

# **STRATÉGIE SOBANE DE PRÉVENTION DES RISQUES DUS À L'EXPOSITION AUX VIBRATIONS CORPS TOTAL OU AUX VIBRATIONS MAINS-BRAS**

**A. PIETTE, J. MALCHAIRE**

Unité Hygiène et Physiologie du Travail, Université catholique de Louvain

Clos Chapelle-aux-Champs 3038, B - 1200 Bruxelles, Belgique

Tél : 02/ 764 32 29 – Fax : 02/764 39 54

[Malchaire@hytr.ucl.ac.be](mailto:Malchaire@hytr.ucl.ac.be)

## **RESUME**

### **Objectifs**

L'objectif a été de développer un ensemble cohérent de méthodes pouvant être utilisées efficacement en industrie pour prévenir et gérer les risques liés à l'exposition aux vibrations, en coordonnant l'intervention progressive des travailleurs, de leur encadrement, des spécialistes en sécurité et en santé (les préventeurs: médecins du travail, responsables sécurité, ergonomes...) et des experts. Les méthodes ont été développées séparément pour l'exposition aux vibrations de l'ensemble du corps associées le plus souvent à la conduite d'engins roulants et pour l'exposition aux vibrations des membres supérieurs associées à l'utilisation de machines vibrantes.

### **Résultats**

La stratégie de prévention des risques **SOBANE** en quatre niveaux (niveau 1- **Dépistage**, niveau 2 - **Observation**, niveau 3 - **Analyse**, niveau 4 – **Expertise**) a été publiée. Les méthodes permettant d'appliquer cette stratégie ont été développées pour 14 domaines de risques différents (bruit, éclairage, produits chimiques, sécurité, machines...). L'article présente les méthodes spécifiques à la prévention des risques liés à l'exposition aux vibrations.

### **Conclusions**

Une stratégie est présentée, similaire à celle publiée ou proposée pour les risques en acoustique, en thermique et pour les troubles musculosquelettiques. Elle reconnaît explicitement la compétence des travailleurs et de leur encadrement en ce qui concerne les situations de travail et part du principe que mesurer l'exposition des travailleurs n'est pas un pré-requis absolu pour commencer à apporter des solutions de prévention.

**Mots clés:** Prévention, Gestion des risques, vibrations corps total, vibrations mains-bras

## **SAMENVATTING**

### **Doelstelling**

Het doel was een samenhangende verzameling van methoden te ontwikkelen die efficiënt gebruikt kunnen worden in de industrie ter voorkoming en beheer van risico's verbonden aan het blootstellen aan trillingen, door het inspelen van de progressieve interventie van de werknemers, van hun staf, van vakmensen in veiligheid en gezondheid (deskundigen: arbeidsgeneesheren, verantwoordelijke veiligheid, ergonomen...) en van deskundigen terzake. De methoden werden afzonderlijk ontwikkeld voor de blootstelling aan globale lichaamstrillingen, meestal verbonden aan het besturen van voertuigen en voor de blootstelling aan trillingen van het hand-arm-systeem, verbonden aan het gebruik van trillende machines.

### **Resultaat**

Het preventiebeleid van de **SOBANE** risico's in vier niveaus (niveau 1- **Opsporing**, niveau 2 - **Observatie**, niveau 3 - **Analyse**, niveau 4 – **Expertise**) werd gepubliceerd. De methoden die het toelaten dit beleid toe te passen werden ontwikkeld voor 14 verschillende risico domeinen (lawaai, verlichting, chemische producten, veiligheid, machines...). Dit artikel stelt de methoden voor kenmerkend aan de risicopreventie die verbonden zijn aan het blootstellen van trillingen.

### **Besluit**

Een strategie wordt voorgesteld, gelijksoortig aan dit gepubliceerd of aangeboden voor de akoestische en thermische risico's en voor RSI (musculoskeletale aandoeningen). Zij herkent uitdrukkelijk de bekwaamheid van de werknemers en van hun staf voor wat de werkomstandigheden aangaat en gaat ervan uit dat de stelling van het meten van blootstelling van de werknemers geen absolute vereiste is om met het aansnijden van preventie oplossingen aan te kaarten.

**Sleutelwoorden:** Preventie, globale lichaamstrillingen, hand-arm trillingen, beheer van beroepsrisico's

## **SUMMARY**

### **Objectives**

The objective was to develop a coherent set of methods to be used effectively in industry to prevent and control the risks related to vibration exposure, in coordinating the progressive intervention of the workers, their management, occupational health specialists and experts. The methods were developed separately for the exposure to whole-body vibration associated essentially to driving and for the exposure to hand-arm vibration associated to the used of vibrating machines.

### **Results**

The strategy of risk prevention **SOBANE** in four stages (stage 1 **Screening**, stage 2 - **Observation**, stage 3 - **Analysis**, stage 4 – **Expertise**) was published. The methods making it possible to apply this strategy were developed for 14 fields of different risks (noise, lighting, chemicals, safety, machines...). The article presents the methods specific to the prevention of the risks related to the exposure to vibration.

### **Conclusions**

A strategy is presented, similar to those published or proposed for acoustical and thermal risks and musculoskeletal disorders. It explicitly recognises the competency of the workers and their management about their working situations and starts from the principle that knowledge about how to measure vibration and about their health effects are not an absolute prerequisite for initiating solutions.

**Keywords :** Prevention, risk management, hand-arm vibration, whole body-vibration

## **INTRODUCTION**

La Directive européenne 2002/44/CE du 25 juin 2002 <sup>(1)</sup> présente des valeurs limites d'exposition à la fois pour les vibrations pénétrant par les mains-bras (vibrations manubrachiales) et les vibrations pénétrant par les pieds et le siège (vibrations corps-total). Toute une série d'actions sont associées à ces valeurs limites. En Belgique, un arrêté royal est actuellement (septembre 2004) en préparation afin de transcrire en droit belge cette directive européenne. Cet AR et ses annexes constitueront le chapitre IV du titre IV du Code sur le Bien Etre au travail.

Cette nouvelle réglementation en matière d'exposition aux vibrations (Directive européenne 2002/44/CE) <sup>(1)</sup> définit pour la première fois des valeurs limites. Contrairement à ce que pourrait laisser supposer l'établissement de telles valeurs, la directive ne demande pas de réduire l'exposition à un niveau inférieur à ces valeurs limites mais bien de supprimer à la source les risques ou de les réduire au minimum en tenant compte du progrès technique et des mesures de prévention possibles.

Ainsi, la directive relative aux vibrations donne les accélérations de  $2,5 \text{ ms}^{-2}$  comme valeur d'action et de  $5 \text{ ms}^{-2}$  comme valeur limite d'exposition en ce qui concerne les vibrations pénétrant par la main et affectant le système main-bras. La directive ne demande donc pas de réduire une exposition aux vibrations de par exemple  $4 \text{ ms}^{-2}$  à une accélération inférieure à  $2,5 \text{ ms}^{-2}$  mais bien à une valeur aussi basse que possible et par exemple en dessous de  $1 \text{ ms}^{-2}$  si cela est possible techniquement et à une valeur de  $3 \text{ ms}^{-2}$  si seule une réduction de 25% est possible. Bien entendu, dans ce dernier cas, l'exposition doit être documentée et un programme d'actions techniques et organisationnelles complémentaires doit être mis en place.

Selon le modèle d'estimation de troubles vasculaires proposé par la norme ISO 5349 (2001)<sup>(2)</sup>, le pourcentage de personnes susceptibles de montrer des troubles vasculaires serait de 36% après une exposition de 10 ans à une accélération équivalente de  $4 \text{ ms}^{-2}$  8 heures par jour. Diminuer cette exposition de 25% et donc la ramener à une valeur d'accélération de  $3 \text{ ms}^{-2}$  réduirait le risque de troubles vasculaires à moins de 20% des personnes exposées soit une réduction de près de la moitié des personnes. Cet exemple souligne l'importance première à accorder aux mesures de prévention pour réduire l'exposition autant que possible et non pas uniquement pour être en dessous des valeurs limites et respecter la réglementation. Il n'est pas rare dans le domaine du bruit par exemple de voir des situations où rien n'est fait parce qu'on sait qu'il serait difficile de réduire l'exposition au bruit en dessous des valeurs limites et le recours à des protections individuelles est alors la seule action adoptée.

Lors de la mise en œuvre de cette directive dans les états membres et en particulier en Belgique, il ne faudrait donc pas tomber dans l'erreur de vouloir mesurer à tout prix avant de mener des actions de prévention. Cette erreur fut commise notamment avec la directive bruit<sup>(3)</sup> récemment modifiée par la directive 2003/10/CE<sup>(4)</sup>.

Au lieu de mesurer les vibrations, il y a lieu de s'intéresser en premier lieu à ce qui peut être fait pour améliorer les sources de vibration (engins roulants, machines vibrantes...), les activités réalisées, les outils, l'environnement (posture, exposition au froid, bruit...) afin de réduire les niveaux d'exposition. Une évaluation plus précise (**Analyse**) ou des mesurages (**Expertise**) de l'exposition peuvent s'avérer nécessaires par la suite pour approfondir l'étude de la situation de travail et la recherche de solutions. Ceci correspond parfaitement aux exigences de la directive européenne (2002/44/CE)<sup>(1)</sup> : "... l'employeur évalue, et si nécessaire, mesure les niveaux de vibrations mécaniques auxquels les travailleurs sont exposés..." (article 4.1)

L'évaluation précise de l'exposition aux vibrations est particulièrement difficile<sup>(2, 5)</sup>: instrumentation coûteuse, 3 voire 6 axes à prendre en compte, filtres de pondération tenant compte de la sensibilité fréquentielle du corps humain selon ces différents axes (colonne vertébrale et système main bras), fixation des accéléromètres aux poignées des machines... L'expérience montre que les instruments de mesurage des vibrations sont complexes et difficiles à utiliser sans l'assistance de personnes spécialisées dans les vibrations. L'interprétation des résultats (différents axes, différents filtres de pondération, différents paramètres...) requiert également cette assistance. Aussi, des mesurages par des personnes non formés seraient une erreur et doivent être évités.

A ces problèmes inhérents au mesurage des vibrations, vient s'ajouter la problématique de la représentativité des mesurages. De par la difficulté et le coût de ces mesurages, ceux-ci sont généralement réalisés sur de courtes périodes (5 à 30 minutes). Quelle est la représentativité de cette période lorsque les conditions d'utilisation des engins roulants ou des machines vibrantes sont prédominantes dans l'origine et l'importance des vibrations. Comme clairement démontré dans le domaine du bruit par Malchaire et Piette (1997)<sup>(6)</sup>, l'évaluation précise du niveau d'exposition personnelle aux vibrations est extrêmement complexe dans la plupart des environnements industriels. Le recours à des mesurages ne devrait donc se faire que lorsque ils sont nécessaires et quand toutes les possibilités de résoudre le problème ont été étudiées.

Si le mesurage des vibrations permet de déterminer l'ampleur de l'exposition et le risque encouru, il ne permet pas directement de déterminer ce qu'il faut faire pour réduire cette exposition. En effet, comme dans d'autres domaines tels que la chaleur<sup>(7,8)</sup>, le bruit<sup>(9)</sup> ou les troubles musculosquelettiques<sup>(10)</sup>, la prévention des risques par la réduction à la source ou par l'amélioration des conditions de travail n'exige pas nécessairement des mesurages mais peut dans beaucoup de cas être programmée par l'observation soignée et détaillée des conditions de travail.

La participation des travailleurs (conducteurs, utilisateurs de machines vibrantes, techniciens responsables des entretiens...) est indispensable non seulement à la recherche de solutions efficaces (réparation du chemin de roulage, adaptation de la vitesse de roulage, utilisation correcte de la machine vibrante...) mais également pour l'évaluation de l'exposition (durées et circonstances d'utilisation des engins roulants ou des machines vibrantes). De nombreuses études<sup>(11, 12,13, 14,15,16,17,18,19)</sup>, ont en effet montré l'influence majeure des conditions d'utilisation (état du chemin de roulage, état des suspensions, vitesse de roulage, choix des pneumatiques, force exercée sur l'outil, état de l'outil...) sur l'exposition aux vibrations. Seuls les travailleurs possèdent la connaissance de ces conditions. Même lorsque des mesurages sont nécessaires, ce qui implique la présence d'un expert en vibrations, leur participation reste indispensable pour s'assurer de la représentativité de ces mesurages vis à vis des conditions réelles d'utilisation.

Depuis le 1 janvier 1995, une directive<sup>(20)</sup> impose aux fabricants d'indiquer dans la notice d'instruction de leur machine la valeur de l'amplitude des vibrations si celle-ci dépasse  $2,5 \text{ ms}^{-2}$  pour l'exposition des membres supérieurs. Si elle reste inférieure à  $2,5 \text{ ms}^{-2}$ , cela doit être mentionné. Suite aux différentes révisions de cette directive<sup>(21)</sup> et proposition<sup>(22)</sup>, il est également demandé aux fabricants d'indiquer la valeur similaire pour l'exposition de l'ensemble du corps si cette valeur dépasse  $0,5 \text{ ms}^{-2}$ , la définition de machine par la directive englobant notamment les engins de levage mais pas les moyens de transport. Ces valeurs doivent être déterminées selon un code d'essai approprié au type de machine vibrante<sup>(23)</sup>. Si ces valeurs sont utiles pour encourager les fabricants à mettre sur le marché des machines avec des niveaux de vibration moindres, elles ne peuvent cependant guère servir pour évaluer l'exposition aux vibrations de l'utilisateur, à nouveau de par la prépondérance des conditions d'utilisation. Elles restent cependant intéressantes pour l'utilisateur lors de l'achat de la machine et de sa comparaison avec d'autres machines.

L'objectif principal de l'analyse des risques liés à l'exposition aux vibrations n'est en fait pas de quantifier ces risques mais de les prévenir ou de les éliminer ou à tout le moins de les réduire. Le mesurage éventuel de l'exposition aux vibrations intervient donc plus tard pour par exemple évaluer le risque résiduel.

La stratégie **SOBANE** et les méthodes associées décrites dans ce document sont conçues dans cet esprit et permettent de rassembler l'information nécessaire à la recherche des mesures de prévention ou d'amélioration de ces risques.

## **PHILOSOPHIE GENERALE DE LA STRATEGIE SOBANE**

La philosophie détaillée de la stratégie SOBANE a été publiée<sup>(24)</sup> et est également disponible sur le site internet [www.sobane.be](http://www.sobane.be). Seuls les principaux points de celle-ci sont rappelés ci-dessous.

La stratégie SOBANE comprend quatre niveaux d'intervention pour lesquels des méthodes ont été développés:

- **Niveau 1, "Dépistage"**

Idéalement, le **Dépistage** des risques d'une situation de travail ne devrait pas se faire facteur de risque par facteur de risque (bruit, vibrations, produits chimiques dangereux...) mais de manière la plus globale possible. Pour mener à bien ce **Dépistage**, la méthode participative **Déparis** (**Dépistage participatif des risques**) a été développée, est publiée par le SPF Emploi, Travail et Concertation sociale (Malchaire 2003)<sup>(25)</sup> et est disponible sur le site [www.sobane.be](http://www.sobane.be).

Lorsque ce **Dépistage** (réunion de 2 heures) a mis en évidence des problèmes ou a suscité des questions relatives à un problème particulier (par exemple, l'exposition aux vibrations), l'étude de la situation de travail est poursuivie au niveau 2, séparément pour chaque facteur de risque.

- **Niveau 2, "Observation"**

Il consiste en une réunion (durée: 2 heures) entre les travailleurs et leur encadrement technique, au cours de laquelle sont abordés les problèmes spécifiques à un facteur de risque particulier (par exemple l'exposition aux vibrations mains-bras). La méthode **d'Observation** est donc en quelque sorte la poursuite de la discussion entamée par les personnes de l'entreprise lors du **Dépistage** mais en prenant le temps d'aller plus au fond des choses pour ce facteur de risque.

La réunion est tenue à proximité des postes de travail et des solutions immédiates sont discutées directement en situation réelle. Aucune référence n'est faite à des mesurages et les meilleures solutions possibles sont recherchées.

En fin de réunion, le groupe dresse le bilan des propositions émises, estime le risque actuel et résiduel et décide de la nécessité ou non de poursuivre l'étude par le niveau suivant **Analyse** de la stratégie.

- **Niveau 3, "Analyse"**

A ce niveau, l'assistance d'un préventeur (spécialiste dans la gestion des problèmes de santé et de sécurité et pas nécessairement dans le domaine abordé, typiquement un conseiller en prévention) est requise et des techniques d'investigation plus spécifiques et plus coûteuses sont utilisées pour identifier des mesures de prévention plus techniques. Le préventeur travaille en collaboration avec le groupe constitué aux niveaux précédents et part du travail déjà accompli par celui-ci.

A nouveau, le groupe, avec l'aide du préventeur, est invité à porter un jugement sur l'efficacité des mesures de prévention envisagées et à estimer ce que deviendra le risque. Si cela n'est pas possible ou si le risque reste toujours inacceptable, l'étude doit être poursuivie au niveau suivant.

- **Niveau 4, "Expertise"**

Avec l'assistance d'un expert dans le domaine, des mesurages sont possibles par exemple pour identifier des problèmes spécifiques et trouver les solutions optimales.

En ce qui concerne l'exposition aux vibrations, les amplitudes d'accélération peuvent ainsi être mesurées de manière à estimer le risque réel et à déterminer à nouveau les priorités, mais essentiellement pour comprendre les raisons de l'exposition.

## MÉTHODES SOBANE APPLIQUÉES AUX VIBRATIONS

La méthode **Déparis**<sup>(25)</sup>, premier niveau **Dépistage** de la stratégie **SOBANE**, se veut globale en s'intéressant à tous les aspects de la situation de travail. Une des 18 rubriques de **Déparis** concerne spécifiquement l'exposition aux vibrations. De par la globalité souhaitée au niveau du **Dépistage**, il serait inopportun et contraire à la philosophie **SOBANE** de vouloir utiliser cette rubrique isolément des autres et du contexte de la méthode **Déparis**.

Les méthodes **d'Observation** et **d'Analyse** sont proposées, conformément à la stratégie **SOBANE**, afin de poursuivre la recherche de solutions aux problèmes dépistés par la méthode **Déparis**. Ce sont ces méthodes qui sont présentées et commentées dans la suite de cet article, pour les risques liés aux vibrations.

Cet article aborde à la fois les risques liés aux vibrations corps-total et aux vibrations mains-bras sont abordés ici. Les méthodes de prévention **SOBANE** ont cependant bien été

développées séparément tant les problématiques sont différentes: les effets engendrés et la localisation de ceux-ci (colonne vertébrale ou système main-bras); l'origine des vibrations (engins roulants ou machines portatives vibrantes) et donc les mesures de réduction de ces vibrations; les facteurs biomécaniques aggravants (posture statique assise ou efforts exercés pour porter et utiliser la machine); les circonstances de travail (les durées d'utilisation souvent plus courtes pour les machines que pour la conduite d'un engin, le nombre de machines différentes alors qu'il est plus rare de conduire différents types d'engins, ...).

A chaque niveau de la stratégie **SOBANE**, le document rappelle brièvement qui sont les acteurs, quelles sont les objectifs et comment utiliser la méthode.

Le document a été rédigé de manière claire et concise afin de guider les utilisateurs de la méthode dans leur étude de la situation de travail. Ainsi fournit-il aux acteurs d'un niveau uniquement l'information utile à ce niveau d'intervention pour leur permettre d'en atteindre les objectifs: rechercher des solutions, estimer le risque et dresser un bilan de la situation.

Une information complémentaire aux méthodes et adaptée aux acteurs des différents niveaux de la stratégie **SOBANE** a été développée en complément. Elle se présente sous forme d'une série de fiches d'aide liées par des liens hypertextes aux différents points de la méthode.

## **NIVEAU 2, "OBSERVATION"**

Le niveau 2, **Observation**, est conçu pour être utilisé par les personnes du terrain sans l'assistance nécessairement de spécialistes ou d'experts. La méthode décourage donc les mesurages et se base sur l'opinion moyenne non pas d'une mais des personnes directement concernées par la situation de travail.

Cette opinion peut ne pas refléter correctement les risques réellement encourus. Elle peut tout autant les surestimer que les sous-estimer, selon la prise de conscience et la formation des personnes concernées. Cependant, et contrairement aux mesurages, elle a l'avantage de refléter comment les travailleurs vivent leur exposition aux vibrations non pas à un moment donné mais dans différentes circonstances de travail et, à ce stade **d'Observation**, nous paraît la moins mauvaise voire la meilleure base de discussion.

### **1. Vibrations corps-total**

En acoustique, le niveau sonore peut être estimé assez rapidement par le niveau de la voix nécessaire à une conversation entre deux personnes proches. Cette estimation, bien que grossière, permet de distinguer entre des problèmes d'inconfort ou de contraintes de différentes sévérités.

Similairement, la perception de l'intensité des vibrations collégialement par les personnes exposées peut être obtenue par comparaison à 4 situations d'exposition courantes:

- voiture sur asphalte (confort)
- camion sur route ordinaire (inconfort léger)
- camion sur pavés (risque moyen)
- chocs (risque élevé)

Afin de déterminer des solutions efficaces pour réduire l'exposition aux vibrations, la procédure **d'Observation** demande de récolter toutes les informations disponibles en ce qui concerne les engins roulants: description, ancienneté, poids, charge nominale, charge réelle, suspensions, siège, ...

La ou les activités réalisées avec chaque engin sont ensuite identifiées, décrites et discutées, notamment en ce qui concerne la pertinence d'utiliser tel engin pour réaliser telle tâche. Une discussion sur la durée approximative de chacune de ces activités permet également de revoir l'organisation optimale des travailleurs.

Les conditions de roulage sont responsables en grande partie des vibrations des engins roulants. Les conditions de roulage pour chaque activité sont dès lors abordées afin d'estimer leur influence sur l'intensité de l'exposition mais aussi et surtout afin de trouver les solutions

adéquates: type de chemin de roulage (route, rails, ...), état du chemin de roulage, présence de chocs provoqués par des trous ou des inégalités du chemin, vitesse de roulage.

L'état de l'engin, du siège, des pneus, des suspensions ... est considéré également puisqu'il influence de manière déterminante l'amplitude des vibrations: la politique d'entretien des engins est cette fois étudiée.

La méthode **d'Observation** aborde également la posture adoptée par le travailleur puisque l'effet combiné de ces deux facteurs de risque (vibrations et posture) sur les problèmes de mal de dos a été mis en évidence dans de nombreuses études<sup>(17, 26, 27)</sup>. Chaque activité réalisée avec les engins est revue quant à l'accès au poste de conduite, aux postures de travail et en particulier lors de la conduite éventuelle en marche arrière.

Des opérations annexes à la conduite de l'engin peuvent aggraver les effets liés à l'exposition aux vibrations. La manutention manuelle de charge en particulier doit être "observée" en détail afin de diminuer les contraintes musculaires et tendineuses.

La méthode se termine par une synthèse des solutions proposées en précisant qui fait quoi et quand et par une estimation des vibrations résiduelles pour chaque activité par comparaison aux 4 situations citées ci-dessus (confort, inconfort léger, risque moyen et risque élevé).

Une procédure simplifiée est aussi proposée spécifiquement pour les plates-formes vibrantes dont les vibrations ont généralement pour origine la présence d'une machine posée sur celle-ci. En général, des supports antivibratoires adéquats entre la machine et la plate-forme permettent de solutionner les problèmes.

## 2. Vibrations mains-bras

La méthode **d'Observation** des problèmes liés à l'exposition aux vibrations mains-bras est semblable à celle décrite pour les vibrations corps-total. Les informations relatives aux machines vibrantes et à leurs caractéristiques sont récoltées: description de la machine, date de mise en service, vitesse de rotation/ percussion, poids, type d'alimentation, type de poignées, outils, matériaux usinés (acier, bois, ...), date du dernier entretien, état général ... et le groupe de travail réanalyse le bien fondé de ces choix, les confirme ou les modifie.

Les différentes activités avec les différentes machines sont ensuite analysées dans l'optique d'optimiser le système de travail. L'important n'est pas de constater ce qui existe mais de s'interroger sur le pourquoi (pourquoi telle machine et tel outil, pourquoi cette posture, pourquoi ces efforts importants? ...) et sur comment améliorer les choses (remplacer la machine par une autre plus adéquate, régler la hauteur du plan de travail, utiliser un outil plus performant ...).

Les points à discuter couvrent: la description de l'activité, les salariés concernés, la durée, les machines et les outils utilisés, les postures et les efforts de travail, les circonstances de travail (plan de travail, environnement, bruit, poussières ...)<sup>(15,17,18,28, 29)</sup>.

Tout comme pour les engins roulants, les amplitudes de vibration dues aux différentes machines sont appréciées par comparaison aux 4 machines généralement connues des travailleurs:

- visseuse à bois (confort)
- foreuse à bois (inconfort léger)
- meuleuse (risque moyen)
- foreuse en percussion (risque élevé)

Les perceptions des vibrations, des postures et de la pénibilité sont estimées grossièrement pour juger de l'impact de chaque activité sur l'exposition du salarié.

En fin de méthode, la synthèse des solutions est réalisée (qui, quoi et quand) et une estimation du risque actuel et résiduel est faite à nouveau par comparaison aux 4 machines courantes.

Cette synthèse se termine en invitant les utilisateurs à réfléchir sur la nécessité d'aller plus loin dans l'étude du problème en faisant appel, cette fois, à un préventeur qui aidera à mener une **Analyse** plus détaillée.

### **NIVEAU 3, ANALYSE**

La procédure développée au niveau de **l'Analyse** est semblable à celle suivie au niveau de **l'Observation** puisqu'elle s'intéresse d'une part à approfondir la recherche de solutions techniques et d'autre part à évaluer de manière plus précise le risque sans toutefois recourir à des mesurages. Le principal intérêt du niveau **d'Analyse** pour l'étude de la situation de travail réside dans la présence d'un préventeur formé à la gestion des risques en général. Une terminologie plus complexe peut dès lors être employée (définition du dommage, du risque d'un groupe homogène d'exposition, ...) et les termes d'accélération équivalente et d'accélération d'exposition personnelle peuvent être définis avec leurs unités ( $\text{ms}^{-2}$ ) et utilisés lors de l'estimation du risque.

Les mesurages des vibrations, si nécessaire, ne seront réalisés qu'au dernier niveau **d'Expertise** de la stratégie **SOBANE** en ayant recours au matériel sophistiqué et coûteux et aux compétences particulières que seuls les experts dans le domaine possèdent .

Le préventeur part des informations collectées et discutées aux niveaux de **Dépistage** et **d'Observation**. Sa première tâche est de revoir les résultats (problèmes et solutions) des 2 premiers niveaux avec les personnes de l'entreprise et de définir exactement les objectifs de **l'Analyse** proprement dite.

#### **1. Vibrations corps-total**

Toutes les voies possibles pour réduire l'exposition sont étudiées: modifications des techniques de travail (remplacement d'engins trop vibrants ...), identification précise des causes des vibrations (mécaniques, chemins de roulage, suspensions ...), réduction des vibrations à la source (contacts avec les fabricants, amélioration du chemin de roulage ...), amélioration des postures (siège, ...).

Les possibilités de réorganisation du travail sont étudiées tant en ce qui concerne la nature même du travail que les durées d'exposition aux vibrations.

**L'Analyse** se poursuit par l'évaluation quantitative de l'exposition des salariés à partir des valeurs d'accélération (en  $\text{ms}^{-2}$ ) et des durées de travail avec les différents engins.

Les salariés ayant la même exposition aux vibrations corps-total sont regroupés (groupes homogènes d'exposition).

Pour chaque engin roulant (ou plate-forme vibrante), l'accélération équivalente est estimée à partir de la base de données internationales sur les vibrations disponible sur internet:

<http://umetech.niwl.se/vibration/WBVhome.html>. Une table en annexe de la méthode d'Analyse reprend les valeurs moyennes et maximales selon l'axe vertical pour 25 types d'engins roulants différents. La valeur utilisée (moyenne ou maximale) pour estimer l'accélération équivalente d'un engin dépend des conditions d'utilisation: bon ou mauvais état de l'engin, suspensions défectueuses ou non, chemin de roulage irrégulier ou non, présence ou non de chocs particuliers.

La durée d'exposition moyenne par semaine de travail à chaque engin et/ou activité réalisée avec l'engin est confirmée (voir niveau **d'Observation**) ou précisée.

La contribution de chaque engin et/ou de chaque activité à l'exposition globale est alors calculée à partir d'une formule simple ou d'un tableau repris dans la méthode.

Cette accélération partielle d'exposition personnelle ( $A_{EP,i}$ ) permet de classer les engins et/ou activités selon leur impact sur l'exposition globale et par conséquent de définir des priorités d'actions.

La somme géométrique de ces accélérations partielles donne finalement l'accélération d'exposition personnelle ( $A_{EP}$ ) du groupe de salariés ayant cette exposition.

En général, les valeurs d'accélération disponibles sur internet ou dans la littérature concernent l'axe de vibration dominant, soit l'axe vertical pour la plupart des engins roulants. La directive européenne 2002/44/CE<sup>(1)</sup> demande de prendre en considération la plus grande des 3 valeurs  $A_{EP,z}$  ou  $1,4 A_{EP,x}$  ou  $1,4 A_{EP,y}$ : les accélérations dans les axes transversaux peuvent donc être négligées s'il y a lieu de penser qu'elles sont inférieures à 70% de celles dans l'axe vertical.

Dans le cas contraire, ce sont les axes transversaux ( $1,4 A_{EP,x}$  ou  $A_{EP,y}$ ) qui détermineront l'exposition du groupe de salarié.

Sur base de la directive européenne 2002/44/CE<sup>(1)</sup> mais aussi de la norme ISO 2631 (1997)<sup>(5)</sup> pour l'inconfort, les valeurs repères utilisées dans la méthode pour apprécier le risque sont:

- confort  $< 0,32 \text{ ms}^{-2}$
- inconfort  $< 0,50 \text{ ms}^{-2}$
- problèmes de santé (valeur d'action)  $> 0,50 \text{ ms}^{-2}$
- situation inacceptable (valeur limite d'exposition)  $> 1,15 \text{ ms}^{-2}$

En fin **d'Analyse**, le préventeur et les personnes de l'entreprise en font la synthèse: bilan des mesures de prévention, hiérarchisation des activités de travail et nécessité de poursuivre ou non l'étude en passant au niveau 4, **Expertise**, de la stratégie **SOBANE**.

En attendant la mise en œuvre des solutions, les problèmes de protection individuelle et de surveillance de la santé doivent être discutés avec le médecin du travail.

## 2. Vibrations mains-bras

La procédure suivie pour les vibrations mains-bras est similaire.

L'étude approfondie des conditions d'utilisation des machines vibrantes est réalisée: recherche des modifications du processus pour éviter l'emploi de la machine, machine moins vibrante (système de suspension), modifications des outils (disque, burin, mèche ...), améliorations de l'entretien, améliorations des postures et diminutions des efforts, modifications de l'organisation du travail (diminution de la durée d'exposition, alternance avec un travail sans vibrations...).

L'évaluation du risque et des valeurs d'exposition est ensuite réalisée.

L'accélération équivalente associée à chaque machine vibrante employée par un groupe de salariés peut être estimée via la base de données internationales disponibles sur internet:

<http://umetech.niwl.se/vibration/HAVhome.html>

La fiche d'aide accompagnant la méthode **SOBANE** donne pour une vingtaine de type de machines l'accélération résultante des 3 axes de vibration. A nouveau, la fiche reprend des valeurs moyennes et maximales qui dépendent des conditions d'utilisation: mauvais état de la machine, outil mal centré et balourd, matériau à usiner très dur, présence de chocs particuliers...

Les accélérations d'exposition personnelles partielles ( $A_{EP,i}$ ) résultantes dans les 3 axes servent de nouveau à établir la hiérarchie des machines et / ou des activités les plus dangereuses sur le plan des vibrations.

Après globalisation des expositions partielles, le risque actuel est estimé en comparant l'accélération d'exposition personnelle ( $A_{EP}$ ) résultante aux valeurs repères suivantes:

- inconfort nul:  $< 1,0 \text{ ms}^{-2}$
- inconfort:  $< 2,5 \text{ ms}^{-2}$
- problèmes de santé (valeur d'action)  $> 2,5 \text{ ms}^{-2}$

- situation inacceptable (valeur limite d'exposition)  $> 5,0 \text{ ms}^{-2}$

La synthèse finale est réalisée par le préventeur et les personnes de l'entreprise.

#### **NIVEAU 4, EXPERTISE**

Aucune véritable procédure à ce niveau de la stratégie n'est développée. Le texte souligne cependant ce que les personnes de l'entreprise et les préventeurs peuvent attendre de l'expert. Celui-ci possèdera le matériel nécessaire et la compétence pour déterminer des solutions plus sophistiquées mais aussi pour mesurer l'exposition aux vibrations conformément aux normes ISO 2631<sup>(5)</sup> ou ISO 5349<sup>(2)</sup>, dans les 3 axes, durant une période représentative de l'activité réalisée avec l'engin roulant ou la machine vibrante.

Suite aux résultats des niveaux précédents de la stratégie **SOBANE**, son intervention peut être plus ponctuelle pour par exemple tester l'efficacité réelle d'une suspension (siège, cabine, ...) ou d'un moyen antivibratoire (poignées suspendues, manchons ...).

Il faut insister à ce niveau sur la collaboration de l'expert avec les personnes de l'entreprise et le préventeur: il ne s'agit pas d'abandonner le problème à l'expert mais de poursuivre l'étude avec les acteurs des niveaux précédents.

## **DISCUSSION ET CONCLUSION**

La Directive Européenne 2002/44/CE<sup>(1)</sup> fixe des valeurs limites pour l'exposition aux vibrations, tant pour l'utilisation de machines vibrantes que pour la conduite d'engins roulants.

La traduction de cette directive en droit belge va probablement entraîner dans les entreprises une vague de mesurages destinés à déterminer si l'exposition aux vibrations dépasse ou non les valeurs limites (valeurs d'action et valeurs limites d'exposition). Il est dès lors important de rappeler que cette directive suit les principes de la Directive 89/391/CE<sup>(30)</sup> concernant la mise en oeuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail, et notamment que la première disposition visant à éviter ou réduire l'exposition est:

- "En tenant compte du progrès technique et de la disponibilité de mesures de maîtrise du risque à la source, les risques résultant de l'exposition aux vibrations mécaniques sont supprimés à leur source ou réduits au minimum."

Le dépassement des valeurs limites est ensuite abordé sur base de l'évaluation des risques pour laquelle la directive 2002/44/CE<sup>(1)</sup> précise que "l'employeur évalue et si nécessaire mesure les niveaux de vibrations mécaniques auxquels les travailleurs sont exposés"

La directive 2002/44/CE<sup>(1)</sup> met donc bien l'accent sur la prévention et la réduction des risques, ensuite sur l'évaluation des risques et seulement enfin sur le mesurage éventuel de l'exposition.

Les méthodes de la stratégie **SOBANE** développées pour la prévention des risques liés aux vibrations suivent tout à fait ce schéma:

- au niveau de **l'Observation**, l'importance est accordée à l'inventaire des machines (ou engins) et des activités réalisées et à la prévention (état des machines vibrantes ou des engins roulants, état des chemins de roulage...).
- au niveau de **l'Analyse**, l'aide du préventeur permet de poursuivre la recherche de solutions mais aussi d'évaluer (et non de mesurer) l'exposition aux vibrations des différentes machines (ou engins) et lors des différentes activités.
- au niveau de **l'Expertise**, l'expert apporte ses compétences et le matériel spécialisé adéquat pour mesurer l'exposition, et précise des actions de prévention plus complexes.

Les méthodes de prévention du risque lié à l'exposition aux vibrations sont ici proposées en suivant les principes de la stratégie **SOBANE**. Les méthodes développées suivant cette philosophie de prévention portent, en plus de la méthode de **Dépistage Déparis**<sup>(24)</sup>, sur 14 domaines de risque: 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), Eclairage, Bruit, Ambiances thermiques de travail, Produits chimiques dangereux, Agents biologiques, Vibrations de l'ensemble du corps, Vibrations mains – bras. Toutes ces méthodes sont disponibles en français et en néerlandais sur le site [www.sobane.be](http://www.sobane.be).

Certaines d'entre elles ont déjà été reconnues sur le plan international pour les problèmes de bruit<sup>(9)</sup>, de contrainte due à la chaleur<sup>(7,8)</sup> ou encore pour les troubles musculosquelettiques<sup>(10)</sup>.

Le but de cette stratégie **SOBANE** est de tirer bénéfice de la connaissance et des qualifications des différents intervenants, progressivement, au fur et à mesure que cela est nécessaire pour arriver aux améliorations significatives des conditions de travail de manière rapide, efficace mais aussi économique. Cette stratégie reconnaît spécifiquement les capacités des travailleurs et de leur encadrement hiérarchique direct pour déterminer les solutions appropriées. Elle prévoit de coordonner les efforts de ces personnes directement concernées par les conditions de travail avec les efforts des spécialistes et des experts externes à l'entreprise.

La stratégie **SOBANE** dévie par conséquent délibérément de la procédure habituelle selon laquelle des mesurages par des personnes qualifiées sont indispensables pour évaluer les risques et pour identifier les solutions les plus appropriées.

Cette stratégie se veut réaliste. La véritable réglementation en matière de vibration n'existe que depuis peu (2002). Par contre celle concernant le bruit existe depuis de nombreuses années et force est de constater que de nombreux travailleurs restent exposés à des niveaux de bruits dangereux et que la motivation dans les entreprises est limitée car le temps, l'argent, les ressources techniques et les compétences sont limitées. La prévention doit donc être optimisée, ne partant pas d'un optimum ainsi que les scientifiques le souhaiteraient mais de ce que l'entreprise est prête et capable à faire.

La stratégie **SOBANE** s'adresse directement aux entreprises, en ne recourant à l'aide de préventeurs et d'experts que quand cela est nécessaire. A l'heure actuelle, ceci peut sembler quelque peu utopique pour beaucoup d'entreprise. Les préventeurs devront probablement utiliser la stratégie dès les premiers niveaux de manière à initier l'entreprise à la stratégie et aux méthodes **SOBANE** et en démontrer sa simplicité et son efficacité. Par la suite, ces méthodes des deux premiers niveaux seront utilisées directement par les travailleurs et la ligne hiérarchique tandis que le rôle du préventeur sera plus d'en gérer le déroulement et les résultats obtenus. Les préventeurs et les experts externes à l'entreprise sont donc appelés si nécessaire (niveaux 3 et 4) non pour devenir seuls responsables de la recherche des solutions mais pour aider les personnes de l'entreprise à résoudre leurs problèmes.

## REMERCIEMENTS

Le développement des méthodes de la stratégie **SOBANE** et du site [www.sobane.be](http://www.sobane.be) a été réalisé dans le cadre du projet de recherche **SOBANE** (2002 – 2003) subsidié par l'Union Européenne, Fonds Social Européen, et le Service Public Fédéral Emploi, Travail et Concertation sociale.

Ces méthodes **SOBANE** ont été développées et validées sur le terrain par une équipe de recherche comprenant l'Unité Hygiène et Physiologie du travail de l'UCL, le service Recherche et Développement de IDEWE, et 4 services externes en prévention et protection CESI, IDEWE, IKMO et MSR-FAMEDI et le CIFoP.

Les auteurs tiennent à remercier les personnes des entreprises (travailleurs, ligne hiérarchique, conseiller en prévention, employeurs) qui ont participé à la validation de ces méthodes.

## BIBLIOGRAPHIE

1. 2002/44/CE (2002) Directive du parlement européen et du conseil 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). Journal officiel des Communautés européennes L177/13.
2. Norme ISO 5349 (2001) Vibrations mécaniques – Principes directeurs pour le mesurage et l'évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main. Organisation internationale de Normalisation, Genève.
3. 86/188/CE (1986) Directive du Conseil du 12 mai 1986 concernant la protection des travailleurs contre les risques dus à l'exposition au bruit pendant le travail. Journal officiel des Communautés européennes L137.
4. 2003/10/CE (2003) Directive du parlement européen et du conseil 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). Journal officiel des Communautés européennes L42/38.
5. Norme ISO 2631 (1997) Guide pour l'estimation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps. Organisation internationale de Normalisation, Genève.
6. Malchaire J., Piette A. (1997) A comprehensive strategy for the assessment of noise exposure and risk of hearing impairment. *The Annals of Occupational Hygiene*, 41, 4, 467-484.
7. Norme Européenne, prEN ISO 15265, Avril 2004, Ergonomie des ambiances thermiques – Stratégie d'évaluation du risque pour la prévention de contraintes ou d'inconfort dans des conditions de travail thermiques
8. Malchaire J, Gebhardt HJ, Piette A (1999) Strategy for evaluation and prevention of risk due to work in thermal environments. *The Annals of Occupational Hygiene* 43, 5, 367-376.
9. Malchaire J (2000) Strategy for prevention and control of the risk due do noise. *Occupational and Environmental Medicine* 57, 361-369.
10. Malchaire J., Piette A. (2002) Co-ordinated strategy of prevention and control of the biomechanical factors associated with the risk of musculoskeletal disorders. *Int. Arch. Occup. Environ Health*, 75, 459 - 467.
11. Bitsch J., Donati P. (1987) Mesure de l'efficacité des poignées antivibrations. INRS, Document de travail, MAV-DT-062/JB.
12. Bitsch J., Donati P. (1988) Mesure de l'efficacité des poignées antivibrations. INRS, Document de travail, MAV-DT-062/JB.
13. Boulanger P., Galmiche J.P. (1992) Environnement vibratoire à bord des chariots élévateurs - Influence des pneus. Compte rendu de mesures et d'analyses. I.N.R.S., France.
14. Christ E. (1998) Les gants de protection contre les vibrations. Essais d'efficacité. *Cahiers des Notes documentaires*. 110, 1 trimestre, 47-51.
15. Clarke J.B., Prescott M., Willis R.R. and coll. (1992) Reduction of vibration exposure among users of hand-held power grinders through reduction in grinding wheel imbalance. ESCS sponsored research project. British Steel Corporation.
16. Delavignette J.P., Malchaire J., Huberlant J.M. (1993) Conditions ergonomiques d'utilisation des machines vibrantes., Vième programme ergonomique CECA, Rapport final de la recherche 7250-13-015, U.C.L., Unité Hygiène et Physiologie du Travail, pp 95.
17. Griffin M.J. (1990) *Handbook of human vibration*. Academic Press, London, pp. 988.
18. Health and Safety Executive (1997) *Vibration solutions. Practical ways to reduce the risk of hand-arm vibration injury*. H.S.E., pp. 75.
19. Malchaire J., Pierre A., Mullier I. (1996) Vibration exposure on fork-lift trucks. *Annals of Occupational Hygiene*, 40, 1: 79-91.
20. 89/392/CE (1989) Directive du Conseil du 14 juin 1989 concernant le rapprochement des législations des états membres relatives aux machines. Journal officiel des Communautés européennes N° L183/9.

21. 98/37/CE (1998) Directive du Parlement Européen et du Conseil du 22 juin 1998 concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux machines. Journal officiel des Communautés européennes N° L207.
22. Commission des Communautés Européennes, COM(2000) 899 final, Proposition de directive du parlement européen et du conseil relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE, Bruxelles, le 26.01.2001
23. Norme ISO 8662/1 (1988) Hand-held portable power tools - Measurement of vibrations at the handle - Part 1: General. Organisation internationale de Normalisation, Genève.
24. Malchaire J. (2004) The SOBANE risk management strategy and the Déparis method for the participatory screening of the risks. Int. Arch. Occup. Environ Health. Accepted for publication.
25. Malchaire J. (2003) Stratégie SOBANE et méthode de Dépistage DEPARIS, série stratégie SOBANE: Gestion des risques professionnels, SPF Emploi, Travail et Concertation Sociale
26. Bongers P., Boshuizen H. (1990) Back disorders and whole-body vibration at work. Proefschrift Universiteit van Amsterdam, pp. 317.
27. Piette A., Malchaire J. (1992) Technical characteristics of overhead cranes influencing the vibration exposure of the operators. Applied Ergonomics, 23, 2: 121-127.
28. Piette A., Gomes-Ferreira M.L., Malchaire J. (1995) Exposition aux vibrations main-bras des meules - influence de la posture et des efforts. Cahiers de Médecine du Travail. XXXII, 1, 45-53.
29. Boileau P.E., Scory H., Boutin J. (1988) Exposition aux vibrations mécaniques engendrées par les meuleuses portatives. IRSST, Quebec, pp. 23.
30. 89/391/CE (1989) Directive du Conseil du 12 juin 1989 concernant la mise en oeuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail. Journal officiel des Communautés européennes N° L 183.