

## CHAPITRE 1

### BRUIT ET VIBRATIONS : EFFETS SUR L'HOMME ET ASPECTS MÉDICAUX



1.1.  
EFFETS DU BRUIT SUR LA SANTÉ

1.2.  
BRUIT ET AGENTS OTOTOXIQUES

1.3.  
EFFETS DES VIBRATIONS SUR LE SYSTÈME MAIN-BRAS

1.4.  
EFFETS DES VIBRATIONS DE L'ENSEMBLE DU CORPS

1.5.  
EXPOSITION AUX VIBRATIONS ET AU BRUIT : QUELLES PROFESSIONS ?

1.6.  
BRUIT ET VIBRATIONS : UNE COMBINAISON DANGEREUSE

1.7.  
VIBRATIONS - DÉPISTAGE ET SUIVI MÉDICAL

1.8.  
VIBRATIONS, CHARIOTS AUTOMOTEURS ET ENJNS DE CHANTIER -  
ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES ET ERGONOMIQUE

1.9.  
DU TRAVAIL EN CENTRE D'APPEL : PLAINTES AUDITIVES ET EXPLORATIONS  
AUDIOMÉTRIQUES TONALES ET VOCALES

1.10.  
ECHOSCAN : DISPOSITIF D'ÉVALUATION OBJECTIVE DES PERFORMANCES  
DES OREILLES INTERNE ET MOYENNE

- Audition
- Santé
- Agent ototoxique
- Plate-forme téléphonique
- Mal de dos
- Troubles vasculaires,  
neurologiques, ostéoarticulaires

## 1.1.

# EFFETS DU BRUIT SUR LA SANTÉ

---

Bruit en milieu professionnel et bruit environnemental interagissent pour en faire une nuisance majeure. Après de brèves données statistiques, on rappellera que le bruit peut être porteur de sens. On abordera successivement les effets non auditifs sur différents appareils, puis les aspects auditifs : traumatismes aigus, fatigue auditive et surdité chronique en soulignant chaque fois le rôle du bruit en tant que facteur de risque psychosocial. Ce problème de santé publique mêle vie professionnelle et vie privée.

---

► Michel PITTACO, Médecin du Travail

**A** la fois source d'information, nuisance et danger, le bruit est une manifestation majeure de la vie. Il constitue une aide précieuse à la perception du temps - intervalles de silence, périodes transitoires, rythmes - et à la perception de l'espace - réverbération.

Il est souvent porteur de sens bien que les définitions habituelles insistent sur les aspects négatifs : son désagréable, indésirable, gênant ou pénible, source d'erreurs, de fatigue, de stress, problème environnemental et de santé publique aux lourdes conséquences financières.

Et nous ne pouvons nous en abriter comme nous le faisons pour la vision lorsque nous détournons le regard ou fermons les yeux.

Dans le champ du travail, ses effets destructeurs sur la fonction auditive sont généralement mis en exergue, alors que ne sont abordés qu'ensuite, comme en annexe de moindre importance, les effets généraux et/ou temporaires, et enfin les aspects psychiques ou subjectifs, qui cependant sont ceux qui touchent le plus grand nombre.

## QUELQUES CHIFFRES

80 millions d'européens subissent des bruits supérieurs à 65 dB(A) le jour, dont 7 millions de français, le plus souvent victimes du bruit généré par les transports routiers et aériens. C'est la première nuisance environnementale citée lorsqu'on interroge un échantillon de population. Pour l'Etat, la limitation ou la réduction de cette nuisance représente des coûts importants et est à l'origine de nombreux textes réglementaires et législatifs.

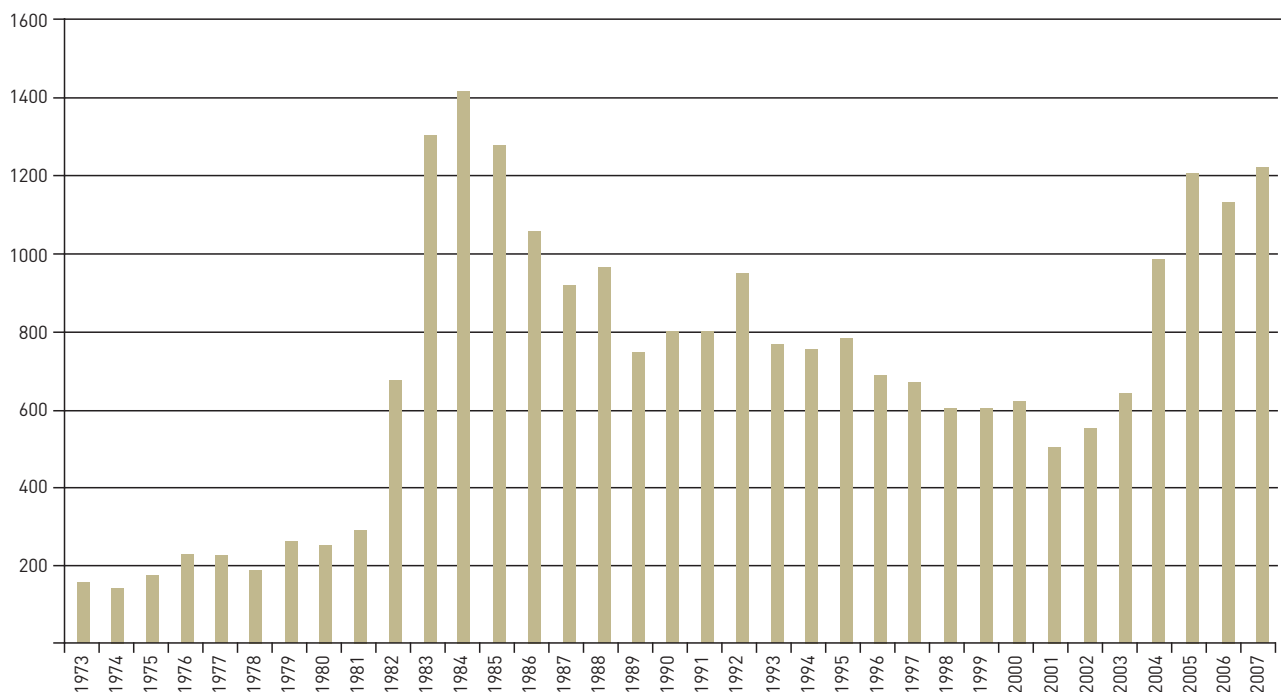
En France, plus de 3 millions de salariés sont exposés à des niveaux sonores supérieurs à la limite réglementaire de 85 dB(A), limite à partir de laquelle une action de réduction s'impose aux employeurs (SUMER 2003).

Au 4<sup>e</sup> rang des maladies professionnelles (MP) reconnues - 1 067 surdités reconnues en 2008 (cf. Figure 1), en légère baisse sur l'année précédente -, elle représente plus de 6 % du coût total des MP (fort taux d'IPP mais faibles IJ, la rente moyenne : environ 12,5 % du salaire).

Pour l'employeur, on estime le coût moyen de chaque reconnaissance de maladie professionnelle à 100 000 €.

FIGURE 1

## Statistiques des surdités professionnelles en France



Les secteurs de la métallurgie et du bâtiment sont les plus touchés par les risques de surdité, mais le bruit dans le secteur tertiaire - 75 % de la population active en 2005 - concerne un très grand nombre de salariés et doit être considéré comme un facteur de risque psychosocial majeur au sein de cette importante population : en 2002, 15 millions de Français travaillent dans les services.

Les effets sur l'individu sont fonction de la nature, de l'intensité... mais aussi de la susceptibilité personnelle de chacun et des circonstances : bruit provoqué, subi, régulier ou pas, inattendu...

## LES EFFETS NON AUDITIFS

### LE BRUIT, UTILE ET BÉNÉFIQUE ?

Les médecins sont aux aguets de nombreux bruits du corps. Leur identification permettra diagnostic et traitement, d'où un bénéfice pour la santé.

En milieu de travail, le bruit peut être indicateur de bon ou de mauvais fonctionnement, les ergonomes le savent, et une étude fine de l'activité doit toujours permettre de proposer des solutions d'isolation phonique qui préservent

cette qualité d'indicateur. Il est aussi un indicateur de danger : le vélo - moyen de transport haute qualité environnementale (HQE) - sera source d'accident pour un piéton au contraire d'un véhicule à moteur dont l'arrivée bruyante peut permettre l'évitement.

Mais, très vite, le bruit est perçu comme nuisance.

D'abord source de gêne, puis de réactions subjectives et de modifications comportementales, inattention, difficulté de concentration et de mémorisation, fatigue, irritabilité, anxiété, agressivité, le bruit est à ce stade identifié comme un des facteurs importants d'insatisfaction au travail et de stress professionnel. Il est souvent dénoncé dans les open-spaces non ou mal traités phoniquement.

Il peut être présenté par les salariés comme l'irritant identifié, mais l'analyse de la demande par l'ergonome permettra souvent de trouver d'autres facteurs d'insatisfaction faisant passer le bruit pour un problème secondaire. La façon dont l'entreprise reconnaîtra et traitera le problème du bruit restera de toute façon indispensable pour obtenir un apaisement du climat social.

### EFFET DE MASQUE

Il est la cause de perturbations plus objectives dont les effets se conjuguent avec les précédents : diminution de l'intelligibilité de la parole et là encore mémorisation plus difficile, irritabilité, difficulté de concentration, erreurs. Citons ici une partie des 300 000 opérateurs de centres d'appels français qui ne bénéficient pas toujours d'un environnement de travail de qualité suffisante.

L'effet de masque est également cause d'accidents de travail par la difficulté à percevoir des signaux d'alerte ou de sécurité, et par la difficulté de localisation spatiale d'un bruit dangereux (citons par exemple le travail sur piste à proximité des avions en stationnement).

### DÉGRADATION DU SOMMEIL

Elle est conséquence des bruits en milieu professionnel comme de la pollution sonore environnementale :

- augmentation de la latence d'endormissement par des bruits intermittents, inférieurs à 45dB(A),
- réveils nocturnes (55 dB(A)),
- modifications ponctuelles du sommeil lors d'apparition de bruits isolés, raccourcissement de certains stades, modification du rythme des stades (dès 35 dB(A)),

■ diminution du sommeil paradoxal en fonction de la dose de bruit reçue le jour précédent,

■ réveil prématuré sans rendormissement,

■ après plusieurs années d'exposition, perturbations chroniques du sommeil avec diminution du sommeil profond (récupération physique).

L'élévation de la consommation médicamenteuse ne fait souvent qu'entraîner l'apparition d'un cercle vicieux délétère.

D'où fatigue et risque de somnolence, en particulier chez les travailleurs postés, sources d'erreurs, baisse des performances, anxiété chronique, mise en danger de soi-même et d'autrui.

On voit là un lien causal entre le bruit environnemental et les risques pour la santé en milieu de travail. Réciproquement, la somnolence, le manque de vigilance et le jugement altéré d'un salarié peuvent causer à la collectivité du simple accident ponctuel à la catastrophe écologique.

## EFFETS CARDIOVASCULAIRES

Classiquement sont décrits accélération de la fréquence cardiaque et effets sur la pression artérielle. Des études épidémiologiques et de laboratoire montrent un lien entre exposition au bruit et hypertension. Mais leurs diversités méthodologiques ne permettent pas de conclusion formelle au-delà d'une simple présomption.

## EFFETS HORMONAUX, DIGESTIFS

Certains ont été décrits en conditions expérimentales mais, comme pour les effets cardiovasculaires, il est difficile de faire la part du bruit comme cause de ces perturbations lors d'expositions professionnelles.

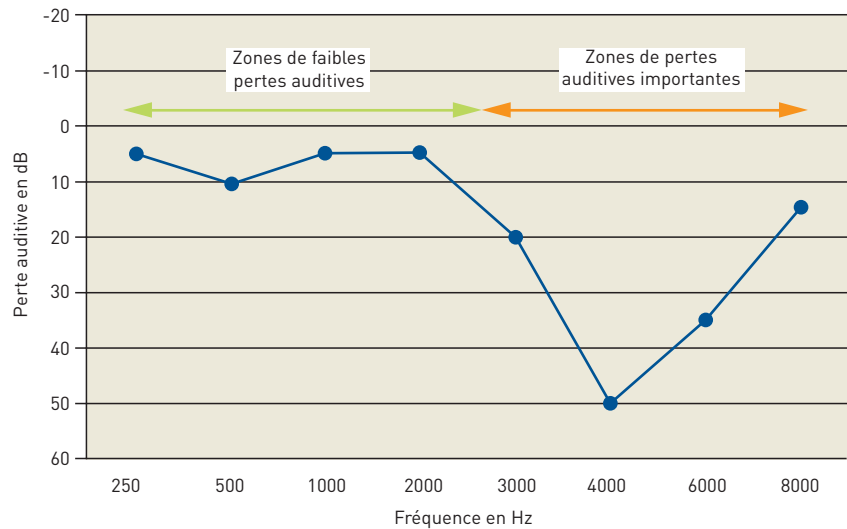
## LES EFFETS AUDITIFS

### LES TRAUMATISMES SONORES AIGUS

Pour mémoire, citons les traumatismes sonores aigus à l'occasion principalement d'explosions, causes de destruction de la cochlée, parfois accompa-

FIGURE 2

### Audiogramme typique de pertes auditives



gnés de rupture du tympan et de lésions ossiculaires en cas d'effet de souffle. Ils sont indemnisés en accidents de travail (en 2003, 119 avec incapacité permanente). Les traumatismes sonores aigus résultent de l'exposition brutale de la cochlée à une pression acoustique excessive. Que ce soit par bruits impulsifs ou par bruits continus de courte durée et parfois même uniques (explosion), les atteintes auditives induites peuvent être définitives, même pour une exposition unique et isolée. Selon la quantité d'énergie ayant pénétré dans l'oreille interne, les atteintes auditives peuvent être réversibles, avec élévation temporaire des seuils, ou irréversibles, avec perte auditive définitive. La symptomatologie clinique est assez stéréotypée, associant acouphènes, hypoacousie et hyperacousie douloureuse. L'explosion d'AZF à Toulouse en 2001 nous rappelle que ces traumatismes peuvent sortir du cadre professionnel et être accompagnés de séquelles psychologiques.

Dans le domaine des services, les opérateurs téléphoniques peuvent être victimes de « chocs acoustiques », bruits parasites soudains et brefs dont l'intensité ne semble pas pouvoir occasionner de lésion durable, très mal ressentis au plan psychologique et sources d'acouphènes et de malaises non spécifiques et transitoires.

### LA FATIGUE AUDITIVE

C'est une élévation temporaire du seuil de l'audition, d'importance crois-

sante avec le niveau sonore et la durée d'exposition. Plus souvent localisée autour du 4 000 Hz, l'atteinte s'étend aux fréquences voisines avec l'allongement de la durée d'exposition. Le terme de fatigue répond au fait que le repos entre deux expositions au bruit permet une récupération intégrale, sans accumulation d'une période d'exposition à une autre et sans atteinte définitive. Elle peut être accompagnée d'acouphènes. Une surdité constituée exerce un relatif effet protecteur contre la fatigue auditive...

### LA SURDITÉ CHRONIQUE

Entre les deux types d'atteinte précédents se situe la surdité professionnelle chronique par lésion cochléaire. Elle évolue de façon lente et insidieuse en quatre stades audiométriques et cliniques. L'atteinte auditive est en général bilatérale et symétrique.

Stade I : Apparition d'une encoche dépassant 30 dB sur la fréquence 4 000 Hz. Les fréquences adjacentes sont peu touchées, notamment dans la zone conversationnelle entre les fréquences 500 et 2 000 Hz et le sujet ne se rend compte de rien. La découverte se fait sur les audiogrammes de surveillance systématiques.

Stade II : L'encoche sur le 4 000 Hz s'approfondit jusqu'à 50 ou 60 dB(A) (cf. Figure 2) et s'étend vers les fréquences conversationnelles. Lorsque la perte atteint 30 dB sur le 2 000 Hz, le sujet fait répéter, sans qu'il y ait gêne sociale nette.

Stade III : Extension de l'atteinte vers les 1 000 et 8 000 Hz. Lorsque la perte atteint 30 dB sur le 1 000 Hz, l'intelligibilité des mots devient difficile. Le sujet ne comprend plus distinctement ce qui se dit surtout quand plusieurs personnes parlent. Il ressent une gêne sociale et professionnelle. Des acouphènes peuvent apparaître.

Stade IV : Toutes les fréquences sont atteintes. Le handicap est majeur lorsque la perte sur le 500 Hz dépasse 30 dB.

L'évolution clinique dépend de nombreux facteurs : sensibilité individuelle,

antécédents pathologiques, âge (plus grande vulnérabilité avant 20 ans et au-delà de 50), niveau et nature du bruit, durée d'exposition, coexistence d'autres facteurs pathogènes, en particulier solvants et vibration aux sujets desquels les études se poursuivent.

L'évolution cesse lors de la cessation de l'exposition au bruit.

Les expositions professionnelles ne sont pas seules en cause dans les altérations de la fonction auditive, et l'effet pathogène de l'écoute de musique à haut niveau sonore chez les adolescents a été démontré.

## CONCLUSION

La surdité professionnelle, handicap majeur amenant les victimes à l'isolement familial et social, ne doit pas faire négliger les autres conséquences de l'exposition professionnelle au bruit.

L'exposition au bruit hors travail, environnemental ou lors des loisirs, subit ou provoqué, se cumule avec le bruit d'origine professionnelle, en particulier dans ses effets non auditifs. Santé professionnelle et santé environnementale viennent ici se mêler intimement.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] NORMAND J.-C., MASSARDIER-PILONCHERY A., DE SURREL DE SAINT-JULIEN D., DUCLOS J.-C. Bruit. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Pathologie professionnelle et de l'environnement, 16-502-A-10, 2010

[2] FLORU R., CNOCKAERT J.C. Effets non traumatiques du bruit sur la santé, la sécurité et l'efficacité de l'Homme au travail, étude bibliographique

[3] MOURET J., VALLET V.M. Rapport : Les effets du bruit sur la santé Paris : Ministère des Affaires Sociales de la Santé et de la Ville (1995).

[4] PROST G., DUCLOS J.C., NORMAND J.C., BERGERET A., HERRSCHER M.P., Evaluation de l'audition des jeunes Français, rapport final, 2000. I.U.M.T.L.

## SITES UTILES

<http://www.inrs.fr>

<http://www.travailler-mieux.gouv.fr>

<http://www.bruit.fr>

<http://sante-travail.univ-lyon1.fr>

<http://www.sante.gouv.fr>

<http://www.legifrance.gouv.fr>

<http://www.ecologie.gouv.fr>

<http://www.franceaudition.fr>

## 1.2.

# BRUIT ET AGENTS OTOTOXIQUES

► Pierre CAMPO, Cécile RUMEAU,  
INRS, département Polluants et santé

---

Si le bruit reste la nuisance la plus nocive pour l'audition, certains agents toxiques professionnels comme les solvants aromatiques, le monoxyde de carbone (CO) et l'acide cyanhydrique (HCN), ou des agents extraprofessionnels comme les antibiotiques, les diurétiques, les salicylates et les anti-tumoraux, peuvent fragiliser l'oreille interne des salariés [1]. Une oreille envahie par un agent ototoxique peut se révéler plus vulnérable à une agression sonore qu'une oreille saine.

---

## LES AGENTS OTOTOXIQUES PROFESSIONNELS

---

### SOLVANTS AROMATIQUES

Les solvants aromatiques comptent parmi les produits chimiques les plus utilisés dans l'industrie. Que ce soit le toluène (peintures, vernis, encres et agents dégraissants), le styrène (entrant dans le processus de fabrication des résines renforcées à la fibre de verre), sans oublier le xylène, tous ces solvants sont volatils et toxiques pour les salariés qui les inhalent. En France, plus de 520 000 personnes travaillent dans des industries produisant et/ou utilisant des résines polyester, et au moins 30 000 professionnels sont directement exposés au styrène auxquels on se doit d'ajouter les populations exposées au toluène et au xylène [2].

Des études ont souligné le caractère ototoxique de ces solvants aromatiques. Cependant, la difficulté majeure est de distinguer la surdité induite par les solvants, de celle induite par d'autres facteurs confondants, comme le bruit par exemple.

Aujourd'hui l'audiométrie tonale liminaire est la technique audiométrique subjective de référence. Elle requiert la participation active du sujet qui répond à une stimulation sonore aérienne en affirmant « j'entends » ou « je n'entends pas ». Ladite technique est utilisée pour diagnostiquer une surdité, mais elle ne permet pas de dissocier le traumatisme chimique du traumatisme acoustique, tous deux se manifestant par une diminution de la sensibilité auditive aux fréquences situées autour de 4 - 6 kHz. Ce moyen d'investigation ne fournit donc pas d'arguments objectifs permettant d'affirmer que la surdité diagnostiquée est due à une intoxication par les solvants, et pas seulement à l'exposition au bruit. Ceci explique sans doute pourquoi,



aujourd'hui, seul le bruit est considéré comme facteur responsable de la surdité professionnelle et fait l'objet de prévention, puis d'indemnisation lorsque « le mal est fait ».

En prévention, le nouveau défi à relever serait de fournir des outils permettant de diagnostiquer les souffrances cochléaires et d'identifier la nature du dommage cochléaire. Une fois identifiés et reconnus, les agents ototoxiques pourraient alors faire l'objet d'une véritable politique de prévention.

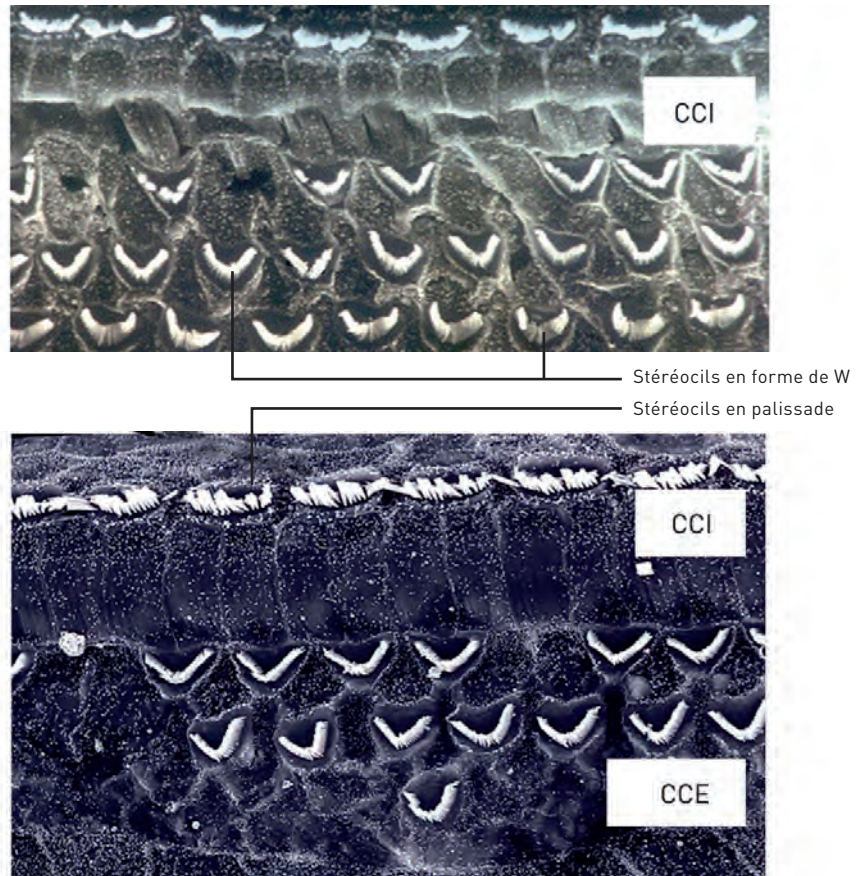
L'expérimentation animale a fourni des informations précieuses concernant le pouvoir ototoxique de certains solvants aromatiques. En outre, elle a permis l'identification des tissus cochléaires sensibles aux solvants : les cellules ciliées externes (CCEs) se sont révélées les plus vulnérables (cf. Figure 1 bas). Elle a également permis de distinguer les traumatismes cochléaires induits par les solvants de ceux provoqués par le bruit : il endommage mécaniquement les stéréocils (l'inclinaison des stéréocils permet l'ouverture de canaux ioniques et par là-même la génération des signaux auditifs) implantés au sommet des cellules ciliées externes (CCEs) et internes (CCIs), tandis que les solvants empoisonnent les CCEs à leur base en préservant les CCIs (cf. Figure 1).

Ces différences histopathologiques entre les effets des solvants et ceux du bruit offrent des pistes prometteuses pour améliorer la prévention. En effet, la recherche d'un outil de diagnostic des souffrances cochléaires engendrées par les solvants doit s'inspirer de la connaissance de leurs mécanismes ototoxiques.

Si l'audiométrie liminaire tonale reste un outil performant pour diagnostiquer une surdité globale et centrale, il n'est certes pas le plus adapté pour déceler un empoisonnement du récepteur auditif périphérique, et plus spécifiquement des CCEs. En vibrant, ces dernières constituent le générateur d'émissions acoustiques [3, 4]. La mesure des oto-émissions provoquées chez des sujets exposés aux solvants serait sans doute un bon indicateur de la souffrance des CCEs induite par l'intoxication aux solvants. En conséquence, les produits de distorsion acoustique (2fi-f2), déjà utilisés en clinique, pourraient être un outil précieux dans la surveillance de l'audition des personnes exposées. L'empoisonnement des CCEs par des

**FIGURE 1**

**Haut :** Effets du bruit : les stéréocils sont endommagés au niveau de la première rangée de cellules ciliées externes.  
**Bas :** Effets des solvants : les stéréocils sont intacts, le dommage commence par la troisième rangée de cellules ciliées externes (CCE).



solvants laisse d'ailleurs présager une fatigabilité accrue et donc une diminution des performances dans le traitement des informations auditives.

### MONOXYDE DE CARBONE ET ACIDE CYANHYDRIQUE

Le CO et l'HCN comptent parmi les gaz les plus dangereux en milieu professionnel. On a montré, chez le rat, que si ces deux gaz n'engendrent pas directement des pertes auditives, ils potentialisent néanmoins les effets du bruit. Par ailleurs, il a été montré qu'une exposition sonore non traumatisante peut le devenir lorsque du CO, ou de l'HCN, est présent simultanément à l'exposition au bruit. Les risques inhérents aux expositions combinées au bruit et au CO – HCN doivent donc faire l'objet d'une attention particulière et d'une surveillance audiométrique régulière.

## LES AGENTS OTOTOXIQUES EXTRA-PROFESSIONNELS

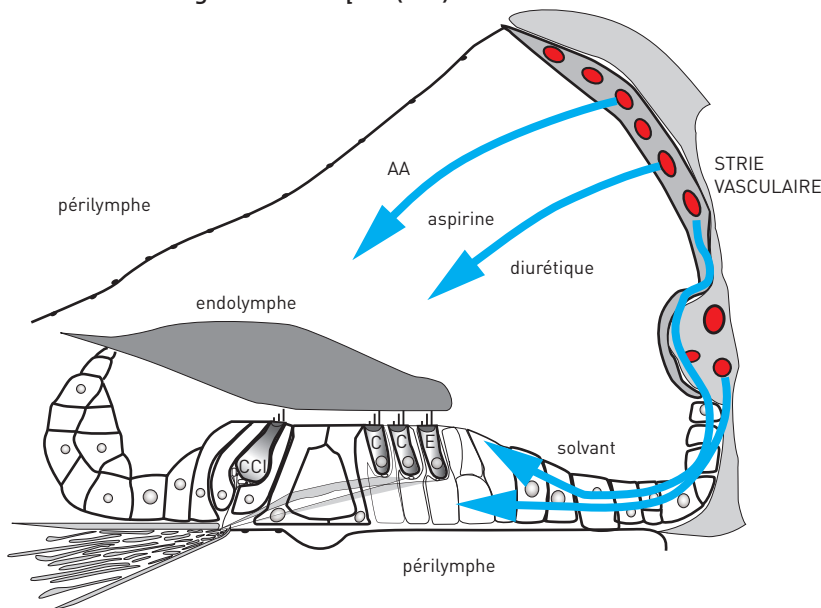
### ANTIBIOTIQUES

Les aminosides correspondent à une classe d'antibiotiques à large spectre connus pour leur ototoxicité. Les plus largement utilisés à des fins thérapeutiques sont énumérés dans le *Tableau ci-dessous*.

Antibiotique	Utilisation thérapeutique
Amikacine	infection nosocomiale
Gentamicine	pneumonie, méningite
Tobramycine	associé avec gentamicine
Kanamycine	tuberculose si résistance
Néomycine	infection de peau et muqueuse
Streptomycine	endocardite, tuberculose

FIGURE 2

## Voie intoxication des agents ototoxiques (CCE)



Leur ototoxicité se traduit par des pertes auditives aux fréquences élevées qui se propagent ensuite vers les basses fréquences en fonction de la durée du traitement. C'est surtout l'organe de Corti qui est lésé, les CCEs du premier rang disparaissent les premières, suivies par celles du second rang, puis par celles du troisième rang. Les antibiotiques pénètrent dans les liquides de l'oreille interne (OI) en traversant la barrière hémato-labyrinthique. Si leur élimination sérique ne nécessite guère que 8 heures, elle est plus longue dans les liquides de l'OI. Chez le rat, par exemple, ils peuvent persister pendant 15 jours. Par ailleurs, les recherches sur animaux ont montré que les aminosides peuvent s'accumuler dans les cellules ciliées jusqu'à en devenir toxiques. Les aminosides sont donc des agents potentiellement ototoxiques. Fort de ces données, il convient d'informer le personnel ayant subi un tel traitement des risques encourus. Il faut également le protéger des ambiances sonores limites par rapport à celles recommandées à ce jour par la législation, à savoir 85 dB(A) pour 8 heures de travail (protecteurs individuels contre le bruit, pauses soustrayant au bruit, suivi audiométrique).

### DIURÉTIQUES

Le furosémide, l'acide éthacrynique, le bumétanide sont les trois diurétiques les plus connus pour leurs effets ototoxiques regrettables mais temporaires.

Trois caractéristiques essentielles permettent de distinguer l'ototoxicité de ces diurétiques de celle des aminosides :

- la surdité apparaît quelques minutes seulement après l'administration ou l'ingestion du diurétique ;

- à la différence de la surdité induite par les aminosides, la surdité induite par les diurétiques régresse parallèlement à l'élimination des diurétiques et cesse à la disparition totale du produit ;

- l'ototoxicité des diurétiques n'intéresse que la cochlée ; le vestibule (récepteur neurosensoriel de l'équilibre) semble être préservé de l'action toxique du diurétique. Les diurétiques perturbent les équilibres ioniques existant entre le sang et les liquides de l'OI, entraînant ainsi une baisse de l'acuité auditive.

### SALICYLATES

L'acide acétylsalicylique, ou aspirine, est le médicament le plus couramment consommé dans les sociétés industrielles modernes. Si les effets analgésiques, anti-inflammatoires ou anti-pyrétiques sont le plus souvent recherchés, certaines personnes souffrant de maladies cardiovasculaires peuvent également en consommer pour accentuer la fluidité sanguine. Un niveau sérique de 10-15 mg pour 100 ml correspond à la dose généralement prise pour calmer une migraine, un mal de dent, une fièvre ; il correspond également au traitement préventif des angines de poitrine. À de telles concentrations, des déficits auditifs partiels et

temporaires peuvent survenir. Certaines personnes ne s'aperçoivent même pas de l'hypoacousie dont elles souffrent. Lorsque la concentration sérique d'acide acétylsalicylique atteint 19,6 mg pour 100 ml, la majeure partie des sujets ayant une audition « normale » avant la prise d'aspirine, se plaint alors d'un sifflement de l'oreille ou acouphène. Comme les diurétiques, l'aspirine agit en modifiant les équilibres ioniques de l'OI. Elle modifie le comportement des CCEs provoquant ainsi une hypoacousie et des acouphènes. Les salicylates peuvent donc être à l'origine d'hypoacousies temporaires [5].

### ANTI-TUMORAUX

Le cisplatine ou le carboplatine sont des anticancéreux très employés en chimiothérapie. Leur utilisation est susceptible de modifier la composition électrochimique des liquides de l'OI et de détruire des cellules ciliées. Ils sont donc ototoxiques. Quant aux effets conjugués du bruit et des anti-tumoraux, un risque accru de déficit auditif à l'exposition au bruit a été mis en évidence chez l'animal. Il est donc fondamental d'avertir les salariés concernés par ce type de traitement des risques encourus par une exposition sonore, même de faible intensité et, le cas échéant, de les en protéger.

## LA PROTECTION DE L'HOMME

### SURVEILLANCE AUDIOMÉTRIQUE

Une protection individuelle contre le bruit et un suivi audiométrique des individus soumis à des ambiances sonores dont le niveau est proche de celui recommandé par la législation sont autant de pistes à explorer pour protéger l'audition des salariés exposés à des ambiances professionnelles multifactorielles.

Des outils audiométriques récents reposant sur les mesures de produits de distorsion ( $2f_1-f_2$ ), sont plus sensibles aux agressions des CCEs que ne l'est l'audiométrie tonale. Un tel outil pourrait fournir la possibilité de découvrir des indices précoces de souffrance cochléaire ou, dans une hypothèse moins heureuse, d'identifier des agents ototoxiques autres que le bruit.



## FORMATION

Une formation des acteurs de la prévention à l'usage des produits de distorsion serait indiscutablement un atout dans le dépistage de surdité induite par des agents ototoxiques.

## INFORMATION

Il conviendra d'informer et de surveiller les personnes convalescentes (retour d'hospitalisation, par exemple), d'insister sur la vigilance particulière à apporter vis-à-vis des signaux sonores d'avertissement pour les salariés prenant occasionnellement des diurétiques ou de l'aspirine.

## MESURES D'ORDRE RÉGLEMENTAIRE

Les limites réglementaires à l'exposition au bruit ont été établies pour des sujets sains ne présentant pas de fragilité cochléaire. Or, une oreille interne envahie par un agent ototoxique, ou vieillissante, pourrait se révéler plus vulnérable à une agression sonore qu'une oreille exposée uniquement au bruit. La question de la pertinence des limites d'exposition au bruit, ou des valeurs limites de moyennes d'exposition (VME) à des agents ototoxiques lorsque des personnes sont exposées à plusieurs nuisances reste donc posée. La VME est exprimée en  $\text{cm}^3/\text{m}^3$  (ppm) et en  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Elle vise à protéger les travailleurs contre des effets résultant

d'une exposition prolongée, exposition au cours d'un poste de 8 heures. Ces valeurs sont utilisées en France dans le cadre de la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs contre les risques liés à une exposition à des agents chimiques sur le lieu de travail. Pour cette raison, les législateurs devraient prendre en considération les résultats scientifiques récents pour renforcer la protection de l'audition des personnes exposées à des multinuissances.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] Agents ototoxiques et exposition au bruit. Document pour le médecin du travail. 2001, 86, pp. 177-182.

[2] SUMER 94. Document pour le médecin du travail. 1997, 69, pp. 63-70.

[3] Audition : l'amplificateur cochléaire. Document pour le médecin du travail. 1992, 49, pp. 15-22.

[4] [http://www.afssa.fr/ET/DocumentsET/impacts\\_sanitaires\\_bruit.pdf](http://www.afssa.fr/ET/DocumentsET/impacts_sanitaires_bruit.pdf)

[5] Effets des salicylates sur le système auditif : revue bibliographique. Cahier de Notes Documentaires. 1991, 142, pp. 79-86.

## 1.3.

# EFFETS DES VIBRATIONS SUR LE SYSTÈME MAIN-BRAS

---

Les principaux effets des vibrations mécaniques transmises au système main-bras par des machines-outils tenues à la main sont aujourd'hui bien définis et répertoriés dans les tableaux correspondants de maladies professionnelles.

Les troubles « angioneurotiques de la main, syndrome de Raynaud et neuropathie » ont une prévalence très variable suivant les branches professionnelles et les métiers, en fonction des niveaux et durées d'exposition, et des dispositifs et mesures de prévention effectives. Le syndrome de Raynaud s'exprime par des attaques ischémiques d'un ou plusieurs doigts déclenchées par le froid. Il peut être confirmé par des épreuves fonctionnelles vasculaires et doit être distingué des autres causes de syndrome de Raynaud, local régionales ou générales. La neuropathie est une neuropathie sensitive, s'exprimant habituellement par des acroparesthésies et une réduction de perception sensitive provoquant une maladresse dans l'exécution des gestes fins. Les explorations électroneurophysiologiques peuvent confirmer le diagnostic et préciser le niveau d'atteinte.

Les atteintes ostéoarticulaires sont liées notamment à l'exposition répétée à des vibrations et chocs de machines-outils percutantes ou roto-percutantes.

Les atteintes ostéoarticulaires du poignet, ostéonécroses de l'os semi-lunaire ou du scaphoïde, sont révélées par des symptômes douloureux et confirmées par l'imagerie médicale. Les atteintes arthrosiques du coude sont plus insidieuses et peuvent aboutir à une diminution de mobilité articulaire tardive si elles ne sont pas dépistées.

Les études plus récentes sur les pathologies liées aux vibrations insistent sur l'exposition associée habituelle à des facteurs de risque biomécaniques chez les travailleurs manuels exposés : contraintes de rythme, hypersollicitation répétée des membres supérieurs, exigences posturales... L'ensemble de ces facteurs interagissent pour augmenter le risque de troubles musculosquelettiques. La qualité de vie au travail et hors-travail peut être altérée proportionnellement à la sévérité du syndrome des vibrations chez les sujets atteints.

L'efficacité des mesures préventives est conditionnée par une démarche globale vis à vis des vibrations et de l'ensemble des facteurs de risque biomécaniques.

Les principaux effets des vibrations mécaniques transmises au système main-bras par des machines-outils tenues à la main sont aujourd'hui bien définis et répertoriés dans les tableaux correspondants de maladies professionnelles (tableau 69 pour le RG, 29 pour le RA). On peut les distinguer suivant les structures atteintes, ostéo-articulaires, vasculaires ou nerveuses, ou suivant leur localisation, au poignet ou au coude.

---

► Gérard LASFARGUES,  
Anses et Université François Rabelais,  
Faculté de Médecine, Tours

## LES TROUBLES ANGIONEUROTIQUES

Les machines rotatives dont le maximum d'énergie vibratoire se situe généralement au dessus de 50 Hz exposent plus au risque de troubles angioneurotiques de la main, syndrome de Raynaud et neuropathie. Ceux-ci ont une prévalence très variable, notamment en fonction des secteurs d'activité et métiers concernés, des niveaux et durées d'exposition aux vibrations et des cofacteurs étiopathogéniques [1, 2].

Diverses études récentes longitudinales font état de diminution d'incidence significative de syndromes des vibrations dans des secteurs d'activité variés (construction, forêts...) suite à la mise en place de dispositifs anti-vibratiles sur les machines-outils concernées [3]. La gravité des atteintes dépend étroitement de la dose vibratoire reçue, elle même fonction pour un sujet donné de l'intensité de la vibration et de la durée d'exposition quotidienne et totale cumulée [4, 5].

### L'ATTEINTE VASCULAIRE

Le syndrome des vibrations constitue la première cause professionnelle de phénomène de Raynaud, avant les autres causes, locales ou générales de syndrome de Raynaud, en particulier les causes toxiques ou traumatiques. Le délai d'apparition des manifestations vasculaires est variable (quelques mois à quelques années). Il est corrélé à la dose vibratoire reçue, notamment à la durée d'exposition quotidienne effective et au temps total d'exposition [6]. L'ischémie distale paroxystique du phénomène de Raynaud provoque de façon typique un blanchiment des doigts bien limité, accompagné par une sensation de doigts morts. La crise vasospastique évolue classiquement en trois phases successives : phase asphyxique ou syncopale (blanche), correspondant à l'arrêt du flux capillaire par fermeture des sphincters précapillaires, suivie ou non d'une phase cyanique (bleue) avec stase capillaro-veinulaire, puis d'une phase hyperhémique douloureuse (rouge) de vasodilatation réactionnelle. La durée des attaques de phénomène de Raynaud est variable, de 10 à 15 minutes jusqu'à une heure ou plus dans les cas les plus sévères.

L'exposition au froid, en particulier le froid humide, est le facteur déclenchant habituel des crises et explique la prédominance hivernale des symptômes. Les attaques surviennent plus volontiers lorsque les travailleurs manipulent des outils froids, peuvent se répéter dans la journée et parfois survenir en dehors du travail. L'atteinte est unilatérale ou bilatérale asymétrique avec une prédominance du côté supportant le poids de la machine vibrante. La manière dont la machine est tenue peut entraîner l'atteinte préférentielle de certains doigts. En dehors des stades avancés, le pouce est habituellement épargné.

Le travail en environnement froid, tel qu'il peut être fréquemment le cas dans les secteurs d'activité exposant aux intempéries, joue donc un rôle de cofacteur important [7]. Les travailleurs souffrant d'un syndrome de Raynaud lié aux vibrations au niveau des mains peuvent aussi présenter des crises vasospastiques provoquées par le froid au niveau des pieds et des orteils, la sévérité des atteintes des mains constituant un déterminant prévisionnel de l'atteinte des pieds [8].

A côté du froid, les contraintes musculaires et exigences posturales, telles par exemple un travail en hauteur avec une machine située au niveau de l'épaule, sont les cofacteurs professionnels les plus significatifs. Parmi les facteurs aggravants individuels, rappelons que le tabagisme est un facteur de risque vasculaire puissant, également à l'échelon microcirculatoire.

Des questionnaires sur les symptômes peuvent être utilisés pour dépister les différentes atteintes du syndrome des vibrations et avoir une idée du retentissement au niveau d'une population exposée. L'échelle de Stockholm vasculaire évalue classiquement la sévérité fonctionnelle des attaques [9]. Le phénomène de Raynaud est classé en quatre stades symptomatiques, de discret à très sévère. Le stade est déterminé séparément pour chaque main, en fonction de la fréquence des crises, du nombre de doigts atteints et de la topographie de l'atteinte sur chaque doigt.

Au niveau individuel, la confirmation diagnostique et le bilan du retentissement fonctionnel au niveau des mains et des doigts impliquent, outre un examen médical précis avec manœuvres dynamiques spécifiques, la mise en œuvre d'explorations fonctionnelles vasculaires,

susceptibles également de dépister des anomalies infra-cliniques. Parmi celles-ci, les tests de provocation au froid en matière de dépistage et diagnostic utilisent des méthodes standardisées thermométriques (mesures dynamiques de température des doigts) ou pléthysmographiques (mesure des variations de volume et de débit vasculaire au niveau de la pulpe des doigts, enregistrement de pression artérielle systolique digitale...) [10, 11]. D'autres explorations (capillaroscopie périunguëale, doppler...) sont surtout utiles pour évaluer la sévérité de l'atteinte vasculaire et éliminer les autres causes de syndrome de Raynaud [12].

Parmi celles-ci, le syndrome du marteau hypothénar, reconnue comme maladie professionnelle, est une pathologie de la main d'origine traumatique survenant chez des travailleurs manuels qui utilisent professionnellement la paume de leur main comme un outil. Les lésions anatomiques siègent au niveau de l'artère cubitale et/ou de l'arcade palmaire superficielle. Un phénomène de Raynaud touchant les doigts de la main soumise aux traumatismes répétés est fréquemment retrouvé. Des épisodes d'ischémie digitale ou même de nécrose pulpaire sont un mode non rare de révélation de l'affection. Une atteinte neurologique associée, en règle sensitive dans le territoire du cubital, doit être systématiquement recherchée. Les explorations paracliniques (artériographie, IRM ou scanner), permettent d'objectiver des occlusions cubitales ou palmaires superficielles, fréquemment associées à un anévrysme cubital parfois thrombosé [12, 13].

### L'ATTEINTE NEUROLOGIQUE

La neuropathie des vibrations, très souvent associée au phénomène de Raynaud [14], est une neuropathie sensitive, s'exprimant habituellement par des acroparesthésies et une réduction de perception sensitive provoquant une maladresse dans l'exécution des gestes fins. Des paresthésies nocturnes permanentes perturbant le sommeil doivent faire rechercher un syndrome du canal carpien. L'examen clinique médical recherche une atteinte sensitive dans les territoires du médian, du cubital et du radial. Il peut objectiver une hypoesthésie pulpaire et plus rarement de discrets troubles moteurs.

La mesure des seuils de perception vibrotactiles digitaux est un test psycho-

physique dont le principe, est de mesurer le seuil de sensibilité des doigts aux vibrations. Les pertes de sensibilité peuvent être calculées et exprimées par une courbe. Ce test standardisé est adapté à la surveillance de populations exposées au risque vibratoire [15 - 18]. L'échelle de Stockholm [19], utilisée en dépistage, permet de classer l'atteinte sensitive neurologique en fonction de la présence de paresthésies et de troubles sensitifs objectifs. La réduction de dextérité manipulative peut être estimée chez les sujets exposés aux vibrations par des tests simples de préhension d'objets étroits entre pouce et extrémités digitales. La capacité d'étreinte manuelle peut être mesurée précisément à l'aide de dynamomètres adaptés [20].

Des explorations plus spécialisées, cherchant à préciser les diagnostic et pronostic des troubles neurologiques dans les territoire des nerfs médian, cubital et radial, peuvent être mises en oeuvre : mesure des vitesses de conduction nerveuse sensitive et motrice, des latences distales, électromyographie [20 - 22]. La corrélation entre l'évaluation par l'échelle de Stockholm et les tests fonctionnels n'est pas toujours bonne [23]. Comme pour l'atteinte vasculaire, la neuropathie du syndrome des vibrations doit être distinguée des neuropathies d'autre origine, en particulier celles liées à des agents toxiques professionnels.

## L'ATTEINTE OSTÉO-ARTICULAIRE

Les atteintes ostéoarticulaires sont liées notamment à l'exposition répétée à des vibrations et chocs de machines-outils percutantes ou roto-percutantes, surtout lorsqu'elles ne sont pas munies de dispositifs anti-vibratiles.

Les atteintes ostéoarticulaires du poignet sont représentées par des ostéonécroses de l'os semi-lunaire (maladie de Kienböck) ou du scaphoïde (maladie de Köhler). Elles sont « bruyantes » cliniquement, révélées par des symptômes douloureux, et confirmées par l'imagerie médicale (IRM...).

Le mécanisme physiopathogénique est essentiellement vasculaire, impliquant des lésions artérielles induites par les

vibrations conjuguées à d'autres facteurs, tels le vasospasme prolongé sous l'effet des vibrations et du froid, une position favorisant (hyperextension forcée de la main lors de la tenue de l'outil) ou des traumatismes répétés ou ignorés [12, 24].

Les atteintes hyperostosantes du coude sont plus insidieuses, évoluant à bas bruit très progressivement, et peuvent aboutir à une diminution de mobilité articulaire tardive si elles ne sont pas dépistées. Des néoformations osseuses peuvent apparaître au niveau des épicondyliens, épithrochléens, du tendon tricipital, du ligament annulaire du radius, de la capsule articulaire... L'imagerie médicale est nécessaire pour confirmer le diagnostic [12, 24].

## LES AUTRES ATTEINTES

L'exposition au bruit, souvent associée à celle aux vibrations mécaniques, est responsable de déficits auditifs chez les travailleurs atteints également de syndrome des vibrations [25].

Les études plus récentes sur les maladies et symptômes liés aux vibrations insistent sur l'exposition associée habituelle à des facteurs de risque biomécaniques chez les travailleurs manuels exposés : contraintes de rythme, hyper-sollicitation répétée des membres supérieurs, exigences posturales... L'ensemble de ces facteurs interagissent pour augmenter le risque de troubles musculosquelettiques, notamment de syndromes canaux du membre supérieur [26, 27]. Quelques études épidémiologiques font état, avec un niveau de preuve plus limité, d'une association entre maladie de Dupuytren et exposition aux vibrations. D'autres études ont mis en évidence des douleurs chroniques ou des troubles musculosquelettiques des membres supérieurs, des épaules et du cou plus fréquents chez des travailleurs exposés aux vibrations du système main-bras combinées à des facteurs de risques biomécaniques [28 - 33]. Certaines atteintes peuvent également se voir dans des populations féminines exposées aux vibrations et aux gestes d'hyper-sollicitation répétitive des membres supérieurs [34]. Dans ce cadre d'exposition combinée, les mesures préventives doivent à la fois viser la réduction de transmission des vibrations au système main-bras, en

particulier par action sur les machines-outils, mais aussi plus globalement la diminution d'exposition aux contraintes biomécaniques et la prévention ergonomique.

Les incapacités locomotrices pouvant résulter de ces atteintes, ajoutée à la gêne occasionnée dans le travail par les troubles angioneurotiques liés aux vibrations, handicapent parfois sévèrement les sujets dans leur activité professionnelle et au-delà dans leurs activités hors travail. Des études récentes insistent sur les pertes de capacité de travail et sur l'altération de la qualité de vie dans ses différentes composantes en lien avec la sévérité des symptômes et l'exposition cumulée aux vibrations chez les travailleurs touchés [35 - 38]. Ceci renforce d'autant la nécessité d'actions préventives multidisciplinaires et globales.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] LASFARGUES G., 1990. Effets neurologiques et vasculaires des vibrations transmises au système main-bras. Documents pour le médecin du travail INRS, 43 : 249-258.
- [2] LASFARGUES G., 1992. Troubles angioneurotiques d'origine professionnelle : aspects épidémiologiques et cliniques. Revue de Médecine du Travail, 19 : 5-10.
- [3] SU TA, HOE VC, MASILAMANI R, AWANG MAHMUD AB., 2011. Hand-arm vibration syndrome among a group of construction workers in Malaysia. Occup Environ Med 68 : 58-63.
- [4] FENGA C, RAPISARDA V, VALENTINO M, CACCIOLA A, DEBOLI R, CALVO A, GERMANO D., 2007. Hand-arm vibration syndrome and upper limbs diseases in the forest workers of Italia meridionale G Ital Med Lav Ergon, 29 (3 Suppl) : 592-533.
- [5] SAUNI R, PÄÄKKÖNEN R, VIRTEMA P, JÄNTTI V, KÄHÖNEN M, TOPPILA E, PYYKKÖ I, UITTI J., 2009. . Vibration-induced white finger syndrome and carpal tunnel syndrome among Finnish metal workers. Int Arch Occup Environ Health, 82 : 445-53.
- [6] NELSON CM., 1991. Exposition aux vibrations et le temps de latence du syndrome de Raynaud. Cahiers de notes documentaires INRS ; ND 1842-144-91.
- [7] BURSTRÖM L, JÄRVHOLM B, NILSSON T, WAHLSTRÖM J., 2010. White fingers, cold environment, and vibration-exposure among Swedish construction workers. Scand J Work Environ Health, 36: 509-513.
- [8] HOUSE R, JIANG D, THOMPSON A, EGER T, KRAJNAK K, SAUVE J, SCHWEIGERT M., 2010. Vasospasm in the feet in workers assessed for HAVS. Occup Med Dec 31. [Epub ahead of print].
- [9] GEMNE G, PYYKKÖ I, TAYLOR W, PELMEAR PL., 1987. The Sfockholm workshop scale for the classification of cold-induced Raynaud phenomenon in the handarm vibration syndrome (revision of the Taylor Pelmear scale). Scand J Work Environ Health, 13 : 275-278.
- [10] HARADA N, MAHBUB MH., 2008. Diagnosis of vascular injuries caused by hand-transmitted vibration. Int Arch Occup Environ Health, 81: 507-518.
- [11] THOMPSON A, HOUSE R, MANNO M., 2008. The sensitivity and specificity of thermometry and plethysmography in the assessment of hand-arm vibration syndrome. Occup Med 58 : 181-186.
- [12] LASFARGUES G, FONTANA L, CATILINA P., 1996. Pathologie des vibrations mécaniques transmises aux membres supérieurs. Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), Toxicologie - Pathologie professionnelle, 16-518-A15, 6 p.
- [13] DUMAS P, CHIGNON-SICARD B, DE CHARDON VM, BALAGUER T, LEBRETON E., 2010. Hammer hypothenar syndrome: review of the literature and case report. Chir Main, 29 : 289-293.
- [14] CARPENTIER P, DELGAS A, GIMBERT E et coll., 1986. Le syndrome des vibrations. Etude épidémiologique, clinique et métrologique. Arch Mal Prof 47 : 615-620.
- [15] AATOLA S, FARKKILA M, PYYKKÖ I, STARCK J, KORHÖNEN O., 1990. Measuring method for vibration perception threshold of fingers and its application to vibration exposed workers. Int Arch Occup Environ Health, 62 : 239-242.
- [16] BEAUMONT D, NOEUVEGLISE M, VIBERT ML, TOUBOUL EA, FUMERY B., 1992. Mains et vibrations : la tactilométrie digitale. Revue de Médecine du Travail, 19 : 11-15.
- [17] MAEDA S, GRIFFIN MJ., 1994. A comparison of vibrotactile thresholds on the finger obtained with different equipment. Ergonomics, 37 : 1391-1406.
- [18] GRIFFIN MJ, 2008. Measurement, evaluation, and assessment of peripheral neurological disorders caused by hand-transmitted vibration. Int Arch Occup Environ Health, 81 : 559-73.
- [19] BRAMMER AJ, TAYLOR W, LUNDBORG G., 1987. Sensorineural stages of the hand-arm vibration syndrome. Scand J Work Environ Health, 13 : 279-283.
- [20] POOLE K, MASON H., 2007. Relationship between self-reported upper limb disability and quantitative tests in hand-arm vibration syndrome. Disabil Rehabil, 29: 359-366.
- [21] BRAMMER AJ., 1982. Relations between vibration exposure and the development of the vibration syndrome. BRAMMER AJ, TAYLOR W (eds). Vibration effects on the hand and arm in industry. J Wiley and sons, New York; pp 283-290.
- [22] HIRATA M, SAKAKIBARA H., 2007. Sensory nerve conduction velocities of median, ulnar and radial nerves in patients with vibration syndrome. Int Arch Occup Environ Health, 80 : 273-280.
- [23] HOUSE R, KRAJNAK K, MANNO M, LANDER L., 2009. Current perception threshold and the HAVS Stockholm sensorineural scale. Occup Med 59 : 476-482.
- [24] LEY FX., 1989. Affections ostéo-articulaires des membres supérieurs dues aux vibrations. Histo-anatomie et physiopathologie. Documents pour le médecin du travail INRS, 40 : 333-342.
- [25] HOUSE RA, SAUVE JT, JIANG D., 2010. Noise-induced hearing loss in construction workers being assessed for hand-arm vibration syndrome. Can J Public Health, 101 : 226-229.
- [26] WIESLANDER G, NORBACK D, GOTHE CJ, JUHLIN L., 1989. Carpal tunnel syndrome and exposure to vibration, repetitive wrist movements, and heavy manual work: a case-referent study. Br J Ind Med, 46 : 43 - 47.
- [27] KOSKIMIES K, FARKKILA M, PYYKKÖ I et al., 1990. Carpal tunnel syndrome in vibration disease. Br J Ind Med, 47 : 411-416.
- [28] WIGLEY RD, DE GROOT JA, WALLS C., 2007. Contribution of vibration to musculoskeletal disorders in New Zealand. Intern Med J, 37 : 822-825.
- [29] BOVENZI M, MAURO M, RONCHESI F, LARESE FILON F., 2008. Neck and upper limb disorders caused by combined exposures to ergonomic risk factors and hand-transmitted vibration. G Ital Med Lav Ergon, 30 (3 Suppl) : 39-45.
- [30] WAHLSTÖM J, BURSTRÖM L, HAGBERG M, LUNDSTRÖM R, NILSSON T., 2008. Musculoskeletal symptoms among young male workers and associations with exposure to hand-arm vibration and ergonomic stressors. Int Arch Occup Environ Health, 81 : 595-602.
- [31] HOUSE R, WILLS M, LISS G, SWITZER-MCINTYRE S, MANNO M, LANDER L., 2009. Upper extremity disability in workers with hand-arm vibration syndrome. Occup Med, 59 : 167-173.
- [32] SAUNI R, PÄÄKKÖNEN R, VIRTEMA P, TOPPILA E, UITTI J., 2009. Dose-response relationship between exposure to hand-arm vibration and health effects among metalworkers. Ann Occup Hyg, 53 : 55-62.



## BIBLIOGRAPHIE

[33] VAN RIJN RM, HUISSTEDE BM, KOES BW, BURDORF A., 2010. Associations between work-related factors and specific disorders of the shoulder--a systematic review of the literature. *Scand J Work Environ Health*, 36 : 189-201.

[34] BYLUND SH, AHLGREN C., 2010. Experiences and consequences for women with hand-arm vibration injuries. *Work*, 35 : 431-9.

[35] CEDERLUND R, IWARSSON S, LUNDBORG G., 2007. Quality of life in Swedish workers exposed to hand-arm vibration. *Occup Ther Int*, 14 : 156-69.

[36] AYERS B, FORSHAW M., 2010. An interpretative phenomenological analysis of the psychological ramifications of hand-arm vibration syndrome. *J Health Psychol*, 15 : 533-542.

[37] CARLSSON IK, ROSÉN B, DAHLIN LB., 2010. Self-reported cold sensitivity in normal subjects and in patients with traumatic hand injuries or hand-arm vibration syndrome. *BMC Musculoskelet Disord*, 11 : 89.

[38] SAUNI R, VIRTEMA P, PÄÄKKÖNEN R, TOPPILA E, PYYKKÄ I, UITTI J., 2010. Quality of life (EQ-5D) and hand-arm vibration syndrome. *Int Arch Occup Environ Health*, 83 : 209-216.

## 1.4.

## EFFETS DES VIBRATIONS DE L'ENSEMBLE DU CORPS

---

L'exposition aux vibrations de l'ensemble du corps (VEC) a des effets variés sur les adaptations neuromusculaires et sur l'intégrité de l'appareil locomoteur. Les VEC ont été le premier facteur de risque de lombalgie démontré. Cette relation s'est traduite par un tableau de reconnaissance en maladie professionnelle dans lequel les VEC causent une lésion discale. Cependant, des travaux récents montrent que les processus sont plus complexes. En effet, l'exposition aux VEC induit des atteintes discales directes, sans doute en petit nombre, et, plus fréquemment, des altérations des fonctions locomotrices. C'est en particulier la dégradation des coordinations neuromusculaires et des capacités de forces qui expliquent les difficultés de maintien postural, les chutes et faux mouvements et secondairement des accidents lombaires. La combinaison des facteurs directs et secondaires est particulièrement néfaste pour le rachis. Par ailleurs, les VEC aggravent les conséquences des lombalgies et favorisent leur passage à la chronicité.

En conclusion, dans le champ de la prévention les progrès sont réels mais la prévention technique et organisationnelle doit encore réduire les conséquences des VEC. La meilleure connaissance des mécanismes d'apparition des lombalgies doit participer à la prévention pour contenir leur évolution.

---

► Jean-Pierre MEYER  
INRS, département Homme au travail

Parmi les nombreux facteurs de risque de lombalgies, la conduite de véhicule routier a été le premier mis en évidence de façon indiscutable [1]. Les lombalgies restent un problème majeur de santé au travail. Elles sont, en France, le siège des lésions dans plus de 100 000 accidents du travail (AT) tous les ans, soit près d'un AT sur cinq. L'exposition aux vibrations du corps entier (VEC) est la cause d'environ 400 lombosciatiques chroniques reconnues chaque année en maladie professionnelle (MP) dans le régime général (tableau 97). La durée moyenne d'arrêt est respectivement de 55 et 340 jours pour les AT et les MP [2]. Ces durées longues traduisent des atteintes graves et/ou de grosses difficultés de soin et/ou de retour au travail des victimes. Dans les pays industrialisés environ sept personnes sur dix disent avoir eu mal au dos. Dans les enquêtes européennes, les douleurs dorsales sont

les plaintes les plus fréquentes, près d'un tiers des salariés dit souffrir du dos chaque année [3]. Dans ce contexte, le vieillissement des populations salariées et, en conséquence, des anciennetés plus longues, et l'augmentation du nombre de salariés exposés aux VEC imposent une action de prévention efficace. A titre d'exemple, aux Etats-Unis, le nombre d'entreprises de transport a doublé entre 1990 et 2000 et l'âge moyen des salariés a augmenté de 3 ans entre 1997 et 2005 [4]. L'accidentabilité de la branche transport y est plus de 3 fois supérieure à la moyenne toutes branches confondues. Les salariés de 45 à 54 ans représentent 28 % de l'ensemble, 23 % des accidents déclarés mais 35 % des coûts de réparation. Les troubles musculosquelettiques (TMS), surtout des lombalgies, représentent 41 % des accidents, les chutes 17 % et les accidents de circulation 7 % seulement de l'ensemble des AT [4].

Il est souvent porteur de sens bien que les définitions habituelles insistent sur les aspects négatifs : son désagréable, indésirable, gênant ou pénible, source d'erreurs, de fatigue, de stress, problème environnemental et de santé publique aux lourdes conséquences financières.

La présentation va se focaliser successivement sur les effets des VEC, les explications physiopathologiques, les pathologies lombaires et leurs répercussions et, enfin, quelques propositions de prévention.

## EFFETS DES VIBRATIONS

Les effets des VEC peuvent se décliner en adaptations physiologiques et en conséquences délétères sur le système locomoteur. En cas d'incapacité à gérer et à amortir des contraintes trop élevées, les conséquences directes peuvent être progressives ou aiguës tels les AT [5]. En cas d'événement particulièrement traumatisant, des disques intervertébraux sains peuvent se dégrader de façon importante [5, 6]. Cependant, des données cliniques ou épidémiologiques semblent montrer que les VEC ne sont pas des facteurs de risque significatifs d'anomalie discale [7, 8] et qu'une anomalie discale n'est pas synonyme de pathologie [9, 10]. Il existe une quasi unanimité pour rappeler que les VEC sont source de lombalgie [6 - 9, 11, 12].

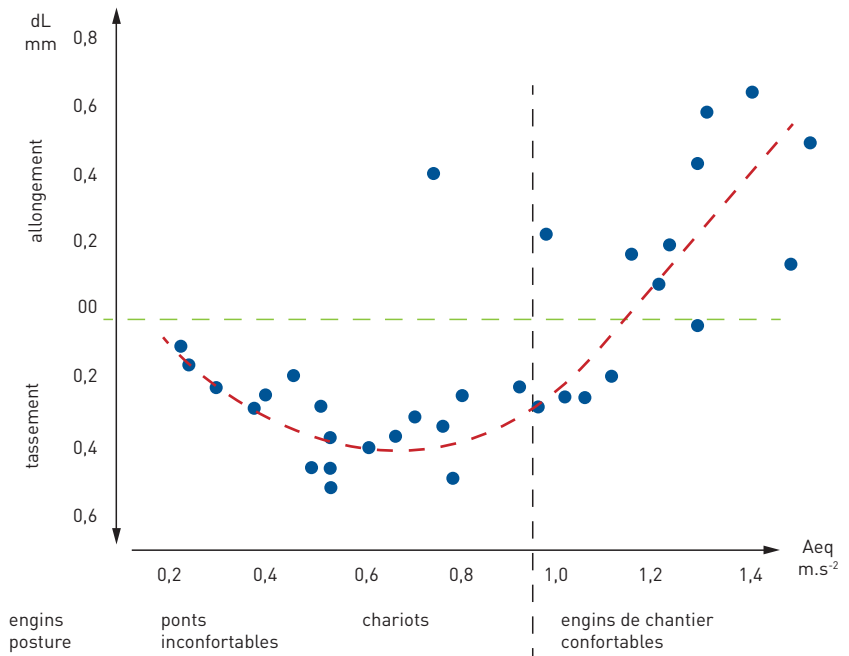
## PHYSIOLOGIE

Les vibrations ont des effets sur les terminaisons nerveuses et sur les fonctions réflexes [13, 14]. Elles augmentent les temps de réaction et altèrent la précision gestuelle [13, 15]. Ceci est en particulier expliqué par le retard de réaction initiale qui laisse se développer les oscillations posturales puis à l'augmentation, dans un deuxième temps, de l'activité musculaire pour stabiliser ces oscillations qui, comme les réactions musculaires exagérées, sont des facteurs de risque d'accidents ou de pathologies de l'appareil locomoteur en général et du rachis en particulier [16]. Les VEC réduisent les capacités de maintien postural et participent ainsi à l'imprécision gestuelle [14, 15, 17].

Le rachis est la structure la plus complexe de l'appareil locomoteur. Ses rôles de protection de la moëlle épinière, de

FIGURE 1

Variations de la longueur de la colonne lombaire en fonction de l'intensité vibratoire [d'après 18].



mobilité qui associe souplesse et raideur et de contrôle du positionnement de l'individu dans l'espace imposent des structures différentes (os, disques, muscles et tendons) et une anatomie musculaire variée et très bien organisée. Par exemple, le tronc est plus fort en rotation qu'en effort de flexion/extension, à l'inverse il est plus endurant en flexion/extension qu'en rotation. Ceci n'est pas qu'un constat fonctionnel mais a aussi des répercussions en termes de prévention : limiter les efforts en flexion/extension et le maintien de postures en rotation va protéger le système vertébral. De même, l'ensemble des muscles dits paravertébraux est composé de muscles dont les fonctions et les structures sont distinctes. Rôle de contrôle postural pour les plus profonds et les plus fins (multifidus) ou d'extenseur du tronc pour les plus superficiels, volumineux et puissants (longissimus). L'anatomie de ces muscles, en particulier les plus profonds, est complexe. Leurs insertions peuvent imposer des lignes d'actions perpendiculaires entre deux muscles qui agissent sur la même articulation. Ces complexités, répétées entre toutes les vertèbres, n'existent dans aucune autre articulation du corps. Elles expliquent pourquoi le dos doit toujours bouger et comment il faut bouger. En effet, mettre en tension un faisceau musculaire lésé, dont on ne connaît ni la position ni la direction, n'est possible que par une activité variée : la vie de tous les jours.

## PHYSIOPATHOLOGIE

L'évolution de la longueur de la colonne lombaire en fonction de la posture et de l'intensité de la VEC (cf. Figure 1) illustre la complexité des réactions vertébrales [18]. Les données de la Figure 1, recueillies auprès de 33 salariés dans leur situation réelle de travail, répondent à un modèle très significatif (courbe pointillée;  $p < 0,001$ ). Ce schéma montre que la colonne lombaire se « tasse » le plus pour des intensités vibratoires moyennes mais se « tasse » peu pour des intensités faibles et même « s'allonge » pour les plus élevées. Cependant, ces observations sont à considérer en parallèle à des contraintes posturales qui sont faibles pour les contraintes vibratoires les plus élevées alors qu'elles sont élevées (assis droit ou penché en avant, immobilisme...) pour les intensités vibratoires moyennes et faibles. Au cours de ces expérimentations, la fréquence cardiaque (FC) des salariés a été enregistrée en continu. La diminution de FC au cours des 6 à 7 heures de travail, expliquée entre autres par un relatif relâchement musculaire, est liée de façon très significative ( $p < 0,01$ ) à un allongement de la colonne lombaire. Dans les 33 conditions de conduite étudiées, les réactions vertébrales sont liées aux VEC mais aussi aux postures et même à l'attention mentale.

Les données de la *Figure 1* expliquent deux situations de risque pour la colonne. Dans les situations ponts et chariots élévateurs, la colonne se « tasse », joue moins son rôle d'amortisseur et fragilise les salariés face à des chocs. A l'inverse, dans les engins de chantier, la colonne conserve ses capacités d'amortissement mais son allongement diminue ses capacités de proprioception, elle sera moins apte à répondre à un changement postural ou à un effort brutal à réaliser dès la fin de l'exposition aux VEC [13, 15, 19]. De plus, face à des VEC élevées, le maintien des capacités d'amortissement ne sera pas forcément suffisant pour protéger le dos.

L'importance des muscles et tendons autour du rachis explique que ce sont eux les principaux sièges de lésions [7]. Pour réparer au mieux celles-ci, il faut très précocement donner au lombalgique un environnement lui permettant de bouger. Voilà pourquoi le travail doit permettre de bouger sans forcer.

### EFFETS SUR LE CONFORT ET LA PERFORMANCE

Les VEC aux fréquences basses (1 - 3 Hz) altèrent les régulations sensorielles de l'équilibre et provoquent chez les sujets les plus sensibles des nausées et/ou des sensations vertigineuses ou de véritables pertes d'équilibre. Les VEC sont perçues inconfortables pour des intensités de plus de 0,3 m/s<sup>2</sup> [4, 20]. Des études combinant des tâches et des contraintes posturales ou vibratoires ont montré que les VEC diminuaient significativement la performance mentale ou physique dans des tâches de précision ou à forte charge visuelle [14, 21].

## EFFETS SUR LA SANTÉ

### EFFETS GÉNÉRAUX

La conduite de véhicules routiers n'a pas comme seule contrainte l'exposition aux vibrations. L'isolement, l'immobilité, les horaires de travail et de repas décalés, les manutentions, les relations aux clients... sont des facteurs de risque de stress, de surcharge pondérale, de troubles locomoteurs variés et de pathologies cardio-vasculaires [4, 11, 12, 20, 22]. L'effet de la surcharge pondérale sur les lombalgies reste discuté à l'inverse de l'effet

TABLEAU I

Pourcentage de salariés qui ont répondu par l'affirmative aux questions sur la présence d'une lombalgie, d'une sciatique et d'un arrêt de travail pour lombalgie dans trois populations i) non exposés (Réf), ii) exposés aux VEC et iii) manutentionnaires (MM) [12].

Contraintes	Lombalgie (% de oui)	Surface spécifique (m <sup>2</sup> /g) (% de oui)	Arrêt de travail (% de oui)
Ref	64	5	9
VEC	72	10	30
MM	73	10	32

du stress démontré depuis longtemps. En effet, c'est l'association stress et VEC qui a, pour la première fois, mis en avant le rôle du stress sur les lombalgies chez les premiers voyageurs ferroviaires en Angleterre. Certains d'entre eux, au terme d'un long voyage angoissant (les accidents étaient fréquents), débarquaient en gare de Londres bloqués par un lumbago. Les vibrations et le cofacteur stress avaient à l'époque fait l'objet de nombreux écrits sous le vocable de « railway spine » [23].

L'action des VEC sur les fonctionnements musculaires et sur les maintiens posturaux expliquent le risque accru de chutes ou de déséquilibres immédiatement après une période d'exposition aux VEC [13, 15, 16, 19]. L'altération des mouvements augmente le risque d'accidents lors de manipulations ou d'actions sur des machines [14, 24].

### PATHOLOGIES LOMBAIRES

La compréhension des mécanismes d'action des VEC sur le rachis reste encore incomplète [5, 9, 25]. En effet, les images radiologiques classiques de détérioration discale causées par les VEC sont discutées [7, 8, 10]. L'hypothèse selon laquelle des troubles ou lésions des tissus mous seraient prééminents dans l'origine des lombalgies est de plus en plus validée [9, 10, 25].

Les lombalgies sont des douleurs de la région lombaire. C'est un symptôme. L'expression de la douleur, comme les pathologies, sont de formes variées [10]. Une simple lourdeur le matin au réveil, une douleur franche le soir, une douleur importante qui limite le mouvement et un lumbago qui le bloque, sont toujours des lombalgies. Pourtant, leurs expressions et leurs conséquences sont incomparables. Les lombalgies peuvent s'accompagner d'irritations ou de compressions nerveuses qui se traduisent par des paresthésies ou dysesthésies (fourmillements, pertes de sensibilité...) dans des zones peu délimitées du dos, de l'abdo-

men, des fesses et des membres inférieurs ou des compressions nerveuses franches avec cruralgies (douleurs franches avec cruralgies (douleurs en ceinture au niveau de l'abdomen) pour des atteintes des trois premiers disques lombaires ou des sciatiques (douleurs de trajet très précis) qui peuvent irradier jusqu'aux pieds pour les trois derniers disques lombaires. Exceptionnellement, certaines formes aiguës de compressions radiculaires paralysantes sont des urgences chirurgicales.

C'est en termes de conséquences que l'exposition aux VEC distingue les salariés exposés ou non. Ainsi, les résultats d'une enquête auprès de 600 salariés hommes dans trois types d'expositions professionnelles (*cf. Tableau I*) montrent que la prévalence de la lombalgie est identique dans les trois expositions, par contre, ses conséquences en termes de gravité (2 fois plus de sciatique en VEC) comme d'arrêts de travail (3 fois plus en VEC) sont significativement plus lourdes pour les salariés exposés aux VEC ou aux manutentions que pour ceux non exposés à ces deux contraintes.

Seules sont reconnues en MP, les sciatiques et les cruralgies chroniques dont un examen radiologique, en général un scanner, a confirmé une compression radiculaire dont le niveau concorde avec celui déterminé à l'examen clinique. La pathologie est la même pour les deux tableaux 97 pour l'exposition aux VEC et 98 pour l'exposition aux manutentions manuelles.

## PRÉVENTION

Le champ de la prévention des atteintes liées à l'exposition aux VEC et, en particulier, les lombalgies, a été largement exploré [6, 9, 10]. Un examen d'aptitude spécifique qui assure une bonne adaptation aux vibrations est illusoire. Cet examen n'existe pas. Le passé professionnel et

lombalgique du salarié doit être considéré. Mais ni un lourd passé lombalgique ni un passé professionnel de conduite d'engins de chantier ne permettent d'édicter une contre-indication argumentée à l'exposition aux VEC. Ces passés doivent être analysés avec le salarié qui doit faire l'objet d'une surveillance médicale renforcée.

Le rôle des médecins du travail est important car ils doivent informer les salariés et les responsables d'entreprise sur les risques liés aux VEC et décrire les grandes lignes de prévention de ces risques (matériel, méthode de travail, organisations temporelles...). La prévention médicale individuelle est complémentaire d'une prévention technique indispensable. Donner un véhicule adapté aux salariés est une nécessité. La tâche à réaliser est également déterminante. Entre un facteur qui livre son courrier en VL et le pontier, l'environnement de la conduite est fort différent et l'accès au poste, la disposition des commandes ont peu en commun. S'appuyer sur l'avis du salarié pour lui permettre de travailler à un poste dont le dimensionnement autorise une posture adaptée est indispensable. La prévention des risques liées aux VEC combine des démarches techniques (matériels, terrains, entretiens...), organisationnelles (trajets, durées de travail...) et individuelles (technique de conduite, adaptation des postes, pauses, modes de vie...) [6, 9]. De nombreuses expériences de prévention qui n'utilisent qu'un élément de l'éventail des outils sont, en général, des échecs [6, 10].

Les ceintures lombaires qui sont encore proposées de façon systématique n'ont aucune efficacité en termes de prévention. Il s'agit d'outil thérapeutique, prescrits par le médecin traitant, qui permettent une « sécurisation » après un épisode lombalgique. Cet aspect de remise en confiance doit cependant être considéré avec beaucoup d'attention car c'est un élément important de prévention du passage à la chronicité de la lombalgie. Comme le montrent de nombreux travaux, la gravité de la lombalgie n'est qu'un faible déterminant du risque de passage à la chronicité [6, 9, 10] qui est peu différent entre une simple douleur lombaire ou un lumbago. Des aspects psychosociaux (confiance, soutiens, motivation...), au travail et en dehors, sont plus déterminants [6, 10, 25].

C'est dans ce contexte que l'INRS a développé une démarche globale de prévention des lombalgies qui associe amé-

lioration des conditions de travail et renforcement des relations entre le soin et le travail pour permettre un retour le plus rapide possible du lombalgique à une activité.

Le rôle des préventeurs est de convaincre les entreprises et les salariés.

Pour les entreprises il s'agit :

■ d'avoir un bilan des plaintes, incidents et accidents pour comprendre où et quand « c'est trop ». Trop d'accidents ou de plaintes relatifs aux VEC ou à la conduite en général. Trop d'expositions par rapport aux seuils incontestables et simples à expliquer [26] ;

■ d'être convaincu qu'un travail de bonne qualité, c'est des salariés en bonne santé et travaillant au pire sans contraintes néfastes et au mieux dans un environnement agréable. Supprimer au maximum les facteurs de risques est une garantie minimale que les salariés puissent réaliser au mieux le cœur de leur métier ;

■ de prendre en compte l'organisation du travail (temps d'arrêts programmés, tâches préparées, attention aux périodes sensibles après VEC...) car c'est un moyen très efficace de réduction des contraintes ;

■ de bâtir un plan global de prévention. Les améliorations ponctuelles des conditions de travail risquent d'avoir peu d'effet et même de n'être jugées que coûteuses. L'amélioration par plusieurs approches (matériels, ergonomiques, contraintes annexes...) est indispensable [6, 9]. Une sensibilisation particulièrement efficace pour l'entreprise est d'illustrer les variations de la contrainte VEC dans différentes configurations techniques et organisationnelles de la tâche à l'aide de calculateurs tels ceux développés sur le site de l'inrs : <http://www.inrs.fr/vda/vda.nsf/FormulaireVibrations?OpenForm>.

Pour le salarié, il s'agit d'expliquer les causes de ses plaintes et lui montrer qu'il peut être efficace pour préserver sa santé :

■ sa lombalgie, même insupportable, ne traduit pas une lésion grave ;

■ minimiser ses contraintes est facilité par une approche organisationnelle qu'il doit demander (demande pour laquelle il doit être soutenu) et par ses propres décisions pour prendre des pauses et réduire le poids d'activités annexes qui sont souvent vécues comme les plus contraignantes (manutentions, livraisons, attentes, contraintes de temps.) ;

■ des habitudes de vie qui doivent être intégrées dans l'organisation de son travail, hygiène alimentaire, activité physique (rester actif), pauses, sommeil ...

Enfin, il est difficile de ne pas évoquer le rôle bénéfique des VEC sous certaines conditions. L'entraînement physique sous VEC a fait l'objet de très nombreuses études ces dernières années. Ce champ se concentre sur des vibrations de 15 à 40 Hz. Il semble que les effets sur les muscles et sur la proprioception soient très significatifs et positifs aux deux extrémités des capacités fonctionnelles : les sportifs de haut niveau et les individus frêles. L'exposition pendant 5 minutes, 1 ou 2 fois par semaine à des VEC d'une fréquence de 15 à 40 Hz serait un moyen efficace de réduction des risques de chutes chez les personnes âgées [17]. Pour certains auteurs, des VEC bien choisies pourraient devenir une modalité thérapeutique pour les lombalgies.

## CONCLUSIONS

Les environnements de travail qui exposent aux VEC comportent souvent des éléments (isolement, horaires décalés, responsabilité...) qui peuvent avoir des conséquences néfastes sur la santé générale (stress, surcharge pondérale, chutes, cardio-vasculaire...). Néanmoins, dans l'exposition aux VEC, les douleurs lombaires restent la symptomatologie la plus souvent rapportée. Leurs répercussions sont variées mais l'exposition aux VEC les aggrave toujours. Aucun examen clinique ou fonctionnel ne permet de prédire une sensibilité particulière des salariés à ce type de contrainte. En conséquence, la prévention impose la réduction de la dose totale par des moyens techniques ou organisationnels.

Au niveau individuel, un passé lombalgique reste le seul facteur prédictif reconnu d'un épisode lombalgique futur. L'information et une prévention technique efficace doivent supprimer ou au moins réduire la fréquence et les conséquences de ces épisodes douloureux et aider les lombalgiques à rester ou à revenir au travail au plus vite.



## BIBLIOGRAPHIE

- [1] KELSEY J., HARDY R., 1975. Driving of motor vehicle as a risk factor for acute herniated lumbar intervertebral disk. *Amer J Epidemiol.*, 102, 62-73.
- [2] Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CNAMTS). Statistiques techniques des accidents du travail et des maladies professionnelles. CNAMTS ed., Paris 2009.
- [3] EU, Fourth European Working Conditions Survey 2005, 2007, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 132 pp. <http://www.eurofound.europa.eu/pub-docs/2006/98/en/2/efo698en.pdf>
- [4] Tires (trucking injury reduction emphasis), 2008. Preventing injuries in the trucking industry. Focus report 1997-2005. Technical Report 90-17-2008, 2008, Washington State Dept of Labor&Industries.
- [5] VERES S.P., ROBERTSON P.A., BROOM N.D., 2010. How loading rate influence disc failure mechanics. A microstructural assessment of internal disruption. *Spine*, 35, 1897-1908.
- [6] MELHORN J.M., 2005. Return to work: forms, records, and disclaimers in: A physician's guide to return to work. Chap 4, 39-58. Talmage J.B., Melhorn J.M. eds, AMApress.
- [7] BATTIÉ M.C., VIDEMANT, GIBBONS L.E., MANNINEN H., GLL K., POPE M., KAPRIO J., 2002. Occupational driving and lumbar sc degenern: a case-control study. *The Lancet*, 360, 1369-1374.
- [8] PALMER K. T., HARRIS E.C., GRIFFIN M.J., BENNETT J., READING I., SAMPSON M., COGGON D., 2008. Case-control study of low back pain referred for magnetic resonance imaging, with special focus on whole-body vibration. *Scand. J. Work Environ. Health*, 34 (5): 364-373.
- [9] INSERM, 2000. Rachialgies en milieu professionnel. Quelles voies de prévention ? Expertise collective. Les Editions INSERM, Paris, 229 p.
- [10] HENROTIN Y., ROZENBERG S., BALAGUÉ F., LECLERC A., ROUX E., CEDRASHI C., 2006. Recommandations européennes (COST 13) en matière de prévention et de prise en charge de la lombalgie non spécifique. *Revue de Rhumatologie*, 73, S35-S52.
- [11] GUINCHARD P., CHARBOTEL B., POUGET E., BERGERET A., 2008. Exposition professionnelle à la conduite de véhicules légers et risques pour la santé (hors accidents de la route). *Revue de la littérature. Arch. Mal. Prof.*, 69, 464-474.
- [12] MEYER J.-P., FLENGHI D., DESCHAMPS J.-P., 1998. Effects of manual handling, posture, and whole body vibrations on low-back pain. *Int. J. Occup. Safety & Ergonomics*, 4 (4) : 449-470.
- [13] LI L., LAMIS F., WILSON S.E., 2008. Whole-body vibration alters proprioception in the trunk. *Int. J. Ind. Ergo.*, 38: 792-800.
- [14] CONWAY G.E., SZALMA J.L., HANCOCK P.A., 2007. A quantitative meta-analytic examination of whole-body vibration effects on human performance. *Ergonomics*, 50 (2): 228-245.
- [15] SLOTA G.P., GRANATA K.P., MADIGAN M.L., 2008. Effects of seated whole-body vibration on postural control of the trunk during unstable seated balance. *Clinical Biomechanics*, 23: 381-386.
- [16] BAZRGARI B., SHIRAZI-ADL A., KASRA M., 2008. Seated whole body vibrations with high-magnitude accelerations – Relative roles of inertia and muscle forces. *J of Biomechanics*, 41: 2639-2646.
- [17] RITTWEGER J., 2010. Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. *Europ. J. Appl. Physiol.*, 108: 877-904.
- [18] MEYER J.P., DIDRY G., 1993. Astreinte lombaire liée à la conduite d'engins - Etude de terrain. 24<sup>ième</sup> Congrès de la Santé au Travail (ICOH), Nice, 26/9-1/10/1993.
- [19] MANI R., MILOSAVLJEVIC S., Sullivan S.J., 2010. The effect of occupational whole-body vibration on standing balance: A systematic review. *Int. J. Ind. Ergo.*, 40: 698-709.
- [20] CHEN J.-C., CHANG W.-R., CHANG W., CHRISTIANI D., 2005. Occupational factors associated with low back pain in urban taxi drivers. *Occupational Medicine*, 55: 535-540.
- [21] NEWELL G.S., MANSFIELD N.J., 2008. Evaluation of reaction time performance and subjective workload during whole-body vibration exposure while seated in upright and twisted postures with and without armrests. *Int. J. Ind. Ergo.*, 38: 499-501.
- [22] MORRIS J.N., HEADY J.A., RAFFLE P.A.B., ROBERTS C.G., PARKS J.W., 1953. Coronar'y heart-disease and physical activity of work. *The Lancet*, 21/28 nov, 1053-1057 et 1111-1120.
- [23] KELLER T., CHAPPELL T., 1996. Historical perspective. The rise and fall of Erichsen's disease (railway spine). *Spine*, 21 (13): 1597-1601.
- [24] COCHRANE DJ, STANNARD SR, FIRTH EC, RITTWEGER J., 2010. Acute whole body vibration elicits post-activation potentiation. *Europ. J. Appl. Physiol.*, 108: 311-319.
- [25] VLAEYEN J.W., KOLE-SNIJDERS A.M., BOEREN R.G., VAN EEK H., 1995. Fear of movement/(re)injury in chronic low back pain and its relation to behavioural performance. *Pain*, 62: 363-372.
- [26] INRS, 2008. Vibrations et mal de dos, ED 6018, 30 p.

1.5.

## EXPOSITION AUX VIBRATIONS ET AU BRUIT : QUELLES PROFESSIONS ?

Environ un salarié européen sur 4 est exposé au moins 25 % de son temps à des vibrations. Les principales sources de vibrations pour l'ensemble du corps sont les machines mobiles (camions et utilitaires, tracteurs agricoles et engins forestiers, chariots élévateurs, engins de chantier). Dans le cas des vibrations main bras, les sources les plus fréquentes sont les machines tournantes (meuleuses, scies...) et plus sévères mais moins nombreuses les machines percutantes (burineurs, marteaux piqueurs...).

Pour le bruit, environ 7 % des 25 millions de salariés en France sont régulièrement exposés à des bruits lésionnels, pouvant entraîner des atteintes irréversibles de la santé, comme les surdités d'origine professionnelle. On estime qu'à peu près le quart des salariés sont par ailleurs soumis quotidiennement à des bruits non lésionnels, qui sont toutefois des facteurs de risques pour la santé (cofacteur du stress, problèmes de sommeil, hypertension, digestion, etc.) ou des facteurs provoquant des accidents du travail (masquage des signaux d'alerte). Le bruit est généralement émis par des machines, il affecte particulièrement les secteurs de transformation de la matière. La métallurgie, le travail des métaux, du bois, du verre, la plasturgie, les minéraux et carrières, la fabrication d'éléments en béton sont les secteurs les plus connus. Mais il est également présent dans l'agroalimentaire, la construction (avec les machines portatives), le tertiaire (avec les centres d'appels téléphoniques), le spectacle (en particulier les professionnels travaillant dans des ambiances de musiques amplifiée).

► *Manu DONATI, Jacques CHATILLON, INRS, département Ingénierie des équipements de travail*

### VIBRATIONS : QUELLES PROFESSIONS ?

On distingue deux modes d'exposition aux vibrations :

- les vibrations transmises à l'ensemble du corps par les machines mobiles (chariots de manutention, engins de chantier...) et certaines machines industrielles fixes (tables vibrantes, concasseurs...);

- les vibrations transmises au système main-bras par des machines portatives tenues (meuleuses, ponceuses, marteaux-piqueurs, burineurs, perforateurs ...) ou guidées à la main (plaques vibrantes, dameuses, tondeuses...) ou par des pièces travaillées tenues à la main.

Selon l'enquête SUMER<sup>1</sup>, environ 12 % des travailleurs sont exposés à des

vibrations de l'ensemble du corps (machines mobiles : 10,6 % - machines travaillant à poste fixe : 1,5 %) et 10,2 % à des vibrations transmises à la main et aux bras. Mais seulement une personne exposée sur cinq l'est plus de 20 heures par semaine. Ces expositions concernent surtout des hommes de 25 à 55 ans à 95 % pour les machines mobiles et celles tenues à la main mais 1/3 des opérateurs de machines fixes sont des femmes [1].

#### VIBRATIONS DU CORPS ENTIER

Les affections chroniques du rachis lombaire liées à l'exposition aux vibrations sont reconnues depuis 1999 au titre du tableau MP n° 97. Environ 400

<sup>1</sup> SUMER (2003) : *Surveillance Médicale des Risques Professionnels*

nouveaux cas sont indemnisés chaque année, ce qui entraîne en moyenne des coûts d'indemnisation de l'ordre de 12 millions d'€. Les principales professions touchées sont les conducteurs de camions, suivies par les opérateurs d'engins de chantier et les caristes.

L'exposition aux vibrations concerne les services, le BTP, les carrières et les mines (conduite d'engins de chantier, environ 130 000), la manutention et la logistique (200 000 à 300 000 chariots industriels, transpalettes à conducteurs portés), l'agriculture et les forêts (tracteurs agricoles ou forestiers), les transports (plusieurs millions de camions, utilitaires, bus). Le *Tableau 1* montre que selon les engins, leurs conditions d'utilisation et le nombre d'heures de conduite, les niveaux vibratoires peuvent dépasser les valeurs seuils réglementaires définis pour le régime général et l'agriculture par les décrets 2005-746 et 748 [2].

## VIBRATIONS DU SYSTÈME MAIN-BRAS

Les machines vibrantes tenues ou guidées à la main vont occasionner des pathologies différentes selon qu'elles sont percutantes, tournantes ou rotopercutantes. Les troubles ostéo-articulaires sont liés à l'utilisation de machines percutantes émettant des vibrations de basses fréquences (plutôt inférieures à 50 Hz). L'utilisation de machines telles que les meuleuses, défonceuses, fraiseuses, polisseuses..., tournant entre 3000 et 12000 tours/min (fréquences entre 50 et 200 Hz) peut déclencher un syndrome de Raynaud (phénomène des doigts blancs ou doigts morts). Depuis les années 70, se sont environ 200 cas qui sont déclarés pour le tableau n°69 pour un coût moyen de 8,5 millions d'€. Les pathologies les plus fréquemment déclarées sont les troubles ostéo articulaires et concernent des utilisateurs de machines percutantes.

Le bâtiment, les services, le travail des métaux, l'agriculture et les espaces verts sont les principaux secteurs où l'on rencontre des machines vibrantes tenues à la main. On estime qu'il se vend en France plus de 1 million d'outils professionnels par an dont 4 fois plus de machines rotatives (meuleuses, visseuses, perceuses...) que de machines percutantes (burineurs, piqueurs).

TABLEAU I

### Postes de travail sur machines mobiles susceptibles d'exposer les opérateurs à des niveaux vibratoires supérieurs aux valeurs seuils réglementaires [1]

Environnement vibratoire	Poste de travail
Forte probabilité de dépasser la valeur d'action (VDA) <sup>2</sup>	- Engins de chantier ne travaillant pas à poste fixe - pelles sur un front de taille (mines) ou creusant un sol gelé - Tracteurs forestiers et agricoles - Chariots industriels et portuaires - Camions et utilitaires (> 8h / jour)
Forte probabilité de dépasser la valeur limite (VLE) <sup>3</sup>	- Décapeuses (> 5 h / jour) - Finisseurs sans plancher suspendu (> 5h / jour) - Bulldozers et dumpers (conditions d'utilisation sévères) - Chargeuses et chariots industriels (surfaces très accidentées)

TABLEAU II

### Machines tenues à la main susceptibles d'exposer les opérateurs à des niveaux vibratoires supérieurs aux valeurs seuils réglementaires [1]

Environnement vibratoire	Poste de travail
Forte probabilité de dépasser la valeur d'action (VDA) <sup>4</sup>	- toutes les machines percutantes et rotopercutantes - les principales machines rotatives (meuleuses, ponçuses, clefs à choc) - les principales machines alternatives (scies sauteuses, couteaux de découpe de parebrise)
Forte probabilité de dépasser la valeur limite (VLE) <sup>5</sup>	- machines percutantes et rotopercutantes (> 1-2 h / jour) - quelques machines rotatives (> 4 h / jour) - machines percutantes et rotopercutantes (> 1-2 h / jour) - quelques machines rotatives (> 4 h / jour)

## LE BRUIT : QUELS SECTEURS ? QUELS MÉTIERS ?

Plusieurs dizaines de millions de salariés européens subissent des bruits supérieurs à 65 dB(A) au travail le jour. En France, plus de 3 millions de salariés sont exposés à des niveaux sonores supérieurs à la limite réglementaire de 85 dB(A), limite à partir de laquelle une action de réduction du bruit s'impose aux employeurs (cf. Enquête des médecins du travail - SUMER 2003).

Les secteurs les plus touchés sont traditionnels et bien connus puisque leur liste est publiée dans le Tableau de maladies professionnelles 42 « Atteinte auditive provoquée par les bruits » créé en 1963 (cf. *Figure 1*).

Cette liste montre des secteurs identifiés depuis de longues années :

■ les secteurs de transformation de la matière : la métallurgie, le travail des métaux, du bois, du verre, la plasturgie, les minéraux et carrières, la fabrication d'éléments en béton, le tissage, le caoutchouc, la papeterie, la cartonnerie sont les secteurs les plus connus ;

■ les métiers utilisant des machines portatives, qu'on trouve surtout dans le

bâtiment, la construction et aussi à l'extérieur (jardinage, exploitation forestière, routes, etc.) ;

■ l'utilisation d'engins de chantier (conducteurs et personnels travaillant aux alentours). On sait par ailleurs que beaucoup de conducteurs de véhicules (trains, chariots, etc.) sont dans des cabines de conduite bruyantes ;

■ la mise au point de moteurs et réacteurs d'avion. Le travail à proximité des avions.

On remarque sur ce tableau des métiers plus récemment reconnus (2003) comme étant bruyants :

■ l'agroalimentaire (volailles, conserves, préparations), secteur bien connu, en particulier dans l'ouest de la France, et très développé depuis de nombreuses années à cause des changements de modes de vie (plats préparés, supermarchés, etc.) ;

<sup>2</sup> Dans le cas des vibrations transmises à l'ensemble du corps, la Valeur d'Action est fixée à 0,5 m/s<sup>2</sup> pour une exposition de 8 heures.

<sup>3</sup> Dans le cas des vibrations transmises à l'ensemble du corps, la Valeur Limite d'Exposition est fixée à 1,15 m/s<sup>2</sup>.

<sup>4</sup> Dans le cas des vibrations transmises aux membres supérieurs, la Valeur d'Action est fixée à 2,5 m/s<sup>2</sup> pour une exposition de 8 heures.

<sup>5</sup> Dans le cas des vibrations transmises aux membres supérieurs, la Valeur Limite d'Exposition est fixée à 5 m/s<sup>2</sup>.

FIGURE 1

Le Tableau 42 liste les travaux reconnus comme étant très bruyants et conduisant les salariés à une présomption d'origine professionnelle pour leur éventuelle surdité

42 RÉGIME GÉNÉRAL		
Atteinte auditive provoquée par les bruits lésionnels		
Date de création : Décret du 10 avril 1963		Dernière mise à jour : Décret du 25 septembre 2003
Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste limitative des travaux susceptibles de provoquer ces maladies
<p>Hypoacousie de perception par lésion cochléaire irréversible, accompagnée ou non d'acouphènes.</p> <p>Cette hypoacousie est caractérisée par un déficit audiométrique bilatéral, le plus souvent symétrique et affectant préférentiellement les fréquences élevées.</p> <p>Le diagnostic de cette hypoacousie est établi :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- par une audiométrie tonale liminaire et une audiométrie vocale qui doivent être concordantes ;</li> <li>- en cas de non-concordance : par une impédancemétrie et recherche du réflexe stapédien ou, à défaut, par l'étude du suivi audiométrique professionnel.</li> </ul> <p>Ces examens doivent être réalisés en cabine insonorisée, avec un audiomètre calibre.</p> <p>Cette audiométrie diagnostique est réalisée après une cessation d'exposition au bruit lésionnel d'au moins 3 jours et doit faire apparaître sur la meilleure oreille un déficit d'au moins 35 dB. Ce déficit est la moyenne des déficits mesurés sur les fréquences 500, 1000, 2000 et 4000 Hertz.</p> <p>Aucune aggravation de cette surdité professionnelle ne peut être prise en compte, sauf en cas de nouvelle exposition au bruit lésionnel.</p>	<p>1 an (sous réserve d'une durée d'exposition d'un an, réduite à 30 jours en ce qui concerne la mise au point des propulseurs, réacteurs et moteurs thermiques)</p>	<p>Exposition aux bruits lésionnels provoqués par :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Les travaux sur métaux par percussion, abrasion ou projection, tels que :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- le décolletage, l'emboutissage, l'estampage, le broyage, le fraisage, le martelage, le burinage, le rivetage, le laminage, l'étrépage, le treillage, le découpage, le sciage, le cisailage, le tronçonnage ;</li> <li>- l'ébarbage, le grenailage manuel, le sablage manuel, le meulage, le polissage, le gougeage et le découpage par procédé arc-air, la métallisation.</li> </ul> </li> <li>2. Le câblage, le toronnage, le bobinage de fils d'acier.</li> <li>3. L'utilisation de marteaux et perforateurs pneumatiques.</li> <li>4. La manutention mécanisée de récipients métalliques.</li> <li>5. Les travaux de verrerie à proximité des fours, machines de fabrication, broyeurs et concasseurs ; l'embouteillage.</li> <li>6. Le tissage sur métiers ou machines à tisser, les travaux sur peigneuses, machines à filer induisant le passage sur bancs à broches, retordeuses, moulineuses, bobineuses de fibres textiles.</li> <li>7. La mise au point, les essais et l'utilisation des propulseurs, réacteurs, moteurs thermiques, groupes électrogènes, groupes hydrauliques, installations de compression ou de détente fonctionnant à des pressions différentes de la pression atmosphérique, ainsi que des moteurs électriques de puissance comprise entre 11 kW et 55 kW s'ils fonctionnent à plus de 2 360 tours par minute, de ceux dont la puissance est comprise entre 55 kW et 220 kW s'ils fonctionnent à plus de 1 320 tours par minute et de ceux dont la puissance dépasse 220 kW.</li> <li>8. L'emploi ou la destruction de munitions ou d'explosifs.</li> <li>9. L'utilisation de pistolets de scellement.</li> <li>10. Le broyage, le concassage, le criblage, le sablage manuel, le sciage, l'usinage de pierres et de produits minéraux.</li> </ol>
		<ol style="list-style-type: none"> <li>11. Les procédés industriels de séchage de matières organiques par ventilation.</li> <li>12. L'abattage, le tronçonnage et l'ébranchage mécanique des arbres.</li> <li>13. L'emploi des machines à bois en atelier : scies circulaires de tous types, scies à ruban, dégauchisseuses, raboteuses, toupies, machines à fraiser, tenonneuses, mortaiseuses, moulurières, plaqueuses de chants intégrant des fonctions d'usinage, défonceuses, ponçuses, clouteuses.</li> <li>14. L'utilisation d'engins de chantier : bouteurs, décapeurs, chargeuses, moutons, pelles mécaniques, chariots de manutention tous terrains.</li> <li>15. Le broyage, l'injection, l'usinage des matières plastiques et du caoutchouc.</li> <li>16. Le travail sur les rotatives dans l'industrie graphique.</li> <li>17. La fabrication et le conditionnement mécanisé du papier et du carton.</li> <li>18. L'emploi du matériel vibrant pour l'élaboration de produits en béton et de produits réfractaires.</li> <li>19. Les travaux de mesurage des niveaux sonores et d'essais ou de réparation des dispositifs d'émission sonore.</li> <li>20. Les travaux de moulage sur machines à secousses et décochage sur grilles vibrantes.</li> <li>21. La fusion en four industriel par arcs électriques.</li> <li>22. Les travaux sur ou à proximité des avions dont les moteurs sont en fonctionnement dans l'enceinte d'aéroports et d'aéroports.</li> <li>23. L'exposition à la composante audible dans les travaux de découpage, de soudage et d'usinage par ultrasons des matières plastiques.</li> <li>24. Les travaux suivants dans l'industrie agroalimentaire :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'abattage et l'éviscération des volailles, des porcs et des bovins ;</li> <li>- le plumage de volailles ;</li> <li>- l'emboitage de conserves alimentaires ;</li> <li>- le malaxage, la coupe, le sciage, le broyage, la compression des produits alimentaires.</li> </ul> </li> <li>25. Moulage par presse à injection de pièces en alliages métalliques.</li> </ol>

■ les essais avec des sources sonores bruyantes.

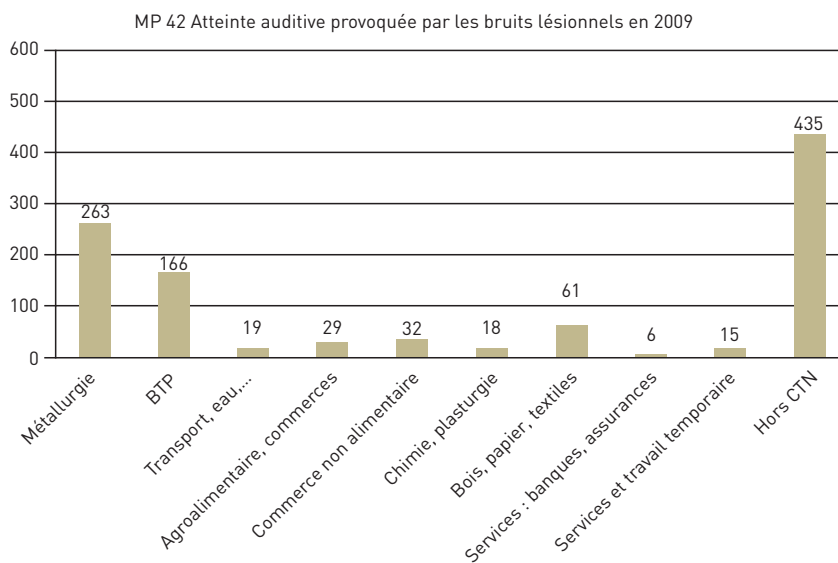
En parallèle avec le Tableau 42, on peut s'intéresser aux statistiques des maladies professionnelles pour en déduire si certains secteurs provoquent plus de handicaps reconnus que d'autres (cf. Figure 2).

Cette figure montre clairement que la métallurgie, le BTP et le bois/papier/textiles provoquent 80 % des maladies reconnues sur un secteur précis d'activité. Par contre, on voit aussi que 42 % des maladies (notées « hors CTN ») ne sont pas imputables au dernier employeur ni à un employeur précis (et donc à un secteur) à cause de l'instabilité des carrières professionnelles en France depuis les années 75. Pour tous les métiers non listés dans le Tableau 42, c'est dans les Comités régionaux de reconnaissance que les salariés font instruire leur demande de reconnaissance de maladie professionnelle.

Ces données (Tableau 42, statistiques) sont très utiles mais elles ne permettent que de « regarder dans le rétroviseur » et elles ne précisent évi-

FIGURE 2

Statistiques « bruit » (2009) montrant le nombre de maladies dues au bruit, par secteur d'activité





demment pas, pour une maladie qui nécessite 30 ans d'exposition pour s'installer, quelles sont les éventuelles nouvelles professions à risques aujourd'hui. Pour le déterminer, il faudra se fier à d'autres indicateurs, comme les observations de terrain effectuées par nos collègues de CRAM/CARSAT.

De nombreuses professions travaillent aujourd'hui au casque (centres d'appels téléphoniques, centres logistiques utilisant la technologie du voice-picking ou commande vocale, transcrip-teurs, etc.), quelquefois dans des environnements extrêmement bruyants. Ces salariés peuvent donc, éventuellement, régler leur casque à des niveaux très élevés pour garantir l'intelligibilité des messages reçus. Différentes campagnes de mesures effectuées par l'INRS et d'autres instituts montrent que les valeurs d'action sont quelquefois dépassées, pour

ces métiers, mais le phénomène est rare (mais avéré). Il faut, dans tous les cas, évaluer les risques pour ces métiers comme pour les autres. D'autre part, les risques liés au bruit, même s'ils pourraient souvent ne pas conduire à des pertes auditives pour ces métiers, sont souvent cofacteurs de fatigue et de stress. Ces constats poussent à élargir à l'ensemble du secteur tertiaire des actions de surveillance ou de vigilance pour estimer les risques et, éventuellement, ceux qui sont seulement liés au confort acoustique et non pas à des doses de bruit lésionnelles.

D'autres professions bénéficiaient autrefois de dérogations ou d'une culture d'entreprise ou du métier considérant le risque bruit comme « faisant partie du métier » ou « moins grave qu'un accident » (« mieux vaut un sourd qu'un mort »).

Aujourd'hui, les mentalités changent. Les musiciens et les professions du spectacle, les salariés évoluant dans des ambiances de musique amplifiée (serveurs dans les boîtes de nuit, par exemple), sont de plus en plus conscients des dangers du bruit pour leur audition, surtout si celle-ci est essentielle pour leur métier ou leur passion.

D'autres métiers ou d'autres sociétés, avec la transposition des directives européennes en droit français, échappent aux dérogations hexagonales qui étaient liées aux régimes spéciaux de sécurité sociale. Pour ces secteurs exposés, il faudra parfois accompagner le changement culturel et, surtout, trouver des solutions de prévention originales et adaptées au secteur afin qu'elles soient acceptées et efficaces.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] Agence Européenne pour la Sécurité et la Santé au Travail. Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review. 2008. ISBN 978-92-9191-221-6.

[2] Décret n°2005-746 et 748, 4 juillet 2005, relatif aux prescriptions de sécurité et santé applicable en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus aux vibrations mécaniques et modifiant le code du travail. NOR : SOCT0511142D et NOR : EQUTo501065D.

[3] Agence Européenne pour la Sécurité et la Santé au Travail. Noise in figures. 2005. ISBN 978-92-9191-150-X.

[4] Décret n°2006-892, 19 juillet 2006, relatif aux prescriptions de sécurité et santé applicable en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus au bruit et modifiant le code du travail (articles R.4441-1 à R. 4447-1).



## 1.6.

## BRUIT ET VIBRATIONS : UNE COMBINAISON DANGEREUSE

Les travailleurs qui manipulent des machines vibrantes sont à la fois exposés au bruit et aux vibrations. Ils sont donc à risque de développer une surdité et le syndrome vibratoire, deux maladies professionnelles décrites isolément chez les travailleurs exposés aux machines vibrantes. Dans cette étude, l'audition des travailleurs indemnisés pour phénomène de Raynaud dû aux vibrations – les cas – est comparée à celle des travailleurs des mines et forêt non indemnisés pour doigts blancs – groupe de référence. On utilise la norme ISO 7029 pour départager les travailleurs dits sourds, c'est-à-dire ayant une perte auditive non attribuable à l'âge, supérieure à la perte médiane des travailleurs du groupe de référence. Les résultats montrent que la perte auditive des travailleurs atteints de phénomène de Raynaud (doigts blancs) est plus marquée que celle des travailleurs non atteints de doigts blancs aux fréquences 500, 1 000, 2 000, 4 000 Hz. L'analyse multivariée indique que l'exposition au bruit ( $\geq 90$  dBA) (RP = 1,18 IC95 1,14; 1,22) et la durée d'exposition au bruit ( $> 10$  ans) sont associées à l'acquisition de la surdité et que la présence de doigts blancs augmente le risque d'une aggravation de la perte auditive (RP = 1,34 IC95 1,21; 1,49).

Les travailleurs exposés aux vibrations mains-bras générées par des machines vibrantes sont fréquemment exposés à des niveaux de bruit élevés. Les banques de données fournissent des éléments objectifs au regard de niveaux d'accélération des machines, mais également à des niveaux de bruits mesurés en décibels [1, 2]. Les études montrent que les travailleurs forestiers souffrent à la fois de surdité et du syndrome des doigts blancs [3, 4]. Les études ont montré que les travailleurs forestiers exposés aux machines vibrantes présentent une perte d'audition plus sévère lorsqu'ils présentent aussi un phénomène de Raynaud (crises épisodiques de doigts blancs) [5 - 8]. Cette perte d'audition est plus prononcée en hautes fréquences. Une étude expérimentale sur des sujets humains montre que l'exposition simultanée aux vibrations mains-bras et au bruit peut aggraver le seuil d'audition temporaire, alors que l'exposition seule

aux vibrations mains-bras l'affecte peu [9]. De plus, l'étude de Palmer réalisée auprès d'une population générale a prouvé que les difficultés d'audition étaient environ deux fois plus courantes chez les sujets ayant rapporté un blanchiment de leurs doigts, incluant ceux qui n'ont jamais été exposés aux vibrations des mains [10]. Cette étude supporte l'association entre le blanchiment des doigts et la surdité non expliquée par l'exposition occupationnelle au bruit et elle suggère des hypothèses quant aux mécanismes pathologiques possibles. Cependant, ces études comportent des limites ; l'audition n'est pas vérifiée selon des conditions standards d'évaluation du dommage auditif, l'audition est rapportée par questionnaire ou encore la perte auditive est estimée sans recourir aux courbes qui tiennent compte des dommages auditifs reliés à l'âge. Dans la présente étude, nous examinons si la surdité des travailleurs exposés au bruit et présentant des doigts blancs induits par

► Alice TURCOT, Serge André GIRARD, Marilène COURTEAU, Richard LAROCQUE, Julie BARIL, Institut national de santé publique du Québec, Direction Risques biologiques et de la santé au travail, Canada,

vibration est plus prononcée que celle des travailleurs exposés aux mêmes niveaux de bruit mais qui ne présentent pas de doigts blancs, mais cette fois en ayant recours à des données de tests audiométriques réalisés dans des conditions standardisées de mesure et en ayant recours à des courbes d'audition qui tiennent compte de l'âge.

## MÉTHODE

### POPULATION

La population source compte 59 339 travailleurs masculins de 25 à 64 ans ayant eu au moins un examen audiométrique entre 1983 et 1996 dans les laboratoires mobiles de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Un pourcent (1 %) des travailleurs ont jusqu'à 4 examens ; l'examen le plus récent est conservé pour fin d'analyse. Les résultats de ces examens sont gardés dans un fichier par les services cliniques de dépistage de l'INSPQ.

Ces travailleurs proviennent de différents secteurs d'activité économique et ont la caractéristique d'être exposés au bruit dans leur milieu de travail ( $\geq 80$  dBA). De ce nombre, un échantillon est constitué pour l'étude. Il comprend les travailleurs des secteurs des mines et de la forêt, secteurs identifiés dans la littérature comme pouvant être associés aux doigts blancs (phénomène de Raynaud dû aux vibrations) induits par les vibrations (Vibration induced White Fingers - VWF). Une autre banque de données de cas de maladies professionnelles reconnues et indemnisées par le système québécois d'indemnisation (Commission de la santé et de la sécurité du travail - CSST) est consultée et jumelée au fichier d'exams audiométriques. Un échantillon de 96 sujets atteints de doigts indemnisés par cet organisme et appartenant aux secteurs mines et forêt est constitué. Notons qu'il est impossible de retracer la dose cumulative à l'exposition des vibrations mains-bras de ces 96 cas.

### VARIABLES

Les travailleurs ayant eu au moins un examen audiométrique, comptant l'équivalent de 10 années et plus d'expé-

rience de travail en milieu bruyant et atteints de doigts blancs reconnus et compensés par le CSST sont considérés comme les cas dans la présente étude, alors que les travailleurs des mines et de la forêt non indemnisés composent la population de référence.

Les examens audiométriques ont été réalisés individuellement, utilisant les méthodes spécifiées par la norme ISO 6189 (1983). La perte auditive est calculée en conduction aérienne pour les fréquences 500, 1 000, 2 000, et 4 000 Hz, où chacune d'elles est prise individuellement ou conjointement selon l'analyse effectuée. Ces examens sont réalisés à bord d'un laboratoire mobile d'exams.

Pour une fréquence donnée, la perte auditive du travailleur est calculée comme la moyenne aux deux oreilles (perte bilatérale) des seuils mesurés à cette fréquence. Également pour chaque individu, la perte auditive globale, ie à l'ensemble des fréquences prises conjointement, est calculée comme la moyenne des pertes auditives mesurées à chacune des fréquences individuelles.

À partir des analyses des seuils auditifs mesurés pour chaque individu, nous avons retenu deux définitions de surdité. La première est la perte auditive non attribuable à l'âge (perte NAA). Il s'agit de la différence entre la perte auditive calculée selon les seuils mesurés dans le cadre de l'examen auditif et ce à quoi on pourrait s'attendre étant donné son âge (selon ISO-7029, 2001). Pour la présente étude, le 50e percentile est utilisé. Ainsi, un travailleur est désigné sourd si sa perte auditive non attribuable à l'âge (NAA) est supérieure à la perte NAA médiane (médiane des pertes NAA = 8,13 dB, perte brute) des travailleurs de l'échantillon à l'étude, pour les fréquences 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz prises conjointement. Les travailleurs ont été classés selon leur perte auditive NAA, en ordre décroissant. Ainsi, la première moitié des travailleurs est désignée sourde et l'autre moitié non sourde, avec un point de rupture à 8,13 dBHL, soit la médiane des pertes auditives NAA.

La seconde définition de surdité se réfère au critère d'indemnisation de la CSST. Pour être considéré comme sourd par l'organisme de compensation, le travailleur doit avoir une perte auditive moyenne unilatérale supérieure à 30 dBHL pour au moins une oreille aux fréquences 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz. Il en résulte trois catégories de travail-

leurs : les travailleurs non indemnisables (ceux qui ne rencontrent pas le critère), les travailleurs indemnisables qui sont effectivement indemnisés et les travailleurs indemnisables mais non indemnisés.

Les niveaux de bruit dans l'espace ambiant ont été mesurés par la santé publique aux postes de travail occupés par chaque individu dans les mois précédents le test audiométrique de référence. Les équipes locales de santé publique ont collecté l'équivalent de 8 heures de niveaux de bruits pondérés pour le travail de chacun des participants, durant les semaines précédant la période des tests.

L'expérience professionnelle en milieu bruyant correspond au nombre d'années travaillées dans le bruit déclaré par le travailleur dans le questionnaire d'histoire auditive administré en marge de l'examen auditif. L'expérience dans le bruit est considérée en continu ou en 5 catégories selon l'analyse effectuée. Les catégories sont les suivantes : moins de 10 ans, de 10 à 14 ans, de 15 à 19 ans, de 20 à 24 ans et plus de 25 ans.

L'âge du travailleur correspond à son âge au moment de l'examen audiométrique. L'âge moyen des travailleurs de l'échantillon à l'étude au moment de l'examen est égal à 40,44 ans. L'âge moyen auquel le diagnostic de doigts blancs est reconnu par la CSST est de 44,93 ans et l'âge moyen de ces travailleurs au moment de leur examen audiométrique est de 44,79 ans.

### ANALYSE STATISTIQUE

Dans un premier temps, la perte auditive NAA des travailleurs de l'échantillon a été comparée à celle de la population source pour chacune des fréquences individuelles. Pour ce faire, les profils auditifs selon l'expérience dans le bruit (en continu) des deux populations ont été modélisés par régression non paramétrique (modèle loess - *locally weighted scatterplot smoothing*). Ensuite, une analyse de covariance ANCOVA a été réalisée afin de déterminer si les pertes auditives NAA sont fonction de la population étudiée et ce pour chacune des fréquences.

Dans un deuxième temps, pour l'échantillon à l'étude ( $n = 15\ 757$ ) et à chaque fréquence individuelle, la perte auditive NAA des travailleurs ayant des doigts blancs a été comparée à celle de l'échantillon à l'étude. La méthode utilisée pour faire cette comparai-

son est la même que décrite au temps 1 (régression loess et ANCOVA).

Finalement, un modèle de régression log-binomiale multivarié a été utilisé pour étudier l'association entre la présence de doigts blancs et le risque d'avoir une perte auditive NAA supérieure à la perte auditive NAA médiane de l'échantillon à l'étude, donc d'être dans la moitié « sourde » de la population étudiée. Ainsi, dans le modèle, la variable dépendante est la surdité NAA, la variable indépendante est la présence de doigts blancs et les variables d'ajustement sont le niveau de bruit ambiant en catégories, de même que l'expérience de travail en milieu bruyant en catégories. L'âge n'est pas inclus parmi les variables d'ajustement puisqu'il est déjà tenu en compte par l'utilisation de la norme ISO - 7029 (2001) pour calculer la perte auditive NAA.

## RÉSULTATS

Un total de 15 757 travailleurs des secteurs de la forêt (54,1 %, n = 8 526) et des mines (45,9 %, n = 7 231) sont considérés dans l'étude. De ce nombre, 1 093 travailleurs (6,9 %) ont été reconnus et indemnisés comme sourds professionnels par la CSST soit 491 (44,9 %) du secteur de la forêt et 602 (55,1 %) du secteur des mines.

Parmi les travailleurs étudiés, on dénombre 96 cas de travailleurs atteints de doigts blancs, reconnus et indemnisés par la CSST soit 17 (17,7 %) du secteur de la forêt et 79 (82,3 %) du secteur des mines. Parmi ceux-ci, 20 sont reconnus comme étant sourds professionnels, alors que 45 (46,88 %) d'entre eux rencontrent le critère d'indemnisation de la CSST.

Les travailleurs atteints de doigts blancs sont significativement différents des travailleurs des secteurs des mines et de la forêt au regard de l'âge (44,8 ans vs 40,4 ans), de l'expérience dans le bruit (22,2 ans vs 16,1 ans), la présence d'acouphènes (26 % vs 7,1 %), le nombre de cas de surdité compensables (46,8 vs 15,8) et le nombre de cas de surdité compensés (20,8 % vs 6,9 %).

Le profil de la perte auditive des travailleurs des secteurs mines et forêts se compare en apparence à celui de la population source. Dans les faits cependant, selon les résultats de l'ANCOVA, on observe, pour chacune des fréquences évaluées, une différence significative

FIGURE 1

Comparaison de la perte auditive, travailleurs atteints de doigts blancs vs population source Mines-forêts

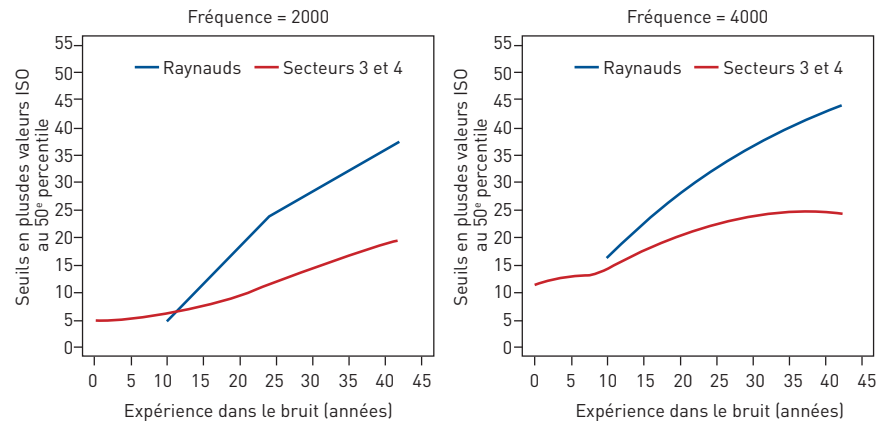


TABLEAU I

Risque de perte auditive NAA selon certains paramètres

Variable	Catégorie	Rapport de prévalence	IC 95	P-value
Bruit	< 90 dBA	1,0		
	≥ 90 dBA	1,18	1,14 ; 1,22	< 0,001
WWF	Non	1,0		
	Oui	1,34	1,21 ; 1,49	< 0,001
Expérience dans le bruit	0 - 10 ans	1,0		
	10 - 14 ans	1,19	1,12 ; 1,26	< 0,001
	15 - 19 ans	1,45	1,37 ; 1,52	< 0,001
	20 - 24 ans	1,62	1,53 ; 1,70	< 0,001
	25 ans et +	1,87	1,79 ; 1,96	< 0,001

( $p < 0,05$ ) entre les 2 groupes. L'écart entre l'audition des travailleurs des mines et de la forêt et celle des travailleurs de la population source augmente en fonction de la durée déclarée d'exposition au bruit (pour 3 des 4 fréquences). On observe également une différence significative à chacune des 4 fréquences pour les travailleurs du secteur des mines, comparativement à ceux du secteur de la forêt.

La comparaison de la perte auditive NAA des travailleurs atteints du VWF à celle de l'ensemble des travailleurs des secteurs de la forêt et des mines selon l'expérience dans le bruit déclarée par le travailleur montre une autre réalité. Le profil des pertes auditives pour les 4 fréquences montre une dégradation après seulement 10 ans d'« une double exposition aux vibrations et au bruit ». L'écart augmente en fonction de la durée d'exposition au bruit. La Figure 1 illustre 2 des 4 fréquences mesurées soit les fréquences 2 000 et 4 000 Hz.

Finalement, le modèle de régression log binomiale, qui prend en considération le bruit, le VWF et l'expérience dans le bruit (cf. Tableau I), permet de situer le rôle et le poids relatif de chacune des variables considérées dans l'apparition de la surdité. On observe ainsi que le travail en milieu bruyant ( $\geq 90$  dBA) est un facteur qui contribue de façon significative à l'acquisition de la surdité et que la durée d'exposition est un facteur qui contribue à cette augmentation.

Le risque de développer une surdité supérieure à celle de la médiane du groupe (l'échantillon) est 1,18 fois plus élevé chez celui qui travaille en milieu bruyant comparativement à celui qui est exposé à un niveau qui respecte la norme en vigueur au Québec (90 dBA Laeq8h). Ce risque atteint 1,34 pour le travailleur qui présente des doigts blancs. Puisque les risques sont multiplicatifs dans ce modèle log-binomial, on peut calculer que le risque atteint 2,96 si le travailleur est atteint de doigts blancs, qu'il a tra-

vaillé plus de 25 ans dans le bruit et qu'il est exposé au bruit de 90 décibels et plus.

## CONCLUSION

Les résultats laissent entrevoir que l'exposition combinée au bruit et aux vibrations est plus dommageable que l'exposition au bruit seule. La combinaison bruit-vibration cause une dégradation plus marquée de l'audition chez les travailleurs présentant des doigts blancs à toutes les fréquences mesurées, alors que les études antérieures ne la notaient

qu'aux hautes fréquences. Les mécanismes pathologiques de cette perte auditive sont inconnus. Les travailleurs exposés aux vibrations et particulièrement ceux qui présentent des doigts blancs requièrent un accès précoce à des services de réadaptation auditive. L'étude met en évidence le besoin d'études longitudinales pour étudier la relation entre l'exposition au bruit et l'exposition aux vibrations et les effets à la santé, ainsi que le besoin pour des mesures préventives et réglementaires réduisant l'exposition au bruit et aux vibrations. Le questionnaire auditif devrait dorénavant comporter des éléments d'enquête sur l'exposition aux vibrations, en plus de la seule évaluation potentielle au bruit environnemental.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] <http://www.vibration.db.umu.se/Default.aspx?lang=EN>. Page consultée le 26 janvier 2011.

[2] <http://www.ispesl.it/vibrationdatabase/index.asp?lang=en> Page consultée le 26 janvier 2011.

[3] PYYKKÖ et al., 1981. Hand-arm vibration in the aetiology of hearing loss in lumberjacks. *British Journal of Industrial Medicine*, 38:281-289.

[4] PYYKKÖ I. et al., 1986. Vibration syndrome among Finnish forest workers, a follow-up from 1972 to 1983. *Scan J Work Environ Health*, 12:307-312.

[5] PYYKKÖ I. et al., 1989. Risk factors in the genesis of sensorineural hearing loss in Finnish forestry workers. *British Journal of Industrial Medicine*, 46:439-446.

[6] IKI M., 1987. Hearing loss and vibratin-induced white. *The Lancet*, 1: 453.

[7] IKI M., 1989. Vibration-induced white fingers and hearing loss. *The Lancet*, 2: 282-283.

[8] MIYAKITA T. et al., 1987. Noise-induced hearing loss in relation to vibration-induced white finger in chain-saw workers. *Scan J Work Environ Health*, 13:32-36.

[9] ZHU S-K., 1997. Combined effects of hand-arm vibration and noise on temporary threshold shifts of hearing in healthy subjects. *Int Arfh Occup Environ Health*, 69:433-436.

[10] PALMER et al., 2002. Raynaud's phenomenon, vibration induced white finger and difficulties in hearing. *Occup Environ Health*, 59(9):640-642.

1.7.

# VIBRATIONS - DÉPISTAGE ET SUIVI MÉDICAL

L'importance du dépistage précoce et du suivi médical des travailleurs exposés aux vibrations est réaffirmée et précisée dans la directive européenne 2002/44/CE. Dès qu'il y a exposition, quel que soit son niveau, l'employeur doit intégrer dans son Evaluation des Risques les observations du médecin du travail tirées de la surveillance de la santé des travailleurs. Si l'évaluation puis le mesurage montrent le dépassement du niveau d'action, une surveillance médicale est obligatoire. En Europe, les textes réglementaires ne donnent pas d'instructions contraignantes aux médecins du travail pour les méthodes et techniques du dépistage et de la surveillance médicale renforcée. Pour cela, les textes de consensus des groupes européens VINET ET VIBGUIDE s'imposent comme état actuel de l'art. Nous résumons ces recommandations européennes sur le suivi médical. Dans la genèse des troubles rachidiens et des membres supérieurs, les vibrations sont des facteurs souvent associés avec des postures défavorables, des mouvements et efforts prolongés ou répétés et le port de charges. L'existence de symptômes souvent proches rend toujours nécessaire le questionnement des différents diagnostics différentiels par un médecin. Le dépistage précoce de ces troubles de sur-sollicitation quelle qu'en soit la cause, vibratoire ou non, a un intérêt immédiat pour la prévention.

► Marc NŒUVEGLISE, Marie-Laure VIBERT,  
APST BTP RP

► Dominique BEAUMONT,  
CRAMIF Service Prévention

**M**édecins du travail en région parisienne, nous présentons les recommandations pratiques admises en matière de dépistage et de suivi médical des travailleurs exposés aux vibrations.

risques faite par l'entreprise. L'évaluation des risques tient compte des troubles dépistés lors de la surveillance périodique de la santé au travail par les médecins du travail ou les responsables de santé. Les moyens réglementaires d'information en direction de l'employeur sur les troubles de santé d'origine professionnelle constatés sont nombreux.

## INTRODUCTION

La directive européenne 2002/44/EC [1] et, à sa suite, les décrets nationaux des pays membres, établissent des relations réglementaires entre le dépistage ou le suivi médical et le dispositif de prévention.

1. Le dépistage éventuel de troubles de santé lié à des risques professionnels est nécessairement utilisé, comme l'analyse des postes, dans l'évaluation des

2. Un suivi périodique de la santé doit être prévu par les employeurs quand l'évaluation des risques a montré l'existence d'un niveau d'exposition aux vibrations supérieur aux valeurs d'action fixées par la directive. Le travailleur a accès, à sa demande, à son propre dossier médical qui le concerne personnellement. Il est conseillé d'offrir à chaque travailleur exposé un examen médical d'embauche préalable à l'affectation. Certains pays ont rendu obligatoire un examen médical préalable à l'affectation à un poste exposé.



## OBJECTIFS DU SUIVI MÉDICAL

■ L'examen médical d'embauche préalable à l'affectation permet d'informer le travailleur sur le risque potentiel associé à l'exposition aux vibrations, d'obtenir des données de santé de départ, et d'identifier les facteurs médicaux individuels qui peuvent augmenter le risque de l'exposition aux vibrations.

■ Le suivi médical, ou le suivi de la santé vise à évaluer l'état de santé et à diagnostiquer les troubles induits par les vibrations à un stade précoce, à informer les travailleurs sur le risque, à donner des conseils préventifs aux employeurs et salariés, et à vérifier si les mesures de prévention prises sont efficaces. Si l'évaluation des risques a montré un risque lié aux vibrations, l'évaluation de l'état de santé doit être suffisamment précise pour permettre de suivre l'efficacité des mesures de prévention mises en place. Le suivi médical permet la traçabilité des expositions et de leurs effets dans le dossier médical, auquel le travailleur a accès.

## CONTENU TECHNIQUE DU SUIVI MÉDICAL

La directive européenne de 2002 renvoie plus largement, pour le contenu du suivi médical, à « des techniques éprouvées permettant de déceler la maladie ou les effets nocifs pour la santé ». Elle renvoie donc à l'état de l'art médical.

## LE CONSENSUS EUROPÉEN

Les techniques de dépistage et de suivi pour le risque des vibrations ont été rassemblées par les groupes internationaux sur les vibrations, formés dans les années 80 à la suite des troubles constatés chez les travailleurs de l'industrie. Parallèlement à l'élaboration de la directive, ce réseau a monté en Europe le projet VINET [2, 3, 4]. Le consensus VINET publié en 2001 immédiatement avant la promulgation de la directive, a été complété en 2006 par le projet européen VIBGUIDE [5, 6, 7]. Ces recommandations étaient destinées à couvrir l'ensemble des pathologies professionnelles reconnues dans l'ensemble des pays membres, afin de laisser toute liberté aux réglementations ou usages nationaux. À notre connaissance, le contenu médical du suivi des effets des vibrations n'a pas été précisé dans les réglementations nationales d'Europe, laissant ainsi les médecins et responsables de santé utiliser

librement les références ou les recommandations courantes concernant les différents syndromes.

Les guides et les questionnaires de VINET et VIBGUIDE proposent des protocoles minimum d'examen pour les troubles musculo-squelettiques (TMS), neurologiques et vasculaires dus aux vibrations. Ces recommandations, sans être exhaustives, couvrent un champ beaucoup plus large que les tableaux ou listes fermés de maladies professionnelles reconnues dans certains pays membres. Les pathologies d'hypersollicitation peuvent être causées, révélées ou aggravées par les vibrations, ou encore les vibrations peuvent n'être qu'un facteur de risque supplémentaire de TMS associé aux manutentions, mouvements répétés ou forcés et postures pénibles. Le contenu du suivi doit donc rechercher les signes infra cliniques de maladies vibratoires débutantes tout en visant l'ensemble des pathologies d'hypersollicitation.

Un rapport européen de 2008 [8] a synthétisé l'application réelle sur le terrain de la directive et notamment les usages médicaux constatés dans les différents pays.

## DÉPISTAGE ET SUIVI POUR LES EXPOSITIONS AUX VIBRATIONS CORPS ENTIER

### ENTRETIEN MÉDICAL

#### Histoire professionnelle

Qu'il y ait ou non une fiche de poste rédigée par l'employeur ou une étude de poste préalablement faite par le service de santé au travail, l'entretien médical doit intégrer une connaissance et un questionnement sur l'ensemble des facteurs professionnels, particulièrement travaux antérieurs et actuels exposés aux vibrations corps entier, recherche des facteurs de sollicitation, en liaison avec les contraintes de travail :

- vibrations globales du corps,
- station assise prolongée dans des positions inconfortables,
- torsion fréquente de la colonne vertébrale, de la colonne cervicale,
- levage de charges de plus de 15 kg

et manutention fréquent (par exemple, conducteurs de camions de livraison), terrassement manuel, pelletage,

- station debout prolongée,
- postures courbées, inconfortables par leur amplitude ou prolongées,
- travaux bras levés,
- histoires de lésions traumatiques (accidents de travail),
- conditions climatiques défavorables,
- stress (pouvoir de décision, choix des tâches et autonomie, support social et reconnaissance).

#### Histoire médicale personnelle

Facteurs individuels : caractéristiques anthropométriques, tonus musculaire, âge, force musculaire etc... Les antécédents de douleurs rachidiennes doivent spécialement être questionnés : épisodes aigus ou chroniques de douleurs ou autres troubles du rachis, accidents, chirurgie musculo-squelettique, facteurs déclenchants, traitements, évolution et fréquence des troubles, périodes d'incapacité. Nous y ajoutons les éventuelles pertes d'emploi et réorientations professionnelles réussies ou échouées. VINET fournit une liste des pathologies prédisposant aux troubles vibratoires :

- pathologies rachidiennes telles que troubles dégénératifs précoces, discopathies avec ou sans troubles radiculaires, pathologies rachidiennes inflammatoires actives, déformations rachidiennes évidentes, antécédents de chirurgie rachidienne, de fractures vertébrales, épisodes répétés de lombalgie chronique ;
- autres pathologies, tels que les troubles cervico-scapulaires graves, les gastrites chroniques et ulcères, la grossesse.

Le cours de l'entretien est le moment privilégié pour que le professionnel de santé informe le travailleur des mesures de prévention contre les effets des vibrations corps entier.

Les questionnaires ont trois usages :

- pour le suivi individuel des sujets exposés : fournir un moyen de quantification des symptômes, afin de permettre des comparaisons précises, apprécier le vécu du travail et de l'exposition, comparer des groupes professionnels en transversal ou longitudinal ;

- pour des programmes de dépistage sur le terrain : identifier au mieux des tâches repérées à risque ou génératrices de douleurs ou de gênes, identifier des troubles chez des travailleurs qu'il faudra diagnostiquer ensuite forcément

par un médecin ou un professionnel en vue d'un renforcement de la prévention ;

■ pour des surveillances plus vastes, interentreprises, régionales, nationales, internationales par indicateurs.

VINET propose des questionnaires spécialisés volumineux développant en détail les contraintes de travail, l'évaluation de la douleur, de ses facteurs déclenchants et des facteurs psychologiques et psychosociaux. Il est cependant nécessaire de les compléter par une description précise du contexte socio-professionnel. Les recommandations de bonnes pratiques cliniques pour la lombalgie [9, 10] insistent sur la prépondérance de l'écoute et de l'interrogatoire. On peut utiliser d'autres questionnaires plus généralistes s'intéressant à la perception de l'avenir professionnel.

### EXAMEN PHYSIQUE

VINET recommande un examen physique du rachis en cas de douleur rachidienne dans les 12 derniers mois. Est fournie une liste des méthodes d'examen physique du dos :

■ examen de la fonction rachidienne et évaluation des limitations douloureuses (flexion antérieure, extension, flexions latérales, palpation à la recherche de contracture du rachis, recherche d'attitude vicieuse antalgique) ;

■ examen neurologique en cas d'irradiation radiculaire : manœuvre de lasègue (L5 : élévation de la jambe tendue), signe du nerf crural (L4 : élévation postérieure de la cuisse genou plié en position couchée sur le ventre), sonnette sciatique fessière supéro-interne, réflexes des tendons rotulien (L4) et achilléen (L5/S1), sensibilité de la jambe et du pied, signes de perte de force musculaire (force d'extension du quadriceps L3/L4), d'extension du gros orteil et du pied (L5), de rotation externe du pied (L5), test d'endurance de la flexion extension des orteils (S1) ;

■ la recherche de non-organicité de la douleur a l'intérêt de peser l'importance des facteurs psychologiques dans la douleur, ce qui a des implications thérapeutiques.

L'examen physique est important dans le diagnostic. L'évaluation de la douleur et du handicap, notamment professionnel, reposent sur le questionnement du patient [9, 10].

### EXAMENS COMPLÉMENTAIRES

Aucun examen complémentaire type radio, IRM, scanner, sacco-radiculographie n'est recommandé ni acceptable en l'absence d'anomalie grave au stade de la visite d'embauche. Ces examens sortent du cadre médico-professionnel et se placent dans le cadre du diagnostic et de la thérapeutique [9, 10].

### SUIVI MÉDICAL PÉRIODIQUE

VINET recommande de ne pas dépasser une période de 2 ans. Il faut le raccourcir en cas de changement de l'exposition ou d'incident de santé. Le contenu de l'examen périodique est identique à la visite d'embauche. Il faut détailler les contraintes de travail et l'exposition aux vibrations, leurs changements, autant que l'histoire sanitaire. Il n'existe pas de test spécifique de la pathologie vibratoire. Tester simplement les amplitudes peut être utile pour marquer une évolution. Les résultats du suivi de la santé doivent être comparés aux examens précédents. Des données de santé regroupées doivent être fournies régulièrement aux dirigeants et aux représentants du personnel.

### PRESCRIPTION DE RÉDUCTION OU D'ARRÊT DE L'EXPOSITION AUX VIBRATIONS

VINET fournit une liste de pathologies nécessitant la réduction ou l'arrêt de l'exposition aux vibrations :

■ pathologies rachidiennes : discopathies avec ou sans symptômes radiculaires, maladies inflammatoires évolutives du rachis, déformations sérieuses du rachis, chirurgie rachidienne, antécédents de fractures vertébrales, douleurs rachidiennes chroniques ;

■ autres situations : troubles cervico-scapulaires sérieux, gastrite chronique et ulcères, grossesse.

VINET précise qu'il faut prendre en compte la mauvaise tolérance de ces pathologies, les possibilités d'aménagement de poste en fonction du processus entier de travail et l'ensemble du système de prise en charge médico-social de l'entreprise et du pays. Dans le cas où les troubles peuvent régresser à l'interruption de l'exposition, le médecin doit discuter avec le travailleur de la possibilité d'un reclassement professionnel. Nous ajoutons que, si des aménagements au même

poste ou un reclassement temporaire ou définitif dans l'entreprise ou en dehors sont nécessaires, l'aide des services sociaux, de techniciens ou d'ergonomes peut être requise, en concertation avec l'entreprise.

Dans les cas où le patient doit être référé au système de soins pour diagnostic et traitement, des radiographies du rachis, un scanner, une IRM en vue d'une imagerie diagnostique précise sont généralement exigés dans les pays dans lesquels la hernie discale induite par des vibrations est considérée comme une maladie professionnelle.

## DÉPISTAGE ET SUIVI POUR LES EXPOSITIONS AUX VIBRATIONS MAIN-BRAS

Les travailleurs exposés habituellement à des vibrations excessives transmises par la main peuvent souffrir de syndrome vibratoire mains-bras. Ce syndrome regroupe des troubles chroniques de la circulation sanguine dans les doigts et des fonctions neurologiques et locomotrices de la main et du bras [11]. Le dépistage et le suivi recherchent :

■ 1. d'abord, les composants vasculaire et neurologique du syndrome :

■ des troubles artériels des mains : un phénomène de Raynaud d'origine professionnelle (crises de blanchissement atteignant les doigts ou les mains, apparues après le début de l'exposition professionnelle, pouvant entraîner une perte complète de sensation tactile et de dextérité manuelle, et rendre impossible le travail), un syndrome du marteau hypothénar (thrombose des artères digitales ou cubitales),

■ une neuropathie locale due à des lésions vibratoires des terminaisons et voies nerveuses sensorielles des mains et doigts : engourdissement, picotements des doigts et des mains, réduction du sens tactile et thermique, dégradation de la dextérité manuelle [12] ;

■ 2. puis, des troubles ostéo-articulaires [13] reconnus en France, en Allemagne et en Italie, tels que des nécroses osseuses du poignet, l'arthrose du poignet et du coude, l'hyper ossification des insertions de tendons, le plus souvent au niveau du coude ;

■ 3. enfin, on recherche des troubles favorisés par les vibrations, et causés principalement par les travaux lourds, les mouvements répétés ou forcés associés aux vibrations :

■ des troubles musculo-squelettiques des mains et bras : canal carpien [14, 15, 16], faiblesse musculaire, douleurs dans les mains et les bras, inflammation des tendons (tendinite) et de leurs gaines (teno-synovites) dans les membres supérieurs, contracture de Dupuytren,

■ des troubles musculo-squelettiques des bras, du cou et des épaules, plutôt liés au travail manuel lourd qu'aux vibrations elles-mêmes, qui sont plutôt des cofacteurs.

## ENTRETIEN MÉDICAL

### Histoire professionnelle

Qu'il y ait ou non une fiche de poste rédigée par l'employeur ou une étude de poste préalablement faite par le service de santé au travail, l'entretien médical doit intégrer une connaissance et un questionnement sur l'ensemble des facteurs de l'exposition et leur évolution :

■ travaux antérieurs et actuels exposés aux vibrations main-bras et recherche des facteurs de sollicitation et des contraintes de travail actuelles :

■ vibrations main-bras, avec ou sans efforts de préhension ou de poussée,

■ toute activité de loisirs comprenant l'utilisation d'outils ou machines vibrants,

■ mouvements répétés ou forcés des membres supérieurs,

■ levage de charges de plus de 15 kg et manutentions en posture difficile, terrassement manuel, pelletage,

■ travaux bras levés,

■ conditions climatiques défavorables,

■ stress (pouvoir de décision, choix des tâches et autonomie, support social et reconnaissance).

■ les postes antérieurs comportant une exposition à des substances neurotoxiques ou vaso-actives.

### Antécédents médicaux

■ familiaux

■ personnels :

■ lésions traumatiques (accidents de travail),

■ troubles vasculaires et neurologiques des mains et doigts, y compris ceux évoquant le syndrome du canal carpien,

et relevé de leur histoire,

■ troubles musculo-squelettiques des mains et bras, du cou et des épaules,

■ et, en général, tout traumatisme ou chirurgie du cou, des membres supérieurs, les traitements en cours, tout autre trouble vasculaire et tout autre facteur de troubles neurologiques ou vasculaires (diabète essentiellement, maladies auto-immunes),

■ mode de vie (tabac, alcool).

Cet entretien médical de dépistage ou de suivi peut s'appuyer sur un questionnaire préalable auto administré ou administré par le médecin ou le professionnel de santé, qui permettra un dépistage sur le terrain ou une comparaison individuelle quantifiée dans le temps.

Les divers usages des questionnaires ont été détaillés précédemment au chapitre sur les vibrations corps entier.

L'entretien est le moment privilégié pour que le professionnel de santé informe le travailleur des mesures de prévention contre les effets des vibrations main-bras.

## L'EXAMEN PHYSIQUE

L'examen physique devra être conduit par un médecin qualifié, qui examinera en détail les systèmes vasculaire périphérique, neurologique et musculo-squelettique de l'intégralité du membre supérieur.

Le suivi, une fois le diagnostic établi, devrait s'appuyer sur une cotation de l'existence et de la sévérité des troubles par les échelles de Stockholm 1987 (neurologiques et vasculaires) [17] en les associant éventuellement à l'une des classifications vasculaires ou neurologiques alternatives proposées en 1997 [18], 2006 [19] ou 2008 [20].

## TESTS CLINIQUES

Les tests cliniques n'apportent pas de preuve mais sont utiles pour diagnostiquer un syndrome vibratoire mains-bras ou pour surveiller l'évolution d'une pathologie :

■ parmi les tests du système vasculaire périphérique figurent le test de recoloration des ongles de Lewis-Prusik, le test d'Allen et le test d'Adson

(recherche du syndrome du défilé thoracique) ;

■ parmi les tests du système nerveux périphérique figurent l'évaluation de la dextérité manuelle (tests qualitatifs de ramassage de pièces de monnaie ou d'attaches (trombone)), le test de Roos (recherche du syndrome du défilé thoracique), le test de Phalen et le signe de Tinel (canal carpien).

■ la recherche des troubles musculo-squelettiques du membre supérieur peut s'appuyer sur le consensus européen SALTSA [21, 22, 23].

## TESTS VASCULAIRES INSTRUMENTAUX

Il n'y a pas de test vasculaire instrumental rapide et non douloureux pour le suivi des travailleurs exposés.

En dehors du suivi, en cas de pathologie nécessitant un diagnostic, on peut rappeler ici que l'évaluation vasculaire du syndrome vibratoire mains-bras est basée principalement sur des tests de provocation à froid : changements de couleur des doigts, temps de rétablissement de la température de la peau des doigts [24], mesure de la pression sanguine systolique dans les doigts [25], pléthysmographie digitale. D'autres tests diagnostiques non invasifs, comme l'enregistrement Doppler de l'écoulement sanguin et de sa pression dans le bras et les doigts, peuvent également s'avérer utiles au diagnostic. La capillaroscopie est utilisée pour diagnostiquer la sclérodémie.

## TESTS NEUROLOGIQUES INSTRUMENTAUX

Le dépistage et le suivi neurologique des travailleurs exposés peuvent être aidés par des tests non invasifs :

■ 1. simples et ubiquitaires :

■ sensibilité tactile (sensibilité à la pression : filaments calibrés de Semmes Weinstein ou de Von Frey, esthésiomètres : discrimination de 2 points, détection d'interstice, règles à fente ou à crête, jeux de réseaux plus ou moins serrés) ;

■ dextérité du bout des doigts (tests quantitatifs : de préférence « Purdue pegboard ») ;

■ 2. appareils automatisés :

■ seuils de perception des doigts aux vibrations (appareils informatisés

de table, régulés, multifréquences, nécessairement conformes à la norme ISO 13091 [26, 27]). Avantages : ils ont une bonne reproductibilité intra sujet les prédisposant au suivi individuel. Le diagnostic topographique non invasif qu'ils permettent peut orienter entre les diverses neuropathies radiculaires et tronculaires (canal carpien) et la neuropathie vibratoire diffuse des mains. Ils sont utiles dans l'assistance à l'évaluation du handicap dans la manipulation des petits objets et la perception des textures. Limites : leur caractère semi objectif ne permet pas de les retenir pour l'évaluation du handicap pour la réparation. Le sens kinesthésique, qu'ils ne mesurent pas, est aussi un autre volet déterminant du handicap professionnel, car il permet la compensation partielle du déficit tactile ;

■ seuils de perception thermique (appareils informatisés à effet Peltier, régulés). La reproductibilité est satisfaisante. La simplicité de leur technologie et de leur principe physiologique leur assure une bonne fiabilité.

En dehors du dépistage et du suivi, pour les pathologies invalidantes nécessitant des soins lourds, rappelons que le diagnostic différentiel et l'évaluation neurologique du syndrome vibratoire mains-bras repose sur l'étude des vitesses de conduction nerveuse dans les membres supérieurs et sur l'électromyographie.

### TESTS DE LA FORCE MUSCULAIRE DE LA MAIN

L'évaluation de la force musculaire dans la main se fait comparativement entre la droite et la gauche [29]. Elle peut se faire au moyen d'un dynamomètre mesurant la force de préhension dans la paume et d'une jauge de pincement pour mesurer les forces entre le pouce et les doigts. L'appareil de mesure doit être précis et adapté à la taille de la main.

### EXAMENS RADIOLOGIQUES

Des radiographies des épaules, des coudes, des poignets et des mains en vue d'un diagnostic radiologique de pathologies des os et des articulations sont généralement exigées dans les pays dans lesquels l'arthrose des membres supérieurs induite par des vibrations est considérée comme une maladie professionnelle [13].

Des angiographies peuvent être nécessaires pour le diagnostic d'anomalies vasculaires localisées et sévères (notamment syndrome du marteau hypothénar).

### EXAMENS DE LABORATOIRE

Des analyses de sang et d'urine peuvent s'avérer nécessaires dans certains cas, pour distinguer les pathologies vibratoires d'autres troubles vasculaires ou neurologiques, qu'ils soient métaboliques, toxiques, tumoraux, auto-immuns... :

■ que ce soient des examens courants : recherche de protéinurie, de glycosurie, NFS, VS, glycémie, uricémie, gamma-GT,

■ ou plus spécialisés : CRP, recherche de facteur rhumatoïde, sérologie auto-immune (anticorps anti-nucléaires, anticorps anti-ADN, anticorps anti-centromère...), recherche de cryoglobuline, électrophorèse des protéines sériques, immunoglobulines.

### SUIVI MÉDICAL PÉRIODIQUE

VINET recommande de ne pas dépasser une période de un an. Il faut la raccourcir en cas de changement de l'exposition ou d'incident de santé. Le contenu de l'examen périodique est identique à la visite d'embauche. Il faut détailler les contraintes de travail et l'exposition aux vibrations, leurs changements, autant que l'histoire sanitaire. Il n'existe pas de test spécifique de la pathologie vibratoire. On recueille toute maladie ou accident survenu, tout symptôme pouvant être associé aux vibrations et les constatations de l'examen physique. Les résultats du suivi de la santé doivent être comparés aux examens précédents. Des questionnaires incluant les échelles de Stockholm améliorent la précision du suivi et permettent une quantification au niveau collectif. Des données de santé regroupées doivent être fournies régulièrement aux dirigeants et aux représentants du personnel.

### PRESCRIPTION DE RÉDUCTION OU D'ARRÊT DE L'EXPOSITION AUX VIBRATIONS

VINET précise que certains pays recommandent l'éviction des vibrations main-bras des patients atteints de stade

2 vasculaire ou de stade 2 neurologique des échelles de Stockholm. Nous ajoutons les cas de pathologies ostéo-articulaires douloureuses.

VINET précise qu'il faut prendre en compte la mauvaise tolérance de ces pathologies, les possibilités d'aménagement de poste en fonction du processus entier de travail et l'ensemble du système de prise en charge médico-social de l'entreprise et du pays. Pour les troubles vasculaires, qui régressent à l'interruption de l'exposition, le médecin doit discuter avec le travailleur de la possibilité, après régression des troubles par l'arrêt de l'exposition, d'une réaffectation au poste exposé. Nous ajoutons que, si des aménagements au même poste ou un reclassement temporaire ou définitif dans l'entreprise ou en dehors sont nécessaires, l'aide des services sociaux, de techniciens ou d'ergonomes peut être requise, en concertation avec l'entreprise.

Dans les cas où le patient doit être référé au système de soins pour diagnostic et traitement, des tests de provocation au froid, des radiographies des coudes ou poignets ou une mesure des vitesses de conduction nerveuse au poignet sont généralement exigés dans les pays dans lesquels le syndrome de Raynaud, l'arthrose du coude, la nécrose du semi-lunaire, le canal carpien induits par des vibrations sont considérés comme des maladies professionnelles.

## SYNTHÈSE

### STRATÉGIE DU SUIVI

En première instance, le dépistage et le suivi des travailleurs exposés aux vibrations reposent sur le questionnaire concernant l'exposition et les symptômes.

Cependant, aucun signe composant ces syndromes n'est spécifique du syndrome des vibrations.

Ainsi, en second lieu, en présence de symptômes concordants de syndrome des vibrations, le médecin du travail doit exécuter des questionnaires complémentaires, des tests cliniques complémentaires et demander des examens de spécialités médicales complémentaires.



Le diagnostic différentiel doit, si la sévérité de la pathologie le justifie, être poussé à son terme.

C'est au prix de cette précision que le suivi médical peut dépister les troubles induits par les vibrations à un stade précoce. Si l'évaluation des risques a montré un risque lié aux vibrations, le suivi médical doit permettre, parmi d'autres sources d'information, de vérifier si les mesures de prévention prises sont efficaces.

### LA RESTITUTION DES DONNÉES DU SUIVI MÉDICAL

Que cela soit pour des expositions corps entier ou main-bras, la restitution des données en entreprise vise des buts et obéit à des règles.

Le rendu des données est destiné à agir sur les risques : les informations regroupées doivent être rendues sous forme collective :

- à l'employeur,
- aux représentants du personnel.

Avec les autres préventeurs : afin de constituer des connaissances pratiques, en lien avec la métrologie, et l'ergonomie...

La restitution des données a un rôle clé pour dresser un état des lieux santé - travail de l'entreprise, alerter, contrôler l'efficacité de la prévention.

Le traitement des questionnaires des salariés exposés est particulièrement adapté pour ce rendu.

## CONCLUSION

VINET, VIBGUIDE, ces consensus européens de dépistage et de suivi médical en milieu de travail, présentent des recommandations orientées de manière exemplaire :

- face à un risque professionnel de plus en plus fréquent et loin d'être anodin en termes de conséquences pour la santé et le maintien dans l'emploi ;
- inscrites dans une démarche de prévention et d'évaluation des risques ;
- et permettant l'introduction de la dimension santé - travail dans les projets d'entreprise.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] Directive 2002/44/CE, 25 juin 2002, concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (vibrations).  
<http://eur-lex.europa.eu/>

[2] Vibration Injury Network, 2001. Guidelines for Hand-Transmitted Vibration Health Surveillance. VINET, Appendix H1A to final report.  
<http://www.isvr.soton.ac.uk/hrv/vinet/>

[3] Vibration Injury Network, 2001. Guidelines and questionnaires for whole-body vibration health surveillance. VINET, Appendix W1A to final report.  
<http://www.isvr.soton.ac.uk/hrv/vinet/>

[4] Vibration Injury Network, 2001. French translations of whole-body vibration health surveillance questionnaires. VINET, Appendix W1D to final report.  
<http://www.isvr.soton.ac.uk/hrv/vinet/>

[5] GRIFFIN MJ, HOWARTH HVC, PITTS PM, FISCHER S, KAULBARS U, DONATI PM, BERETON PF, 2006. Guide des bonnes pratiques en matière de Vibrations globales du corps - Guide consultatif des bonnes pratiques en vue de l'application de la Directive 2002/44/EC relative aux exigences minimales d'hygiène et sécurité pour l'exposition des employés aux risques résultant d'agents physiques (vibrations). The VIBGUIDE PROJECT, Whole-body vibration guide to good practice French 09/06/06, <http://www.isvr.soton.ac.uk/hrv/vibguide.htm>

[6] HULSHOF C., PALMER K., TIEMESSEN I., HAGBERG M., NILSSON T., LUNDSTRÖM R., BOVENZI M., VERBEEK J., 2004. Whole-body vibration self-administered questionnaire, Initial Assessment. The VIBGUIDE project, VIBRISKS, WP4-N5, <http://www.isvr.soton.ac.uk/hrv/vibguide.htm>

[7] BOVENZI M., 2004. Hand-transmitted vibration self-administered questionnaire. The VIBGUIDE project, VIBRISKS, WP1-N8, <http://www.isvr.soton.ac.uk/hrv/vibguide.htm>

[8] European Agency for Safety and Health at Work, 2008. Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review. Luxembourg: EUR-OP, European Risk Observatory report; 7, 126 p. ISBN: 9789291912216  
[http://osha.europa.eu/en/publications/reports/8108322\\_vibration\\_exposure](http://osha.europa.eu/en/publications/reports/8108322_vibration_exposure)

[9] Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé, 2000. Diagnostic, prise en charge et suivi des malades atteints de lombalgie chronique. ANAES, Service des recommandations et références professionnelles, Paris, France, 95 p.  
<http://www.has-sante.fr>

[10] Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé, 2000. Prise en charge diagnostique et thérapeutique des lombalgies et lombosciatiques communes de moins de trois mois d'évolution. Paris, France. ANAES, Service des recommandations et références professionnelles, 52 p.  
<http://www.has-sante.fr>

[11] LASFARGUES G., 1990. Effets vasculaires et neurologiques des vibrations transmises au système main-bras. Documents pour le médecin du travail INRS, 43 : 249-258. Tiré à part TF 21.  
<http://www.inrs.fr/>

[12] COCK N., PIETTE A., MALCHAIRE J., 1998. Problèmes neurosensoriels liés à l'exposition aux machines vibrantes. *Médecine Du Travail & Ergonomie*, XXXV, 4, 205-207.  
<http://www.deparisnet.be/Vibrations/VibrationsMB.htm>

[13] LEY FX., 1989. Affections ostéo-articulaires des membres supérieurs dues aux vibrations. Histo-anatomie et physiopathologie. Documents pour le médecin du travail INRS, 40 : 333-342. tiré à part TF 17.  
<http://www.inrs.fr/>

[14] KOSKIMIES K, FARKKILA M, PYYKKÖ I et al., 1990. Carpal tunnel syndrome in vibration disease. *Br J Ind Med*, 47: 411-416.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1035192/>

[15] Recommandation de la commission du 19 septembre 2003 concernant la liste européenne des maladies professionnelles. 2003/670/CE, JO L 238 du 25.9.2003, p. 28.  
<http://eur-lex.europa.eu/>

[16] Palmer KT, Harris EC, Coggon D. Carpal tunnel syndrome and its relation to occupation: a systematic literature review. *Occup Med (Londres)*. 2007; 57:57-66.



[17] GEMNE G, PYYKKÖ I, TAYLOR W, PELMEAR PL., 1987. The Stockholm workshop scale for the classification of cold-induced Raynaud's phenomenon in the hand-arm vibration syndrome (revision of the Taylor Pelmear scale). *Scand J Work Environ Health*, 13: 275-278.

[18] PALMER KT., COGGON D., 1997. Deficiencies of the Stockholm vascular grading scale for hand-arm vibration. *Scand J Work Environ Health* 23:435-9

[19] LUNDSTRÖM R, NILSSON T, HAGBERG M, BURSTRÖM L, 2006. Grading of sensorineural disturbances according to the Stockholm workshop scale using self-reports – A proposal. *Diagnosis of injuries caused by hand-transmitted vibration – 2nd International workshop*, Göteborg.

[20] GRIFFIN MJ, 2006. Measurement, evaluation and assessment of peripheral neurological disorders caused by hand-transmitted vibration. *VIBRISKS, Annex 11 to Final Technical Report 6 09 2006, WP1 2008 03 07*. <http://www.vibrisks.soton.ac.uk/>

[21] SLUITER JK, REST KM, FRINGS-DRESEN MHW. Criteria document for evaluation of the work-relatedness of upper extremity musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health* 2001; 27 suppl 1:1-102.

[22] MEYER JP, SLUITER J, REST K, FRINGS-DRESEN M, DELARUELLE D, PRIVET L, ROQUELAURE Y. Troubles musculosquelettiques du membre supérieur liés au travail, consensus clinique pour le repérage des formes précoces de TMS. *Arch Mal Prof* 2002, 63, n°1, pp. 32 - 45.

[23] Protocole d'examen clinique pour le repérage des troubles musculo-squelettiques du membre supérieur. INRS/InVS. Février 2010, 74 p. [http://www.invs.sante.fr/surveillance/maladies\\_caractere\\_professionnel/protocole\\_examen\\_clinique\\_reperage\\_tms.pdf](http://www.invs.sante.fr/surveillance/maladies_caractere_professionnel/protocole_examen_clinique_reperage_tms.pdf)

[24] Norme ISO 14835-1:2005, 2005. Vibrations et chocs mécaniques - Essais de provocation à froid pour l'évaluation de la fonction vasculaire périphérique - Partie 1 : mesurage et évaluation de la température de la peau des doigts. Genève, Organisation internationale de normalisation (Ed.).

[25] Norme ISO 14835-2:2005, 2005. Vibrations et chocs mécaniques - Essais de provocation à froid pour l'évaluation de la fonction vasculaire périphérique - Partie 2 : mesurage et évaluation de la tension sanguine systolique des doigts. Genève, Organisation internationale de normalisation (Ed.).

[26] Norme NF ISO 13091-1, 2003. Vibrations mécaniques - Seuils de perception vibrotactile pour l'évaluation des troubles neurologiques - Partie 1 : méthode de mesure à la pulpe des doigts. Paris, AFNOR (Ed.)

[27] Norme NF ISO 13091-2, 2004. Vibrations mécaniques - Seuils de perception vibrotactile pour l'évaluation des troubles neurologiques - Partie 2 : analyse et interprétation des mesures obtenues à la pulpe des doigts. Paris, AFNOR (Ed.).

[28] MEYER J. P., FLENGHI D., TURPIN-LEGENDRE E., 2001. Force maximale de préhension : Intérêts, méthode de recueil et valeurs de référence. Congrès de l'Association Nationale de Médecine du Travail et d'Ergonomie du Personnel des Hôpitaux. Journées nationales de formation N°37, Nancy, FRANCE (27/09/2000) *Archives des maladies professionnelles et de médecine du travail*, ISSN 1250 - 3274, 2001, vol. 62, no 6, pp. 493-522 (30 réf.), pp. 469 - 476

1.8.

# VIBRATIONS, CHARIOTS AUTOMOTEURS ET ENGINS DE CHANTIER - ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES ET ERGONOMIQUE

**Objectifs :** Connaissance du risque vibratoire.

**Méthodes :** Étude de la conduite habituelle, en position assise, par deux enquêtes épidémiologiques auprès d'employeurs et de salariés et une étude ergonomique avec observation du travail.

**Résultats :** La plupart des entreprises incluses dans l'enquête « employeurs » disposent de moins de 10 engins et en sont propriétaires. Elles ignorent l'existence d'une réglementation « vibrations » et n'ont pas évalué ce risque. Moins d'un quart des entreprises déclare avoir pris des mesures de prévention. L'enquête « salariés » inclut 725 conducteurs d'engins. Les troubles de santé déclarés sont majoritairement ostéo-articulaires. Elles sont significativement corrélées à une durée importante de conduite, un antécédent d'accident d'engin, des secousses liées à l'état du sol et au mode de travail et plus particulièrement à un réglage insuffisant du siège. L'étude ergonomique a été réalisée dans six centres de traitement de déchets et sur six types d'engins. Les valeurs d'accélération équivalente [Aeq (m/s<sup>2</sup>)] sont comparables à celles décrites dans le guide INRS. Au regard des temps de conduite, dans la moitié des cas les valeurs d'exposition journalière dépassaient le seuil d'action.

**Conclusion :** Le risque « vibrations » est mal connu. Il est possible de réduire l'apparition de pathologies en agissant sur plusieurs facteurs. Les mesures de terrain confortent l'évaluation a priori.

Le risque vibratoire a fait l'objet de recherches scientifiques internationales, de la publication d'un décret et est pris en compte dans deux tableaux de maladies professionnelles (1 - 6). En 2009, l'ACMS surveille plus de 28 000 salariés exerçant un métier utilisant des engins à conducteur porté dont près de 80 % ont comme risque associé la manutention manuelle. Les médecins et les intervenants en prévention des risques professionnels ont effectué, entre autres activités de conseil, une cinquantaine d'études météorologiques entre 2006 et 2009. Ce risque est pourtant mal connu par les salariés exposés, par les

employeurs et par les médecins. Une sensibilisation des constructeurs, revendeurs, loueurs, utilisateurs, soignants paraît souhaitable.

## OBJECTIFS

Faire un état des lieux portant sur la connaissance, par les salariés et les employeurs concernés, du risque vibratoire sur le corps entier de personnes conduisant des engins de chantier et/ou

► Michel DUPERY, Rémi PETITFOUR, Claire FABIN, Estelle LE CORRE, Elisabeth MONTCHAMP, Pierre-Yves MONTELEON, Patricia NICOLAZZO, Christine VILAINE, Caroline WARGON, Association interprofessionnelle des centres médicaux et sociaux (ACMS)

des chariots automoteurs de manutention et évaluer les répercussions sur la santé des salariés exposés.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Étude de la conduite habituelle, en position assise, d'engins de chantier et de manutention, par deux enquêtes épidémiologiques, transversales, descriptives, indépendantes, auprès de salariés et employeurs concernés, et étude ergonomique avec observation du travail et mesurage vibrations corps entier, dans un centre de traitement de déchets, pendant une période de travail intensif.

### Deux études épidémiologiques

Ces études ont été réalisées de mars à juin 2009, à l'aide de questionnaires indépendants anonymes standardisés, proposés par 27 médecins du travail volontaires. Ces questionnaires pouvaient être administrés ou proposés en auto-questionnaire.

#### Étude transversale « salariés »

Le questionnaire était proposé au cabinet médical à tout salarié ou lors des « visites d'entreprise ». Les critères d'inclusion étaient : salariés conducteurs habituels, en position assise, d'engins de chantier, de chariots automoteurs de manutention, de gerbeurs. Les critères d'exclusion étaient : conducteurs occasionnels, conducteurs en position debout, conducteurs de camions, y compris les camions de chantier, salariés du secteur agricole, conducteurs de transpalette à conducteur porté, grutiers (grues à tour et nacelles), conducteurs de transstockeurs.

#### Étude transversale « employeurs »

Le questionnaire était proposé en entreprise ou lors de sa visite médicale. L'exhaustivité était recherchée. Les critères d'inclusion étaient : chefs d'entreprise dont des salariés étaient susceptibles d'être inclus dans l'étude « salariés ». Les critères d'exclusion étaient : chefs d'entreprise dont aucun salarié n'était susceptible d'être inclus dans l'étude « salariés ».

#### Saisie des données

Les questionnaires ont été saisis au fil de l'étude puis analysés à l'aide du logiciel SPSS®. L'analyse statistique a été descriptive et a recherché des liens significatifs entre les caractéristiques médico-professionnelles par croisement et régression logistique.

TABLEAU I

### Analyse multivariée salariés/TMS

		p	OR	IC 95 %
Durée de conduite	De 1 à 4 heures	0,031	1,608	[1,045 – 2,474]
[ < 1 heure]	Plus de 4 heures	0,01	2,035	[1,322 – 3,134]
Sol à l'origine de secousses	Oui	0,006	1,675	[1,156 – 2,426]
Réglage facile du siège	Non	0,001	2,287	[1,381 – 3,789]
Mode de travail à l'origine de secousses	Oui	0,000	1,950	[1,356 – 2,802]
Avoir été victime d'accident avec l'engin	Oui	0,028	2,021	[1,080 – 3,781]

### Résultats

#### Étude transversale « salariés »

Le questionnaire a été proposé à 730 salariés (5 refus). Ainsi, 725 salariés ont pu être inclus dans l'étude, en quasi totalité des hommes (98,3 %), âgés en moyenne de 39,25 ans (de 18 à 65 ans) avec en moyenne 10,88 ans d'ancienneté dans le métier (de 0 à 39 ans, médiane 8 ans, écart-type 8,73). Ils conduisaient un engin plus de 4 heures par jour (40,5 %), entre 1 heure et 4 heures par jour (35,2 %) et moins d'une heure (24,3 %). Près des trois quart (72,6 %), n'avaient pas reçu d'information sur les risques liés aux vibrations et plus du tiers (40,3 %) sur l'importance du réglage du siège. Les salariés déclaraient avoir fait de la manutention manuelle dans des postes précédents (87,5 %) et en faire actuellement (86,2 %). Un salarié sur vingt (4,4 %) travaillait habituellement en chambre frigorifique. Le plus souvent (67 %), le sol sur lequel les engins sont conduits est signalé être à l'origine de secousses. Les engins étaient équipés de bandages (76,5 %), de pneumatiques (30,5 %) et de chenilles (7,9 %). Plusieurs réponses étaient possibles, 11,3 % déclaraient deux types d'équipements pour les engins utilisés et 1,8 % trois types. Les engins utilisés étaient équipés d'un moteur électrique (55,2 %) ou d'un moteur thermique (44,8 %). Le siège était facilement réglé (84,2 %), il était réglable selon le poids du conducteur (65,4 %). Le mode de travail avec l'engin était signalé être à l'origine de secousses (63,3 %).

Les conducteurs déclaraient, en lien avec la conduite, de 0 à 5 symptômes ou pathologies : le mal des transports (1,1 %) ; des troubles digestifs (6,5 %) ; des troubles urinaires (8,2 %) ; des troubles visuels (8,7 %) ; des douleurs du cou ou des épaules (44,2 %) ; des lombalgies ou des douleurs sciatiques (41,3 %) ; des hernies discales reconnues en maladies professionnelles (1,4 %) ; un cas d'avortement (12 femmes incluses dans l'enquête).

Près des deux tiers des conducteurs signalent au moins un symptôme ou une pathologie. Un conducteur d'engins sur 10 (9,8 %) a été victime d'un accident avec son engin.

Nous avons regroupé en variable unique « troubles musculosquelettiques (TMS) », les symptômes et pathologies signalés suivants : douleurs du cou ou des épaules, lombalgies ou douleurs sciatiques, hernies discales reconnues en maladies professionnelles et nous avons recherché les liens entre les caractéristiques socioprofessionnelles et ces TMS. Apparaissaient significatifs : la durée d'utilisation ( $p < 0,001$ ), le sol à l'origine de secousses ( $p < 0,001$ ), le réglage facile du siège ( $p < 0,01$ ), le mode travail ( $p < 0,001$ ), le fait d'avoir été victime d'un accident avec l'engin ( $p < 0,05$ ).

Les résultats de la régression logistique pas à pas descendante conditionnelle réalisée afin de rechercher les paramètres explicatifs en lien avec les TMS, sont rapportés dans le *Tableau I*.

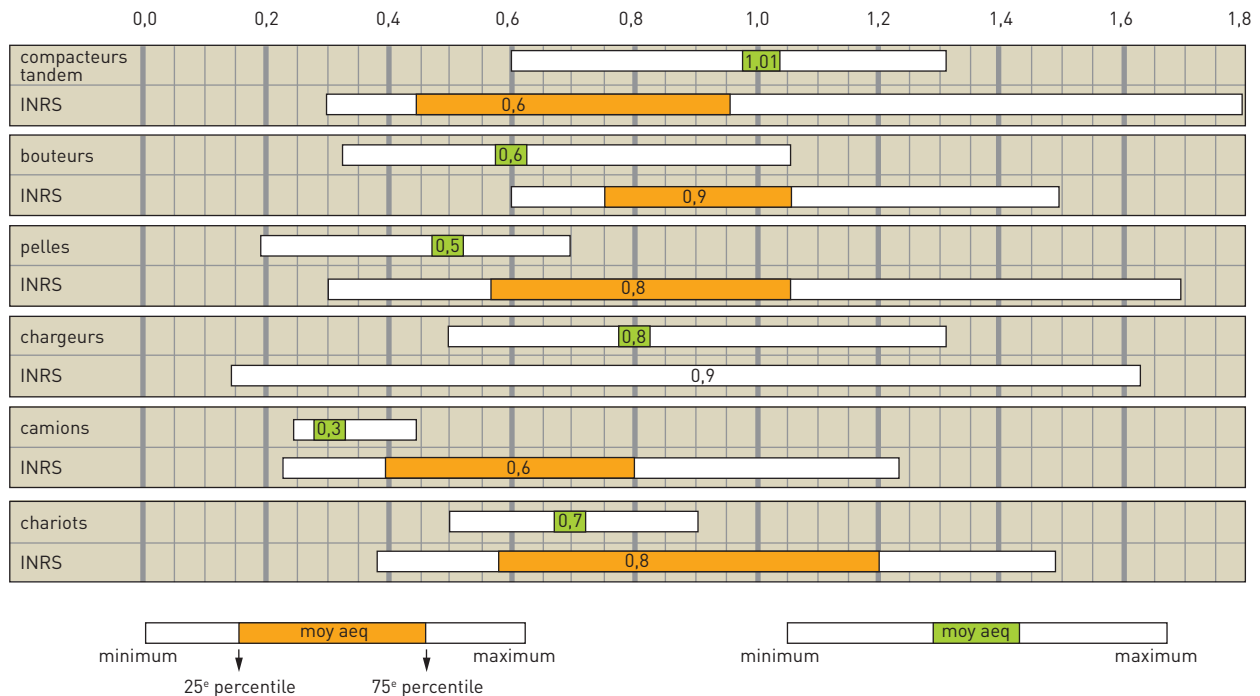
Ne pas pouvoir régler facilement le siège est un facteur prépondérant dans la survenue des pathologies ostéo-articulaires. Lorsqu'un défaut était signalé concernant un engin, il était pris en compte dans 88,8 % des cas.

#### Étude transversale « employeurs »

Parmi les 94 entreprises utilisatrices d'engins incluses, les trois quarts (75,5 %) disposent de 1 à 9 engins, sont propriétaires (55,3 %), locataires (31,9 %) ou à la fois propriétaires et locataires d'engins (12,8 %). Près des trois quarts des employeurs ne connaissent pas l'existence d'une réglementation « vibrations » (73,4 %). Ils n'ont pas identifié ce risque dans leur document unique d'évaluation des risques professionnels (71,3 %) et ne l'ont pas évalué dans son ensemble (79,8 %).

TABLEAU II

Comparaison des données de l'étude et de celles des pages 10 et 11 du guide INRS



ni mesuré (86,2 %). Aucune mesure de prévention n'a été mise en œuvre (76,6 %). Les constructeurs d'engins n'ont pas fourni d'information sur le risque vibratoire (81,9 %). Aucune information sur les risques vibratoires n'a été donnée au conducteur lors de la délivrance de son autorisation de conduite (75,5 %). Une déclaration de maladie professionnelle au titre du TRG 97 « affections chroniques du rachis lombaire liées aux vibrations » a été rapportée. Plus d'un interlocuteur sur dix (12,8 %) rapporte des plaintes de salariés en rapport avec l'inconfort de la conduite de ces engins. Les locataires connaissent plus souvent l'existence du décret « vibrations » que les propriétaires ( $p < 0,05$ ). C'est aussi le cas des employeurs disposant de plus de 9 engins ( $p < 0,01$ ). Les locataires identifient plus souvent le risque dans le document unique ( $p < 0,05$ ). C'est aussi le cas des employeurs disposant de plus de 9 engins ( $p < 0,05$ ). Les locataires mesurent plus souvent le risque vibratoire ( $p < 0,05$ ). C'est aussi le cas des employeurs disposant de plus de 9 engins ( $p < 0,01$ ). Les employeurs disposant de plus de 9 engins, évaluent plus souvent le risque « vibrations » dans son ensemble ( $p < 0,05$ ). Les employeurs disposant de plus de 9 engins, déclarent plus souvent mettre en œuvre des mesures de prévention concernant le risque « vibrations » ( $p = 0,051$ ). Les locataires relatent plus de plaintes en rapport avec l'inconfort de la conduite de ces engins ( $p < 0,05$ ).

Nous n'avons pas mis en évidence d'autre relation significative. Notamment nous n'avons pas retrouvé de lien entre le fait d'être propriétaire ou locataire ou le nombre d'engins et le fait d'avoir donné une information sur les risques vibratoires lors de la délivrance de l'autorisation de conduite.

### Étude ergonomique

#### Objectifs

Évaluation et mesurage du risque vibratoire.

#### Matériel et méthode

Étude de terrain dans six centres de traitement de déchets d'Île-de-France, d'octobre 2006 à Juillet 2009, à l'initiative de six médecins du travail avec le concours d'un ingénieur sécurité et d'une technicienne Hygiène sécurité environnement. L'ensemble des engins était concerné par l'étude. Le choix des phases de travail analysées reposait sur la connaissance par les médecins des postes de travail. Les mesures ont été réalisées en conditions réelles représentatives avec des engins conduits par les opérateurs habituels.

#### Mesurage utilisé et valeurs mesurées

Nous avons utilisé un vibromètre normalisé, relié à un accéléromètre triaxial corps entier, placé sur le siège et un capteur monoaxial fixé sur le châssis de

l'engin étudié. L'ensemble du dispositif était calibré, et contrôlé chaque année par le fournisseur. La durée moyenne des enregistrements est de 26 minutes. Pour chaque enregistrement, on obtient sur chacun des trois axes : x (horizontal/dos-poitrine) ; y (horizontal/latéral) ; z (vertical), une valeur efficace pondérée en fréquence de l'accélération. Pour l'évaluation du risque, les valeurs d'exposition journalière sur 8 heures aux vibrations mécaniques transmises à l'ensemble du corps sont calculées à partir de l'accélération équivalente  $a_{eq}$  et de la durée d'exposition. Les données observées d'un enregistrement type sont les suivantes : durée de la mesure (minutes et secondes) ; accélération pondérée ( $m/s^2$ ) sur les axes X, Y, Z ; axe dominant ; accélération équivalente ( $m/s^2$ ). Les données calculées sont les suivantes : temps d'exposition (heures et minutes) pour atteindre le seuil d'action ( $0,5 m/s^2$ ) et pour atteindre la valeur limite ( $1,15 m/s^2$ ) ; valeur d'exposition journalière aux vibrations corps entier avec 2 heures, 4 heures, 6 heures et 8 heures d'exposition.

#### Résultats

Le *Tableau II* compare les résultats obtenus dans cette étude à ceux publiés par l'INRS [4].

L'étude a été réalisée sur six types d'engins : compacteurs, bouteurs, pelles, chargeurs, camions porteurs équipés de

bennes à ordures, chariots. Elle a comporté 53 enregistrements de mesure de vibrations corps entier, 45 étaient exploitables représentant plus de 20 heures de mesurage. Huit mesures ont été écartées en raison de circonstances jugées non représentatives des conditions habituelles de travail. Les valeurs d'exposition journalières qui devraient déclencher l'action de prévention sont dépassées dans la moitié des cas. Les sièges ont souvent été considérés difficiles à régler efficacement et, parfois, l'engin utilisé n'était pas adapté au type de travail, ni à l'état du sol.

Lorsque l'axe des vibrations Y est dominant la sensation de l'opérateur s'apparente au roulis, l'observateur extérieur perçoit mal ce mouvement. Lorsque l'axe des vibrations X est dominant, la sensation de l'opérateur s'apparente à des à-coups. Lorsque l'axe des vibrations Z est dominant, la sensation de l'opérateur s'apparente à des sauts.

Les compacteurs sont à l'origine de vibrations plus importantes que celles attendues, l'axe Y est dominant. Les bouteurs sont à l'origine de vibrations d'intensité moyenne inférieures à celles qui étaient attendues, l'axe X est dominant. Les pelles sont à l'origine de vibrations d'intensité moyenne inférieure à celles qui étaient attendues, l'axe dominant varie selon les activités. Les chargeurs sont à l'origine de vibrations d'intensité fortes proches de celles qui étaient attendues, l'axe dominant varie selon les activités. Les camions-bennes sont à l'origine de vibrations d'intensité faible inférieures à celles qui étaient attendues, l'axe Y et l'axe Z sont, pour cette activité, les axes dominants. Les chariots automoteurs à porte-à-faux à prise frontale sont à l'origine de vibrations d'intensité moyenne à forte légèrement inférieures à celles qui étaient attendues, l'axe X et l'axe Z sont, pour cette activité, les axes dominants.

## DISCUSSION

Nos études confirment la méconnaissance du risque vibratoire pourtant largement étudié [1 - 7]. Les locataires semblent mieux connaître le risque vibratoire que les propriétaires d'engins, ils sont informés à l'occasion des renouvellements de contrat. Les documents don-

nés par le constructeur n'arrivent pas directement à l'utilisateur concerné et l'information se dilue avec le temps et se perd.

Le professionnalisme des entreprises (plus de 9 engins) permet de mieux prendre en compte le risque vibratoire. Faute d'identification, les vibrations n'apparaissent pas dans le document unique d'évaluation des risques, ne font donc l'objet ni d'évaluation, ni de mesure de prévention.

Le faible nombre de plaintes et de déclarations de maladies professionnelles en lien avec cette exposition reflète la sous-estimation du risque. En effet, les conséquences de l'exposition au risque vibratoire se confondent avec celles liées à la manutention manuelle ou aux gestes répétitifs. Le risque principalement évoqué dans ces métiers est l'accident du travail. L'étude a mis en évidence un cas d'avortement survenu chez une femme conductrice d'engin. Se pose la question de la prévention de ce type d'événement grave, de sa prise en charge.

La diffusion de la connaissance du risque et de ses effets sur la santé, lors de la formation initiale et continue ou lors de la remise de l'autorisation de conduite permettrait d'agir préventivement.

Le réglage du siège apparaît être un élément essentiel de la prévention de la survenue de pathologies ostéo-articulaires. « Le siège idéal, confortable pour tous pendant 8 heures n'existe pas », les dispositifs de réglage devraient être intuitifs, facilement repérables, accessibles en position assise, d'utilisation commode, robustes, fiables et sans risque [7]. Il doit être entretenu et choisi en tenant compte du poste de conduite pour une installation confortable du conducteur. Les contraintes liées à l'organisation du travail, en particulier temporelles, accentuent les conséquences de ces nuisances.

Le mesurage pendant 8 heures d'une même tâche de l'activité de traitement de déchets n'est pas représentatif car il faut prendre en compte les rotations de tâches et un même opérateur peut aussi utiliser plusieurs engins différents dans la même journée.

Les valeurs d'accélération équivalente [aeq (m/s<sup>2</sup>)] sont globalement comparables, surtout lorsque l'on dispose d'un nombre important de mesures.

Nous avons enregistré des tâches réputées comme étant particulièrement à l'origine de vibrations ressenties par les conducteurs. Ce travail a permis de produire des valeurs d'exposition au risque vibratoire, tâche par tâche, pour les plus exposantes d'entre elles. L'objectif étant de ne pas sous-estimer ce risque insuffisamment pris en compte.

Des progrès techniques sont attendus dans la conception des sièges et des suspensions, lorsque l'axe Z est dominant. Quand il s'agit de l'axe Y (compacteurs), les progrès sont attendus dans la conception du poste de pilotage pivotant ou double poste (temps passé en marche arrière).

## CONCLUSIONS

Les résultats des études ergonomiques et épidémiologique concordent. Le risque « vibrations » est mal connu dans les entreprises concernées. Ils montrent, en particulier, qu'il est possible de réduire l'apparition de pathologies, en agissant sur la durée de conduite, le réglage du siège, le mode de travail ou l'état du sol. Les méthodes simplifiées d'évaluation en amont permettent d'initier un plan de prévention. La métrologie de terrain, par une prise en compte de la réalité des conditions de travail, apporte un supplément d'informations aux performances expérimentales et réglementaires annoncées par les constructeurs d'engins.



## BIBLIOGRAPHIE

[1] 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 (deuxième partie ; Décret en Conseil d'Etat) et son arrêté d'application du 6 juillet 2005 relatif aux grandeurs pour évaluer l'exposition.

[2] DONATI P. 3<sup>e</sup> Conférence Internationale sur les risques liés à l'exposition aux vibrations transmises à l'ensemble du corps humain, 7 - 9 juin 2005, Nancy, France. Hygiène et sécurité du travail, 2006, n° 202, pp. 99-102.

[3] DONATI P. Evaluation et prévention des vibrations mécaniques transmises à l'ensemble du corps ou aux membres supérieurs. Encyclopédie Médicale et Chirurgicale, Toxicologie - Pathologie Professionnelle, 1996, 16-518-A-10, 4 pages.

[4] Vibrations et mal de dos. Guide des bonnes pratiques en application du décret « vibrations ». INRS, 2008, ED 6018, 30 pages.

[5] BJÖR B., BURSTRÖM L., NILSSON T., REUTERWALL C. Vibration exposure and myocardial infarction incidence: the VHEEP case-control study. Occupational medicine, 2006, n° 5, pp. 338-344.

[6] BIÉRET C., MALGRAS I., GILBERT J.-P., COURTOIS M. Évaluation du risque vibratoire pour les conducteurs d'engins de terrassement. Archives des maladies professionnelles et de l'environnement, 2009, 70, pp. 644-645.

[7] DONATI P. Les sièges à suspension pour chariots élévateurs. Fiche pratique de sécurité, INRS, 2008, ED42, 4 pages.

1.9.

# DU TRAVAIL EN CENTRE D'APPEL : PLAINTES AUDITIVES ET EXPLORATIONS AUDIOMÉTRIQUES TONALES ET VOCALES

L'environnement des centres d'appels amène à s'interroger sur les conditions de travail et leurs répercussions sur la santé. Les contraintes sont multiples, avec des répercussions musculosquelettiques et neurosensorielles, notamment auditives et en termes de stress. Coupler l'analyse des plaintes auditives à un bilan audiométrique est primordial.

Les objectifs de cette étude sont :

- d'évaluer l'audition et son évolution au cours du travail : recherche de pertes auditives temporaires ou définitives ;
- de rechercher des troubles d'intelligibilité et d'intégration et leur aggravation possible par le travail ;
- de recueillir les plaintes somatiques concernant la sphère auditive ;
- d'évaluer l'environnement acoustique de travail ;
- de mettre en évidence une relation causale statistique entre ces différents items.

L'étude comporte deux visites avec des examens audiométriques classiques et spécifiques couplés à un questionnaire.

Vingt et un salariés d'un même centre d'appel ont été inclus. Aucune différence significative de l'audiométrie tonale liminaire entre les deux visites n'a été mise en évidence. Les indices de fragilité ou de susceptibilité au bruit sont normaux.

Le test de balayage n'objective pas de problème d'intégration, par contre le test de résistance au bruit varie au cours de la semaine et donc en fonction de la possible exposition sonore.

Les centres de relations clients sont en pleine expansion en France : 0,8 % de la population active en 2008 [1]. Les contraintes organisationnelles sont importantes, source de stress et de répercussions musculosquelettiques, neurosensorielles et, en particulier, auditives [2, 3]. Les contraintes psychosociales, les conditions et l'organisation du travail majeure les conséquences de l'exposition sonore de ces

salariés : bruit ambiant, rapport signal bruit de leur casque, choc acoustique...

Dans le cadre de notre consultation d'ORL professionnelle, nous sommes amenés à voir de nombreux salariés consultant pour des plaintes : gêne auditive, acouphènes, surdité, voire douleur.

L'objectif de cette étude est :

■ d'évaluer l'audition dans ce milieu professionnel et son évolution au cours

- ▶ Amélie MASSARDIER-PILONCHERY, Emmanuel FORT, Unité Mixte de Recherche Épidémiologique et de Surveillance Transport Travail Environnement (UMRESTTE),
- ▶ Marc BIGIONI, Jean-Claude NORMAND, Jean-Claude DUCLOS, Service de pathologies professionnelles, Centre hospitalier Lyon Sud, Hospices civils de Lyon

d'une semaine de travail : recherche de possibles pertes auditives, de troubles d'intelligibilité et d'intégration, temporaires ou définitives ;

■ de recueillir les plaintes auditives de ces salariés par un questionnaire.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

La population étudiée, employée sur une plate-forme téléphonique, est de 21 salariés. Chaque salarié est son propre témoin. L'étude comporte deux visites espacées au cours de la même semaine de travail.

Chaque visite comporte des examens audiométriques : audiométrie tonale liminaire standard, et deux tests vocaux : le test phonétique de balayage de J.C. Lafon et le test d'intelligibilité dans le bruit. L'utilisation de tests vocaux dans le bruit se justifie par le besoin d'être au plus près des conditions de travail, et reflète la gêne sociale. De multiples tests d'intelligibilité sont décrits. Les tests choisis doivent permettre de répondre aux questions posées et d'être proches de la réalité de la tâche. Ces tests doivent être simples, rapides (temps d'examen limité) et fiables.

Un questionnaire semi-dirigé est rempli lors de la première visite, il a été élaboré à partir de questions utilisées dans d'autres études [2, 4].

L'analyse statistique porte sur une description des données recueillies d'une part dans le questionnaire et d'autre part à travers les tests audiométriques. Les résultats sont comparés selon les deux groupes. Du fait des mesures répétées sur les sujets, les analyses statistiques effectuées tiennent compte de cet appariement.

Les résultats des tests audiométriques réalisés sont corrélés avec les réponses au questionnaire mais aussi à des mesures du bruit ambiant.

FIGURE 1

### Audiométrie vocale moyenne selon la visite

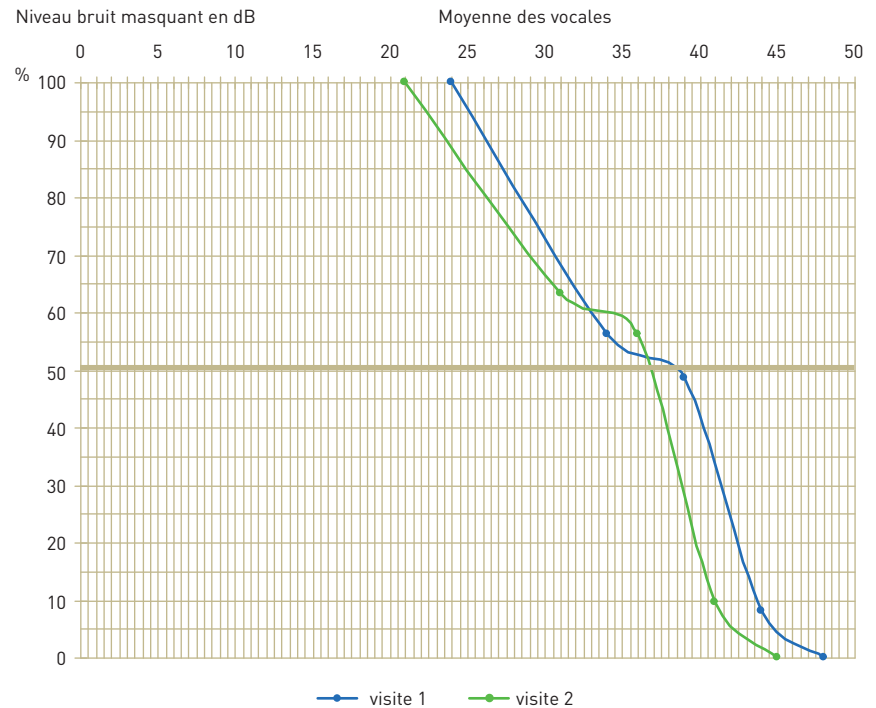
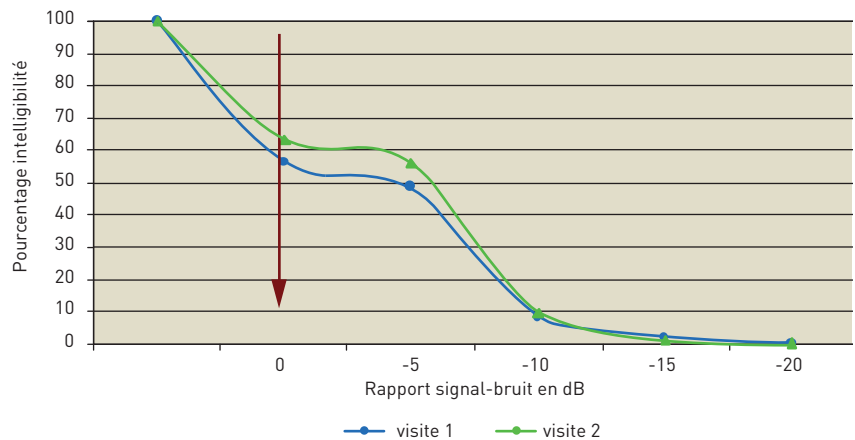


FIGURE 2

### Association intelligibilité et rapport signal - bruit



## RÉSULTATS

### DESCRIPTION

Vingt et un salariés de la même plate-forme téléphonique ont été inclus, dont une majorité de femmes, de droitiers avec un emploi en durée indéterminée et en horaire fixe pendant la semaine. L'âge moyen est de 32,8 ans avec 52,4 % de moins de 30 ans. L'ancienneté dans ce poste est inférieure à 2 ans.

Le niveau sonore ambiant mesuré dans cette plate-forme ouverte est en dessous de 80 dB (A).

Un casque binaural sans fil est le plus souvent utilisé.

L'audiométrie tonale liminaire est dans les limites de la normale. Les indices de fragilité ou de susceptibilité au bruit telle la perte auditive moyenne (pam) et l'indice précoce d'alerte sont normaux.

La pam est plus importante à gauche en deuxième visite et à droite en première visite, la différence entre les 2 visites n'est pas significative quel que soit le côté.

## AUDIOMÉTRIE VOCALE

Dans le test de balayage de J.C. Lafon, le nombre de phonèmes erronés dans les listes A et B couplé à la différence en nombre absolu de phonèmes erronés entre les listes A et B ( $|A-B|$ ) sont calculés.

Dans le test d'intelligibilité dans le bruit, les listes de mots dissyllabiques de Fournier sont utilisés, le seuil maximal d'intelligibilité est en moyenne supérieur en première visite.

Une courbe de P. Elbaz mettant en relation l'intelligibilité moyenne et le niveau de bruit masquant croissant est tracée pour chacune des visites (*Voir Figure 1*).

Pour une analyse plus fine, plusieurs autres courbes peuvent être tracées, la variation de l'intelligibilité en fonction du bruit masquant ou du rapport signal bruit (*Voir Figure 2*).

## QUESTIONNAIRE

Les résultats de notre questionnaire peuvent être divisés en plusieurs items : en termes de plaintes auditives générales puis dans le cadre du travail, en termes de perception du risque auditif professionnel. Pour 85,7 % des salariés, leur activité professionnelle peut constituer un danger pour l'audition à long terme. Pour 52,4 %, le lieu de travail est considéré comme bruyant et pour 38,1 % comme très bruyant. Bien que les bilans audiométriques standards soient normaux, la majorité se plaint de problème de compréhension dans le bruit, 33 % se plaignent d'acouphènes dont la moitié rythmés par le travail.

## ANALYSE CROISÉE

Des analyses croisées sont réalisées entre le questionnaire et les mesures audiométriques. Seules les analyses statistiquement significatives sont reportées. A la question « Êtes-vous gêné par votre audition dans le cadre de votre travail ? », une relation est significative avec le niveau minimum d'intelligibilité dans le bruit.

## DISCUSSION

Vingt et un télé-conseillers ont participé à l'étude complète et tous ont répondu au questionnaire et réalisé les différents tests audiométriques.

Les caractéristiques générales sont comparables aux données de la littérature sur cette population professionnelles [2, 4 - 7].

L'ancienneté est cependant moindre, mais peut être expliquée par la création récente de cette plate-forme. L'effectif plus faible par rapport à l'effectif moyen des plate-formes téléphoniques, a un impact possible sur les possibilités de progression, les conditions de travail et notamment le bruit ambiant [8].

Dans la littérature, les plaintes les plus souvent relevées portent sur la charge de travail excessive, le manque d'autonomie et l'environnement bruyant [3]. Les plaintes auditives sont fréquentes dans cet environnement professionnel avec des symptômes divers : fatigue auditive, acouphènes, chocs acoustiques voir atteinte cutanée du conduit auditif due au casque [5, 6, 9]. Les plaintes sont plus importantes dans notre étude, avec des craintes vis-à-vis de la nocivité auditive de leur travail.

Le personnel affecté à la plate-forme téléphonique est exposé de façon continue à différentes sources.

A ce jour, aucune étude clinique corrélant les plaintes des télé-opérateurs et des tests audiométriques spéciaux n'a été faite. Les variations de la perte auditive moyenne (pam) ne sont pas significatives. L'indice précoce d'alerte est également normal quel que soit la visite et sa variation statistiquement non significative.

L'audiométrie tonale ne retrouve donc pas de perte auditive quelque soit la visite, quel que soit le coté. Cette population est normo-entendante. Dans ce type de population, la mise en évidence de la fatigue est facilitée, ceci confirme donc l'absence de bruit lésionnel. Ces résultats sont superposables avec les données de l'INRS [10].

Les plaintes sont contradictoires avec les examens audiométriques standard réalisés, ceux-ci sont strictement normaux et ne mettent pas en évidence de fatigue ni de perte auditive.

Les tests peuvent être normaux et ne pas rendre compte de la gêne du patient, notamment en milieu bruyant ou avec un bruit de fond. Nous sommes souvent confrontés à des salariés ne se plaignant pas de « ne pas entendre » mais de « ne pas comprendre ». L'utilisation des mêmes tests dans le bruit permet d'être au plus proche du quotidien, et de dépister précocement une baisse des performances auditives et de l'intelligibilité.

Le test de balayage de J.C. Lafon ne retrouve pas de troubles d'intégration. Le test d'Elbaz semble montrer une moins bonne résistance au bruit par rapport à la population normo-entendante et elle semble se dégrader lors de la visite en fin semaine.

Un bilan audiométrique en visite d'embauche pour un travail en centre d'appel paraît nécessaire, en pratique celui-ci n'est pas toujours réalisé [9]. Cet examen permet de vérifier la fonction auditive, en général par une audiométrie tonale liminaire et une audiométrie vocale.

## CONCLUSION

L'objectif de cette étude est de vérifier s'il existe une relation entre les plaintes exposées par les télé-conseillers et des tests audiométriques spécifiques. Le questionnaire confirme la crainte liée à l'exposition au bruit ; les plaintes auditives sont nombreuses. Malgré cela, et comme déjà démontré par d'autres études, il n'y a pas de modifications des audiométries tonales, il n'y a pas de fatigue auditive. Les résultats obtenus restent cohérents par rapport au seuil de bruit ambiant mesuré qui est faible. Cependant, l'effectif inclus dans notre étude est insuffisant et la puissance des tests utilisés est faible. Il serait donc souhaitable de réaliser une étude incluant un plus ample effectif travaillant dans différentes plate-formes téléphoniques.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Association française des centres de relation clientèle (AFCR). Mise à jour : [cited; Available from: <http://www.afrc.org/pageLibre00010662.asp>.
- [2] CROIDIEU S., CHARBOTEL B., VOHITO M., RENAUD L., JAUSSAUD J., BOURBOUL C., et al., Call-handlers' working conditions and their subjective experience of work: a transversal study. *International archives of occupational and environmental health*. 2008. 82 (1): 67-77.
- [3] VAN DER WEERDT C., Les contraintes et les risques spécifiques aux centres d'appels téléphoniques. *Echo Bruit*. 2009. 126: 18-20.
- [4] PLANEAU V., ROBINET D., Evaluation de l'exposition sonore quotidienne des opérateurs de centres d'appels téléphoniques. Note scientifique et technique. INRS. 2003. NST 231: 23.
- [5] CHARBOTEL B., CROIDIEU S., VOHITO M., GUERIN A. C., RENAUD L., JAUSSAUD J., et al., Working conditions in call-centers, the impact on employee health: a transversal study. Part II. *International archives of occupational and environmental health*. 2009. 82 (6): 747-56.
- [6] INRS. Travail en centres d'appels téléphoniques. 2007. Dernière mise à jour : Mise à jour : 16/04/2007 [cited 29.04.09]; Available from: [http://www.inrs.fr/INRS-PUB/inrs01.nsf/inrs01\\_catalog\\_view\\_view/20D9E3417B5A47C3C125709E0052C53B/\\$FILE/visu.html?OpenElement](http://www.inrs.fr/INRS-PUB/inrs01.nsf/inrs01_catalog_view_view/20D9E3417B5A47C3C125709E0052C53B/$FILE/visu.html?OpenElement).
- [7] LIN Y.-H., CHEN C.-Y., LU S.-Y., Physical discomfort and psychosocial job stress among male and female operators at telecommunication call centers in Taiwan. *Applied Ergonomics*. 2009. 40 (4): 561-568.
- [8] SCHEER J., DAVID R., Étude sur les conditions de travail et la santé au travail dans les Centres d'Appels Téléphoniques Lorrains, DRTEFP DE LORRAINE. 2003: ARACT LORRAINE. 83.
- [9] PITTACO M., Acoustique des centres d'appels et santé au travail : risques et pathologies. *Centres d'appels téléphoniques. Echo Bruit*. 2009. 126: 21-24.
- [10] TROMPETTE N., Evaluation de l'exposition sonore des opérateurs de centres d'appels téléphoniques. *Echo Bruit*. 2009. 126: 25-30.
- [11] LEGENT F., BORDURE P., CALAIS C., MALARD O., *Audiologie pratique : manuel pratique des tests de l'audition*. 2ème édition ed. 2002.
- [12] PORTMANN M., PORTMANN C., *Précis d'audiométrie clinique*. 6ème édition ed. 1988: Masson. 336 p.
- [13] ELBAZ P., LECA F., ELBAZ E. F., MILLER P., [Vocals in silence and noise. A simple test of resistance of intelligibility in noisy environment]. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac*. 1992. 109 (7): 373-85.
- [14] Collège National d'Audioprothèse, Test d'intelligibilité dans le bruit de P. ELBAZ, F. LECA, P. MILLER, J.M. FIAUX. *Précis d'audioprothèse - Le bilan d'orientation prothétique*, 1997. tome I.
- [15] BABIN E., BEQUIGNON A., GOULLET DE RUGY M., EDY E., MOREAU S., IZARD J. P., et al., Intérêt et limites des indices audiométriques vocaux dans le dépistage des traumatismes sonores professionnels : à propos d'une étude sur deux groupes en milieu hospitalier. *Rev Laryngol Otol Rhinol* 2002. 123 (4): 213-217.



1.10.

# ECHOSCAN : DISPOSITIF D'ÉVALUATION OBJECTIVE DES PERFORMANCES DES OREILLES INTERNE ET MOYENNE

► Thomas VENET, Pierre CAMPO,  
INRS, département Polluants et santé

---

L'audiométrie tonale est l'outil de référence du médecin du travail pour le dépistage de la surdité professionnelle. Le médecin peut ainsi réaliser une audiométrie liminaire subjective qui reflète le fonctionnement du récepteur auditif mais également le pouvoir de concentration et la bonne volonté du salarié examiné. Outre le fait que l'audiométrie tonale requiert d'être effectuée dans de parfaites conditions d'isolement acoustique, elle souffre de deux inconvénients majeurs :

- elle requiert la participation du salarié, parce que subjective,
- elle ne permet pas de tester le réflexe de protection de l'oreille moyenne (ROM).

Or, des études récentes ont montré que certains solvants aromatiques sont capables d'altérer l'efficacité du ROM ce qui pourrait expliquer la synergie des nuisances lors d'une coexposition au bruit. Dans le cadre d'une meilleure prévention de la surdité professionnelle, il faudrait pouvoir éprouver en toute objectivité le fonctionnement de l'oreille interne, comme celui de l'oreille moyenne.

Un nouvel appareil, l'EchoScan, répondant à ces problématiques, a été conçu à l'INRS.

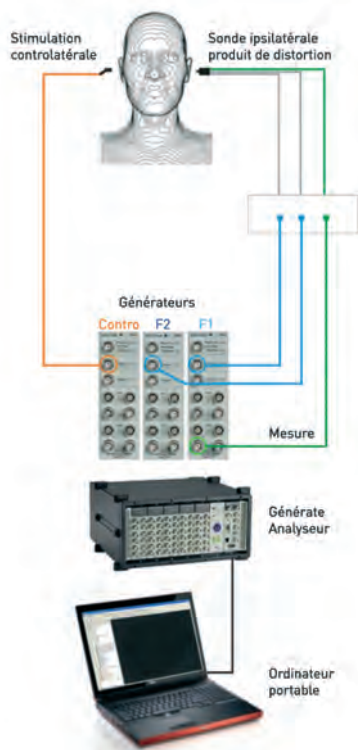
L'EchoScan repose sur la mesure des produits de distorsion acoustique (PDA) couplés ou non à des stimulations sonores provoquant le déclenchement du ROM. L'analyse des PDA seuls permet d'examiner l'état de l'oreille interne (récepteur auditif) alors que les stimulations sonores permettent d'évaluer les fonctions de l'oreille moyenne (transducteur auditif).

Aujourd'hui, l'EchoScan n'est plus seulement un dispositif audiométrique de laboratoire. Un protocole d'essai clinique effectué au CHU de Nancy a permis d'en apprécier les performances pour l'exploration de l'appareil auditif périphérique.

---

FIGURE 1

Description du dispositif EchoScan

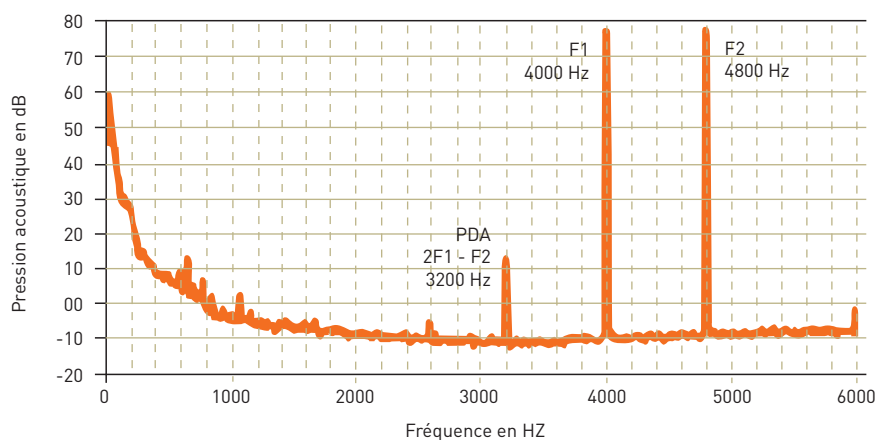


Un nouveau dispositif de mesures objectives des oreilles interne et moyenne (EchoScan) a été mis au point à l'INRS. Ce dispositif permet d'évaluer à la fois le fonctionnement de la cochlée (oreille interne) et le réflexe de l'oreille moyenne (ROM), appelé également réflexe stapédien. Cet outil s'adresse particulièrement aux médecins du travail qui ne disposent, aujourd'hui, que de l'audiométrie tonale liminaire pour réaliser un diagnostic de la fonction auditive. Si cet examen est bien adapté pour constater *a posteriori* une surdité, il présente plusieurs inconvénients dans le cadre de la prévention du risque de la surdité professionnelle. Il nécessite un environnement totalement silencieux puisqu'il s'attache à déceler le seuil de perception auditive, et il est subjectif car il requiert la concentration et la bonne volonté du salarié examiné. L'EchoScan s'affranchit de ces inconvénients.

Par ailleurs, l'audiométrie tonale ne permet pas de tester le ROM alors que des études récentes ont montré que certains solvants aromatiques sont capables d'en altérer l'efficacité, ce qui pourrait expliquer la synergie des nuisances lors d'une coexposition au bruit et à un agent ototoxique (Venet *et al*, 2010).

FIGURE 2

Analyse spectrale FFT (df = 8 Hz) du signal mesuré dans le canal auditif. F1 et F2, primaires émises par la sonde. PDA 2F1-F2, produit de distorsion généré dans la cochlée et émis par le tympan.



L'EchoScan a été conçu pour aider le médecin dans sa mission de prévention du risque de la surdité professionnelle. Cet équipement a récemment été éprouvé sur 50 sujets au CHU de Nancy.

L'EchoScan repose sur la mesure des produits de distorsion acoustique (PDA) couplées ou non à des stimulations sonores provoquant le déclenchement du ROM (cf. Figure 1). Si l'analyse des PDA permet d'examiner l'état de la cochlée (récepteur auditif), les stimulations sonores controlatérales permettent d'évaluer le fonctionnement du ROM.

La sonde de mesure des produits de distorsion, ainsi que l'émetteur controlatéral, doivent être calibrés selon les normes ISO 389-2 et CEI 60318-4.

Le traitement du signal est réalisé par FFT. L'EchoScan nécessite une seule voie de mesure et trois générateurs de signaux.

Le prototype EchoScan utilisé lors du protocole de recherche clinique, qui a permis de vérifier l'innocuité du dispositif et du procédé, était constitué des éléments suivant :

- une sonde de produit de distorsion Etymotic Research type ER10C ;
- un écouteur controlatéral Etymotic Research type ER4 ;
- un analyseur FFT et des générateurs de signaux Bruel & Kjaer type Pulse 3160-A-22 ;
- un micro ordinateur équipé des logiciels Bruel & Kjaer Pulse v14.1 ; INRS EchoScan-PDA v1.0 ; INRS EchoScan-ROM 1.1.

## CAPACITÉS DE MESURES DE L'ECHOSCAN

### PRODUITS DE DISTORSION ACOUSTIQUE (PDA)

Les PDA sont des sons générés par la cochlée via la chaîne tympano-ossiculaire. Ils apparaissent en réponse à deux sons purs de fréquence F1 et F2, appelés « primaires », ayant un rapport de fréquences défini par le ratio  $F2/F1=1,2$ . Ils reflètent essentiellement le fonctionnement des cellules ciliées externes de la cochlée (Lim, 1986).

Ces cellules ciliées externes sont sensibles à la fois aux bruits et aux solvants aromatiques qui sont les deux principales nuisances du système auditif en milieu professionnel (Lataye, 2000). Les PDA pourraient donc être un bon indicateur de l'exposition du système auditif au poste de travail.

### MESURES DES PDA EN MODE « ENTRÉE – SORTIE »

Ce mode de mesure permet d'étudier la manière dont l'amplitude des PDA évolue en fonction du niveau des primaires. Le rapport de fréquences et l'écart de niveaux entre les primaires sont modifiables. L'intensité maximale des primaires est fonction du matériel utilisé et demeure limitée dans tous les cas à 80 dB HL.

Les mesures peuvent être réalisées, soit individuellement, soit par un processus automatisé qui permet d'effectuer rapidement un grand nombre de mesures.

L'opérateur définit le processus automatisé selon les paramètres suivant :

- intensité minimale et maximale des primaires en dB HL ;
- pas de variation de l'intensité des primaires en dB ;
- fréquences des couples primaires à explorer.

Le processus automatisé commence par le niveau le plus faible du premier couple de fréquences, puis augmente jusqu'au niveau le plus fort. Le processus recommence alors le balayage, de l'intensité la plus faible à la plus forte, pour chaque couple de primaires prédéfini par l'opérateur.

La *Figure 3* illustre le type de résultats obtenus par ce processus automatisé. Les mesures en mode « entrée - sortie » mettent en évidence une non linéarité de l'augmentation du niveau de PDA en fonction du niveau des primaires. Selon les fréquences des primaires, le point d'inflexion de la courbe est différent. Le niveau de PDA maximal n'est donc pas atteint systématiquement au niveau maximal d'émission des primaires et dépend de la fréquence.

## MESURE DES PDA EN MODE DPGRAMME

Ce mode de mesure permet d'étudier la manière dont le PDA évolue en fonction des fréquences des primaires. Comme pour le mode « entrée - sortie », le rapport de fréquences et l'écart de niveaux entre les primaires sont modifiables. L'intensité maximale des primaires est fonction du matériel utilisé, mais demeure limitée dans tous les cas à 80 dB HL.

Les mesures peuvent être réalisées, soit individuellement, soit par un processus automatisé qui permet d'effectuer rapidement le balayage en fréquence de la plus basse vers la plus haute fréquence demandée par l'opérateur, tout en maintenant la même intensité de stimulation, prédéfinie également par l'opérateur.

Le mode DPgramme permet d'explorer rapidement une large gamme de fréquences afin de mettre en évidence les zones de la cochlée endommagées ou fragilisées, même si celles-ci ne concernent qu'une bande de fréquences étroite.

FIGURE 3

Niveaux du PDA relevés aux fréquences  $F_2$  de 1 200 Hz, 2 400 Hz, 3 600 Hz et 4 800 Hz en fonction de l'intensité des primaires. Paramètres du PDA : rapport de fréquences  $F_2/F_1 = 1,2$  ; écart d'intensité  $F_1 - F_2 = 6$  dB

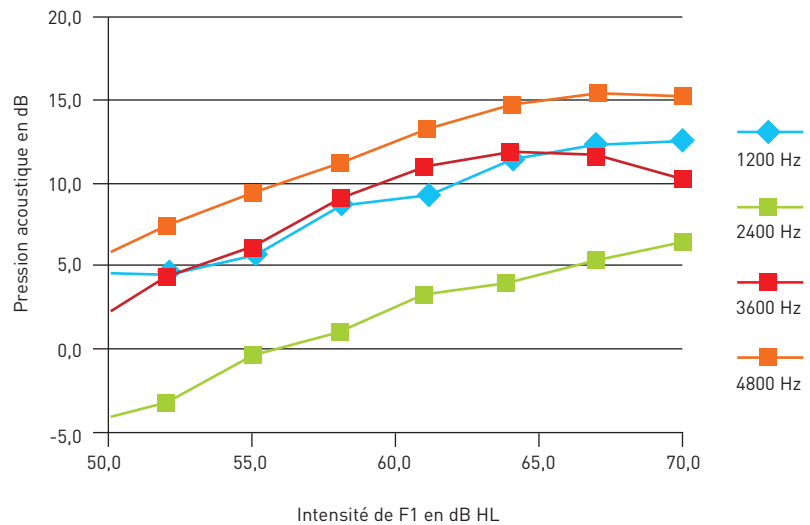
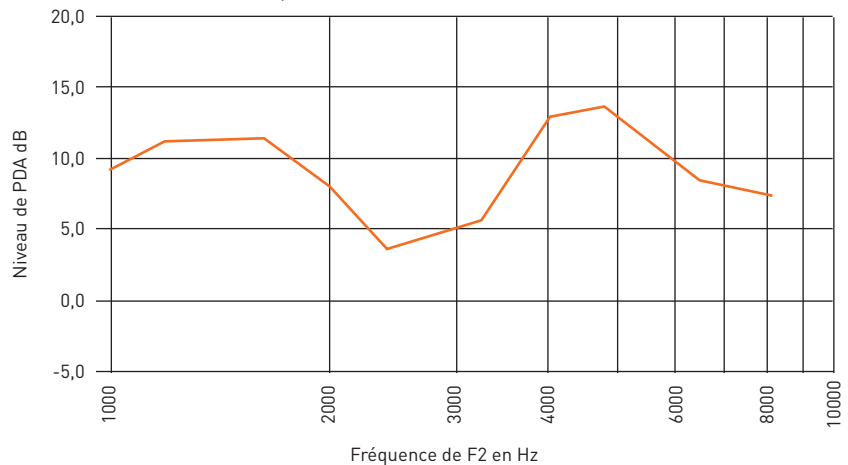


FIGURE 4

DPgramme ; niveau de produit de distorsion en dB en fonction de la fréquence de la primaire  $F_2$  en Hz. Paramètres du PDA : rapport des fréquences  $F_1/F_2 = 1,2$  ; écart des intensités  $F_1 - F_2 = 6$  dB ; niveau d'émission de  $F_1 = 62$  dB HL.



## RÉFLEXE DE L'OREILLE MOYENNE (ROM)

Le déclenchement du ROM modifie l'impédance de l'oreille moyenne en augmentant la raideur de la chaîne tympano-ossiculaire. Cette modification provoque une diminution de l'intensité des primaires ( $F_1$  et  $F_2$ ) entrant dans la cochlée. Puisque l'amplitude des PDA varie en fonction de l'intensité des primaires, le déclenchement du ROM produit donc une réduction de l'amplitude des PDA. La valeur de cette réduction est également fonction de l'intensité du bruit déclenchant le ROM.

Le ROM étant bilatérale, une stimulation sonore controlatérale provoque des variations de l'amplitude des PDA mesurée dans l'oreille ipsilatérale, comme illustré dans la *Figure 3*. Ce procédé de mesure a fait l'objet d'une demande de brevet en février 2011 (n°1151529).

L'interface de l'EchoScan permet à l'opérateur de définir l'intensité et la fréquence des stimulations controlatérales ainsi que les paramètres d'émission des primaires de la sonde ipsilatérale mesurant le PDA. La stimulation controlatérale peut être un bruit sinusoïdal ou un bruit de bande.

## MESURES DU SEUIL ET DE L'AMPLITUDE DU ROM

Ce mode de mesure produit des stimulations controlatérales courtes (2 s) qui déclenchent le ROM. Les mesures du ROM peuvent être réalisées manuellement ou être gérées par un processus automatique qui permet d'observer le déclenchement du ROM sur les plages d'intensités et de fréquences définies par l'opérateur. L'intensité peut être balayée de manière croissante ou décroissante. Pour chaque point de mesure, correspondant à un niveau et une fréquence de stimulation, l'EchoScan peut produire 1 à 3 stimulations successives, comme illustré en *Figure 5*.

L'amplitude du réflexe est calculée sur la variation des valeurs de PDA mesurées avant et pendant les stimulations sonores controlatérales. Un test t de Student est appliqué pour déterminer la significativité de la variation d'amplitude. Pour une fréquence donnée, le seuil de déclenchement est défini par la stimulation sonore la plus faible provoquant une variation significative des PDA.

La *Figure 6* donne les valeurs d'amplitude du ROM recueillies par une séquence de mesures automatiques explorant le déclenchement du réflexe entre 70 dB HL et 95 dB HL, pour 4 fréquences différentes. Cette analyse met en évidence l'augmentation progressive de l'amplitude du réflexe en fonction de l'intensité de la stimulation. On constate également que le seuil de déclenchement et l'amplitude du réflexe varient en fonction de la fréquence de stimulation, le seuil de déclenchement étant notamment plus élevé aux plus hautes fréquences. Pour l'exemple illustré par la *Figure 6*, les seuils de déclenchement sont de 80 dB HL à 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz et 85 dB HL à 4 000 Hz.

## MESURE DE « FATIGABILITÉ » DU ROM

Pour mesurer la « fatigabilité » du ROM, des stimulations controlatérales longues (10 s) sont émises. Le niveau de stimulation est généralement choisi 10 dB au-dessus du seuil de déclenchement du ROM. Ce type de mesure s'apparente au Decay test qui est réalisé par impédancemétrie. Le but est d'évaluer la manière dont le ROM parvient ou non à se maintenir au cours du temps, mettant ainsi en évidence le phénomène de « fatigabilité » ou « d'adaptation » de ce réflexe.

FIGURE 5

Variation de l'amplitude du PDA provoquée par 3 stimulations sonores controlatérales déclenchant le ROM. Paramètres de stimulation sonore controlatérale : bruit de bande centrée sur 1 000 Hz d'une largeur de 800 Hz ; intensité 85 dB HL. Paramètres du PDA : F<sub>2</sub> = 4800 Hz ; rapport F<sub>1</sub>/F<sub>2</sub> = 1,2 ; intensité F<sub>1</sub> = 60 dB HL ; écart F<sub>1</sub> - F<sub>2</sub> = 6 dB

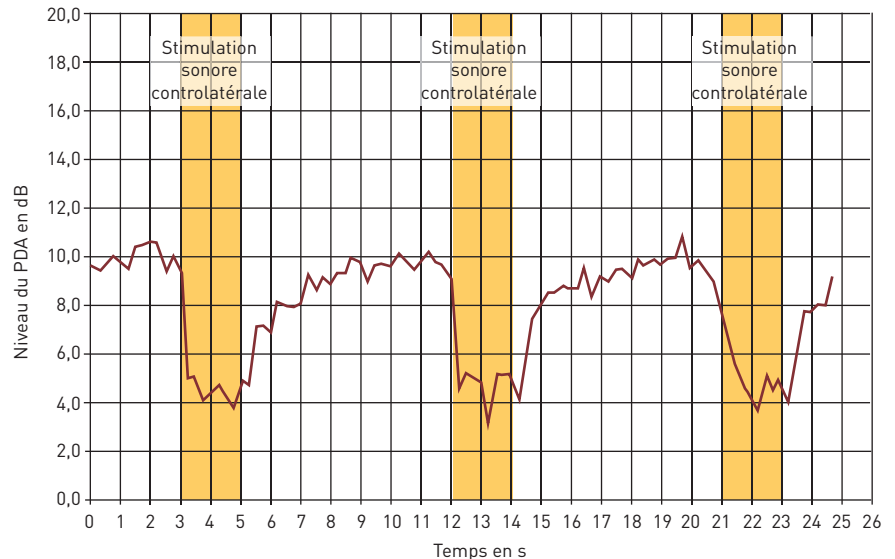
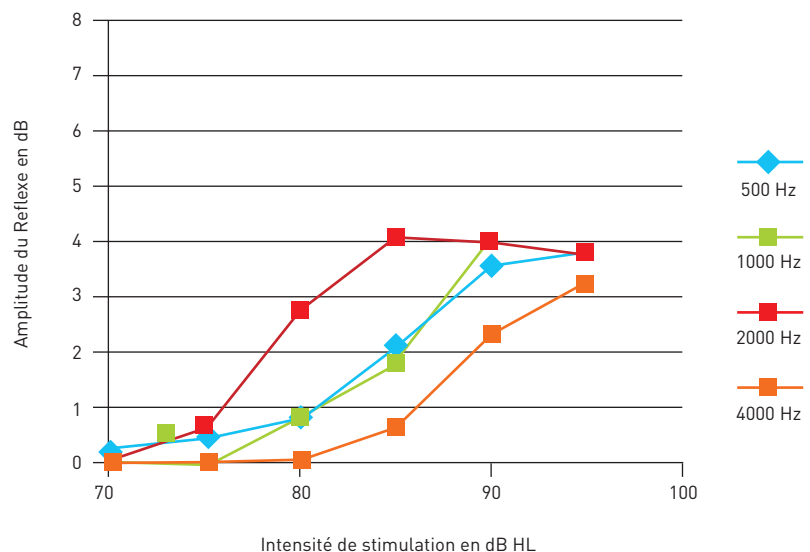


FIGURE 6

Amplitude du réflexe de l'oreille moyenne en fonction de l'intensité de stimulation controlatérale pour différentes fréquences. Paramètres de stimulation sonore controlatérale : bruit de bande de largeur 800 Hz, centrée sur 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz ; intensité de 70 à 95 dB HL variant par pas de 5 dB. Paramètres du PDA : F<sub>2</sub> = 4 800 Hz ; rapport F<sub>1</sub>/F<sub>2</sub> = 1,2 ; intensité F<sub>1</sub> = 60 dB HL ; écart F<sub>1</sub> - F<sub>2</sub> = 6 dB



lité » ou « d'adaptation » de ce réflexe.

Les mesures du ROM peuvent être réalisées manuellement ou être gérées par un processus automatique qui permet d'enchaîner des mesures de « fatigabilité » à différentes fréquences de stimulation. La durée de stimulation est variable, elle est fixée à 10 secondes par défaut. L'intensité de stimulation maximale est bridée à 105 dB HL.

Les paramètres analysés lors de cette mesure sont :

- la durée d'obtention de l'amplitude maximale du réflexe ;
- la durée nécessaire pour que l'amplitude du ROM soit réduite de 50 % par rapport à l'amplitude maximale ;
- la pente en dB/s caractérisant l'évolution de l'amplitude du ROM.

Des relevés types de « fatigabilité » sont illustrés en *Figure 7*.

## CONCLUSIONS

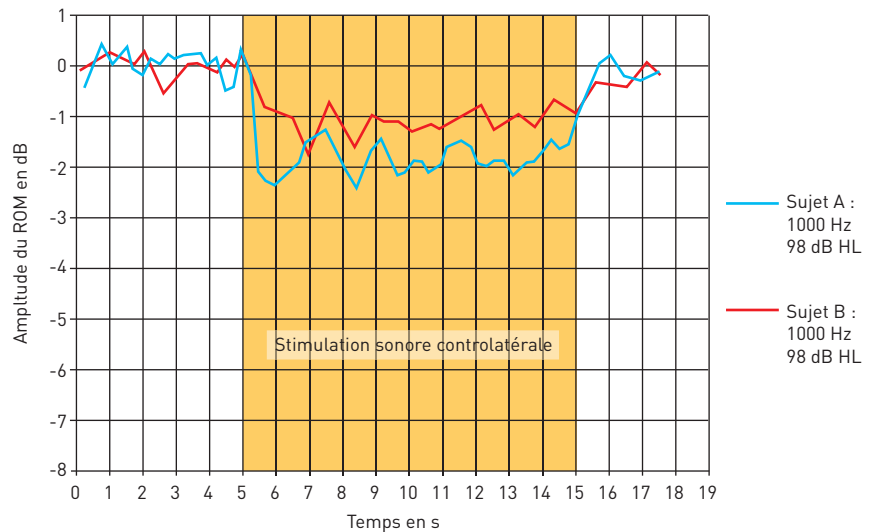
L'EchoScan permet d'étudier simultanément l'oreille interne, par l'analyse des produits de distorsion acoustique (PDA), et le réflexe de l'oreille moyenne (ROM), en mesurant les variations des PDA lors de stimulations sonores contrôlatérales.

Le test clinique réalisé au CHU de Nancy a permis de vérifier l'innocuité de l'EchoScan et d'évaluer ses performances sur une population de sujets normo-entendants, compte tenu de leur âge.

La capacité offerte par l'EchoScan de tester à la fois l'oreille interne et le fonctionnement de l'oreille moyenne, la bonne reproductibilité des mesures et sa sensibilité à la détection du ROM, en font un outil précieux pour les ORL. Il pourrait également apporter une aide majeure pour le médecin du travail afin de dépister précocement les personnes dont le récepteur auditif périphérique souffre en raison d'une exposition au bruit et/ou à des solvants aromatiques, tels que le toluène ou le styrène et, cela, avant le diagnostic de pertes auditives irréversibles.

**FIGURE 7**

Mesure de « fatigabilité » du ROM pour deux sujets différents. Le niveau de PDA est normalisé par rapport à la moyenne des valeurs avant stimulation contrôlatérale. Ce niveau normalisé à 0 dB permet de tracer l'amplitude du ROM. Paramètres de stimulation contrôlatérale : bruit de bande centrée sur 1 000 Hz d'une largeur de 800 Hz ; intensité de 98 dB HL ; émission durant 10 s de  $t = 5$  s à  $t = 15$  s. Paramètres du PDA :  $F_2 = 4800$  Hz ; rapport  $F_1/F_2 = 1,2$  ; intensité  $F_1 = 60$  dB HL ; écart  $F_1 - F_2 = 6$  dB.



## PERSPECTIVE

L'INRS s'est engagé à mener une étude en entreprises, sur des salariés exposés dans le cadre de leur activité professionnelle, afin de déterminer si l'EchoScan peut se révéler un bon outil de prévention du risque de surdité et d'adapter au mieux cet outil aux contraintes de la médecine du travail.

## BIBLIOGRAPHIE

Norme ISO 389-2 (1994) : Zéro de référence pour l'étalonnage d'équipements audiométriques - Partie 2 : Niveaux de référence équivalents de pression acoustique liminaire pour les écouteurs à sons purs et à insertion.

Norme CEI 60318-4 (2010) : Electroacoustique - Simulateurs de tête et d'oreille humaines - Partie 4 : Simulateur d'oreille occluse pour la mesure des écouteurs couplés à l'oreille par des embouts.

LATAYE R., CAMPO P., LOQUETG. (2000). Combined effects of noise and styrene exposure on hearing function. *Hear. Res.* 139, 86-96.

LIM D. (1986). Cochlear micromechanics in understanding otoacoustic emission. *Scand. Audiol.* 25, 17-25.

VENET Th., RUMEAU C., CAMPO P., RIEGER B., THOMAS A., COUR C. Neuronal circuits involved in the middle-ear acoustic reflex. *Toxicol. Sci.* (2011) 119(1), 146-155.