

## CHAPITRE 2 LA RÉGLEMENTATION ET LES STRATÉGIES D'APPLICATION ET D'ÉVALUATION DES RISQUES



2.1  
RÉGLEMENTATION APPLICABLE EN MATIÈRE DE PRÉVENTION DES RISQUES  
D'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS AU BRUIT ET AUX VIBRATIONS  
MÉCANIQUES

2.2  
STRATÉGIE PARTICIPATIVE DE GESTION DES RISQUES APPLIQUÉE AUX  
PROBLÈMES DE BRUIT EN MILIEU DU TRAVAIL

2.3  
L'ÉVALUATION DU RISQUE D'EXPOSITION AU BRUIT

2.4  
ÉVALUATION SIMPLE DE L'EXPOSITION AUX VIBRATIONS

2.5  
VERS UNE CALCULETTE INTERACTIVE VIBRATIONS MAIN-BRAS

- Évaluation des risques
- Réglementation
- Normalisation
- Directive bruit
- Directive vibrations

## 2.1.

# RÉGLEMENTATION APPLICABLE EN MATIÈRE DE PRÉVENTION DES RISQUES D'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS AU BRUIT ET AUX VIBRATIONS MÉCANIQUES

► Rémi BARBE, Direction générale du travail, Bureau de la protection de la santé en milieu de travail (CT2)

Certaines situations d'exposition au bruit et aux vibrations mécaniques sont susceptibles d'affecter la santé des travailleurs.

La perte auditive (surdité) est l'effet le plus connu du bruit, mais le risque accru d'accidents et l'exacerbation du stress comptent aussi parmi les conséquences possibles du bruit au travail. Les vibrations transmises à l'ensemble du corps, notamment par la conduite de véhicules et d'engins, occasionnent ou aggravent des maux de dos alors que les vibrations transmises aux membres supérieurs par certaines machines outils sont génératrices de troubles musculo-squelettiques, neurologiques et vasculaires.

Aujourd'hui, en France, 7 % de travailleurs sont exposés à des bruits nocifs (niveau d'exposition quotidienne supérieur à 85 dB(A) ou bruits impulsionnels), soit plus d'un million (métallurgie, bâtiment...). Plus de 10 % des travailleurs (près de 2 millions) sont exposés aux vibrations corps entier (conduite de véhicules, engins de chantier...) et 11 % (environ 2 millions) utilisent des outils transmettant des vibrations aux membres supérieurs (bâtiment, réparation auto...).

Les décrets n° 2005-746 du 4 juillet 2005 (vibrations) et n° 2006-892 du 19 juillet 2006 (bruit) ont marqué un tournant. Ils ont conduit à un renforcement de la prévention de l'exposition à ces nuisances.

## CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

### DISPOSITIF COMMUNAUTAIRE

L'Union européenne a introduit, au travers des directives 2002/44/CE du 25 juin 2002<sup>1</sup> et 2003/10/CE du 6 février 2003<sup>2</sup>, des mesures visant à protéger les travailleurs contre les risques sur la santé et la sécurité liés aux vibrations et au bruit, créant pour l'ensemble des tra-

vailleurs de la Communauté un socle minimal de protection.

Selon les principes définis par la directive « cadre » 89/391/CEE du Conseil du 12 juin 1989 concernant la prévention des risques professionnels et la protection de la sécurité et de la santé, ces directives définissent des valeurs limites d'exposition, des obligations en direction des employeurs et des exigences en matière de surveillance de la santé des travailleurs.

## DISPOSITIF FRANÇAIS

### Vibrations

La directive « vibrations » a été transposée en droit français par le 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 un arrêté du 6 juillet 2005<sup>3</sup> relatif aux conditions de mesurage des vibrations.

Conformément au décret n° 2009-781 du 23 juin 2009, venu compléter le règlement général des industries extractives, les dispositions du décret n° 2005-746 du 4 juillet 2005 sont désormais applicables dans le secteur des industries extractives (mines et carrières).

Des dispositions spécifiques existent pour les travailleurs employés à bord des navires de commerce, de pêche maritime, de cultures marines et de plaisance, fixées par le décret n° 2005-748 du 4 juillet 2005 et son arrêté d'application du 18 juin 2007. Ces dernières ne sont pas traitées ici.

### Bruit

La directive « bruit » a été transposée en droit français par le décret n° 2006-892 du 19 juillet 2006 relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus au bruit et un arrêté<sup>4</sup> du 19 juillet 2006 relatif aux conditions de mesurage du bruit.

## OBLIGATIONS DES EMPLOYEURS

### OBLIGATIONS GÉNÉRALES DE L'EMPLOYEUR

L'employeur, responsable de la santé et de la sécurité des travailleurs employés par ses soins, doit évaluer l'ensemble des risques qu'ils encourent et mettre en œuvre les moyens de protection adaptés. A cet effet, il consulte notamment les représentants du personnel ou le comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (CHSCT) et le médecin du travail.

Réf. : articles L. 4121-1 à L. 4121-5 et R. 4121-1 à R. 4121-4

TABLEAU I

### Critères de base caractérisant les expositions

Vibrations	Bruit
Valeur d'exposition journalière aux vibrations rapportée à une période de référence de huit heures. (A(8) en m/s <sup>2</sup> ) Réf. : article R. 4441-2	- Niveau d'exposition quotidienne au bruit (L <sub>EX,8h</sub> ). - Niveau de pression acoustique de crête (L <sub>p,c</sub> ). - NB : Dans certaines circonstances, le niveau d'exposition hebdomadaire au bruit peut être utilisé.

TABLEAU II

### Valeurs seuils d'exposition

Vibrations	Vibrations transmises aux mains et aux bras	Vibrations transmises à l'ensemble du corps
Valeurs d'exposition journalière déclenchant l'action de prévention	2,5 m/s <sup>2</sup>	0,5 m/s <sup>2</sup>
Valeurs limites d'exposition (VLE)	5,0 m/s <sup>2</sup>	1,15 m/s <sup>2</sup>
Bruit	L <sub>EX,8h</sub>	L <sub>p,c</sub>
Valeurs d'exposition inférieures déclenchant l'action de prévention	80 dB(A)	135 dB(C)
Valeurs d'exposition supérieures déclenchant l'action de prévention	85 dB(A)	137 dB(C)
Valeurs limites d'exposition (VLE)	87 dB(A)	140 dB(C)

## PRÉVENIR LES RISQUES

En matière de bruit et de vibrations mécaniques, l'employeur doit prendre des mesures de prévention visant à supprimer ou à réduire au minimum les risques, en tenant compte du progrès technique et de la disponibilité de mesures de maîtrise du risque à la source.

Réf. : articles R. 4432-1 et R. 4442-1

## ÉVALUER LES RISQUES

### Détermination des niveaux d'exposition

Aux fins de l'évaluation des risques, l'employeur doit notamment déterminer les niveaux de bruit et de vibrations auxquels les travailleurs sont exposés, par une évaluation et, si nécessaire, par un mesurage.

La réglementation prévoit ainsi explicitement la possibilité d'une détermination des niveaux d'exposition par des méthodes de calcul ou d'évaluation simplifiées aussi bien que par des mesurages, pour tenir compte des difficultés météorologiques et de l'efficacité d'approches simplifiées.

### Valeurs seuils d'exposition

Les niveaux d'exposition des travailleurs doivent être comparés à des valeurs

seuils d'exposition fixées réglementairement (valeurs d'action et valeurs limites) qui conditionnent les mesures de prévention à mettre en œuvre.

Ces valeurs ont été fixées afin de protéger les travailleurs contre :

- les effets sur la santé et la sécurité des travailleurs des vibrations, notamment les troubles musculo-squelettiques, neurologiques et vasculaires ;
- les dommages irréversibles à l'ouïe (effets non auditifs du bruit non couverts).

Les valeurs limites d'exposition (VLE) sont les niveaux d'exposition maximum admis. Elles ne doivent être dépassées en aucun cas.

<sup>1</sup> Directive 2002/44/CE du 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)

<sup>2</sup> Directive 2003/10/CE du 6 février 2003 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (bruit)

<sup>3</sup> Arrêté du 6 juillet 2005 pris pour l'application des articles R. 231-118, R. 231-120 et R. 231-121 du code du travail

<sup>4</sup> Arrêté du 19 juillet 2006 pris pour l'application des articles R. 231-126, R. 231-128 et R. 231-129 du code du travail

Pour l'application de ces VLE, l'atténuation assurée par des protecteurs auditifs individuels doit être prise en compte. Il convient alors de déterminer le niveau d'exposition « effectif » du travailleur.

Pour l'application des valeurs d'exposition déclenchant l'action, en revanche, il ne doit pas être tenu compte de l'atténuation assurée par des protecteurs auditifs individuels portés par le travailleur. Il convient alors de déterminer le niveau de bruit « ambiant ».

### Méthodes de mesurage

Des arrêtés du 6 juillet 2005 (vibrations) et du 19 juillet 2006 (bruit) précisent, lorsque les niveaux d'expositions sont déterminés par mesurages, les méthodes à utiliser.

#### Vibrations

Les mesurages des vibrations doivent être réalisés conformément aux normes suivantes :

- NF EN ISO 5349-2<sup>5</sup> pour les vibrations transmises aux mains et aux bras ;

- NF EN ISO 14253<sup>6</sup> pour les vibrations transmises à l'ensemble du corps.

Ces méthodes nécessitent des systèmes de mesurage disposant d'accéléromètres éventuellement intégrés au sein de vibromètres ou de dosimètres.

#### Bruit

Les mesurages des niveaux de bruit « ambiant », à comparer aux valeurs d'action, doivent être réalisés suivant la norme NF S 31-084<sup>7</sup> dans des conditions parfaitement définies (type d'appareils et échantillonnage notamment).

Ces mesurages peuvent être réalisés à l'aide d'un sonomètre intégrateur tenu à la main ou porté par le salarié (exposimètre ou « dosimètre » de bruit).

Prochainement, la norme européenne NF EN ISO 9612 « Détermination de l'exposition au bruit en milieu de travail - Méthode d'expertise » (mai 2009) tiendra lieu de nouvelle référence pour les mesurages des niveaux de bruit « ambiant ».

Les mesurages des niveaux d'exposition « effectifs », à comparer aux VLE, doivent être réalisés suivant la norme NF EN ISO 4869-2<sup>8</sup>.

Les méthodes proposées dans cette norme (HML et SNR) nécessitent la connaissance des niveaux de bruit ambiants (niveaux de pression acoustique en dB(A))

et la connaissance des caractéristiques d'affaiblissement des PICB, fournies par le fabricant en application de la directive EPI 89/686/CE.

Il est à noter que les données d'affaiblissement données par les fabricants (appréciées dans des conditions expérimentales) ne sont pas toujours représentatives de leur affaiblissement dans les conditions réelles, notamment du fait de leurs conditions de mise en place, de leur vieillissement, etc. De ce fait, une sous-estimation des niveaux d'exposition réels peut être à craindre.

Pour tenir compte de ce facteur, il peut être opportun d'appliquer une approche protectrice sur la base notamment de la méthode proposée par l'INRS, qui tient compte des niveaux de bruit « ambiant » et qui propose d'appliquer des facteurs de correction aux affaiblissements déclarés par les fabricants (Application de la réglementation sur le bruit et usage de protecteurs individuels contre le bruit (PICB). Recommandation de l'INRS, ED 133, INRS, 2008).

### Planification et mise en œuvre de l'évaluation des expositions

L'évaluation des niveaux d'exposition et, si nécessaire, le mesurage sont réalisés :

- par des personnes compétentes (moyens internes à l'entreprise ou prestataire extérieur) ;

- à des intervalles appropriés, notamment en cas de modification des installations ou des modes de travail susceptible de faire varier l'exposition ;

- avec le concours, le cas échéant, du service de santé au travail.

Les mesurages du bruit doivent de plus être renouvelés au moins tous les cinq ans.

Réf. : Article R. 4433-2 et R. 4444-2

### Traçabilité de l'évaluation des niveaux d'exposition

Les résultats de l'évaluation des niveaux d'exposition et/ou du mesurage sont conservés sous une forme susceptible d'en permettre la consultation pendant une durée de dix ans.

Réf. : Articles R. 4433-3 et R. 4444-3

### Autres éléments à prendre en considération par l'employeur pour l'évaluation des risques

Ces éléments sont :

- l'existence de travailleurs particulièrement sensibles, notamment les femmes enceintes ;

- les interactions possibles entre le bruit et certaines substances toxiques pour l'ouïe d'origine professionnelle et avec les signaux d'alarme ou d'autres sons utiles à la sécurité ;

- les interactions entre les vibrations mécaniques et la manipulation correcte des commandes, la bonne lecture des appareils indicateurs et la stabilité des structures ;

- les renseignements sur les émissions, fournis par les fabricants des équipements de travail ;

- l'existence d'équipements de travail de remplacement, permettant de réduire les niveaux d'exposition ;

- les conclusions tirées par le médecin du travail de la surveillance de la santé des travailleurs ;

- pour les vibrations : des conditions de travail particulières, comme les basses températures ;

- pour le bruit : la mise à disposition de protecteurs auditifs individuels ayant des caractéristiques adéquates d'atténuation.

Réf. : Article R. 4433-5, article R. 4444-5

### Traçabilité et information sur les résultats de l'évaluation des risques

Les résultats de l'évaluation des niveaux d'exposition ou des mesurages des niveaux de bruit et des vibrations mécaniques sont tenus à la disposition des membres du CHSCT, des délégués du personnel, du médecin du travail, de l'inspection du travail, des agents des services de prévention.

Les résultats des mesurages des niveaux de bruit sont communiqués au médecin du travail.

Réf. : Article R4433-4, Article R4444-4

Les résultats de l'évaluation des risques doivent être consignés dans le document unique d'évaluation des risques (DUER).

<sup>5</sup> NF EN ISO 5349-2 : Mesurage et évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main - Partie 2 : Guide pratique pour le mesurage sur le lieu de travail

<sup>6</sup> NF EN ISO 14253 : vibrations mécaniques - Mesurage et évaluation de l'effet sur la santé de l'exposition professionnelle aux vibrations transmises à l'ensemble du corps.

<sup>7</sup> NF S 31-084 « Méthode de mesurage des niveaux d'exposition au bruit en milieu de travail »

<sup>8</sup> NF EN ISO 4869-2 (août 1995) « Protecteurs individuels contre le bruit. - Partie 2 : Estimation des niveaux de pression acoustique pondérés A en cas d'utilisation de protecteurs individuels contre le bruit ».

## METTRE EN ŒUVRE LES MESURES ADAPTÉES AU REGARD DES RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION DES RISQUES

(cf. *Tableau III*)

### MESURES EN CAS DE DÉPASSEMENT « ACCIDENTEL »

En cas de dépassement accidentel des VLE, l'employeur :

- prend immédiatement des mesures pour réduire l'exposition à un niveau inférieur aux valeurs limites ;

- détermine les causes de l'exposition excessive et adapte les mesures de protection et de prévention en vue d'éviter un nouveau dépassement.

Réf. : *article R. 4432-3 et R. 4434-6, article R. 4445-6*

## SURVEILLANCE DE LA SANTÉ

### SURVEILLANCE MÉDICALE RENFORCÉE

Les travailleurs exposés au bruit et aux vibrations mécaniques font l'objet, dans les conditions décrites *Tableau III* (articles R. 4435-1 et R. 4446-1), d'une surveillance médicale renforcée.

En cas de survenue d'une affection résultant du bruit ou des vibrations, appréciée par le médecin du travail :

- 1) Le travailleur est informé par le médecin du travail du résultat et de l'interprétation des examens médicaux dont il a bénéficié.

- 2) L'employeur, informé de toute conclusion significative provenant de la surveillance médicale renforcée (dans le respect du secret médical) :

- revoit l'évaluation des risques ;
- revoit les mesures prévues pour supprimer ou réduire les risques ;

- tient compte de l'avis du médecin du travail pour la mise en œuvre de toute mesure jugée nécessaire pour supprimer ou réduire les risques, y compris l'éventuelle affectation du travailleur à un autre poste ne comportant plus de risque d'exposition.

TABLEAU III

### Mesures à mettre en œuvre en fonction des niveaux d'exposition

Vibrations	
Dépassement des valeurs d'exposition journalière déclenchant l'action de prévention	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Il met en œuvre un programme de mesures techniques ou organisationnelles de réduction des expositions</li><li>▶ Il s'assure d'une surveillance médicale renforcée (SMR) de ses employés</li></ul>

Réf. : *articles R. 4445-1 et R. 4446-1*

Bruit	
Dépassement des seuils inférieurs d'action	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Il met à disposition des travailleurs des PICB (casque antibruit, bouchons d'oreille)</li><li>▶ Il informe et forme les travailleurs</li><li>▶ Il propose un examen audiométrique préventif</li></ul>
Dépassement des seuils supérieurs d'action	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Il s'assure du port des PICB</li><li>▶ Il met en place une signalisation sur les lieux à risque</li><li>▶ Il s'assure d'une surveillance médicale renforcée (SMR) de ses employés</li><li>▶ Il met en œuvre un programme de mesures techniques ou organisationnelles de réduction des expositions</li></ul>

Réf. : *articles R. 4434-2, R. 4434-3, R. 4434-7, R. 4435-1, R. 4435-2 et R. 4436-1*

La mise en œuvre de ces mesures doit notamment permettre le respect des VLE (vibrations et bruit), dont il convient de rappeler qu'elles ne doivent être dépassées en aucun cas.

Le médecin du travail détermine la pertinence et la nature des examens éventuellement nécessaires pour les autres travailleurs ayant subi une exposition semblable.

Réf. : *Articles R. 4435-3 et R. 4435-4, article R. 4446-2 à R. 4446-4*

## CONTRÔLE DE LA MISE EN ŒUVRE DES DISPOSITIONS DU CODE DU TRAVAIL

### DEMANDES DE CONTRÔLE DES NIVEAUX D'EXPOSITION

Comme pour d'autres risques (chimiques, rayonnements), l'inspecteur ou le contrôleur du travail a la possibilité de demander à l'employeur de faire procéder à un contrôle technique des valeurs limites d'exposition par un organisme accrédité (R. 4722-16 à R. 4722-19).

Les conditions de ces accréditations, délivrées en France par le comité français d'accréditation (COFRAC) sont fixées par l'arrêté du 6 juillet 2005 (vibrations) et l'arrêté du 19 juillet 2006 (bruit). Les mesurages réalisés par ces organismes doivent répondre aux exigences fixées dans un référentiel reprenant notamment les normes techniques retenues par la réglementation.

Lorsque l'inspection du travail procède à une demande de contrôle, l'em-

ployeur justifie qu'il a saisi l'organisme accrédité dans les 15 jours suivant la date de mise en demeure.

Il doit par ailleurs transmettre à l'inspection du travail les résultats dans les dix jours qui suivent leur réception.

### EN CAS DE MANQUEMENT AUX OBLIGATIONS FIXÉES AU CODE DU TRAVAIL

L'inspection du travail peut utiliser les procédures suivantes : lettres d'observations, mises en demeure se conformer à la réglementation, procès-verbaux (transmis à l'autorité judiciaire), référé civil en cas de risque d'atteinte à l'intégrité physique des travailleurs.

Dans le cadre de ces procédures, des sanctions sont également prévues :

- le non respect des dispositions prévues constitue une infraction sanctionnable au titre des articles L. 4741-1 à L. 4741-14 et R. 4741-1 à R. 4741-5 du code du travail ;

- le fait pour l'employeur ou le préposé de méconnaître par sa faute personnelle ces dispositions est notamment puni d'une amende de 3 750 euros, et ce autant de fois qu'il y a de salariés dans l'entreprise (article L4741-1) ;

- le fait de ne pas transcrire ou de ne pas mettre à jour les résultats de l'évaluation des risques et le fait de ne pas satisfaire à une mise en demeure sont punis de l'amende prévue pour les contraventions de cinquième classe, soit 1 500 euros au plus (article R. 4741-1 et article R. 4741-2).

## 2.2.

# STRATÉGIE PARTICIPATIVE DE GESTION DES RISQUES APPLIQUÉE AUX PROBLÈMES DE BRUIT EN MILIEU DU TRAVAIL

► Jacques MALCHAIRE, Université catholique de Louvain, Unité Hygiène et Physiologie du Travail

La stratégie présentée permet d'aborder progressivement les situations de travail, de coordonner la collaboration entre salariés, encadrement, préventeurs et experts et d'arriver à une prévention plus rapide, plus efficace et moins coûteuse.

Elle prévoit quatre niveaux d'intervention : *Dépistage, Observation, Analyse et Expertise*.

Le guide d'*Observation* concerne spécifiquement les problèmes de bruit. Durant une réunion de 2 heures, un groupe formé de salariés et de personnel d'encadrement parcourt une liste d'items (7 pages) couvrant les points suivants et discute comment travailler plus efficacement et avec moins de bruit :

- les zones de travail : emplacement des sources de bruit, des postes de travail et des salariés ;
- les caractéristiques de chaque source de bruit ;
- les possibilités de réduction par réorganisation du travail, changement d'outils, éloignement, traitement des locaux.

En fin de réunion, une synthèse est préparée avec un jugement sur la situation de travail dans son ensemble, le bilan des actions envisagées (qui fera quoi, quand ?) et l'identification des aspects à analyser plus en détails.

La stratégie SOBANE (*Screening - Observation - Analyse - Expertise*) présentée ci-après propose des outils simples et peu onéreux susceptibles d'être compris et utilisés par toutes les compagnies, quels que soient leur taille et leur système de gestion de la santé et la sécurité, pour se rendre compte des problèmes et leur apporter rapidement des solutions efficaces.

La stratégie a été développée en rapport avec 16 domaines de risques de santé et sécurité : locaux sociaux ; machines et outils à main ; sécurité (accidents, chutes, glissades...) ; risques électriques ; risques d'incendie ou d'explosion ; travail avec écran ; troubles musculosquelettiques (TMS) ; éclairage ; bruit ; ambiances thermiques de travail ; produits chimiques dangereux ; agents biologiques ; vibrations de l'ensemble du corps ; vibrations mains-



bras ; aspects psychosociaux ; mesurages ; syndrome des bâtiments malades.

## PHILOSOPHIE DE LA STRATÉGIE

L'objectif d'une *Analyse* des conditions de travail ne doit pas être simplement d'évaluer les risques mais de les prévenir, de les éliminer ou de les réduire. La stratégie décrite dans ce document vise directement cette prévention en collectant progressivement les informations, quand cela est nécessaire pour la recherche des mesures de prévention - amélioration les plus directement efficaces.

Un des postulats de base de la stratégie est que les mesurages en eux-mêmes ne résolvent pas les problèmes de santé-sécurité et que la solution n'exige pas nécessairement des mesurages. Le nombre de situations de travail avec un niveau élevé de bruit est en effet très élevé et il serait utopique et totalement irréaliste d'exiger que toutes soient étudiées en détail. Ce serait en fait inutile puisque, dans la majorité de cas, des solutions, ne fût-ce que partielles, peuvent être trouvées facilement, à partir d'observations simples et directes. Dans certains cas seulement, une *Analyse* plus détaillée s'avère nécessaire, avec des mesurages et, dans des cas vraiment particuliers, il faut recourir à une expertise utilisant des techniques hautement sophistiquées.

La stratégie tente d'organiser cette approche progressive. Les caractéristiques des quatre niveaux sont récapitulées au *Tableau I*.

### NIVEAU 1, DÉPISTAGE

Il s'agit ici en premier lieu de replacer le problème du bruit dans le contexte général de la situation de travail et d'identifier non seulement les aspects liés indirectement à l'exposition au bruit (organisation des espaces, du travail, pressions de temps, partage des responsabilités...), mais aussi tout autre aspect de la situation de travail susceptible d'interférer avec la santé et la sécurité des personnes et sur lesquelles il convient d'agir dans une politique cohérente du bien-être au travail. L'objectif de ce niveau

TABLEAU I

Caractéristiques des quatre niveaux de la stratégie SOBANE

	Niveau 1 Dépistage	Niveau 2 Observation	Niveau 3 Analyse	Niveau 4 Expertise
Quand ?	Tous les cas	Si problème	Cas difficiles	Cas complexes
Comment ?	Observations simples	Observations qualitatives	Observations quantitatives	Mesurages spécialisés
Coût ?	Faible 10 minutes	Faible 2 heures	Moyen 2 jours	Élevé 2 semaines
Par qui ?	Personnes de l'entreprise	Personnes de l'entreprise	Personnes de l'entreprise + Préventeurs	Personnes de l'entreprise + Préventeurs + Experts
Compétences - situation de travail - sécurité, santé	Très élevée Faible	Elevée Moyenne	Moyenne Elevée	Faible Spécialisée

de *Dépistage* n'est pas de dresser simplement la liste des «risques» mais de remédier aux erreurs flagrantes et d'amorcer le processus d'amélioration continue.

Ce *Dépistage* est réalisé de manière interne, par des personnes de l'entreprise connaissant parfaitement les situations de travail, quand bien même elles n'ont qu'une formation rudimentaire en ce qui concerne les problèmes de sécurité, de santé ou d'ergonomie. Ce seront donc les opérateurs eux-mêmes et leur encadrement technique immédiat.

L'outil utilisé à ce premier niveau d'intervention est le guide de concertation Déparis présenté dans le premier numéro de la collection SOBANE [1].

### NIVEAU 2, OBSERVATION

Le problème identifié au niveau 1 *Dépistage* et qui n'a pas pu y être résolu, doit faire l'objet d'une *Observation* plus attentive. De nouveau, un groupe (de préférence le même) de salariés et de responsables techniques observent plus en détails cet aspect des conditions de travail afin d'identifier les solutions moins immédiates et déterminer ce pour quoi l'assistance d'un préventeur est indispensable.

Ce niveau 2 *Observation* requiert de nouveau une connaissance intime de la situation de travail sous ses différents aspects, ses variantes, les fonctionnements normaux et anormaux, plutôt qu'une formation particulière en acoustique.

Un coordinateur (de préférence le même) est désigné pour mener à bien

ce niveau d'*Observation* et coordonner la mise en œuvre des solutions immédiates et la poursuite de l'étude (niveau 3 *Analyse*) pour les points difficiles à approfondir.

### NIVEAU 3, ANALYSE

Lorsque les niveaux de *Dépistage* et d'*Observation* n'ont pas permis de ramener le risque à une valeur acceptable ou qu'un doute subsiste, il faut aller plus loin dans l'analyse de ses composantes et dans la recherche de solutions.

Cet approfondissement doit être réalisé avec l'assistance d'un préventeur ayant la compétence requise et disposant des outils et des techniques nécessaires. Ce sera en général un préventeur externe à l'entreprise, intervenant en étroite collaboration avec le préventeur interne (et non en leur lieu et place) pour lui apporter la compétence et les moyens supplémentaires nécessaires.

L'*Analyse* concerne la situation de travail dans des circonstances particulières déterminées au terme du niveau 2 *Observation*. Elle peut requérir des mesurages simples avec des appareils courants, ayant des objectifs explicitement définis d'authentification des problèmes, de recherche des causes, d'optimisation des solutions... Elle doit cependant être orientée directement vers l'identification de solutions techniques.

Le préventeur et le coordinateur repartent du travail réalisé aux niveaux précédents. La première tâche est donc de revoir les résultats du *Dépistage* mais surtout de l'*Observation*. Ensuite, l'*Analyse* des items identifiés est réalisée. Les

résultats de cette *Analyse* sont discutés avec les intervenants des niveaux précédents et le recours à un expert (*Expertise*) est éventuellement décidé pour des problèmes sophistiqués et ponctuels.

À la fin de ce niveau 3, la plupart des problèmes devraient être résolus.

#### NIVEAU 4, *EXPERTISE*

L'étude à ce niveau 4 *Expertise* est à réaliser avec l'assistance supplémentaire d'un expert. Elle va concerner des situations particulièrement complexes et requérir éventuellement des mesurages spéciaux. Les interventions à ce niveau seront habituellement coûteuses et doivent donc être limitées aux conditions où elles sont indispensables.

## DESCRIPTION ET JUSTIFICATION DE LA STRATÉGIE APPLIQUÉE AU BRUIT [2,3]

À chaque niveau, le guide *SOBANE – Ambiances sonores* rappelle brièvement les objectifs et les utilisateurs.

Le document est volontairement gardé concis, en guidant les utilisateurs dans leur approche des conditions de travail et leur fournissant seulement les informations dont ils ont besoin à ce moment-là pour estimer et conclure.

#### NIVEAU 1, *DÉPISTAGE*

Un groupe formé de quelques opérateurs et de leur encadrement technique (avec un préventeur si disponible) passe en revue, au moyen d'un guide, ses conditions de vie au travail, recherche les actions immédiates d'amélioration et de prévention et identifie ce qu'il faut étudier plus en détail. Les thèmes susceptibles d'être abordés sont : les locaux et zones de travail ; l'organisation du travail ; les accidents de travail ; les risques électriques et d'incendie ; les commandes et signaux ; le matériel de travail, les outils, les machines ; les positions de travail ; les efforts et les manutentions ; l'éclairage ; le bruit ; l'hygiène atmosphérique ; les ambiances thermiques ; les

vibrations ; l'autonomie et les responsabilités individuelles ; le contenu du travail ; les contraintes de temps ; les relations de travail au sein du personnel et avec la hiérarchie ; l'environnement psychosocial.

En ce qui concerne spécifiquement le bruit, le guide aborde les difficultés de conversation, les sources de gêne et de distraction, les emplacements des postes de travail par rapport aux sources de bruit, les moyens de communication, le port des équipements de protection individuelle, les séparations entre postes ou locaux.

Une personne au sein de l'entreprise, le coordinateur, est désignée pour mener à bien ce *Dépistage*, coordonner la mise en œuvre des solutions immédiates et la poursuite de l'étude (niveau 2 *Observation*) pour les points à approfondir.

#### NIVEAU 2, *OBSERVATION*

Le guide de niveau 2 *Observation* est utilisé par les personnes du terrain, salariés et encadrement direct, sans nécessairement l'aide de préventeurs. Dès lors, il décourage les mesurages et se fonde sur les avis de ces personnes pour estimer les niveaux de bruit à partir des difficultés de conversation.

Le guide se concentre sur l'identification des sources de bruit. Il commence par demander de faire un schéma des emplacements des sources et des postes de travail, dans le but de faire réfléchir le groupe aux raisons pour lesquelles il en est ainsi.

Ensuite, afin d'évaluer la sévérité de l'exposition locale au bruit, il invite le groupe de discussion à évaluer le niveau de voix requis afin d'être compris à une distance de 50 cm.

Ces avis et niveaux peuvent ne pas être précis. Cependant, contrairement aux mesurages ponctuels, ils ont au moins l'avantage de refléter comment ces personnes «vivent» leur exposition au bruit, non seulement à un moment donné mais dans les différentes circonstances de travail.

De ce niveau de voix, une évaluation approximative du niveau de bruit est déduite sur base de la norme ISO 9921 [4] définissant les distances de commu-

nication en fonction du niveau d'interférence de la parole.

Enfin, la sévérité de l'exposition locale au bruit est évaluée comme si ce bruit était continu, sur une échelle allant d'inconfort léger à risque élevé de surdité. Cette échelle est basée sur les opinions courantes de gênes légères et fortes et sur le risque de surdité que permet d'évaluer la norme ISO1999 [5]. Une échelle à 5 points a été choisie afin de montrer la gradation du risque et de lutter contre la croyance générale qu'une situation est acceptable en deçà de 80 dB(A) et inacceptable au delà.

Le groupe de discussion est alors invité à observer soigneusement chaque source et à rechercher des mesures d'amélioration directes. Formé de salariés et de leur encadrement, le groupe connaît en détail ses équipements et peut, plus facilement qu'un préventeur ou un expert, identifier les mesures d'amélioration efficaces qui n'interféreront pas avec les tâches. Ils connaissent en général quels types de vitesses sont employés, quelles pièces vibrent, ce qui peut être isolé...

Le guide de concertation attire principalement l'attention sur les différents aspects à considérer et suggère une série d'actions. Il mentionne également les solutions qui ne peuvent pas être mises en application sans aide de préventeurs : l'équilibrage des pièces, les silencieux de conduits, les matériaux absorbants... Ceux-ci ont été inclus délibérément afin d'amener les utilisateurs à reconnaître quand l'assistance extérieure d'un préventeur est nécessaire et à faire appel à ces préventeurs avec des objectifs spécifiques.

Au cours de la discussion, le groupe est invité à considérer l'efficacité probable des mesures qu'il envisage. On pourrait arguer du fait que les participants n'ont guère les connaissances requises pour que ces prévisions soient fiables. Trop souvent cependant des études réalisées par des intervenants extérieurs, après des mesurages peu représentatifs, se terminent par des recommandations générales sans considération de leur efficacité réelle. Attirer l'attention sur cette efficacité est donc un pas en avant, pour autant que le groupe de travail reconnaisse lui-même l'incertitude de ses estimations.



La discussion se termine par la détermination de qui fera quoi et quand et par la décision des aspects pour lesquels un préventeur doit être appelé pour une *Analyse* plus détaillée.

### NIVEAU 3, ANALYSE

Le guide d'*Analyse* suit la même procédure, cette fois en étudiant en détail les situations particulières qui ont été identifiées comme insatisfaisantes à la fin de l'*Observation*.

Le niveau d'exposition sonore personnel est d'abord évalué pour chaque poste de travail. Le préventeur identifie les groupes homogènes d'exposition, l'heure et la durée appropriées des mesurages représentatifs, la technique de mesurage la plus pertinente. Il effectue ces mesurages.

L'échelle d'interprétation est cette fois plus quantitative. Les normes ISO 9921 [4] et ISO 1999 [5] sont utilisées pour estimer respectivement le degré d'inconfort et le risque de surdité sur une échelle plus continue, de « gêne légère » à « probabilité de 75 % de souffrir d'une altération matérielle de la perception auditive à l'âge de 55 ans après 35 ans d'exposition continue ».

■ La gêne est reliée, non pas au niveau d'exposition personnel, mais plutôt au niveau équivalent à court terme.

■ Le risque de surdité au contraire est estimé par rapport au niveau personnel d'exposition.

L'utilisateur est ensuite amené à passer en revue une liste de solutions possibles et à identifier ce qui peut être fait pour réduire le risque de gêne ou de surdité.

Comme lors du niveau 2 *Observation*, le groupe est invité à estimer ce que sera la situation si ces solutions sont mises en application et le risque résiduel. Si ce risque est inacceptable, des efforts et informations additionnels sont nécessaires : une étude de niveau 4 *Expertise* doit être entreprise avec l'assistance supplémentaire d'un expert.

L'inventaire des mesures techniques à mettre en œuvre est dressé, avec les échéances et les personnes responsables.

À ce stade, la compétence doit être disponible pour déterminer :

■ si la protection personnelle doit être portée ;

■ laquelle, par qui, quand et pendant combien de temps ;

■ qui doit participer au programme audiométrique et quand.

Le document attire l'attention sur quelques aspects principaux de la protection personnelle. Ces recommandations sont basées sur le fait que le meilleur dispositif protecteur est celui qui est porté le plus longtemps. L'accent est donc mis sur la facilité d'utilisation, le confort, l'esthétique, plutôt que sur la capacité intrinsèque d'atténuation.

### NIVEAU 4, EXPERTISE

À ce stade, la situation globale devrait être connue et l'attention se concentrera sur les aspects très spécifiques tels que la réverbération du hall, l'amortissement d'une structure vibrante résonnante... Ceci impliquera d'habitude des mesurages sophistiqués et les experts devraient savoir quoi faire dans un cas donné.

Le seul aspect à souligner est la nécessité absolue d'assister cet expert. Trop souvent en effet, le problème est transféré à l'expert sans explication ni demande spécifique.

Comme souligné dans le *Tableau 1*, cette stratégie est basée sur la complémentarité entre les compétences des salariés et celles des préventeurs et experts.

## CONCLUSION

La stratégie repose sur trois principes fondamentaux :

■ Elle est *réaliste* : les législations relatives au bruit existent depuis des décennies et cependant de nombreux salariés restent exposés à des niveaux inacceptables. La motivation est limitée dans l'industrie, étant donné que le temps, les moyens financiers, les ressources techniques et la compétence en acoustique sont limités. Les procédures d'évaluation et de prévention doivent être optimisées, en tenant compte de ce que l'industrie est disposée et capable de faire.

■ Elle est *participative* : les salariés et leur encadrement local jouent le rôle

essentiel dans la dynamique de l'amélioration de leurs conditions de travail. Les préventeurs et les experts sont là pour les assister à identifier les mesures techniques et organisationnelles les plus adéquates.

■ Elle est *structurée* dans 4 niveaux qui exigent des connaissances et compétences complémentaires :

■ aux deux premiers *Dépistage* et *Observation* : la connaissance du processus industriel, des machines et des méthodes de travail ;

■ au niveau *Analyse* : aide de préventeurs formés sur les aspects méthodologiques généraux, les techniques d'évaluation et de mesurage habituelles et les solutions techniques principales ;

■ au niveau *Expertise* : quand absolument nécessaire, assistance d'un expert qui apporte ses connaissances spécifiques pour l'identification de solutions particulières.

La stratégie a été à présent utilisée de multiples fois dans des petites et moyennes entreprises de différents secteurs industriels. Elle s'est avérée comprise, acceptée et utilisée et a démontré son efficacité pour améliorer les conditions de travail, former les salariés, favoriser l'utilisation des équipements de protection individuelle et l'adoption de procédures de travail adéquates.

## BIBLIOGRAPHIE

Tous les documents relatifs à la stratégie SOBANE et à son application dans le cas du bruit sont disponibles sur le site de l'auteur : [www.deparisnet.be](http://www.deparisnet.be)

[1] Malchaire, J., 2004, *The SOBANE risk management strategy and the Déparis method for the participatory screening of the risks*, Arch. Occup. Environ. Health, 77 443-450.

[2] Malchaire J., 2000, *Strategy for prevention and control of the risk due do noise*, Occupational and Environmental Medicine, 57: 361-369.

[3] Malchaire J. et al., 2000, *Guide de concertation BRUIT, Série stratégie SOBANE*; Service Public Fédéral Emploi, Travail et Concertation sociale, Bruxelles, 84p.

[4] ISO 9921-1. *Ergonomic assessment of speech communication - Part 1: Speech interference level and communication distances for persons with normal hearing capacity in direct communication (SIL method)*. International Organization for Standardization 1996.

[5] ISO 1999. *Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise induced hearing impairment*. International Organization for Standardization 1992.

## 2.3.

## L'ÉVALUATION DU RISQUE D'EXPOSITION AU BRUIT

► Léon THIÉRY, INRS, département  
Ingénierie des équipements de travail

La réglementation relative à la protection des travailleurs contre les risques liés au bruit impose à l'employeur d'évaluer et, si nécessaire, de mesurer les niveaux de bruit auxquels les travailleurs sont exposés. L'évaluation, qui peut être faite par l'employeur, n'exige pas forcément de mesure. En revanche, le mesurage de l'exposition au bruit professionnel doit être réalisé selon les prescriptions de la norme ISO 9612. L'application de cette norme est complexe et exige une analyse approfondie du travail préalablement aux mesures. Par contre, elle fournit un résultat de précision connue, seul moyen de prouver sans ambiguïté le non dépassement d'un seuil d'action réglementaire. Ce texte résume trois étapes d'évaluation, incluant une méthode d'évaluation simplifiée du risque bruit. Il montre dans quelques situations professionnelles complexes comment articuler l'évaluation simplifiée et le mesurage normalisé. On évoque enfin les questions pratiques découlant du respect de la valeur limite d'exposition, applicable en cas d'usage d'un protecteur individuel contre le bruit.

L'évaluation du risque lié au bruit en milieu professionnel s'effectue dans un contexte marqué par plusieurs évolutions récentes, tant dans le domaine législatif que normatif.

La réglementation française sur le risque lié au bruit en milieu professionnel a été modifiée en 2006, suite à la directive européenne 2003/10/CE, entraînant un abaissement de 5 dB des seuils d'action réglementaires et l'introduction d'une valeur limite d'exposition (VLE) de 87 dB(A), qui ne doit jamais être dépassée et s'évalue compte tenu du port éventuel d'un protecteur individuel contre le bruit (PICB).

Dans le domaine des normes de mesure accompagnant la réglementation, une modification est intervenue en 2009 quand la norme NF EN ISO 9612 de mesurage de l'exposition au bruit professionnel [1] s'est substituée à la norme française antérieure, NF S 31-084 (2002) [2]. Pour évaluer la VLE compte tenu du port d'un PICB, la réglementation française se réfère à la norme NF EN ISO 4869-2, publiée en 1995 [3], mais cette norme ne répond pas à toutes les questions pratiques auxquelles sont confrontés les préventeurs.

Dans ce contexte, on présente succinctement les propositions élaborées par l'INRS pour accompagner le dispo-

sitif réglementaire actuel, puis on évoque comment pratiquer l'évaluation du risque dans quelques situations singulières ou particulièrement complexes.

## ÉVALUATION DU RISQUE EN TROIS ÉTAPES

Une méthodologie d'évaluation du risque lié au bruit professionnel en trois étapes a été proposée par l'INRS [4], illustrée par plusieurs exemples. Ces étapes sont résumées ici.

### ESTIMATION SOMMAIRE

La première étape se fonde sur un questionnement relatif à la possibilité de communiquer par la parole, entre collègues situés à moins de 2 m, dans du bruit. Par appréciation subjective, on exclut du champ d'une évaluation plus précise les lieux de travail très peu bruyants.

### ÉVALUATION SIMPLIFIÉE : LA MÉTHODE DES POINTS D'EXPOSITION

L'étape suivante est la méthode des points d'exposition, applicable quand le travail comprend différentes phases d'activité et qu'on dispose pour chaque phase d'une estimation de son niveau de bruit et de sa durée quotidienne. Cette méthode se fonde sur la définition de l'exposition sonore  $E_{A,T}$ :

$$E_{A,T} = \int_0^T p_A(t)^2 dt \quad (1)$$

Si T est en heure,  $E_{A,T}$  est exprimé en  $\text{Pa}^2 \cdot \text{h}$ . Avec  $T_0 = 8 \text{ h}$  la relation entre  $E_{A,T}$  et le niveau de pression acoustique continu équivalent  $L_{p,A,eqT}$  est donné par l'équation :

$$E_{A,T} = (0,32 \times 10^{-8}) \times T/T_0 \times 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT}} \quad (2)$$

avec  $(0,32 \times 10^{-8}) = 8 \times p_0^2$  (où  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ ). Les équations (1) et (2) sont conformes à définition de l'exposition sonore  $E_{A,T}$  de la norme ISO 1999, en utilisant l'heure comme unité de temps. Quand  $L_{p,A,eqT} = 85 \text{ dB}$  et  $T = 8 \text{ h}$ , l'équation (2) conduit à  $E_{A,T} = 1,0119 \text{ Pa}^2 \cdot \text{h}$ , valeur associée à la définition de 100 points d'exposition. En pratique, on

TABLEAU I

Points d'exposition par phase, en fonction de sa durée quotidienne et de son niveau de bruit

Niveau de bruit $L_{p,A,eqT,m}$ de la phase m	Durée quotidienne $T_m$ de la phase d'exposition m					
	8 h	4 h	2 h	1 h	30 min	15 min
80	32	16	8	4	2	1
85	100	50	25	13	6	3
88	200	100	50	25	13	6
90	320	160	80	40	20	10
95	1 000	510	250	130	60	32
100	3 200	1 600	800	400	200	100
105	10 000	5 100	2 500	1 300	630	320

TABLEAU II

Illustration de la méthode des points d'exposition pour le travail d'un fraiseur

Phase de travail m	Données initiales		Méthode des points d'exposition	
	Niveau de bruit $L_{p,A,eqT,m}$	Durée de la phase $T_m$	Nombre de points	Contribution relative de la phase %
Conduite d'une fraiseuse	85	7 h	88	46 %
Mise en place des pièces, contrôles	80	45 min	3	2 %
Nettoyage (par usage d'une soufflette à jet d'air comprimé)	100	15 min	100	52 %
<b>Total</b>		8 h	191	100 %
Equivalence du nombre total de points en niveau de bruit sur 8 h			<b>87,8 dB(A)</b>	Faible Spécialisée

arrondit à  $1 \text{ Pa}^2 \cdot \text{h}$  la valeur de 100 points d'exposition, ce qui conduit aux valeurs du *Tableau I*.

Cette méthode offre l'avantage de combiner très aisément les niveaux de bruit et les durées de chaque phase et d'en déduire immédiatement d'où vient, parmi plusieurs phases d'activité, la contribution la plus déterminante dans l'exposition totale au bruit. C'est ce qu'illustre l'exemple du *Tableau II* par le travail d'un fraiseur, scindé schématiquement en trois phases quotidiennes de travail. Sur ce tableau, les données initiales (niveau du bruit et durée par phase) ne sont pas facilement interprétables. Par contre, le nombre de points montre immédiatement que la tâche annexe (le nettoyage) est plus déterminante dans le bilan d'exposition global que la phase principale de travail (le fraisage).

Un autre intérêt de la méthode des points d'exposition est de rendre très

aisée diverses simulations, ce qui peut apporter de précieuses informations quand certaines données sont absentes ou imprécises. En bornant l'espace de variation de données partiellement méconnues, on peut savoir si elles auraient - ou non - un impact dans le bilan global. Il en est de même pour simuler une action de réduction du risque (portant sur une phase spécifique de travail) et estimer son impact prévisible dans le bilan d'exposition. Pour communiquer avec des décideurs (non spécialisés en acoustique), elle s'avère un bon outil de dialogue. Pour réaliser aisément ces simulations, une calculatrice Excel est disponible [5].

Bien entendu, pour l'interprétation du résultat comparé aux seuils d'actions réglementaires, la prudence s'impose. Si l'estimation est proche des seuils, cette méthode est insuffisante pour en tirer une conclusion. Il faudra procéder au mesurage normalisé. Dans la référence [4], il a été proposé de n'interpréter le

résultat que dans deux situations :

■ quasi-certitude d'absence de risque [nombre de points  $\leq 16$ , soit  $L_{EX,8h} \leq 77$  dB(A)],

■ risque quasi certain [nombre de points  $\geq 200$ , soit  $L_{EX,8h} \geq 88$  dB(A)].

### MESURAGE D'EXPOSITION NORMALISÉ

La troisième étape d'évaluation du risque bruit est le mesurage normalisé. Une modification dans la normalisation est intervenue en 2009, avec la publication de la norme NF EN ISO 9612. Cette norme internationale remplace la norme française antérieure, NF S 31-084. Leurs principes métrologiques sont très semblables. Trois approches du mesurage sont possibles pour calculer le niveau  $L_{EX,8h}$  (et son incertitude) : par tâche, par fonction, par journée entière. Une analyse du travail est requise dans tous les cas, afin d'identifier les facteurs susceptibles de déterminer des variations importantes dans l'exposition et d'assurer leur prise en compte dans le mesurage. Entre ces deux normes, des différences apparaissent notamment dans l'effort de mesurage requis : il a été accru en cas de mesurage par journées entières, mais diminué en cas d'usage des deux autres approches du mesurage. Ces modifications s'appuient sur des travaux récents [6, 7, 8] et résultent du consensus international inhérent à une norme internationale.

Pour éviter aux utilisateurs de la norme ISO 9612 la réalisation de calculs complexes, notamment pour estimer l'incertitude du niveau  $L_{EX,8h}$ , une calculatrice sous Excel a été élaborée et validée par le groupe de travail ISO auteur de la norme. Elle est diffusée avec la norme elle-même. Son usage a été explicité [1], elle peut être téléchargée sur le site de l'INRS [5].

Dans la réglementation française, le code du travail (article R. 4431-1) renvoie à un arrêté pour spécifier comment mesurer les paramètres physiques utilisés pour définir les valeurs limites d'exposition professionnelle. Celui qui reste en vigueur actuellement est daté du 19 juillet 2006 ; précédant la parution de la norme ISO 9612, il mentionne toujours la norme NF S 31-084. Mais une mise à jour doit paraître très prochainement.

L'application pratique du mesurage normalisé reste complexe. Mais le

niveau de bruit  $L_{EX,8h}$  est fourni avec une précision connue, ce qui reste indispensable près d'un seuil d'action réglementaire pour prouver le non dépassement de ce seuil. Se référer à la brochure INRS [4] pour toute précision utile sur la mise en œuvre du mesurage normalisé, sur le choix de l'approche de mesurage et sur les possibilités d'analyse des résultats.

### EVALUATION DU RISQUE DANS QUELQUES SITUATIONS SPÉCIFIQUES

Dans des situations spécifiques particulièrement complexes, l'INRS a été sollicité pour conseiller des services de santé au travail ou des sociétés de services en acoustique dans la mise en œuvre des méthodes d'évaluation du risque. Deux cas sont évoqués ici.

#### GEH D'UNE PERSONNE

Dans les petites entreprises notamment, des travailleurs sont exposés au bruit dans des conditions qui leur sont spécifiques. Si on étend la notion de groupe d'exposition homogène (GEH) à ce cas, on arrive à un GEH ne comprenant qu'une personne. Dans cette situation, l'effort de mesurage pose question. En effet, avec l'ancienne norme NF S 31-084, une journée de mesure suffisait. Avec la norme ISO 9612, ceci n'est plus possible, car le mesurage par journées entières doit s'appliquer à 3 journées. Cette contrainte permet de tenir compte de la variabilité de l'exposition entre journées et ne pose pas de questions dans un groupe. Mais que faire dans le cas limite d'un GEH d'une personne ? Il est suggéré de procéder en trois étapes. La première est un mesurage durant 8 heures, dont le résultat est analysé dans le cadre de l'évaluation (et non du mesurage normalisé). Ceci autorise à considérer le travailleur comme exposé au-delà d'un seuil spécifié dès lors que le résultat de l'évaluation approche ce seuil. La seconde étape est celle du questionnement : compte tenu de l'évaluation déjà réalisée et de son imprécision, est-il nécessaire d'arriver à régler le non dépassement du seuil réglementaire ? Si la réponse est positive, alors il faut passer à la dernière

étape : l'application stricte de la norme, avec une répétition du mesurage sur 3 journées.

#### TÂCHES MULTIPLES, AYANT DES CYCLES DE LONGUE DURÉE

Examinons le métier des rondiers, chargés de surveiller le bon fonctionnement d'installations automatisées et de réaliser des tâches de maintenance de premier niveau. Généralement, les prescriptions de leur travail sont très précises (nature et lieu des interventions à réaliser, durée prévisible, fréquence de répétition durant le temps de travail de chaque action). Parmi les contrôles à effectuer, certains sont imposés plusieurs fois par jour, d'autres se déroulent selon des cycles de durée variable (journée, semaine, mois, autre). Dans ces circonstances, même si ces prescriptions sont complexes, les tâches sont bien identifiées et très documentées. Généralement elles expliquent des variations importantes d'exposition, ce qui peut inciter à choisir d'appliquer la norme ISO 9612 en prenant l'approche du mesurage par tâche.

Dans ce cas, la notion de durée quotidienne de chaque tâche doit être adaptée à la prise en compte des cycles réels selon lesquels les diverses tâches sont réalisées. Pour arriver à ce résultat, il faut définir une « période de référence » égale à l'un des cycles longs évoqués, puis estimer la durée cumulée de chaque tâche dans cette même période de référence. On en déduit la durée relative de chaque tâche, ratio qu'il suffit ensuite d'appliquer à la durée totale effective de travail pour obtenir la durée quotidienne de chaque tâche. Cette approche du mesurage par tâches offrira l'intérêt de bien identifier les tâches et lieux de travail déterminant une exposition sonore partielle prépondérante dans le bilan d'exposition globale.

Par ailleurs, quand de grandes différences existent entre les tâches, il a été montré qu'appliquer un effort de mesure identique à chaque tâche n'était pas optimum [7, 8] et que, pour réduire l'incertitude du résultat, il fallait, au contraire, accroître l'effort de mesurage sur les tâches qui déterminent le plus fortement l'exposition au détriment de celles qui contribuent peu. En conséquence, s'il est possible de bénéficier des conclusions d'une évaluation simplifiée exprimant en points d'exposition la contribu-



tion prévisible de chaque tâche, cette information peut faciliter l'élaboration du plan de mesurage par tâche sous deux aspects : réduire le nombre des tâches en regroupant celles qui n'auraient que très peu de contribution, prévoir de répartir le nombre de mesures prioritairement sur les tâches prépondérantes. La norme ISO 9612 ne fournit pas d'indication sur ce point spécifique lors de la conception du plan de mesurage, ce qui est sans doute regrettable. Par contre, lors de l'analyse des résultats, l'examen détaillé des termes d'incertitude ferait apparaître la tâche prépondérante, ainsi que l'illustre un exemple (cf. [4], p. 57-58).

Dans un contexte de tâches multiples et ayant des cycles de répétition complexes, la mise en œuvre du mesurage par tâche reste difficile. Ceci peut inciter à préférer l'autre approche normalisée, celle du mesurage par journée entière. Toutefois, comme de grandes variations sont attendues d'un jour à l'autre, il faut prévoir un nombre de mesures suffisant, probablement légèrement supérieur à 5 journées, ce qui est l'exigence minimum fixée par la norme pour ce cas.

## ÉVALUATION DU RISQUE EN CAS DE PORT D'UN PICB

Pour évaluer le non dépassement de la VLE de 87 dB(A) compte tenu du port d'un protecteur individuel contre le bruit, la réglementation se réfère à la norme NF EN ISO 4869-2 [3]. Elle indique comment évaluer le niveau de pression acoustique effectif auquel un travailleur est exposé compte tenu des caractéristiques du bruit et du port d'un PICB. En pratique, sa mise en œuvre pose deux types de difficultés, liées à la prise en compte de la composition spectrale du bruit et au risque de surestimer le niveau de la protection réel dont bénéficie un travailleur, compte tenu des circonstances de son travail et des conditions dans lesquelles il utilise un PICB (formation, soin dans la mise en place, etc.). En cas d'exposition à des niveaux de bruit très élevés (par exemple tels que  $L_{EX,8h} > 100$  dB(A)) ceci peut conduire à des situations de surexposition tout en laissant croire que la VLE est respectée.

Sur les valeurs d'affaiblissement acoustique des PICB en situation réelle de travail, il est largement reconnu [9] qu'elles sont notablement inférieures aux valeurs déclarées par les fabricants. Les valeurs déclarées sont des valeurs maximales atteignables dans des conditions de laboratoire, alors que les valeurs d'affaiblissement estimées *in situ*, dans des conditions de travail proches du réel, sont plus faibles de 10 à 20 dB environ [9]. Autrement dit un PICB qui peut afficher un indice d'affaiblissement de 30 dB pourrait procurer une protection réelle de l'ordre de 15 dB. L'ampleur des écarts entre valeurs déclarées et valeurs *in situ* dépend du type de PICB et de la façon dont le salarié s'équipe de son PICB, donc de sa formation à l'usage d'un PICB.

Sur la métrologie du bruit, l'estimation du niveau du bruit effectif demande de disposer de la composition fréquentielle du bruit, ou au moins de l'estimer, ce qui est possible si le mesurage du bruit est effectué simultanément en pondération A et en pondération C. Certains exposimètres récents rendent possible un tel mesurage sur des durées de plusieurs heures. Quand l'écart [ $Leq(C) - Leq(A)$ ] est important, ceci reflète une prépondérance de basses fréquences dans le bruit et la norme NF EN ISO 4869-2 indique comment en tenir compte dans l'estimation du bruit effectif.

Les calculs normalisés du bruit effectif restent complexes. Pour faciliter l'application de la norme et prendre en compte pour chaque PICB un affaiblissement acoustique plus proche du réel que les valeurs d'affaiblissement affichées, l'INRS a élaboré une recommandation [10] qui s'accompagne d'une calculatrice sous Excel [5]. Après saisie des valeurs d'affaiblissement du PICB, trois possibilités de calcul du bruit effectif sont proposées, selon les informations dont on dispose sur le bruit auquel le travailleur est exposé [mesure par octave ; mesure en dB(A) et en dB(C) ; mesure uniquement en dB(A)].

Quelques services de santé au travail disposant de sonomètres intégrateurs indiquant la composition spectrale du bruit et d'exposimètres ont constaté que l'usage de la calculatrice posait des difficultés. En effet, des valeurs spectrales du bruit mesurées sur des durées assez brèves peuvent fournir un niveau  $L_{Aeq,t}$  en dB(A) qui est assez éloigné de

celui mesuré en exposimétrie sur une durée T de plusieurs heures. Dans ce cas, il faut veiller à garder cohérents les résultats des divers échantillons de bruit, ce qui a fait l'objet d'un commentaire dans la calculatrice spécifiant la procédure à suivre dans cette éventualité.

## CONCLUSION

L'évaluation du risque lié au bruit professionnel est de complexité variable selon les situations d'exposition. Mais divers outils ont été proposés pour faciliter cette évaluation. Ils sont tous disponibles sur le site de l'INRS.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] NF EN ISO 9612, 2009. *Détermination de l'exposition au bruit en milieu de travail*. Paris, AFNOR (Ed.), 44 p.

[2] NF S 31-084, 2002. *Méthode de mesure des niveaux d'exposition au bruit en milieu de travail*. Paris, AFNOR (Ed.), 48 p.

[3] NF EN ISO 4869-2, 1995. *Protecteurs individuels contre le bruit. Partie 2 : estimation des niveaux de pression acoustique pondérés A en cas d'utilisation de protecteurs individuels contre le bruit*. Paris, AFNOR (Ed.), 44 p.

[4] THIERY L., CANETTO P., 2009. *Évaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit*. Paris, INRS (Ed.), ED 6035, 76 p.

[5] *Trois calculettes sur le mesurage du bruit* : [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr) Rubrique : Se documenter, outils, nuisances physiques.

[6] THIERY L., OGNEDAL T., 2008. Note about the Statistical Background of the Methods Used in ISO/DIS 9612 to Estimate the Uncertainty of Occupational Noise Exposure Measurements. *Acta Acustica united with Acustica*, 94, 331-334.

[7] THIERY L., 2009. *Relations entre les plans d'échantillonnage du bruit et les incertitudes de mesure de l'exposition au bruit professionnel*. Paris, INRS (Ed.), NS 280, 32 p.

[8] THIERY L., 2010. *Precision of sampling designs applicable to measuring occupational noise exposure*. Soumis pour publication.

[9] KUSY A., 2008. Affaiblissement acoustique in situ des protecteurs individuels contre le bruit – *Etude bibliographique. Hygiène et sécurité au travail – Cahiers de notes documentaires*, ND 2295-212-08, 43-59.

[10] GOZZO J., THIERY L., CANETTO P., 2008. *Application de la réglementation sur le bruit et usage de protecteurs individuels contre le bruit*. Paris, INRS (Ed.), ED 133, 4 p.

## 2.4.

# EVALUATION SIMPLE DE L'EXPOSITION AUX VIBRATIONS

---

La législation charge la caisse nationale d'assurance en cas d'accidents (Suva) de surveiller l'application des prescriptions sur la prévention des maladies professionnelles dans toutes les entreprises en Suisse. Près de 20 000 personnes travaillant dans environ 2 000 entreprises en Suisse sont exposées à des vibrations considérables à leurs postes de travail.

En cas d'exposition régulière pendant plusieurs années, les vibrations peuvent provoquer des atteintes à la santé.

C'est la responsabilité de l'entreprise d'évaluer le risque dû à l'exposition à des vibrations. Mais pour les petites et moyennes entreprises, cette obligation n'est pas sans problèmes. C'est la raison pour laquelle la Suva a développé une méthode simplifiée d'évaluation de l'exposition aux vibrations : les tableaux de vibrations. La première partie du tableau indique selon l'activité professionnelle et séparément pour les vibrations mains-bras et les vibrations du corps entier une évaluation globale du risque et les mesures de protection à prendre. La deuxième partie du tableau indique des valeurs caractéristiques pour des appareils et machines et permet de calculer l'exposition quotidienne due à plusieurs sources de vibration.

---

## CONTEXTE

---

### LA SUVA ET SON RÔLE

La Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (Suva) représente l'autorité de surveillance de la prévention des accidents et des maladies professionnelles dans l'ensemble de la Suisse. La Suva mène un programme de prévention auditive centralisé avec cinq unités d'examen mobiles appelées Audiomobiles. L'équipe d'acoustique de la Suva apporte son soutien aux entreprises en matière de lutte contre le bruit au poste de travail. Depuis plus de 30 ans, les experts en acoustique de la Suva

ont réalisé plusieurs milliers de mesures du bruit aux postes de travail de tous les secteurs de l'industrie et de l'artisanat et ont classé les résultats dans une base de données.

En Suisse comme dans pratiquement tous les pays, l'employeur doit établir la nuisance sonore, c'est-à-dire le danger pour l'ouïe, de ses employés, mais des mesures individuelles du bruit ne sont guère faciles d'application par les PME, qui ne disposent pas des connaissances nécessaires. La demande de soutien externe conduit souvent à de lourds investissements pour déterminer l'exposition sonore des travailleurs. Or, les mesures de prévention sont de fait bien

► Beat W. HOHMANN, Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (Suva)

plus importantes que la détermination minutieuse de l'exposition. C'est pourquoi la Suva propose depuis longtemps une méthode simple de détermination de la nuisance sonore prenant en compte les possibilités limitées des PME: les tableaux de niveaux sonores. Elle en avait elle-même besoin pour procéder à une appréciation standardisée des cas d'indemnisation.

## LES TABLEAUX DE NIVEAUX SONORES

La vaste base de données de la Suva a permis d'établir 66 tableaux de niveaux sonores pour toutes les branches et tous les travailleurs, de l'exploitation forestière à l'orchestre symphonique [1]. Ils comportent deux types de données, qui sont réactualisées tous les ans :

- niveau d'exposition sonore propre aux professions et aux fonctions (sur la base du profil professionnel typique) ;

- niveau de pression acoustique continu équivalent caractéristique de situations et de machines (sans prise en compte de la durée d'exposition).

Si les données de la première partie ne s'avèrent pas suffisantes, les données de la seconde servent à déterminer le niveau de charge pour chaque source sonore en considérant le temps d'exposition correspondant.

Depuis un an, les tableaux de la Suva comportent non seulement les niveaux sonores, mais également des informations très simples sur les mesures de protection qui s'imposent. Ainsi, les petites entreprises ne doivent pas étudier à fond les prescriptions, directives ou normes, mais peuvent prendre directement des mesures : il leur suffit de consulter les tableaux de niveaux sonores. Deux ensembles de mesures sont prédéfinis :

- M1 : recenser les moyens de lutte antibruit selon la liste de contrôle 67009, informer le personnel sur le danger du bruit et sur les mesures de sécurité requises, mettre à disposition des protecteurs d'ouïe appropriés, interdire les travaux bruyants pour les femmes enceintes ;

- M2 : en complément des mesures M1, prendre des mesures contre le bruit, signaler les postes de travail, les appareils et les zones concernés, imposer le port de protecteurs d'ouïe lors de travaux bruyants.

TABLEAU I

Tableau de vibrations par activités (exemple)

Tableau des vibrations : industrie du bois et exploitation forestière (I)			
Activité professionnelle	HA	WB	Code
<b>Exploitation forestière</b>			
Ingénieur forestier	-	-	3 600.4
Forestier (travail de bureau uniquement)	-	-	3 600.5
Forestier	1	-	3 600.2
Contremaître forestier bûcheron	2	-	3 600.6
Chef d'équipe forestier bûcheron	2	-	3 600.3
Forestier bûcheron	2	-	3 600.7
Ouvrier forestier	2	-	3 600.8
Machiniste (grues à câble)	1	1	3 602.9
Machiniste (engins de débardage)	-	2	3 601.9
Machiniste (harvester)	-	1	3 601.1
<b>Scierie</b>			3 604
Scieur de bois, aide scieur	1	-	3 607.9
Machiniste	-	-	3 608.3
Mécanicien	-	-	3 608.0
Propriétaire, chef d'exploitation	-	-	3 605.1
<b>Menuiserie</b>			3 700
Coupeur	-	-	3 704.1
Machiniste	-	-	3 706.9
Menuisier	1	-	3 705.2
Menuisier à l'établi, monteur de fenêtres	-	-	3 710.8
Monteur (de cuisines), menuisier en bâtiment	-	-	3 710.9
Plaqueur de bois	-	-	3 714.9
Vernisseur	-	-	3 718.9
Préparateur du travail	-	-	3 700.2
Propriétaire, chef d'exploitation	-	-	3 700.1

HA = vibrations mains-bras, WB = vibrations du corps entier  
1 ou 2 : mesures de protection à prendre (voir texte)

En général, des mesures doivent être prises lorsque le niveau d'exposition au bruit quotidien est égal ou supérieur à 85 dB(A). Si des données scientifiques ou empiriques montrent que certaines situations présentent un risque accru de lésions auditives (ce qui pourrait être le cas des agents ototoxiques), la Suva peut indiquer sur son tableau des mesures de protection, donc même pour un niveau d'exposition au bruit quotidien de 80 dB(A).

La liste des tableaux de niveaux sonores ainsi que les tableaux de niveaux sonores (en français, allemand et italien) peuvent être consultés sous [www.suva.ch/waswo/86005](http://www.suva.ch/waswo/86005) et téléchargés au format PDF.

## ÉVALUATION DE L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE AUX VIBRATIONS

### LES VIBRATIONS DANS LES ENTREPRISES

Près de 20 000 personnes travaillant dans environ 2 000 entreprises en Suisse sont exposées à des vibrations considérables à leurs postes de travail. Comme pour le bruit, c'est la responsabilité de l'entreprise d'évaluer le risque dû à l'exposition à des vibrations. Mais pour les petites et moyennes entreprises cette obligation est encore plus difficile à respecter que dans le domaine du bruit, étant donné que mesurer les vibrations est beaucoup plus compliqué que mesu-

rer le bruit. Finalement, ce ne sont pas des mesurages détaillés qui protègent les collaborateurs, mais uniquement les moyens mis en œuvre ! C'est la raison pour laquelle Suva a créé les tableaux de vibrations selon le modèle éprouvé des tableaux de niveaux sonores [1].

## LES TABLEAUX DE VIBRATIONS

Ces tableaux préliminaires (actuellement il y en a huit) se fondent sur une banque de données qui comprend les résultats des mesures effectuées dans différentes entreprises.

La première partie du tableau indique, selon l'activité professionnelle et séparément pour les vibrations mains-bras et les vibrations du corps entier, une évaluation globale du risque et les mesures de protection à prendre :

(1) la valeur limite d'exposition quotidienne est sporadiquement dépassée : information des travailleurs sur les dangers et les effets de l'exposition aux vibrations, instruction des travailleurs sur les mesures de protection possibles et leur utilisation ;

(2) la valeur limite d'exposition quotidienne est également dépassée en moyenne annuelle. En complément de (1) : rechercher des procédés de substitution, entretien préventif des machines et équipements.

La deuxième partie du tableau indique des valeurs caractéristiques pour l'exposition aux vibrations des appareils, outils ou machines et permet de calculer l'exposition quotidienne due à plusieurs sources de vibration (à l'aide d'un tableau Excel qui sera disponible sur [www.suva.ch](http://www.suva.ch) un peu plus tard).

Les tableaux préliminaires sont disponibles sous [www.suva.ch/waswo](http://www.suva.ch/waswo) (recherche avancée, chercher «vibrations» dans les documents).

## DÉVELOPPEMENT CONTINU DES TABLEAUX DE VIBRATIONS

Actuellement, ces tableaux reposent non seulement sur la base de données de la Suva, mais aussi sur une base de données commune de l'IFA (DE), de l'AUVA (AT) et de la Suva. Néanmoins, un élargissement de cette base est souhaitable. C'est pourquoi un échange de données entre l'INRS et la Suva est prévu au cours de l'année 2011.

TABLEAU II

### Tableau de vibrations pour appareils et machines

Tableau des vibrations : industrie du bois et exploitation forestière (II)			
Valeurs vibratoires caractéristiques d'appareils et de machines	HA $a_{hv}$ [ $m/s^2$ ]	WB $a_{cq}$ [ $m/s^2$ ]	Code
<b>Exploitation forestière</b>			
Tronçonneuses à chaîne	14	-	3 408
Tronçonneuses à chaîne munies d'un système antivibratoire	8	-	3 408
Machines à écorcer	15	-	3 403
Engins de débardage, tracteurs forestiers	-	1.5	3 601
Récolteuse complète	-	1	3 601.1
Grues à câble	-	1	3 602
<b>Scierie</b>			3 604
Tronçonneuses à chaîne	8	-	3 408
<b>Menuiserie</b>			3 700
Scies circulaires portables	2	-	3 412
Scies alternative portables	7	-	3 406
Défonceuses portables	5	-	3 418
Machines à raboter portables	2.5	-	3 415
Pistolets d'agrafe	3	-	3 325
Machines à clouer jusqu'à 60 mm	4	-	3 321.1
Machines à clouer jusqu'à 100 mm	7	-	3 321.2
Machines à clouer plus que 100 mm	10	-	3 321.3
Visseuse pneumatique	1.5	-	3 737
Ponceuses à ruban	2.5	-	3 425
Propriétaire, chef d'exploitation	-	-	3 700.1
<b>Charpenterie</b>			3 690
Scies circulaires portables	2	-	

HA = vibrations mains-bras, WB = vibrations du corps entier

## BIBLIOGRAPHIE

[1] HOHMANN B.W., WALDMANN H., 2007/2008 *Bruit dangereux pour l'ouïe aux postes de travail*, Suva 44057.d/f, [www.suva.ch/waswo/44057](http://www.suva.ch/waswo/44057)



## 2.5.

# VERS UNE CALCULETTE INTERACTIVE VIBRATIONS MAIN-BRAS

Plus de deux millions d'employés sont exposés à des vibrations transmises au système main-bras par des machines tenues ou guidées à la main. Le décret n° 2005/746 fixe l'obligation pour l'employeur d'évaluer et, si nécessaire de mesurer, l'exposition vibratoire des salariés.

Une campagne de mesures a été initiée avec les neuf Centres de Mesures Physiques des CARSAT/CRAM pour réaliser une banque de données des amplitudes vibratoires des machines et des valeurs d'exposition quotidienne des opérateurs. Elle doit notamment conduire à développer des solutions simples (par exemple, calculatrice interactive en ligne) pour que les entreprises évaluent elles-mêmes sans faire de mesurage, l'exposition vibratoire quotidienne A(8) de leurs opérateurs de machines tenues ou guidées à la main.

Pour être exploitable, la banque de données doit contenir plusieurs centaines de cas du fait de la diversité des machines et des tâches qu'elles peuvent réaliser. En attendant d'achever ce travail, l'INRS développe une démarche palliative reposant sur les déclarations par les fabricants de machines des niveaux d'émission vibratoires et sur la prise en compte des conditions d'utilisation de la machine.

Il a été montré pour deux familles de machines (meuleuses d'angle et débroussailleuses) que l'estimation pouvait être suffisamment précise si elle s'appuyait sur l'ensemble des valeurs déclarées pour chaque famille de machines et non sur les valeurs individuelles. Il convient de valider cette démarche pour d'autres familles.

► Eric CARUEL, INRS, département Ingénierie des équipements de travail

## APPLICATION DU DÉCRET VIBRATIONS

### RÉGLEMENTATION

La mise en application du décret n° 2005/746 du 04/07/05 [1] impose à l'employeur de prendre en compte, lors de l'évaluation des risques pour la santé et la sécurité des salariés, le risque

vibratoire. L'employeur a l'obligation d'évaluer et, si nécessaire, de mesurer l'exposition quotidienne A(8), en  $m/s^2$ , des salariés aux vibrations mécaniques.

Dans le cas des vibrations transmises aux membres supérieurs par les machines tenues ou guidées à la main, le décret définit deux valeurs limites pour une exposition journalière de 8 heures (cf. *Tableau I*).

**TABLEAU I**

#### Valeurs limites réglementaires d'exposition aux vibrations main-bras

Valeur d'exposition journalière déclenchant l'action (dite «valeur d'action»)	2,5 $m/s^2$	Si elle est dépassée, des mesures techniques et organisationnelles doivent être prises afin de réduire au minimum l'exposition
Valeur limite d'exposition journalière	5,0 $m/s^2$	Ne doit jamais être dépassée

L'exposition quotidienne aux vibrations représente la grandeur vibratoire à comparer à ces deux valeurs seuils. Elle prend en compte à la fois l'*amplitude de la vibration* transmise et la *durée réelle d'exposition* aux vibrations de la personne sur sa journée de 8 heures. Pour les vibrations transmises au système main-bras, les personnes peuvent être amenées à utiliser plusieurs machines vibrantes tenues ou guidées à la main et/ou réaliser différentes tâches avec une ou des machines. Aussi, il y a lieu d'identifier les machines exposant quotidiennement les salariés aux vibrations, auquel il convient d'y associer la durée de fonctionnement de chacune d'elles.

### DÉTERMINATION DES AMPLITUDES VIBRATOIRES

La valeur totale de l'accélération pondérée (notée  $ahv$  en  $m/s^2$ ) caractérise l'amplitude vibratoire d'une machine dans des conditions de fonctionnement définies. Cette valeur prend en compte les accélérations pondérées en fréquence dans les trois axes. Ces accélérations sont relevées au moyen d'un accéléromètre triaxial fixé rigidement sur la surface de préhension où se trouve la main la plus exposée pour les machines tenues à deux mains.

Pour estimer l'amplitude vibratoire des machines utilisées par une même personne, il est possible de se référer :

- à une base de données de mesures [2],
- aux valeurs déclarées par les fabricants dans les notices techniques à partir d'un code d'essais à mentionner,
- à des mesures de vibrations.

Les deux premières sources d'information dites « méthodes simplifiées d'estimation du  $ahv$  » ne nécessitent aucun mesurage sur le terrain et peuvent être appliquées pour les familles de machines vibrantes les plus courantes dans des conditions d'utilisation habituelles. Dans bien des situations, la valeur déclarée du constructeur ne peut être exploitée telle quelle et nécessite souvent de corriger cette dernière (facteurs de correction - voir plus loin).

Dans le cas où la valeur de l'émission vibratoire n'est pas disponible ou représentative de la tâche exercée, des mesures accélérométriques s'avèrent nécessaires.

### DÉTERMINATION DES DURÉES D'EXPOSITION

En ce qui concerne le paramètre de durée quotidienne d'exposition, c'est à l'utilisateur, à l'employeur et au préventeur de déterminer conjointement, et pour chaque machine utilisée, les périodes pendant lesquelles la personne est réellement soumise aux vibrations. Ces périodes ne prennent pas en compte les phases non vibrantes ou d'attente. Ainsi, dans le cas d'une tondeuse à gazon avec panier, les durées correspondant aux opérations pour vider et remettre en place le panier sont exclues du décompte (idem pour le plein en carburant).

Ce paramètre est souvent difficile à estimer dans la mesure où il est susceptible de varier d'un jour à l'autre et peut nécessiter une investigation en temps importante. Dans tous les cas, cette estimation demande une étude détaillée des conditions d'utilisation et de fonctionnement des machines. Bien souvent, les durées réelles d'exposition de ces dernières sont largement surestimées sans une analyse précise de leur utilisation.

Il est possible d'extrapoler les durées d'exposition à partir d'une analyse détaillée sur une ou plusieurs phases de travail, comme :

- compter le nombre de perforations, de découpes, de clous, de vis, de boulons... entrant dans une tâche effectuée pendant un temps donné,
- calculer le temps mis pour réaliser une opération sur une surface donnée,
- déterminer le nombre de disques usés sur la journée, de pleins de carburant... consommés par unité de temps.

Ces évaluations peuvent conduire à considérer les fourchettes haute et basse en cas de fluctuations journalières trop importantes de ces durées.

Notons qu'il est également possible d'évaluer la durée d'utilisation d'une machine sur une longue période au moyen d'un chronomètre sensible au mouvement.

Quelle que soit la méthode de calcul du  $A(8)$  retenue, cette étape est indispensable.

## ÉVALUATION DE L'EXPOSITION VIBRATOIRE SANS MESURAGE

### BASE DE DONNÉES ET CALCULETTE INTERACTIVE

#### Cas des vibrations des machines mobiles

Une campagne vibration a été réalisée aux postes de conduite de plus de 600 engins de chantier par les laboratoires des 9 Centres de Mesures Physiques (CMP) des CARSAT/CRAM et l'INRS.

Les résultats vibratoires de cette campagne ont été classés en une vingtaine de familles au sein d'une base de données pour être utilisés dans une calculatrice interactive accessible sur le site de l'INRS (dossier Vibrations). Cette dernière permet, sans faire de mesurages et via des menus déroulants, d'estimer l'exposition aux vibrations transmises à l'ensemble du corps  $A(8)$ . Dans un premier temps, l'utilisateur de la calculatrice sélectionne la ou les familles d'engins conduits par une personne. Dans un deuxième temps, il définit pour chaque engin les conditions d'utilisation (sol, vitesse, tâche, siège...) et la durée d'exposition réelle.

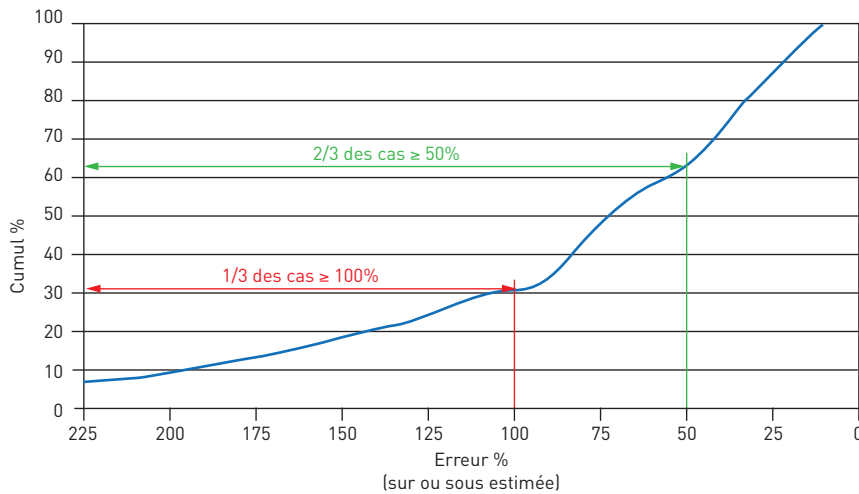
En fonction des conditions d'utilisation, l'amplitude vibratoire retenue est déduite automatiquement des 3 valeurs suivantes calculées sur un grand nombre de mesures : les 25<sup>e</sup>, 50<sup>e</sup> et 75<sup>e</sup> percentiles. Si l'engin est utilisé dans des conditions vibratoires favorables (ou sévères), le calcul prendra en compte le 25<sup>e</sup> percentile (ou 75<sup>e</sup> percentile). Un questionnaire spécifique à la catégorie d'engins permet de choisir le niveau de ces conditions.

#### Cas des vibrations des machines tenues à la main

Une démarche analogue a été entreprise pour ce qui est des vibrations transmises aux mains et aux bras. La campagne initiée depuis 2 ans par les CMP et l'INRS devra permettre à terme d'estimer le niveau vibratoire émis par une machine à partir d'une calculatrice basée sur le même principe que pour les vibrations globales du corps. En quelques questions/réponses sur la machine et ses conditions d'utilisation

FIGURE 1

## Rapport entre valeurs mesurées et déclarées sur 150 machines



complétée par la durée d'exposition, cette calculatrice donnera accès à la valeur vibratoire émise par la(es) machine(s) utilisées mais également à la dose vibratoire quotidienne perçue par la personne.

Aujourd'hui, compte tenu de la grande variété de machines portatives existantes sur le marché, de la diversité des tâches vibrantes et du nombre de mesurages insuffisant par type de machines, l'exploitation d'une telle base pour alimenter une calculatrice interactive n'est pas encore possible.

### VALEURS DÉCLARÉES PAR LES FABRICANTS ET CALCULETTE

Dans l'attente que la collecte de mesures d'exposition aux vibrations s'amplifie pour alimenter la base de données, une démarche palliative basée sur l'exploitation des valeurs déclarées par les fabricants est testée. Elle consiste à étudier la pertinence de se référer aux valeurs d'émission vibratoires déclarées par les constructeurs dans les notices techniques (ou bases de données et catalogues constructeurs accessibles par internet) pour estimer sans mesurage la valeur d'exposition quotidienne des opérateurs.

La norme européenne FD CEN/TR 15350 : 2006 [3] mentionne la possibilité d'utiliser les valeurs d'émission vibratoire déclarées par les constructeurs pour chaque modèle de machines. Chaque valeur déclarée doit être référencée à un code d'essai de mesure spéci-

fique pour les machines thermiques, électriques ou pneumatiques.

La directive Machines [4] de 2006 stipule qu'à partir de 2010 au plus tard, le mesurage des valeurs déclarées doit être réalisé sur la surface de préhension dans les trois axes et non dans l'axe dominant comme cela était souvent le cas auparavant. Suivant la source d'énergie, le code d'essai utilisé et le type de mesurage (1 ou 3 axes et tâches simulées ou réelles), des facteurs correctifs sont à appliquer aux valeurs déclarées. Ces facteurs multiplicatifs varient de 1 à 2 et sont mentionnés dans des tableaux annexés à la norme FD CEN/TR 15350.

Sur un panel de 150 machines tenues à la main (toutes familles confondues), les valeurs d'amplitude vibratoire mesurées sur ces dernières ont été comparées individuellement aux valeurs déclarées par les fabricants en tenant compte des corrections mentionnées par la norme FD CEN/TR 15350. La *Figure 1* montre que le rapport entre valeurs mesurées et déclarées (sur ou sous-estimée) pouvait excéder 100 % dans un tiers des cas.

De ce fait, la méthode directe basée sur la valeur déclarée spécifique pour évaluer l'apport vibratoire d'une machine ne peut être recommandée telle quelle. Aussi, une démarche palliative a été développée. Cette démarche globale s'appuie sur l'ensemble des valeurs déclarées par les fabricants par famille de machines et sur la prise en compte des conditions d'utilisation.

## PRINCIPE DE LA DÉMARCHE GLOBALE BASÉE SUR LES VALEURS DÉCLARÉES

Cette étude se propose de comparer pour quelques familles de machines, les amplitudes vibratoires mesurées avec celles déclarées par les fabricants et corrigées selon la norme. Le choix des machines a été fait à partir de l'état actuel de la base de données des mesures de vibrations main-bras, c'est-à-dire en privilégiant les machines mesurées les plus nombreuses : la meuleuse d'angle pneumatique ou électrique et la débroussailluse thermique.

La démarche consiste donc pour une famille de machines à recenser, d'une part, dans la base de données actuelle toutes les machines mesurées pour lesquelles il existe des informations vibratoires (valeurs déclarées et codes d'essais) et techniques (poids, puissance, vitesse de rotation, cadence de frappe, couple...) et à répertorier, d'autre part, par fabricant, ces données vibratoires et techniques pour l'ensemble des modèles du type de machines considéré.

Quand la marque et le modèle de la machine peuvent être identifiés dans la base de données (ce qui n'est pas toujours le cas), l'accélération mesurée est associée à celle déclarée et à la référence du code d'essai. Dans la pratique, la valeur déclarée n'est pas toujours facilement accessible et le code d'essai est parfois introuvable, ce qui rend difficile l'exploitation de cette dernière pour tenir compte du facteur correctif à adopter.

Pour les besoins de cette analyse comparative, il a été retenu, par famille de machines, trois constructeurs représentatifs du marché et pour lesquels les caractéristiques vibratoires (émission vibratoire et code d'essai) étaient accessibles par internet.

Toutes les valeurs d'émission déclarées par les fabricants et prises en compte dans cette étude comparative tiennent compte des facteurs correctifs de la norme FD CEN/TR 15350.

## PRISE EN COMPTE DES CONDITIONS D'UTILISATION DES MACHINES

Une machine tenue à la main vibre différemment selon la façon dont elle est utilisée et entretenue. Aussi les conditions d'utilisation des machines ont été classées en trois niveaux (conditions : favorable, normale et sévère), à partir d'un questionnaire (cf. *Tableau II*).

Ces conditions sont définies en fonction du nombre de réponses négatives (0 = favorable - 1 = normale et 2 = sévère) et correspondent respectivement aux percentiles 25, 50 et 75 des valeurs vibratoires déclarées et de celles mesurées.

### VALIDATION DE LA CALCULETTE ISSUE DES VALEURS DÉCLARÉES

#### Cas des meuleuses d'angle pneumatiques ou électriques

Pour déterminer les valeurs d'émission vibratoire des meuleuses d'angle, les fabricants doivent se reporter (ou ont dû se reporter), selon la date des mesures et la source d'énergie, aux codes d'essais suivants : ISO 8662-4 [5], EN 50144-2-3 [6] ou NF EN ISO 28927-1 [7].

En fonction de l'ensemble des valeurs déclarées par les fabricants retenus (informations fabricants par internet) et corrigées d'un facteur multiplicatif de 1 ou de 1,5, la *Figure 2* regroupe les résultats issus de plus d'une cinquantaine de référence de meuleuses d'angle pour les trois conditions d'utilisation de ces machines (percentiles 25, 50 et 75).

La *Figure 2* intègre également les valeurs vibratoires des meuleuses d'angle ayant fait l'objet d'un mesurage in situ et dont les caractéristiques techniques et vibratoires ont pu être trouvées (soit une dizaine de machines dont 1/3 de pneumatiques).

La similitude des valeurs déclarées par les fabricants pour les percentiles 25 et 50 traduit le fait que beaucoup de ces valeurs déclarées sont inférieures à 2,5 m/s<sup>2</sup> (soit 3,75 m/s<sup>2</sup> corrigée).

TABLEAU II

### Questionnaire sur les conditions d'utilisation des machines portatives

Question	Réponse
La machine est-elle dotée d'un dispositif antivibratile recommandé par le fabricant (système antibalourd, poignée suspendue, plot visco-élastique...) ?	OUI / NON
Les outils (fleuret, disque à meuler...), les accessoires (support de disque à poncer...) sont-ils recommandés par le fabricant ?	OUI / NON / Non concerné
La machine et l'outil sont-ils adaptés à la tâche ?	OUI / NON
L'outil fait-il l'objet d'une maintenance périodique ?	OUI / NON / Non concerné
La machine fait-elle l'objet d'une maintenance périodique ?	OUI / NON
Les dispositifs antivibratiles font-ils l'objet d'une maintenance périodique ?	OUI / NON / Non concerné
L'opérateur est-il formé à l'utilisation de la machine et de l'outil (savoir faire et remplacement outil usagé) ?	OUI / NON

FIGURE 2

### Valeurs vibratoires déclarées et mesurées de meuleuses d'angle

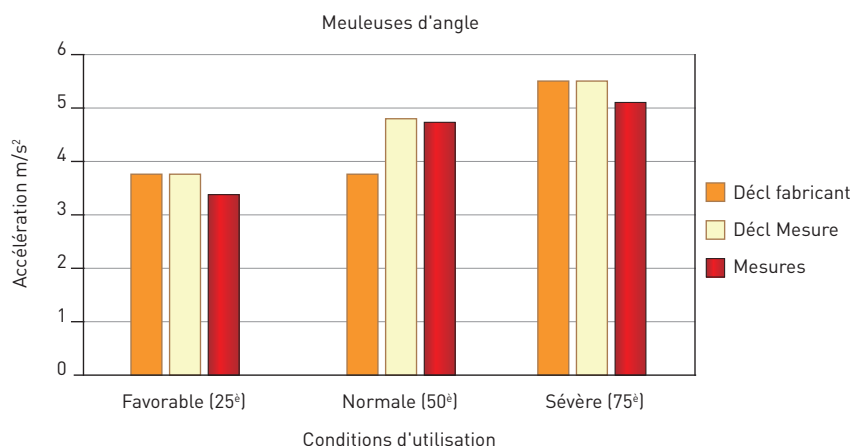
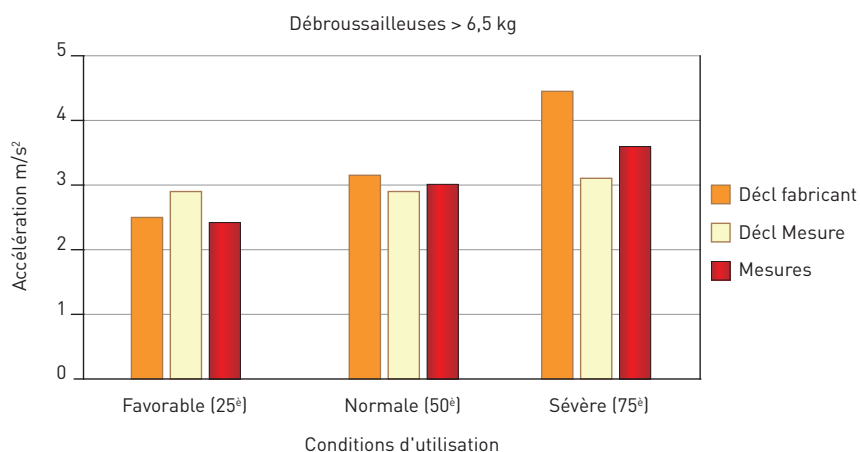


FIGURE 3

### Valeurs vibratoires déclarées et mesurées de débroussailleuses > 6,5 kg



La différence entre les percentiles 25 et 75 des valeurs déclarées est relativement faible. Ces résultats ne nécessitent pas de répartir l'ensemble des machines considérées en plusieurs sous-familles selon un critère de puissance, de masse ou autre.

Sur les machines mesurées *in situ*, on constate une bonne corrélation entre les valeurs d'émission vibratoire déclarées et corrigées et celles mesurées.

L'erreur (surestimation ou sous-estimation par rapport aux trois classes d'utilisation) se situe autour de 10 %.

Cette figure montre que suivant les conditions d'utilisation des meuleuses d'angle, les valeurs déclarées et corrigées des trois fabricants retenus sont en adéquation avec celles mesurées sur la zone de préhension de ces machines.

Il est donc acceptable dans l'état actuel de la base, de se référer aux valeurs de la *Figure 1* pour faire une estimation de l'amplitude vibratoire d'une meuleuse d'angle en fonction de ces conditions d'utilisation (favorables, normales et sévères associées aux percen-

tiles 25, 50 et 75) indépendamment de tout autre critère.

Associée à la durée d'exposition, cette valeur permet d'évaluer l'exposition quotidienne aux vibrations A(8) de la personne.

### Cas des débroussailleuses thermiques

Une démarche analogue sur des débroussailleuses de plus de 6,5 kg montre que, pour cette sous-famille de débroussailleuses, les valeurs d'émission vibratoire issues des fabricants (code d'essais : ISO 7916 [8] remplacé par NF EN ISO 22867 [9] en 2004) et déterminées suivant trois conditions d'utilisation (*cf. Figure 3*) sont exploitables dans le but de faire une estimation rapide et sans mesurages de l'exposition quotidienne A(8). Les valeurs calculées avec l'outil type fil ou couteau sont similaires. Dans le cas des débroussailleuses évaluées sur le terrain, l'erreur entre valeurs déclarées et mesurées atteint 20 %.

## CONCLUSION

Aujourd'hui, la base de données de mesures des expositions aux vibrations main-bras n'est pas encore suffisante pour alimenter une calculatrice interactive. En attendant, une démarche palliative a été entreprise. Elle consiste à déterminer les valeurs d'émission vibratoire à partir de l'ensemble des valeurs déclarées par les fabricants pour une famille de machines données. Ces valeurs sont corrigées conformément à la norme FD CEN/TR 15350 et associées aux conditions d'utilisation des machines par l'opérateur. Les tests effectués sur deux familles de machines (meuleuses d'angle et débroussailleuses) montrent l'intérêt de cette méthode. Les mesures accélérométriques réalisées *in situ* sur machines doivent se poursuivre pour permettre de valider la faisabilité de cette démarche.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] Décret «Vibration» n° 2005/746 du 04/07/05, 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.

[2] Guide de bonnes pratiques en matière de vibrations mains-bras, août 2007 - commission européenne.

[3] Norme européenne FD CEN/TR 15350, 2006 : Guide pour l'évaluation de l'exposition aux vibrations transmises à la main à partir de l'information disponible, y compris de l'information fournie par les fabricants de machines.

[4] Directive Machines 2006/42/CE du 17 mai 2006, relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE.

[5] Norme ISO 8662-4, juillet 1995, Machines à moteur portatives - Mesurage des vibrations au niveau des poignées - Partie 4 : Meuleuses.

[6] Norme EN 50144-2-3, 2002, Sécurité des outils électroportatif à moteur - Partie 2-3 : Règles particulières pour les meuleuses, ponceuses du type à disque et lustreuses.

[7] Norme NF EN ISO 28927-1, août 2010, Méthodes d'essai pour l'évaluation de l'émission de vibrations - Partie 1 : Meuleuse verticales et meuleuses d'angles.

[8] Norme ISO 7916, 1989, Machines forestières. Débroussailleuses portatives. Mesurage des vibrations transmises aux mains (remplacée par [9]).

[9] Norme NF EN ISO 22867, 2009, Code d'essai des vibrations pour machines portatives tenues à la main à moteur à combustion interne - Machines forestières - Vibrations au niveau des poignées.