloigne d'une source sonore de référence. Si une source sonore est disposée en plein air sur sol réfléchissant (champ libre), la décroissance du niveau sonore est de 6 dB par doublement de la distance. Par contre, si cette même source est disposée dans un local, la diminution du bruit en dB(A) par

doublage de la distance DL devient une caractéristique acoustique de ce local ($0 < DL < 6 \text{ dB(A)}$).

Cet arrêté fixe précisément les prescriptions techniques avec une valeur réglementaire mesurable à atteindre : décroissance linéaire par doublement de distance (DL). Cet objectif difficile à mesurer dans les petits locaux est fréquemment remplacé par l'évaluation du temps de réverbération (Tr). On appelle temps de réverbération, la durée nécessaire pour que le niveau sonore décroisse de 60 dB après extinction d'une source. Plus bas sera ce temps de réverbération pour des locaux d'un volume donné, moins ces derniers seront réverbérants.

Les exigences en matière d'hygiène alimentaire entraînent la construction d'équipements et de locaux particulièrement réverbérants. Or, de nombreuses opérations manuelles nécessaires à l'élaboration des produits sont réalisées à proximité des équipements de travail bruyants. Sans une réduction suffisante du bruit à la source (bien que prioritaire), une meilleure conception des locaux agroalimentaires peut apporter alors une solution. Le principe d'une correction (a posteriori) ou d'un traitement acoustique consiste à introduire des matériaux absorbants dans le volume d'un local réverbérant afin de limiter l'amplification du bruit dans ce local.

Pour respecter les exigences en matière d'hygiène, les matériaux employés pour réaliser ou revêtir les équipements et les cloisons des locaux agroalimentaires sont très réverbérants : tôles inox, carrelage, panneaux sandwich... Des matériaux absorbants acoustiques, adaptés au secteur agroalimentaire, existent et peuvent être mis en œuvre.

DES PANNEAUX ABSORBANTS ACOUSTIQUES ET HYGIÉNIQUES

Les matériaux utilisés pour réaliser ces traitements acoustiques sont constitués d'une laine minérale, matériau inorganique, non traité avec des fongicides. D'après deux fournisseurs identifiés, le type et la fréquence de nettoyage, donc leur

exposition aux salissures, conditionnent les deux traitements possibles de leur surface externe. A savoir :

■ des panneaux enduits d'une peinture micro-perforée hydrofuge (type I),

■ des panneaux enveloppés d'un film de protection étanche en Tedlar (type II).

Le comportement acoustique de ces matériaux a été étudié en 1996 par l'INRS [2]. Le coefficient d'absorption, des panneaux de type I et II, montre leurs bonnes qualités acoustiques : coefficient supérieur à 0,7 entre 250 Hz et 4 000 Hz.

Ceci a été vérifié à nouveau en 2009 dans le cadre d'une étude sur les matériaux acoustiques pour l'industrie agroalimentaire réalisée par l'INRS et le Centre interrégional de mesures physiques de l'Ouest (CIMPO) de la Carsat Bretagne.

Outre leur performance acoustique, ces panneaux doivent posséder d'excellentes qualités hygiéniques pour être implantés dans les locaux agroalimentaires. Les panneaux de type II ont fait l'objet d'une étude INRS en partenariat avec le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) [3] qui a porté sur :

■ la nettoyabilité de panneaux souillés,

■ le suivi d'une contamination bactérienne,

■ le vieillissement lié aux nettoyages répétés à haute pression et ses effets sur la survie des cellules bactériennes.

Les conclusions de cette étude ont été positives : envelopper les panneaux acoustiques de type laine de roche avec du Tedlar ne doit donc pas poser de problème pour l'industrie agroalimentaire en termes de développement bactérien et de nettoyage. Les auteurs rappellent les précautions à prendre pour la pose de ces panneaux.

Dans la fiche technique ED 77 de l'INRS [4], les réglementations applicables aux matériaux entrant en contact avec les denrées alimentaires sont récapitulées. Cela ne concerne pas au sens strict les traitements acoustiques mais ces informations sont cependant intéressantes. En particulier, les textiles et les peintures sont proscrits, tout comme le nettoyage haute pression des machines qui risque de disperser les micro-organismes.

La fiche technique ED 106 de l'INRS [5] traite du nettoyage des locaux. Les pres-

criptions réglementaires et techniques (arrêté du 5 août 1992 et APSAD*) concernant les sols et les plafonds sont très précises : ils doivent être lisses et imperméables.

Les angles doivent être arrondis. La fiche recommande les laines de verre ensachées pour les traitements acoustiques, en revêtement mural ou en baffles. Enfin, elle décrit le processus usuel de nettoyage et de désinfection : déblayage des déchets, prélavage à l'eau, application d'un détergent, lavage/rinçage à moyenne pression, désinfection, rinçage final, séchage. Dans l'article « Nettoyage et désinfection dans l'industrie agroalimentaire... » de l'INRS [6], on trouve la même description du processus de nettoyage. L'article recense aussi les détergents et les désinfectants utilisés, auxquels doivent donc résister les matériaux acoustiques et leurs supports.

Les fabricants précisent dans leur documentation le classement feu, le classement salle blanche et la tenue à l'humidité. Les matériaux de type I sont de classe feu Mo (incombustible) et ceux de type II M1 (combustible, non inflammable). Manifestement le classement feu M1 (combustible, non inflammable) est suffisant. Le classement salle blanche est inutile. La tenue à l'humidité doit être telle que le taux d'humidité puisse être supérieur à 95 %.

En conclusion, les laines de verres ensachées dans un film peuvent être utilisées dans les locaux de l'industrie agroalimentaire qui doivent être nettoyés quotidiennement au jet d'eau. En effet, les matériaux montés de façon étanche sur sa structure porteuse peuvent être nettoyés au jet moyenne pression et résistent aux détergents et désinfectants répertoriés dans la référence [6].

D'autres locaux de l'industrie agroalimentaire n'ont pas des contraintes d'hygiène et de nettoyabilité aussi strictes. Pour ces locaux, il existe d'autres produits acoustiques adaptés. Il s'agit des laines de roche recouvertes d'un voile minéral peint lavable à l'éponge deux fois par an ou des tissus de verre enduit pouvant constituer un compromis.

* APSAD : Assemble plénière des sociétés d'assurance dommage. C'est une marque collective délivrée par le CNPP, organisme certificateur reconnu par la profession d'assurance. Elle émet des règles de certification pour les éléments de sécurité et de protection.

DES MODES DE POSE VARIÉS

Ces panneaux peuvent être suspendus sous forme de baffles. Deux crochets sont fixés à chaque panneau permettant de les accrocher à des profilés porteurs. Ce procédé a de multiples avantages :

- une surface développée maximale en assurant une absorption sur les deux faces de chaque panneau,

- une réduction artificielle de la hauteur du local traité,

- des matériaux absorbants qui peuvent être descendus au-dessus des sources de bruit,

- un éclairage naturel ou artificiel et une ventilation conservés en plafond.

On limitera ce mode de pose à des plafonds hauts et peu exposés à des salissures. Ils peuvent être nettoyés quotidiennement au jet basse pression (7 bars) depuis le sol et périodiquement être démontés pour être lavés à l'éponge.

Pour un lavage quotidien, il est possible d'envisager une pose de ces panneaux sous forme de dalles munies de clips anti-soulèvement pour constituer un faux plafond. On préférera toutefois le système de panneaux plaqués contre les parois avec un joint de silicone autour de chaque panneau et du cadre pour une étanchéité parfaite. Pour résister aux ambiances agroalimentaires, les cadres et les structures sont en acier inoxydable ou revêtus époxy ou encore en polyéthylène.

Pour la pérennité de ces réalisations, il est indispensable que l'entreprise dresse des procédures de nettoyage que les intervenants, bien souvent extérieurs, doivent respecter. Le choix d'un matériau acoustique doit être fait avec le fournisseur en expliquant les contraintes. Le fournisseur pourra ensuite indiquer les solutions et les précautions. Ceci permettra d'aller au-delà de la mise en œuvre du traitement et de prévoir son nettoyage (mode de nettoyage, fréquence, périodicité, produits utilisés...).

Les fournisseurs ont réalisé des tests de résistance à certains produits de nettoyage et peuvent aider à valider le choix. Depuis notre étude, les fournisseurs ont intégré à leur gamme de produits acoustiques des systèmes de montage et de protection mécanique des panneaux permettant de réduire les risques de dégra-

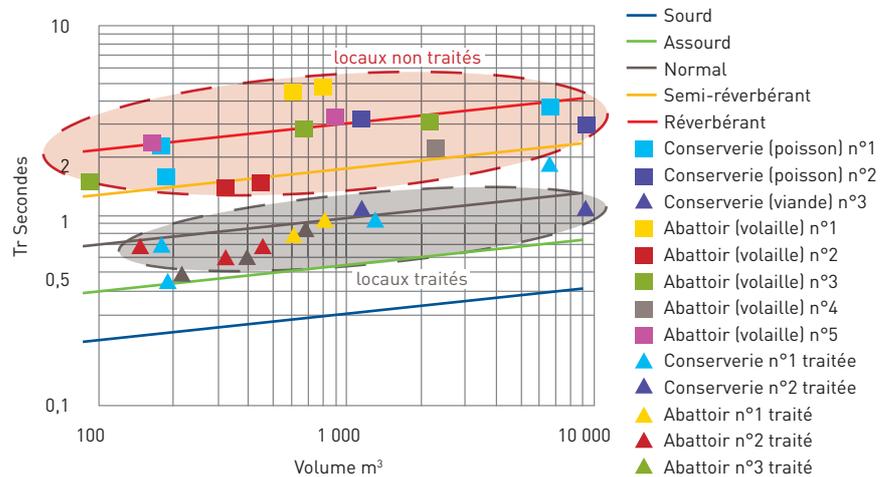
TABLEAU I

Local N°	Volume m ³	Surface traitée m ²	Surface au sol m ²	Tr avant s	Tr après s	Tr demandés	Gain (1) obtenu dB
1	2534	542	566	2,7	0,75	1	6
2	1138,5	160	253	2,6	1	0,8	4
3	12000	1630	2400	3	1,1	1,4	4
4	800	192	160	4	1,1	0,75	6
5	128,44	70	34	1,4	0,45	0,75	5
6	691	94	144	4,2	1	0,75	6
7	485	257	131	2,7	0,6	0,75	7
8	545	151	176	1,2	0,8	0,8	3

(1) Réduction du bruit calculé à partir des différences entre les temps de réverbération avant et après traitement.

FIGURE 1

Classification acoustique de divers locaux alimentaires



dation des panneaux, de développement de bactéries et d'oxydation des supports.

Les fabricants fournissent systématiquement les courbes d'absorption des matériaux. Pour les obtenir, ils utilisent la norme ISO 354 qui autorise une mesure avec un vide d'air de 200 mm derrière le matériau. Or, dans l'agroalimentaire, les matériaux sont posés directement sur les murs et les plafonds et l'absorption est alors plus faible car le plénum permet un gain important aux basses fréquences. Il existe quelquefois différentes épaisseurs de produits. L'augmentation de l'épaisseur permet une meilleure absorption acoustique et est donc favorable.

Toutefois, l'essentiel réside dans le fait que le CIMPO ait mesuré des gains importants obtenus sur de multiples réalisations commentées dans les paragraphes suivants.

DE MULTIPLES RÉALISATIONS EFFICACES DANS L'OUEST DE LA FRANCE

De nombreux projets de correction acoustique de locaux agroalimentaires ont été accompagnés (aide technique et financière) par les Carsat Bretagne et Pays de Loire ainsi que par la CGSS de l'île de la Réunion durant les années 1990 - 2000.

Le comportement acoustique des locaux avait été mesuré avant et après traitement acoustique. Les résultats obtenus avec les matériaux ensachés donc lavables au jet d'eau et avec les matériaux revêtus d'une peinture microporeuse sont donnés *Figure 1* et *Tableau I*.

UNE EFFICACITÉ VALIDÉE ET DURABLE DANS LE TEMPS

Voyant le nombre de corrections acoustiques diminuer, le CIMPO a souhaité réaliser un bilan en vue de :

- recueillir l'avis des utilisateurs en termes de confort acoustique et de conditions d'utilisation (nettoyage, vieillissement, réparation, remplacement...),

- remonter ces informations aux fabricants afin qu'ils développent de nouveaux produits répondant aux exigences de leurs clients.

Cette démarche a été réalisée en collaboration avec l'INRS qui s'est chargé de la recherche d'autres produits acoustiques disponibles sur le marché et de la mesure des performances en termes d'absorption acoustique.

Les résultats dans le *Tableau 1* sont bons à très bons. En particulier, il semble que l'augmentation de l'épaisseur du matériau et les performances annoncées sont bien en adéquation avec les résultats.

Les matériaux supportent bien les nettoyages, avec en particulier un exemple de nettoyage au jet quotidien à 60°C et 120 bars sur 10 ans. Ils résistent relativement bien aux ambiances chaudes et humides et aux vapeurs.

Les problèmes rencontrés sont la résistance aux chocs mécaniques, la corrosion des ossatures métalliques supportant les panneaux acoustiques, autant pour les plafonds que les revêtements muraux, et l'étanchéité des montages (dégradation du joint en silicone). Pour répondre à ces problèmes, le fournisseur a ajouté à son catalogue des grilles de protection contre les chocs mécaniques, des ossatures métalliques en acier inoxydable et le remplacement du joint silicone ou de son doublage par un joint expansé à coller sur l'ossature métallique au moment du montage. Une entreprise (local n°7) a surmonté ces difficultés en collant les dalles au plafond et en utilisant des cornières en PVC pour les bordures. L'efficacité acoustique est très bonne et le traitement est en parfait état après 10 ans.

UN EXEMPLE DE RÉALISATION : UNE TORRÉFACTION EN SOURDINE [1]

La torréfaction de café est une activité bruyante : réseau de transfert pneumatique des grains, brûleurs, moulins, ensacheuses, ventilateurs sont autant de sources génératrices de bruit dans le process. Initialement, le niveau sonore dans l'atelier était très élevé, dépassant la valeur d'exposition maximale fixée à 85 dB(A). Une évaluation du niveau sonore réalisée par le CIMPO avait mis en évidence qu'en l'absence d'action corrective, le port permanent d'un protecteur individuel contre le bruit adapté était impératif pour l'ensemble du personnel.

Après identification des principales sources de bruit, il s'est avéré difficile et coûteux de traiter chaque source. Il a été décidé la mise en place de cloisons pour isoler le process bruyant des postes de travail. Cette option permettait ainsi de protéger la majorité des opérateurs. Ces cloisons devaient présenter trois critères : isoler du bruit, respecter les normes de protection des produits alimentaires et assurer une stabilité au feu. Les principales sources de bruit sont ainsi désormais isolées dans une grande enceinte, au milieu de l'atelier. Les parois sont mobiles et démontables. Le cloisonnement est par ailleurs conçu de façon à permettre le passage des fluides et matières en limitant les fuites acoustiques (isolation des passages de câbles, gaines et conduits). Les cloisons sont dotées de vitres pour contrôler visuellement certaines étapes du process à l'intérieur du local. Cela permet aussi de cibler un problème – lorsqu'il y en a un – et de réduire les temps d'intervention sur les machines générant du bruit. Les cloisons ont été équipées sur leurs parois internes de panneaux acoustiques absorbants intégrés dans des systèmes de cornières.

De cette façon, les niveaux sonores n'ont pas augmenté dans l'enceinte créée. Néanmoins, les personnes intervenant dans ce périmètre pour des opérations de maintenance ou de nettoyage doivent continuer à porter leurs protections individuelles.

Baisses significatives

Aux postes en amont et en aval du process, respectivement la pesée et le conditionnement, les conditions de travail n'ont désormais plus rien de commun avec le passé. Au poste de pesée, lorsqu'il n'y a pas de transfert de grains, les

mesures ont montré un gain de 18 dB(A), passant de 81 à 63 dB(A). Par contre, lorsque l'opérateur vide les sacs de café dans la trémie et que débute le transfert pneumatique des grains, la réduction n'est plus que de 5 dB(A).

De l'autre côté du process, au conditionnement des sachets de café, les gains initialement observés ont varié de 6 à 12 dB(A). Une des lignes a connu au départ un problème de vibration de la tôle de réception des sachets, mais la pose d'un matériau viscoélastique à sa base a rapidement permis d'obtenir un gain acoustique aussi net que sur l'autre ligne (réduction de 80 à 68 dB(A)). À l'exception du poste de pesée lors du transfert des grains, chacun peut désormais travailler sans casque ou sans bouchon d'oreille. La communication est amplement facilitée au sein des équipes, l'ambiance de travail est moins abrutissante.

CONCLUSIONS

Le traitement acoustique correctif des locaux de travail bruyant dans les industries agroalimentaires est possible, efficace et pérenne.

En effet, le bilan réalisé après plus de dix années d'utilisation en situation de production et de lavage quotidien dans plusieurs établissements montre que les traitements acoustiques réalisés restent efficaces et sont appréciés par les utilisateurs (salariés et employeurs).

Un des fabricants s'est appuyé sur ce retour d'expérience pour faire évoluer ces produits en y intégrant un dispositif de protection mécanique, en modifiant le mode de pose et de démontage des panneaux pour réaliser leur nettoyage sur les deux faces, en corrigeant les problèmes de corrosion des structures porteuses et en remplaçant les joints silicone.

Les solutions acoustiques adaptées aux locaux agroalimentaires sont déclinées à partir de dalles de laine minérale d'épaisseurs 20, 25, 40 ou 50 mm et en baffles de 40 ou 50 mm ensachés dans un film étanche ou revêtu d'un voile de verre peint. Les dalles de plus fortes épaisseurs sont à privilégier.

Si les baffles résistent bien et sur des durées longues, les plafonds et les traite-

ments muraux posent plusieurs problèmes : résistance aux chocs, étanchéité et corrosion. La résistance aux chocs doit être prise en compte lors de l'étude d'implantation du matériau avec ajout de barres de protection, choix d'implantation... En ce qui concerne la corrosion, des solutions nouvelles d'utilisation de profilés en polypropylène ou en acier inoxydable existent. Pour ce qui est de l'étanchéité, nos visites après une dizaine d'années d'implantation montrent que le joint silicone perdurait sur certains établissements tandis qu'il se délitait dans d'autres. Il semble que la qualité du joint soit en cause. Toutefois, il est désormais proposé de remplacer le joint silicone ou de son doublage par un joint expansé à coller sur l'ossature métallique au moment du montage.

Pour conclure, les panneaux constitués de laine de verre ensachée dans un film étanche en Tedlar représentent une vraie solution industrielle de traitement acoustique des locaux agroalimentaires.

Remerciements

Il est bien évident que cet article n'aurait pu être réalisé sans l'implication et la participation des collègues des services Prévention des risques professionnels des Carsat de Bretagne, des Pays de la Loire et de la CGSS de la Réunion : préventeurs auprès des entreprises, documentalistes, équipe des techniciens du CIMPO et son secrétariat. Enfin, nous remercions les entreprises qui ont accepté de travailler avec nous sur cette thématique.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Travail et sécurité n°709-septembre 2010- La torréfaction mise en sourdine.

[2] réf INRS ND 2010-162-96 « Etude du comportement acoustique des matériaux absorbants susceptibles d'être utilisés dans l'industrie alimentaire ». Cahiers de note documentaires n°162, 1er trimestre 1996.

[3] réf INRS HST ND2208-195-04 « Etude des qualités hygiéniques des panneaux acoustiques ». Cahiers de notes documentaires n°195, 2nd trimestre 2004.

[4] réf INRS Fiche pratique de Sécurité ED 77, décembre 1998 « Hygiène alimentaire. Nettoyabilité des équipements. Principe de conception des machines utilisées dans l'industrie de l'alimentation ».

[5] réf INRS Fiche pratique de Sécurité ED 106, Février 2003 « Usines agroalimentaires - Intégrer le nettoyage et la désinfection à la conception des locaux ».

[6] réf INRS Document pour le Médecin du Travail, DMT n°95, 3ème trimestre 2003 « Nettoyage et désinfection dans l'industrie agroalimentaire : évaluation des expositions aux polluants chimiques ».

4.7.

MODÉLISATION - OPTIMISER LA RÉDUCTION DU BRUIT À LA CONCEPTION

La prévention des nuisances sonores dans l'industrie repose en premier lieu sur la conception des locaux. A l'occasion d'une nouvelle implantation de ses ateliers, RETIS SOLUTIONS, a mis l'accent sur l'amélioration des conditions de travail de ses salariés. Au delà des aspects techniques, cette démarche s'avère d'autant plus efficace qu'elle s'intègre le plus en amont possible dans un projet de conception. La modélisation du comportement acoustique des locaux, réalisée par le centre de mesures physiques de Midi Pyrénées à l'aide du logiciel RAY+ de l'INRS, a permis d'optimiser le choix des matériaux acoustiques à adopter dans ce projet.

► Laurent HARDY, Carsat Midi-Pyrénées,
département des Risques professionnels

Le secteur de la métallurgie est particulièrement touché par les nuisances sonores du fait de l'utilisation de machines bruyantes (presses, poinçonneuses, etc.), d'outils à main (meuleuses, etc.) ou de la manipulation de matières premières. La présence des agents de contrôles des CARSAT/CRAM sur le terrain permet de sensibiliser les entreprises à ce risque. Avec l'aide du centre de mesures physiques de la CARSAT/CRAM, les entreprises peuvent ensuite mettre en œuvre des solutions de réduction du bruit

munie. Son chiffre d'affaires est de 20 millions d'euros, avec un effectif de 110 salariés. Elle est dotée de délégués du personnel actifs et d'un CHSCT participatif.

Sur un marché essentiellement national, RETIS SOLUTIONS conçoit et réalise :

- des équipements de réseau basse et haute tension,
- des équipements de réseau de télécommunication mobile,
- des équipements pour caténaires,
- et différentes fabrications spéciales de structures en mécano-soudées.

Pour réaliser ces ensembles, l'entreprise dispose de moyens conséquents en conception, fabrication et installation. Les moyens de production y sont importants : découpe, pliage, emboutissage, poinçonnage, ébavurage, soudage, traitement thermique et traitements de surface.

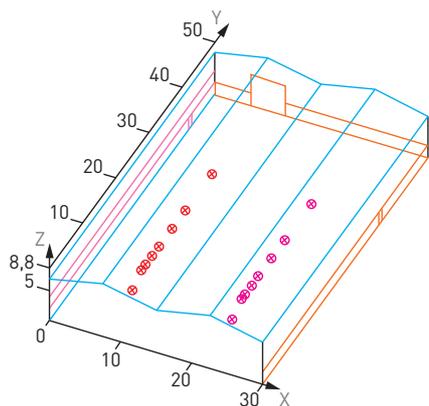
LE CONTEXTE

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE

L'entreprise RETIS SOLUTIONS est implantée à Saint Sulpice dans le Tarn (81) sur la zone industrielle de la com-

FIGURE 1

Simulation de la situation initialement prévue dans le projet



UNE ENTREPRISE À RISQUE

Dans ce secteur d'activité, les risques d'atteinte à la santé sont nombreux. Le risque de survenue de surdité professionnelle est majeur. Celui-ci fait l'objet d'une attention particulière du médecin du travail qui informe régulièrement les salariés et effectue une surveillance médicale renforcée. En effet, les niveaux relevés dans les différents ateliers dépassent les 85 dB(A). Certaines machines sont particulièrement bruyantes telles que les tonneaux d'ébavurage mesurés à 97 dB(A) et certaines presses à emboutir ont des pics impulsionnels mesurés à presque 120 dB(A).

De plus, l'entreprise ne travaille que de l'acier et l'entrechoquement des pièces s'ajoute au bruit des équipements de travail.

Enfin, les locaux sont vieillissants (certains datent du début du vingtième siècle) et très réverbérants.

UN PROJET DE DÉMÉNAGEMENT

L'entreprise change de direction en 2000 puis, sous l'impulsion de son nouveau directeur, un projet de regroupement des trois sites du centre ville sur un seul site en zone industrielle voit le

FIGURE 2

Graphe de résultat

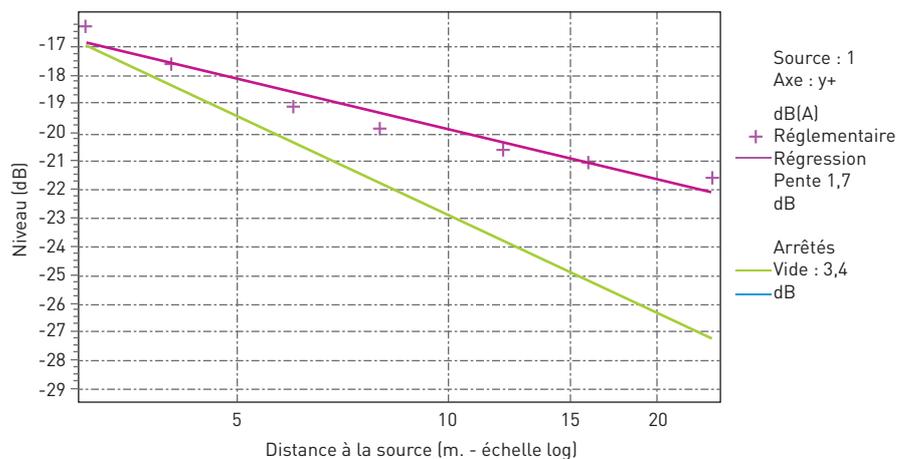


FIGURE 3

Graphe de résultat

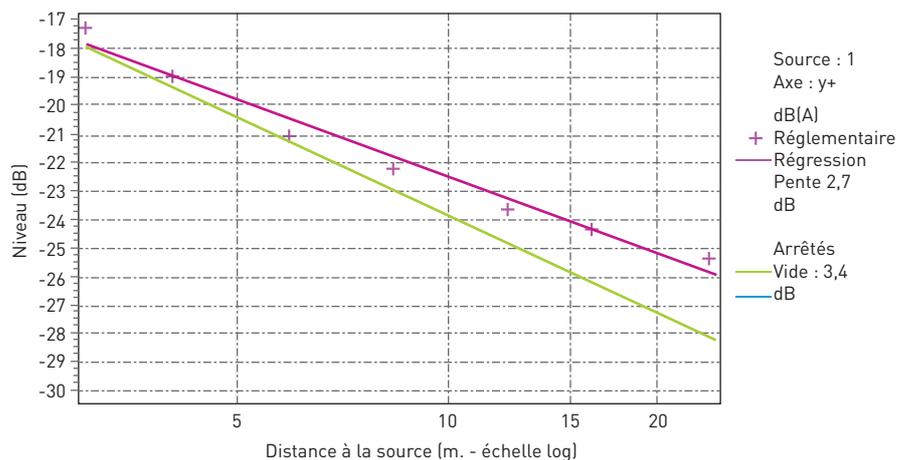


FIGURE 4

Graphe de résultat

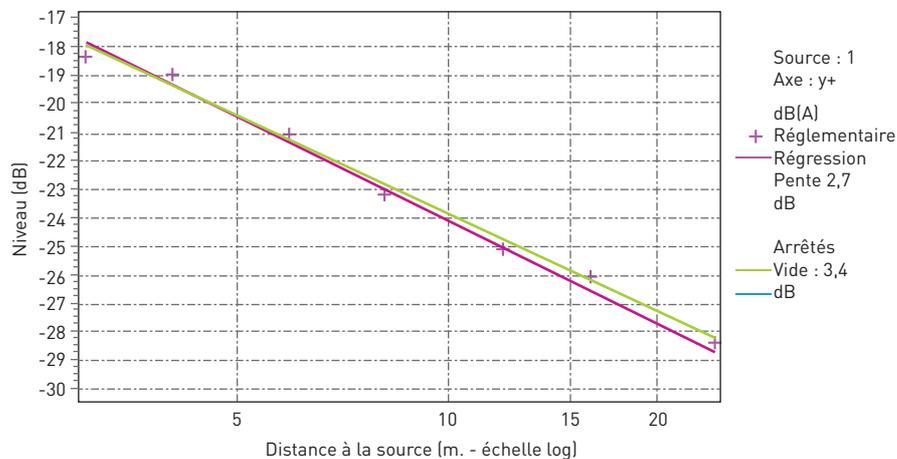


FIGURE 5

Graphe de résultat

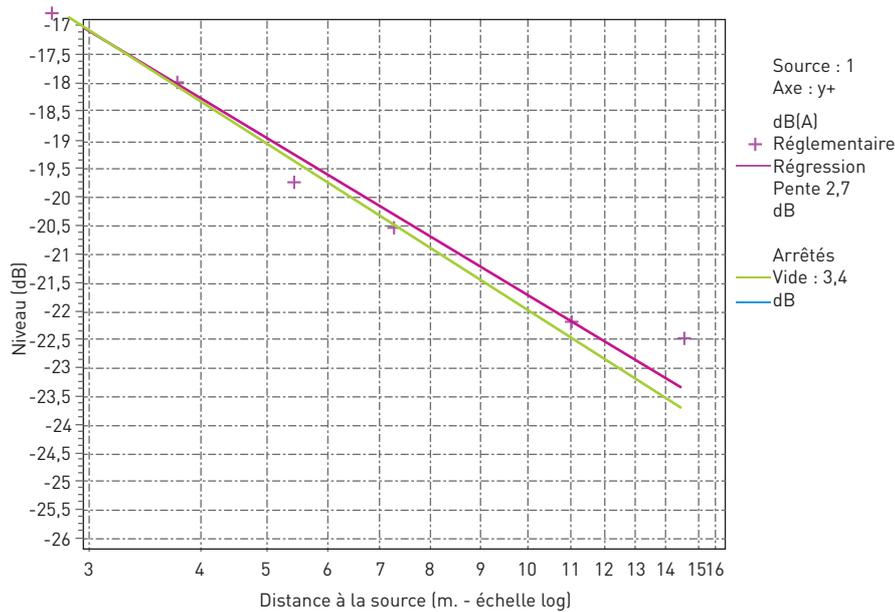
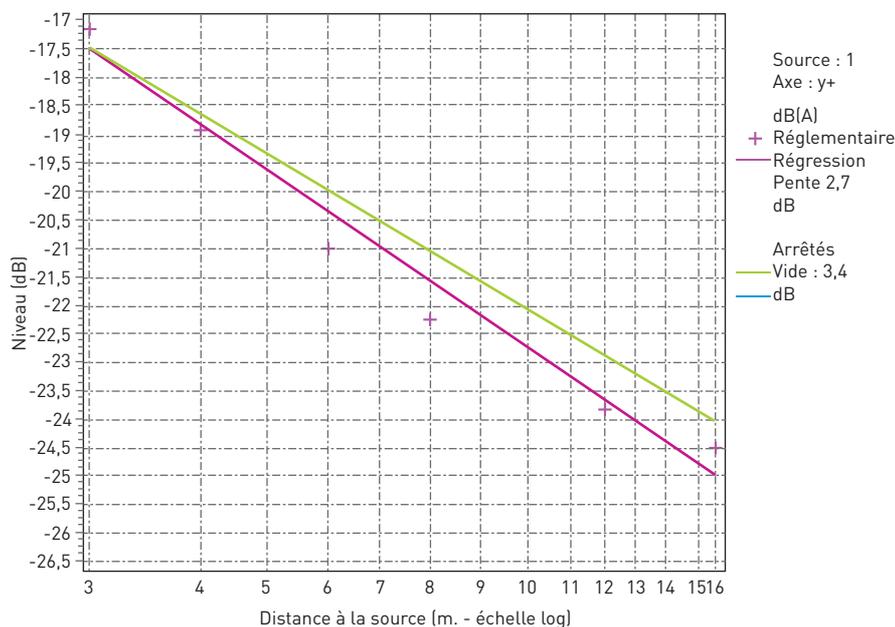


FIGURE 6

Graphe de résultat



jour. Le projet comporte la réhabilitation d'un local de 2 000 m² et la création, dans son prolongement, d'un second local de 5 000 m².

L'ÉTUDE

L'INFLUENCE DU LOCAL SUR LE BRUIT AMBIANT

Le local a un rôle fondamental dans l'exposition au bruit des travailleurs. Il amplifie le niveau sonore provenant des équipements et affecte tout l'espace de travail. En effet, les multiples réflexions du bruit sur les parois du local s'ajoutent au bruit transmis directement aux opérateurs.

LA RÉGLEMENTATION

L'exigence d'une conception et d'un agencement des lieux de travail visant à éviter ou à réduire l'exposition au bruit est rappelée dans la directive européenne 2003/10/CE. Elle se traduit dans la réglementation française (code du travail) par une obligation de traiter acoustiquement des locaux bruyants (Lex, $d > 85$ dB(A)). L'arrêté du 30 Août 1990 en fixe, de manière très précise, les prescriptions techniques avec une valeur réglementaire mesurable à atteindre : décroissance linéaire du bruit, par doublement de distance. Les valeurs limites réglementaires de décroissance linéaires (DL2) sont données dans cet arrêté.

SENSIBILISATION DES ACTEURS

Malgré les niveaux d'exposition quotidienne auxquels sont soumis les salariés, aucun des devis ne comportait le moindre traitement acoustique. L'argument avancé était le niveau de prix à remettre au client. Nous avons commencé par sensibiliser les architectes et les bureaux d'ingénierie.

LA SIMULATION

L'accompagnement de l'entreprise par le centre de mesures physiques de Midi Pyrénées vise dans un premier temps à l'aider à concevoir un local au minimum conforme à l'arrêté du 30 Août 1990. Pour cela, le centre de mesures physiques utilise un outil de simulation développé par l'INRS : RAY + acoustique. En effet, des calculs prévisionnels peuvent

être réalisés pour simuler l'effet d'un traitement ou pour comparer les gains respectifs de plusieurs solutions

Le résultat montre que le local sera dans ce cas « très réverbérant » (cf. *Figure 1*).

Fort de cette constatation, le centre de mesures physiques travaille avec le bureau d'ingénierie en charge du projet et teste numériquement les produits acoustiques absorbants proposés pour corriger le local.

Simulations pour l'atelier A Produit « X » au plafond seulement

La *Figure 3* nous montre qu'en traitant uniquement le plafond, le local reste « réverbérant », au delà de la limite réglementaire.

Produit « X » au plafond avec une retombée de 2 m sur les murs autour de l'atelier

La *Figure 4* montre qu'en traitant le plafond avec une retombée de 2m sur les murs pour tout le pourtour de l'atelier celui-ci devient conforme aux exigences réglementaires.

Simulations pour l'atelier B

Produit « X » au plafond

La *Figure 5* nous montre qu'en traitant uniquement le plafond, le local reste « réverbérant », au delà de la limite réglementaire.

Produit « Y » au plafond

Dans cet atelier les vitres situées sur le pourtour du bâtiment empêchent d'envisager des retombées de panneaux absorbants sur les murs. La solution envisagée est donc de tester un matériau ayant des caractéristiques plus élevées.

La *Figure 6* montre qu'en traitant le plafond avec le produit « Y » celui-ci devient conforme aux exigences réglementaires.

LA VÉRIFICATION

Après réalisation des bâtiments, le centre de mesures physiques réalise une mesure de décroissance linéaire par doublement de la distance afin de s'assurer des résultats de l'étude de simulation et de la bonne mise en œuvre des matériaux absorbants.

Les résultats (cf. *Figures 7 et 8*) prouvent que la mise en œuvre a été correctement effectuée et que les résultats de mesures sont très proches des résultats de simulation.

CONCLUSION

La prise en compte de l'amplification du bruit par les locaux est essentielle pour évaluer les solutions de niveau d'exposition au bruit des travailleurs. L'utilisation de logiciels, comme par exemple RAY+ Acoustique, permet de procéder à des calculs prévisionnels pour déterminer les performances acoustiques que devra atteindre le local.

Faisant face à des conditions de travail parfois difficiles, l'entreprise a réalisé, avec le concours du centre de mesures physiques du service prévention de la Carsat Midi Pyrénées, une action exemplaire en matière de réduction de bruit par traitement du local. Cette démarche d'amélioration en phase projet d'un local associant entreprise, architecte, bureau d'ingénierie et préventeur, doit être plus largement appliquée voire généralisée. En effet, le traitement acoustique est toujours plus efficace et plus économique lorsqu'il est considéré en amont du processus de définition et de mise au point des projets de conception.

Le travail sur les locaux étant réalisé, l'entreprise doit maintenant agir sur les sources prépondérantes de bruit dans le but de continuer à réduire l'exposition journalière de ses salariés.

FIGURE 7

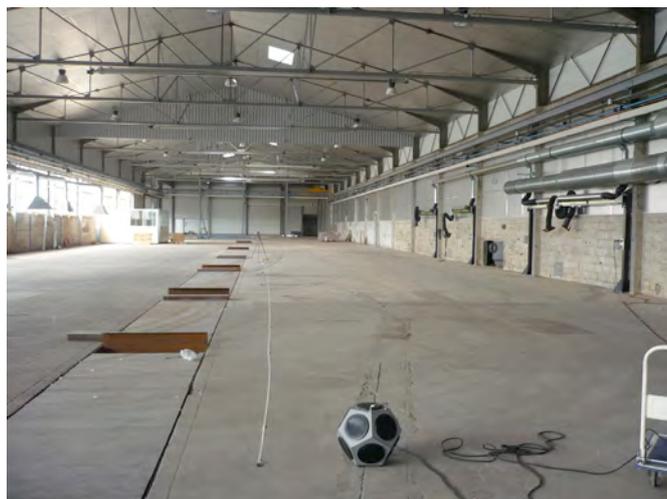
Résultat des mesures bâtiment A



Pente DL2 mesurée = 3,8 dB_(A) pour 3,6 calculé.

FIGURE 8

Résultat des mesures bâtiment B



Pente DL2 mesurée = 2,9 dB_(A) pour 3,1 calculé.

4.8.

ACHETER SILENCIEUX, ACHETER MOINS VIBRANT, UNE STRATÉGIE RÉGLEMENTAIRE EUROPÉENNE

► Jean JACQUES,
INRS, Mission Normalisation

Une stratégie européenne élaborée dans le contexte de la suppression des barrières aux échanges à l'intérieur du marché européen a été mise en place progressivement pour amener la mise sur le marché de machines moins bruyantes et moins vibrantes pour leurs utilisateurs. Elle repose notamment sur l'Exigence essentielle de déclaration par les constructeurs des valeurs d'émission sonore et vibratoire des machines qu'ils mettent sur le marché européen. Pour un ensemble de raisons décrites dans l'article, cette stratégie ne fonctionne pas de façon satisfaisante. Des voies de progrès sont suggérées.

Avez-vous jamais à titre privé fait entrer le bruit dans vos critères d'achat de matériel électroménager ? La réponse à cette question est peut-être bien « Oui ! » quand vous avez acheté votre lave-vaisselle. Avez-vous jamais à titre professionnel fait entrer le bruit et/ou les vibrations dans vos critères d'achat de machines ? La réponse à cette question a de fortes chances d'être « Non ! ». Pourtant, vous auriez pu le faire car, pour les machines, une stratégie et les outils de sa mise en œuvre vous permettant de le faire ont été mis en place progressivement depuis plus de 20 ans. La stratégie est européenne. Elle s'appuie sur la réglementation qui accompagne la libre circulation des produits au sein de l'Union européenne. Les outils de sa mise en œuvre sont eux aussi européens, ce sont des

normes dites « harmonisées ». Les acteurs, c'est vous, constructeurs et utilisateurs de machines sources de bruit et de vibrations. Les préventeurs sont là pour vous aider à utiliser cette stratégie au mieux des intérêts de chacun.

Vous, constructeur de machines, avez-vous investi pour acquérir les connaissances techniques en matière de conception à bas niveau sonore et vibratoire et avez-vous choisi la transparence en communiquant sur le bruit et les vibrations des machines que vous concevez ? La réponse a de fortes chances d'être « Non ! ». Pourtant, la même stratégie et les mêmes outils destinés à vous accompagner dans cette démarche existent depuis plus de 20 ans. Et vous auriez dû le faire car la réglementation vous y oblige.

Bien évidemment, les acheteurs des très grandes entreprises industrielles ont pour la plupart l'habitude d'inscrire dans le cahier des charges à l'achat de machines des clauses relatives au bruit et/ou aux vibrations. Bien évidemment, certains constructeurs ont inscrit la réduction du bruit et/ou des vibrations dans leur stratégie d'entreprise. Mais le fait est que les utilisateurs et les constructeurs qui se sont appropriés cette stratégie et ont appris à en utiliser les outils sont rares, bien trop rares aux yeux des préventeurs.

Le présent article apporte un éclairage de préventeur sur le sujet et présente la stratégie et les outils de sa mise en œuvre puis les raisons possibles de la lenteur avec laquelle les effets se font sentir sur le terrain et les perspectives actuelles.

LA RÉGLEMENTATION EUROPÉENNE « MACHINES »

La libre circulation des produits au sein du marché unique européen est un fait bien connu. Ce qui l'est moins c'est que ces produits, les machines en particulier, qui circulent librement doivent assurer un haut niveau de sécurité aux personnes qui les utilisent.

Dans le cadre du bruit et des vibrations, la réglementation « machines » a deux composantes : la directive « machines » pour le bruit et les vibrations, la directive « outdoor » pour le bruit des matériels et équipements utilisés à l'extérieur.

LA DIRECTIVE « MACHINES »

La directive « machines » (89/392/CE devenue 98/37/CE puis 2006/42/CE) traite de la sécurité de l'ensemble des machines mises sur le marché européen. Sa caractéristique majeure : elle appartient à la famille des directives dites « nouvelle approche réglementaire ». Ainsi, elle fixe des Exigences Essentielles à remplir pour que les machines soient suffisamment sûres pour leurs utilisateurs, laissant à des normes européennes dites « harmonisées » le soin de décliner les moyens

techniques par lesquels ces exigences peuvent être satisfaites. Ceci a donné lieu à un gigantesque programme de normalisation européenne aujourd'hui concrétisé par un ensemble de plus de 700 normes de sécurité dont le sujet va des grands principes de la sécurité des machines jusqu'à la sécurité de familles de machines en passant par les mesures techniques de prévention que sont, par exemples, les protecteurs et les systèmes de commande.

LE BRUIT ET LES VIBRATIONS DANS LA DIRECTIVE « MACHINES »

Bruit et vibrations sont traités de la même manière par la directive, sous-tendant ainsi une même approche de réduction des risques. Trois Exigences Essentielles :

■ Exigence de conception à bruit et vibrations réduits par action à la source. Ce sont respectivement les Exigences 1.5.8 pour le bruit, 1.1.8 et 1.5.9 pour les vibrations ;

■ Exigence d'indication dans la notice d'instructions de valeurs d'émission sonore et vibratoire : Exigence 1.7.4.2(u) pour le bruit, Exigences 2.2.1.1 et 3.6.3.1 pour les vibrations. Pour le bruit, les grandeurs physiques d'émission à mesurer et à déclarer sont le niveau de pression acoustique d'émission pondéré A aux postes de travail et, si ce dernier dépasse 80 dB, le niveau de puissance acoustique pondéré A. A ceci s'ajoutent des exigences précises si le bruit est impulsif, si la machine n'a pas d'opérateur ou est de très grande dimension. Pour les vibrations, on déclarera la valeur d'accélération émise si elle excède 0,5 m/s² pour les vibrations transmises à l'ensemble du corps et 2,5 m/s² pour les vibrations transmises aux membres supérieurs ;

■ Exigence d'indication dans la littérature commerciale des mêmes informations concernant les émissions que dans la notice d'instructions (Exigence 1.7.4.3).

LA DIRECTIVE « OUTDOOR »

La directive « outdoor » n'est pas une directive « nouvelle approche ». Ce n'est pas non plus une directive « marché intérieur ». Elle vise la protection de l'environnement. L'objectif final de mise sur le marché de machines moins bruyantes est le même, mais elle se distingue de la directive « machines » par

les faits suivants :

■ elle ne fixe pas d'Exigence Essentielle mais donne tous les éléments techniques nécessaires à son application, quelquefois en faisant référence à des normes qui deviennent ainsi partie intégrante de la loi et, par conséquent, d'application obligatoire ;

■ elle ne s'intéresse qu'à une seule grandeur d'émission sonore : le niveau de puissance acoustique pondéré A ;

■ elle ne couvre qu'un ensemble fini de 57 familles de machines utilisées à l'extérieur (engins de chantier, tondeuses à gazon, scies à chaîne), compresseurs de chantier par exemple ;

■ pour 22 familles de machines utilisées à l'extérieur, elle fixe des valeurs limites du niveau de puissance acoustique pondéré A ;

■ elle ne demande pas que la valeur du niveau de puissance acoustique pondéré A soit donnée dans la notice d'instructions de la machine mais qu'elle figure sur une étiquette fixée à la machine.

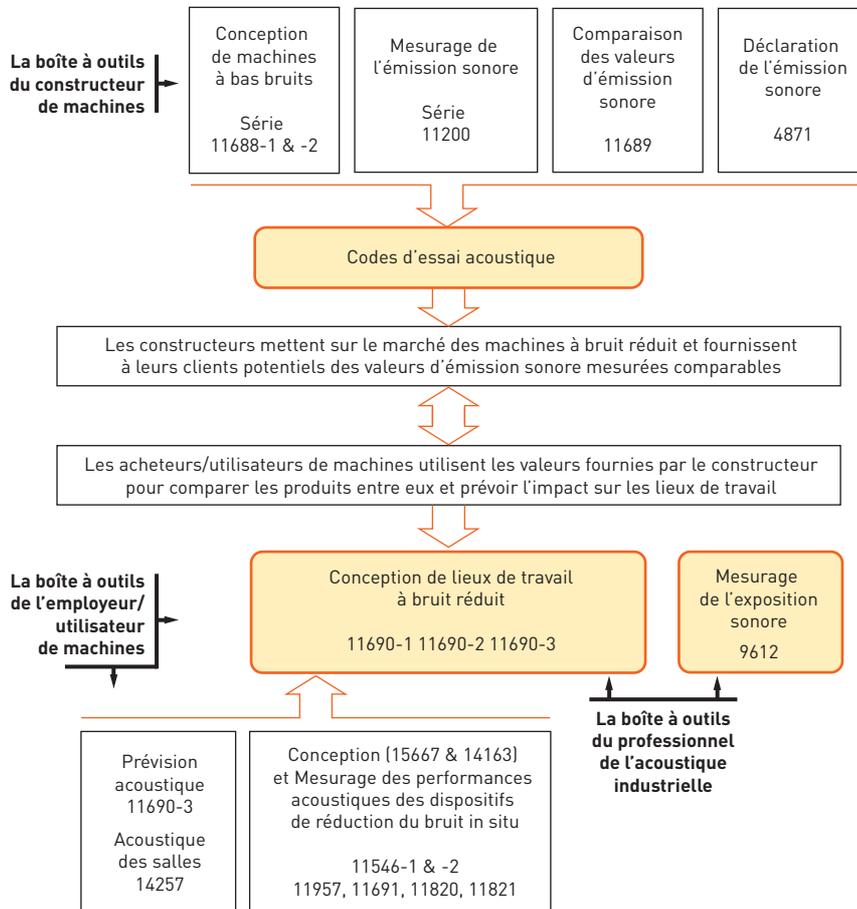
LA STRATÉGIE EUROPÉENNE

Les exigences énoncées dans la directive « machines » ont pour objet de permettre aux constructeurs de faire du paramètre « moins de bruit et de vibrations émis » un critère de vente et aux acheteurs potentiels de faire intervenir ce paramètre parmi leurs critères d'achat. La réglementation communautaire sociale (directives Agents physiques – Bruit 2003/10/CE et Vibrations 2002/44/CE) renforce cette stratégie en demandant aux utilisateurs donc aux employeurs de supprimer ou réduire au minimum les risques liés à l'exposition au bruit et aux vibrations en tenant compte du progrès technique, des mesures disponibles pour maîtriser le risque à la source et des informations sur les émissions fournies par les constructeurs d'équipements de travail. La stratégie repose donc globalement sur l'action naturelle des forces du marché.

Fondée sur le fait que le bruit et les vibrations sont des émissions mesurables, la stratégie s'appuie sur la fourniture par le constructeur de valeurs résultant de mesurages. Ces valeurs présentent un second intérêt, majeur lui aussi.

FIGURE 1

Les outils normatifs des différents acteurs de la réduction du bruit sur les lieux de travail - Les numéros sont ceux de normes européennes et internationales (EN ISO) reprises en normes françaises



Elles sont indispensables pour prévoir l'impact quantitatif d'une machine sur l'exposition au bruit et aux vibrations sur le lieu de travail où elle sera installée (cf. Figure 1).

La chose la plus naturelle à faire quand on dispose de chiffres c'est de les comparer. Pour cela, il faut qu'ils soient comparables. Ceci suppose que le mesurage soit effectué dans des conditions assurant la comparabilité : méthodes de mesurage donnant des valeurs comparables, mêmes emplacements de mesurage du niveau de pression acoustique d'émission, mêmes conditions de fonctionnement de la machine pour tous les constructeurs d'une même famille de machines. Les normes, élaborées par consensus entre les parties concernées, constituent l'outil idéal pour atteindre cet objectif. Compte tenu des spécificités propres à chaque famille de machines, notamment en termes de conditions de fonctionnement, il est nécessaire de dis-

poser d'une méthode de mesurage par famille de machines. C'est ainsi qu'un grand nombre de « codes d'essai acoustique » et « codes d'essai vibratoire » ont été élaborés couvrant un large ensemble de familles très différentes de machines. Ces codes d'essai sont harmonisés mais comme toutes les normes (ou presque) sont d'application volontaire. Ainsi, un constructeur n'a pas obligation à utiliser le code d'essai bruit ou vibrations applicable aux machines qu'il met sur le marché (pas plus qu'il n'a obligation à utiliser la norme de sécurité harmonisée applicable). Toutefois, s'il utilise la norme harmonisée, il obtient automatiquement la présomption de conformité à la directive sous laquelle la norme est harmonisée. Autant dire que l'utilisation des normes de sécurité en général, et des codes d'essai en particulier, qui, par définition, sont élaborés par l'ensemble des parties concernées, dont les constructeurs, va de soi et s'impose de fait aux constructeurs.

La directive « machines » n'impose pas de comparer les valeurs d'émission mesurées sur des machines similaires réalisant les mêmes fonctions mais, afin de bien mettre en évidence l'intérêt que présente cette comparaison, la phrase suivante a été introduite dans l'Exigence Essentielle « 1.5.8 Bruit » de la directive révisée (2006/42/CE) : « Le niveau d'émission sonore peut être évalué par rapport à des données comparatives d'émission relatives à des machines similaires ». Une phrase similaire a été introduite dans l'Exigence 1.5.9 pour les vibrations.

Afin d'insister sur l'importance que revêt l'information sur le bruit et les vibrations (l'ensemble des émissions en fait) pour les acheteurs potentiels, il a été rajouté à la directive 2006/42/CE une exigence nouvelle 1.7.4.3 « Documents commerciaux » qui stipule notamment que les documents commerciaux décrivant les caractéristiques de performance de la machine doivent contenir les mêmes informations concernant les émissions que la notice d'instructions.

La Figure 1 met en scène, pour le bruit, les acteurs clés de cette stratégie et en décline les composantes techniques qui peuvent toutes s'appuyer sur des outils normatifs.

POURQUOI CETTE STRATÉGIE MET-ELLE SI LONGTEMPS À PORTER SES FRUITS ?

Les raisons sont variées et de nature très diverse.

Raisons d'ordre technique :

- l'acoustique et les vibrations sont un domaine technique jugé difficile et les ingénieurs sont peu formés sur ces questions ;

- l'utilisation du décibel, grandeur logarithmique, se révèle difficile et source d'erreurs d'interprétation et de malentendus ;

- les normes générales de mesurage des émissions sonore et vibratoire sont nombreuses et complexes ;

- pour le bruit, deux grandeurs d'émission sont à considérer : le niveau de pression acoustique d'émission au poste de travail (qui est différent du

niveau d'exposition sonore) et le niveau de puissance acoustique, deux grandeurs de nature physique différente, toutes deux exprimées en décibels, ce qui est source constante de confusion ;

■ qui dit valeur mesurée, dit incertitude de mesure. Pour le bruit, et plus encore pour les vibrations, l'incertitude de mesure peut être élevée. Aucune des parties concernées, même les experts en bruit et vibrations, ne sait aujourd'hui maîtriser et gérer objectivement et sereinement l'incertitude de mesure.

Raisons d'ordre économique :

■ il est généralement considéré, dans le monde industriel, que concevoir silencieux et moins vibrant coûte cher, ce qui est souvent vrai mais pas toujours ;

■ acquérir un savoir-faire en matière de conception moins bruyante et moins vibrante suppose un investissement de la part du constructeur ;

■ s'approprier les méthodes de mesurage normalisées des émissions sonore et vibratoire et mettre en œuvre ces méthodes coûte en temps et donc en argent au constructeur. Il en résulte globalement un savoir-faire métrologique très limité et une quasi-absence de culture technique d'entreprise en la matière.

La surdité professionnelle et les maladies professionnelles liées à l'exposition aux vibrations sont connues et reconnues depuis longtemps, le handicap sérieux qu'elles provoquent et leur coût social élevé le sont aussi mais force est de constater que beaucoup d'utilisateurs, donc d'employeurs, ne sont pas sensibilisés comme on l'imaginerait. « A quoi bon mettre sur le marché des machines moins bruyantes ou moins vibrantes, mes clients n'ont aucune exigence en la matière et ne sont pas prêts à payer un centime de plus ! » est un propos souvent entendu des constructeurs en privé. La qualité des informations sur le bruit et les vibrations données dans les notices d'instructions de machines est globalement insuffisante, voire franchement mauvaise dans beaucoup de cas. Les conditions d'un dialogue efficace entre les deux acteurs majeurs que sont les constructeurs et les utilisateurs ne sont pas remplies en dépit des efforts faits par les préventeurs au fil des années pour expliquer, clarifier, accompagner et contribuer activement à l'élaboration des outils de la stratégie. De toute évidence, les constructeurs dans leur ensemble ne souhaitent ni communiquer sur les questions de bruit et de vibrations, ni entrer en compétition sur ces sujets.

PERSPECTIVES

Que faire ? Laisser du temps au temps probablement. Sans relâche, informer et former. Simplifier les outils techniques (on a beaucoup de mal à le faire, la tendance est même, avec l'acquisition de nouvelles connaissances, à aller en sens inverse). Afin de faire du dialogue constructeurs – utilisateurs une réalité, une voie est en cours d'exploration et, ce, au niveau international car la question n'est pas seulement européenne : inventer des outils efficaces de communication. Pour les équipements domestiques grand public, l'affichage de la consommation énergétique fonctionne bien. Et si l'on inventait un affichage de l'émission sonore permettant la comparaison des produits sur la base du critère « moins de bruit émis » ? C'est l'idée qui court aujourd'hui et qui sera débattue les 5 et 6 juillet 2011 à Paris à l'occasion d'un Symposium organisé par la branche européenne de l'INCE (Institute of Noise Control Engineering) sur le thème « Acheter silencieux – Comment induire des attitudes d'achat par une évaluation simple du bruit des produits ».

4.9. LE POINT DE VUE DU MÉDECIN DU TRAVAIL SUR LES ACTIONS DE PRÉVENTION

► Michel PITTACO,
Médecin du Travail

Depuis la directive européenne Bruit 2003 et sa reprise en droit français en 2006, le rôle du médecin du travail dans la prévention des effets du bruit s'est trouvé élargi. On rappelle brièvement ses obligations, en les restituant dans le contexte de la réforme en cours de la médecine du travail, ce qui doit amener à se poser la question d'un nouveau partage des tâches.

Face au bruit, le médecin du travail est actuellement dans une situation paradoxale : d'un côté confirmation et élargissement du rôle du médecin du travail selon la directive européenne sur le bruit de 2003 et sa traduction par le décret du 19 Juillet 2006, et de l'autre le nouveau partage des tâches qu'impliquent à la fois la pluridisciplinarité qui se met en place, l'évolution en forte baisse des effectifs médicaux et les nouvelles dispositions législatives (en cours de discussion début 2011) qui tendent à affirmer l'autorité des employeurs sur les services de santé au travail.

Le très grand nombre de surdités reconnues maladies professionnelles montre rétrospectivement que trop souvent le médecin du travail, malgré la surveillance audiométrique qu'il effec-

tuait selon les directives réglementaires, ne pouvait soustraire du risque les salariés à temps, ces derniers préférant souvent laisser évoluer leur surdité pour éviter le licenciement ou l'inaptitude. Sa mission était alors de constater les dégâts qu'il n'avait pu prévenir, en faisant des demandes de reconnaissance de maladies professionnelles.

L'objectif de la surveillance médicale est dorénavant clairement affirmé : « le diagnostic précoce de toute perte auditive due au bruit et la préservation de la fonction auditive ».

Le médecin du travail a maintenant un rôle plus en amont et, si les initiatives et les responsabilités sont du fait de l'employeur, le médecin du travail voit sa vocation de conseiller réévaluée.

L'ÉTAPE DE L'ÉVALUATION DES RISQUES

L'évaluation des risques se fait quel que soit le niveau d'exposition.

Elle est de la responsabilité de l'employeur, mais celui-ci doit entre autres éléments prendre en considération « les conclusions fournies par le médecin du travail concernant la surveillance de la santé des travailleurs ».

Le médecin du travail peut collaborer utilement à l'évaluation des risques, grâce à sa connaissance des situations de travail (visite des locaux, des postes de travail, entretiens médico-professionnels...) et à sa mission de surveillance des salariés.

L'employeur consulte le médecin du travail lors de la rédaction du document unique d'évaluation des risques professionnels. En cas de divergence dans l'évaluation du risque, le médecin peut donner son avis en enrichissant la fiche d'entreprise. Ces contradictions peuvent alors faire l'objet de questions de la part des partenaires sociaux et de l'inspection du travail.

Une fois réalisés l'évaluation ou mesurage du bruit, le médecin prend connaissance des résultats « en vue de leur conservation avec le dossier médical des travailleurs exposés ».

LA SURVEILLANCE DE LA SANTÉ

Évaluation des risques et surveillance de la santé répondent à des exigences de la réglementation, graduées en fonction du niveau d'exposition des travailleurs par rapport à des seuils (cf. Tableau I).

« Le médecin du travail exerce une surveillance médicale renforcée (SMR) pour les travailleurs exposés à des niveaux de bruit supérieurs aux valeurs supérieures déclenchant l'action (VAS) ». Il est juge de la fréquence et de la nature des examens que comporte cette surveillance médicale renforcée. Toutefois, cette modulation ne peut avoir pour effet de

TABLEAU I

Seuils	Paramètres	Niveaux
Valeur d'exposition inférieure déclenchant l'action (VAI)	Exposition moyenne (Lex,8h)	80 dB(A)
	Niveau de crête (Lp,c)	135 dB(C)
Valeur d'exposition supérieure déclenchant l'action (VAS)	Exposition moyenne (Lex,8h)	85 dB(A)
	Niveau de crête (Lp,c)	137 dB(C)
Valeur limite d'exposition (VLE) en tenant compte du port des protecteurs auditifs	Exposition moyenne (Lex,8h)	87 dB(A)
	Niveau de crête (Lp,c)	140 dB(C)

porter la périodicité de l'examen médical à une fréquence supérieure à 12 mois ou à celle prévue par décret.

Les audiogrammes avant exposition au risque et de surveillance ultérieurs ne sont obligatoires qu'au dessus de la VAS - $L_{ex,d} > 85$ dB (A) et $L_{p,c} > 137$ dB(C) -, mais la précocité du diagnostic étant mise en exergue, le salarié comme le médecin peuvent demander un examen audiométrique dès la VAI - $L_{ex,d} > 80$ dB (A) et $L_{p,c} > 135$ dB(C).

L'arrêté du 31 janvier 1989 qui prescrit la fréquence et la nature des examens ne prend évidemment pas en compte les seuils édictés en 2006. Le médecin pourra se situer dans ce vide juridique apparent en adoptant les seuils les plus récents, repris dans la révision du code du travail de 2008.

Le médecin du travail informe le travailleur sur le résultat des examens et leur interprétation.

Le dossier médical doit comprendre :

- une fiche d'exposition (poste occupé, durée, mesurage) ;
- le modèle des protecteurs individuels avec leur valeur d'atténuation du bruit ;
- la date et les résultats des examens médicaux.

Il sera conservé pendant dix ans après la fin de l'exposition.

L'ÉTABLISSEMENT DU LIEN POSSIBLE ENTRE ALTÉRATION DE L'AUDITION ET EXPOSITION AU BRUIT

C'est un point clé de l'action du médecin du travail.

Les nouvelles dispositions réglementaires précisent que l'établissement du lien fait partie de sa mission : « Lorsque la surveillance de la fonction auditive fait apparaître qu'un travailleur souffre d'une altération identifiable de l'ouïe, le médecin du travail apprécie le lien entre cette altération et une exposition au bruit sur le lieu de travail ».

Mais l'âge, la sensibilité individuelle, les antécédents pathologiques, les cofacteurs d'exposition et l'exposition aux bruits extra-professionnels complexifient sa tâche.

Malgré toute son expérience, c'est par une approche collective et non plus individuelle qu'il pourra établir ce lien.

Le médecin dispose d'outils de surveillance épidémiologique pour l'y aider :

LE CALCUL DE L'INDICE PRÉCOCE D'ALERTE (IPA)

Il permet une approche collective en définissant un écart entre les pertes auditives d'un groupe témoin et celles d'un groupe de travailleurs exposés. Le caractère précoce de cet indicateur est lié aux choix des fréquences audiométriques utilisées pour effectuer ce calcul qui sont les fréquences pour lesquelles

on observe habituellement les déficits auditifs maximaux : 3 kHz, 4 kHz et 6 kHz.

$$IPA = \frac{\text{Déficit 3kHz} + \text{Déficit 4kHz} + \text{Déficit 6kHz}}{3}$$

LE LOGICIEL AUDIO GT DÉDIÉ À L'ANALYSE DE DONNÉES AUDIOMÉTRIQUES

Sa spécificité est d'analyser les pertes auditives constatées dans un groupe de travailleurs afin de quantifier l'ampleur du risque attribuable au bruit professionnel pour ce groupe.

De plus, au niveau individuel, les indicateurs résultant d'un examen audiométrique sont fournis immédiatement, qu'il s'agisse de l'indicateur précoce d'alerte ci-dessus (IPA), de l'indice légal (Tableau n° 42 des maladies professionnelles du régime général) ou de la perte auditive moyenne standard (PAM). Différents résultats complémentaires sont également fournis pour inciter à la prévention.

LA FORMATION ET L'INFORMATION, LE RÔLE DU MÉDECIN DU TRAVAIL DANS LE PORT DES PROTECTIONS AUDITIVES INDIVIDUELLES

Le recours aux protections individuelles reste parfois le moyen ultime de prévention contre certaines sources de bruit difficilement réductibles. « Si d'autres moyens ne permettent pas d'éviter les risques dus à l'exposition au bruit, des protecteurs auditifs individuels, appropriés et correctement adaptés, sont mis à la disposition des travailleurs... ».

Le rôle du médecin du travail dans la formation des salariés prend ici un sens très pratique et immédiat : c'est au cours des consultations cliniques, ou des entretiens médico-professionnels lors de la remise des résultats d'exams, qu'il pourra persuader les salariés de porter les protections individuelles et expliquer la façon de le faire pour qu'elles soient réellement effi-

caces. Bien sûr, des actions collectives ont également leur intérêt, ainsi que la formation au sein des CHSCT dont les membres sont souvent décontenancés par l'aspect très technique des rapports de mesurage, complexes pour les non spécialistes. Le médecin peut également susciter la vigilance du CHSCT sur des lieux ou des processus qu'il aurait lui-même identifiés.

La réglementation prévoit par ailleurs que le médecin donne, ainsi que les travailleurs eux-mêmes et les autres préventeurs, son avis sur le choix des protecteurs.

De même, il est consulté sur les exceptionnelles dérogations à leur port.

PLURIDISCIPLINARITÉ ET DIMINUTION DES EFFECTIFS MÉDICAUX : UNE NOUVELLE RÉPARTITION DES TÂCHES

Si la surveillance de la santé, clinique et audiométrique, est clairement du ressort du médecin du travail, quel rôle lui reste-t-il au delà de celui réglementaire de conseil déjà évoqué plus haut ?

Peut-on encore dire que le médecin du travail est un « préventeur de terrain » ? Si les visites d'entreprises restent indispensables à sa connaissance de la réalité des milieux de travail des salariés dont il a la charge, doit-il encore se promener sonomètre à bout de bras, doit-il encore fixer lui-même les dosimètres au revers des bleus de travail ? Doit-il se confronter lui-même aux logiciels d'épidémiologie afin de créer des statistiques parfois peu fiables, au détriment de son activité clinique et de sa fonction d'animateur ?

« L'évaluation des niveaux de bruit et, si nécessaire, leur mesurage sont planifiés et réalisés par des personnes compétentes, avec le concours, le cas échéant, du service de santé au travail (Art. R4433-2 du code du travail) ».

Le médecin du travail doit laisser les aspects techniques et organisationnels aux IPRP, techniciens, acousti-

ciens, ergonomes et jouer un rôle de coordinateur de l'ensemble des intervenants : contribuer à identifier les lieux à problèmes grâce à sa connaissance de l'entreprise et de la santé de ses salariés, proposer l'intervention des IPRP du service de santé au travail ou suggérer des contributions extérieures - services de prévention des CARSAT, ARACT, épidémiologistes, cabinets spécialisés... Il doit faire se rencontrer tous les acteurs afin que les solutions proposées par les techniciens permettent la continuité sans heurts de l'activité professionnelle. Le succès d'une action de réduction du bruit dépend, pour une large part, de la pertinence de l'analyse ergonomique des situations de travail réelles des opérateurs exposés.

Les infirmier(e)s ont également leur place à tenir dans la mission de formation des services de santé au travail : à l'occasion de la réalisation des audiogrammes de dépistage ou d'autres examens, et grâce aux relations de confiance qu'ils savent établir, ils peuvent contribuer à faire prendre conscience par le salarié de sa responsabilité dans la gestion de sa santé et, le cas échéant, de la nécessité du port des protections individuelles et de la façon efficace de les utiliser.

Dans la prévention du bruit ou d'autres nuisances, c'est probablement la coordination des différents intervenants qui sera le rôle essentiel futur des médecins du travail : savoir les fédérer, proposer et suivre des projets communs et les faire aboutir dans des délais qui les rendent crédibles et, fort d'une étude solide et bien menée, aller porter les résultats d'une seule voix à l'employeur.

DES FORMATIONS NOUVELLES POUR LES MÉDECINS DU TRAVAIL

Cette activité d'analyse et de synthèse nécessite des formations spécifiques préalables, en particulier dans les domaines techniques que sont le bruit et les vibrations. Outre les connaissances théoriques indispensables, plutôt que des travaux pratiques sur l'utilisation des matériels sur le terrain, ne faudrait-il pas apprendre à lire et à interpréter une étude acoustique

faite par des professionnels ? Et comprendre les principes et les méthodes de l'ergonomie, plutôt que de mémoriser des normes chiffrées faciles à retrouver par ailleurs?

Le travail de coordination peut bénéficier de formations à la conduite de projets, afin de progresser rapidement et d'éviter des comportements parasites de prise de pouvoir néfastes au travail en équipe.

La fonction d'interlocuteur et de conseiller de l'employeur peut aussi bénéficier d'un apprentissage rarement donné lors des études médicales, ou même de l'Internat et de ses stages auprès des médecins du travail : connaissance du monde de l'entreprise, codes informels, fonctionnements hiérarchiques, contraintes économiques, capacité à rechercher des arguments convaincants souvent d'ordre financier (coût moyen d'une MP du tableau 42 pour l'employeur : 100 000 €, hausse des cotisations AT/MP) ou juridiques, intérêt de l'amélioration des conditions

de travail sur la productivité, la réduction des risques psychosociaux et le climat social.

CONCLUSION

Au moment où le médecin du travail et l'employeur sont encouragés à s'asseoir plus souvent à la même table, ce dernier doit considérer le médecin comme un expert partenaire de l'entreprise et pouvoir le respecter grâce à ses compétences. De même que le médecin du travail ne peut ignorer les réalités de l'entreprise, les entrepreneurs doivent bénéficier plus largement de formations sur la santé au travail. Certaines grandes écoles ont initié de tels programmes permettant aux futurs ingénieurs et chefs d'entreprise de considérer les acteurs de la santé au travail, IPRP et médecins, comme des acteurs du travail à part entière.

BIBLIOGRAPHIE

[1] CANETTO P. Une nouvelle réglementation sur le bruit au travail Doc. Méd. Trav. 2006 ; TC 110. Paris : INRS : 297 - 307.

[2] CANETTO P. GUILLEMY N. – Le bruit. 5e édition mise à jour juillet 2007. Aide mémoire juridique T]16. Paris : INRS ; 2007 : 28 p.

[3] GANEM Y. Bruit et audition, un nouveau logiciel audio-sonométrique Audiogt® Doc. Méd. Trav. 2006 ; TD 149 : Paris ; INRS ; 2006. p. 353 - 357.

[4] Décret 2006-892 du 19 juillet 2006 relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus au bruit et modifiant le code du travail (deuxième partie : décrets en Conseil d'État).

[5] Code du travail (2008), Articles R. 4431 à R.4437.