

VIBRATIONS MAINS-BRAS



DECEMBRE 2004



SERIE STRATEGIE SOBANE
GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS

Direction générale Humanisation du travail

Cette publication a été réalisée avec le soutien de l'Union européenne - Fonds social européen

STRATEGIE SOBANE

La stratégie SOBANE est une stratégie de prévention des risques à quatre niveaux (Dépistage (**S**creening), **O**bservation, **A**nalyse, **E**xpertise).

La série de publications " STRATEGIE SOBANE Gestion des risques professionnels " a pour objectif de faire connaître cette stratégie de prévention et de montrer comment l'appliquer de manière générale aux différentes situations de travail.

La méthode DEPARIS est la méthode générale de Dépistage.

Les méthodes d'Observation, d'Analyse et d'Expertise ont été développées et seront publiées en ce qui concerne les 14 domaines de risque suivants:

- 1 Locaux sociaux
- 2 Machines et outils à main
- 3 Sécurité (accidents, chutes, glissades...)
- 4 Risques électriques
- 5 Risques d'incendie ou d'explosion
- 6 Travail avec écran
- 7 Troubles musculosquelettiques
- 8 Eclairage
- 9 Bruit
- 10 Ambiances thermiques de travail
- 11 Produits chimiques dangereux
- 12 Agents biologiques
- 13 Vibrations de l'ensemble du corps
- 14 Vibrations mains - bras

L'ensemble des méthodes a été développé dans le cadre du projet de recherche SOBANE cofinancé par le Service public fédéral Emploi, Travail et Concertation sociale et le Fonds social européen.

Cette brochure présente la stratégie SOBANE de prévention appliquée aux **vibrations mains-bras**. Elle fait suite à la méthode DEPARIS qui constitue le premier niveau Dépistage de la stratégie SOBANE et présente les méthodes à utiliser aux trois autres niveaux Observation, Analyse et Expertise.

Ces méthodes cherchent à optimiser le temps et les efforts de l'entreprise pour rendre la situation de travail acceptable quelle que soit la complexité du problème rencontré. Elles favorisent le développement d'un plan dynamique de gestion des risques et d'une culture de concertation dans l'entreprise.

Cette publication a été réalisée par une équipe de recherche comprenant:

- L'Unité hygiène et physiologie du travail de l'UCL (Prof. J. Malchaire, A. Piette);
- Le Service de recherche et développement de IDEWE (Prof. G. Moens);
- Le service externe en prévention et protection CESI (S. Boodts, F. Cornillie);
- Le service externe en prévention et protection IDEWE (Dr. D. Delaruelle);
- Le service externe en prévention et protection IKMO (Dr. G. De Cooman, I. Timmerman);
- Le service externe en prévention et protection MSR-FAMEDI (Dr. P. Carlier, F. Mathy);
- Le Département nouvelles technologies et formation du CIFoP (Mr J.F. Husson).

Pour plus de détails sur la stratégie SOBANE:
www.sobane.be

Cette publication et les autres titres de la série peuvent être obtenus gratuitement:

- Par téléphone au 02 233 42 14
- Par commande directe sur le site du Service public fédéral:
<http://www.meta.fgov.be>
- Par écrit à la Cellule Publications du SPF Emploi, Travail et Concertation sociale
rue Ernest Blerot 1 - 1070 Bruxelles
Fax: 02 233 42 36
E-mail: publi@meta.fgov.be

Cette publication peut également être consultée sur le site Internet du Service public fédéral <http://meta.fgov.be>

Deze publicatie is ook verkrijgbaar in het Nederlands

La reproduction totale ou partielle des textes de cette publication est autorisée moyennant la citation de la source.

La rédaction de cette publication a été achevée le 1^{er} décembre 2004

Rédaction: Jacques Malchaire (UCL)

Production: Direction générale Humanisation du travail

Coordination: Direction de la communication

Mise en page: Sylvie Peeters

Dessin: Serge Dehaes

Impression: Imprimerie Bietlot

Diffusion: Cellule Publications

Editeur responsable: Service public fédéral Emploi, Travail et Concertation sociale

Dépôt légal: D/2004/1205/06

H/F

Les termes «travailleur», «employeur», «expert», «conseiller» et «préventeur» utilisés dans cette brochure désignent les personnes des deux sexes.

AVANT PROPOS

La nouvelle réglementation européenne et belge concernant les vibrations demande que chaque entreprise cherche à éviter ou, à tout le moins, réduire l'exposition des travailleurs à ce facteur de risque.

L'objectif du document est de présenter des outils dirigeant le regard des travailleurs de leur encadrement technique et des conseillers en prévention, vers tous les aspects techniques, organisationnels et humains qui déterminent les conditions d'exposition. Il ambitionne de conduire plus rapidement et plus économiquement vers une prévention efficace.

Conformément à la stratégie SOBANE, il est conseillé à l'entreprise de remettre le problème des vibrations dans le contexte général de la situation de travail en utilisant la méthode de dépistage participatif des risques Déparis. Cette méthode permet de passer en revue l'ensemble des risques liés aux aires de travail, à l'organisation du poste, aux autres facteurs d'ambiance et aux aspects psychosociaux afin d'optimiser de manière cohérente les conditions de vie du travailleur.

Dans un second temps, le présent document est utilisé pour "observer" en détails tous les aspects liés aux vibrations en recherchant toutes les améliorations concrètes simples. Dans un troisième temps, lorsque nécessaire, la méthode d'Analyse peut être utilisée avec l'assistance d'un conseiller en prévention compétent pour identifier des mesures d'amélioration plus sophistiquées et évaluer le risque résiduel.

Ce document s'adresse non seulement aux conseillers en prévention (appelés ci-dessous préventeurs) que sont les médecins du travail, responsables de sécurité, ergonomes... mais aussi aux chefs d'entreprise responsables de la mise en œuvre de la prévention et aux travailleurs qui vivent cette prévention.

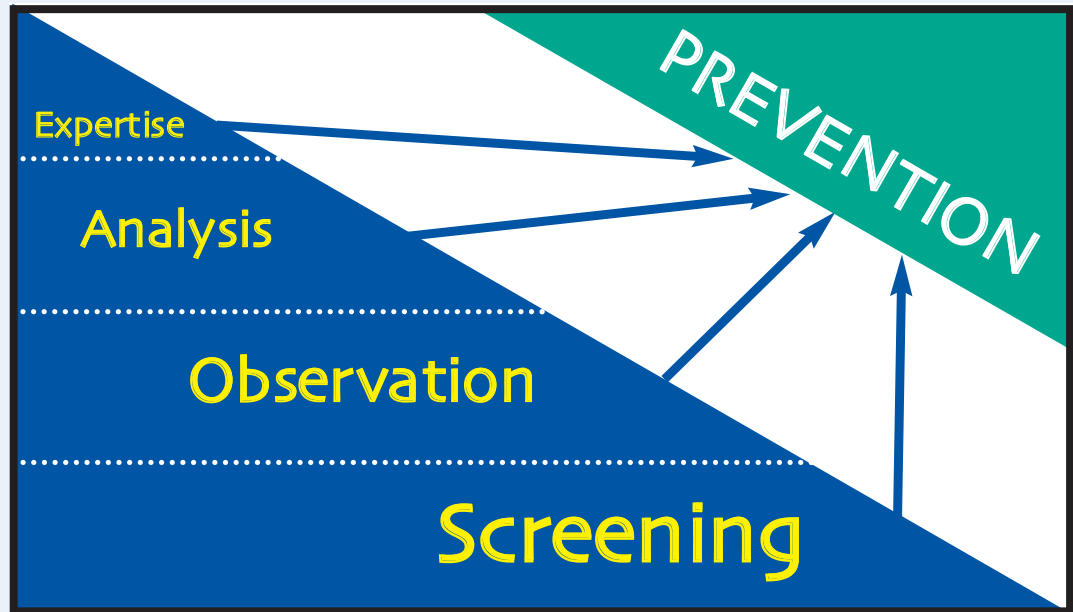
TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	3
Table des matières	5
I STRATÉGIE GÉNÉRALE DE GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS	7
1.1 PRINCIPES DE BASE	8
1.1.1 Primauté de la prévention	8
1.1.2 Le risque	8
1.1.3 Les compétences disponibles sont complémentaires	8
1.1.4 Le travailleur: acteur principal de la prévention	8
1.1.5 La nature des problèmes	8
1.1.6 Estimation vs mesurages	9
1.1.7 PME	9
1.2 STRATÉGIE DE GESTION DES RISQUES	9
1.2.1 Introduction	9
1.2.2 Les 4 niveaux de la stratégie	10
1.3 MISE EN ŒUVRE GÉNÉRALE DES MÉTHODES D'OBSERVATION SOBANE	11
1.3.1 Mise en oeuvre	11
1.3.2 Le rapport	13
1.3.3 Présentation écrite	13
1.3.4 Présentation orale	14
1.3.5 Suite de l'étude	14
1.4 MISE EN ŒUVRE GÉNÉRALE DES MÉTHODES D'ANALYSE SOBANE	15
1.4.1 Révision de l'Observation avec le préventeur	15
1.4.2 Analyse proprement dite	16
1.4.3 Synthèse des résultats au terme de l'analyse	18
2 NIVEAU 2: OBSERVATION	21
2.1 INTRODUCTION	22
2.1.1 Objectifs	22
2.1.2 Qui?	22
2.1.3 Comment?	22
2.1.4 Points à discuter	23
2.2 PROCÉDURE	23
2.2.1 Caractéristiques des machines utilisées	23
2.2.2 Par ACTIVITÉ effectuée	24
2.2.3 Bilan par ACTIVITÉ réalisée	24
2.3 RAPPORT DE L'ÉTUDE D'OBSERVATION	25
2.3.1 Synthèse des résultats de l'Observation	25
2.3.2 Le rapport	25
3 NIVEAU 3: ANALYSE	29
3.1 INTRODUCTION	30
3.1.1 Objectifs	30
3.1.2 Qui ?	30
3.1.3 Comment?	30
3.1.4 Points à discuter	30
3.1.5 Terminologie	31
3.2 PROCÉDURE	31
3.2.1 Exposition des salariés: état actuel	31
3.2.2 Conditions d'utilisation des machines vibrantes	32
3.2.3 Exposition des salariés: état futur anticipé	32
3.2.4 Synthèse	33

3.3	RAPPORT DE L'ÉTUDE D'ANALYSE.	33
3.3.1	Synthèse des résultats de l'analyse	33
3.3.2	Le rapport	34
4	NIVEAU 4: EXPERTISE	37
4.1	OBJECTIFS	38
4.2	QUI?	38
4.3	COMMENT?	38
4.4	RAPPORT	39
	FICHES D'AIDE (Observation, Analyse, Expertise).	41
	Observation	
Fiche 1	Définitions et ordre de grandeur	43
Fiche 2	Réglementation	45
Fiche 3	Protection individuelle	46
	Analyse	
Fiche 4	Définitions, ordres de grandeur	47
Fiche 5	Réglementation	50
Fiche 6	Evaluation et interprétation de l'exposition moyenne	54
Fiche 7	Systemes de suspension	56
Fiche 8	Poignées antivibrations	59
Fiche 9	Recommandation lors de l'achat de machines vibrantes	60
Fiche 10	Principes généraux de lutte contre les vibrations	61
Fiche 11	Lutte contre les vibrations des meuleuses	62
Fiche 12	Effets des vibrations manubrariales	64
Fiche 13	Surveillance de la santé	65
	Expertise	
Fiche 14	Stratégie de mesurage	66
Fiche 15	Appareils de mesurage	67
Fiche 16	Technique et stratégie de mesurage	68
	BIBLIOGRAPHIE	70
	SOURCE DES ILLUSTRATIONS	70



1. STRATEGIE GENERALE DE GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS



1.1 PRINCIPES DE BASE

La loi sur le bien-être au travail requiert que l'employeur assure la sécurité et la santé des travailleurs dans tous les aspects liés au travail en mettant en œuvre les principes généraux de la prévention:

1. Éviter les risques
2. Evaluer les risques qui ne peuvent pas être évités
3. Combattre les risques à la source
4. Adapter le travail à l'homme ...
5. ...

La stratégie SOBANE qui est utilisée dans le présent document cherche à rendre ces exigences plus réalisables et plus efficaces.

Cette stratégie s'appuie sur quelques principes de base fondamentaux:

1.1.1 Primauté de la prévention

L'accent est mis, non pas sur la protection et la surveillance de la santé, mais sur la prévention des risques.

1.1.2 Le risque

Un risque est la probabilité de développer un dommage d'une certaine gravité, compte tenu de l'exposition à un certain facteur de risque et des conditions dans lesquelles se fait cette exposition.

La réduction du risque doit donc se faire, en réduisant l'exposition, en améliorant les conditions de cette exposition et en tentant de réduire la gravité des effets. Il s'agit d'agir de manière cohérente sur ces différents aspects.

1.1.3 Les compétences disponibles sont complémentaires

- Les compétences en santé et sécurité sont peut-être croissantes, du salarié, à l'expert, en passant par la ligne hiérarchique, les conseillers en prévention internes, les médecins du travail, les conseillers externes...
- Cependant, en même temps, la connaissance de ce qui se passe réellement dans la situation de travail diminue.
- Il est donc nécessaire de combiner ces 2 savoirs complémentaires de manière cohérente en fonction des besoins.

1.1.4 Le travailleur: acteur principal de la prévention

Dans la mesure où le but est le maintien et l'amélioration du bien-être du salarié, aucune action pertinente ne peut être entreprise sans la connaissance de la situation de travail que seul le salarié détient. Le salarié est alors l'acteur principal et non pas seulement l'objet de la prévention

1.1.5 La nature des problèmes

Le salarié "vit" sa situation de travail, non comme un ensemble de faits distincts et indépendants, mais comme un tout: le bruit influence les relations; l'organisation technique entre postes influence les risques musculosquelettiques; le partage des responsabilités influence le contenu du travail.

Une action cohérente sur la situation de travail nécessite donc une approche systémique, globale de cette situation, remettant tout problème qui fait surface dans son contexte.



1.1.6 Estimation vs mesurages

L'évaluation des risques s'intéresse prioritairement à la quantification, alors que la prévention demande que l'on s'intéresse au pourquoi des choses et à comment les modifier pour améliorer globalement la situation.

Les mesurages sont chers, longs, difficiles et souvent peu représentatifs. Ils seront donc réalisés à bon escient, plus tard, lorsque les solutions simples ont été mises en œuvre.

La préférence est donnée à la prévention sur l'évaluation des risques.

1.1.7 PME

Les méthodes développées dans les grandes entreprises ne sont pas applicables dans les PME, alors que l'inverse est vrai.

Les méthodes sont donc à développer en prenant en compte les capacités et moyens des PME où travaillent plus de 60% de la population de salariés.

1.2 STRATEGIE DE GESTION DES RISQUES

1.2.1 Introduction

La stratégie SOBANE, est constituée de quatre niveaux progressifs, Dépistage, Observation, Analyse et Expertise.

Il s'agit bien d'une stratégie, en ce sens qu'elle fait intervenir des outils, des méthodes, des moyens de plus en plus spécialisés, au fur et à mesure des besoins.

A chaque niveau, des solutions d'amélioration des conditions de travail sont recherchées.

Le recours au niveau suivant n'est nécessaire que si, malgré les améliorations apportées, la situation reste inacceptable.

Le niveau de Dépistage est réalisé quelle que soit la nature de l'élément (plainte, accident...) qui déclenche l'intérêt pour la situation de travail. Ce problème est ainsi remis dans son contexte et d'autres aspects conditionnant également la santé, la sécurité et le bien-être sont identifiés. Des solutions sont recherchées pour l'ensemble de la situation de travail.

Les niveaux suivants (Observation, Analyse, Expertise) ne sont menés que si le niveau précédent n'a pas abouti à solutionner le problème de manière totalement satisfaisante. La nécessité du passage aux autres niveaux dépend donc de la complexité de la situation de travail.

Les moyens mis en œuvre pour la recherche de solutions sont peu coûteux aux 2 premiers niveaux. Ils sont plus coûteux aux niveaux supérieurs mais utilisés à bon escient et appropriés à la situation rencontrée. La stratégie permet donc d'être plus efficace, plus rapidement et de manière moins coûteuse.

La stratégie permet également de situer les différents intervenants: les personnes des entreprises pour mener les niveaux de Dépistage et d'Observation, le recours à une aide généralement externe, le préventeur, pour l'Analyse et éventuellement un spécialiste pour l'Expertise.

1.2.2 Les 4 niveaux de la stratégie

Niveau 1, Dépistage

Il s'agit ici seulement d'identifier les problèmes principaux et de remédier aux erreurs flagrantes telles que trous dans le sol, récipients contenant un solvant et laissés à l'abandon, écran tourné vers une fenêtre....

Cette identification est réalisée de manière interne, par des personnes de l'entreprise connaissant parfaitement les situations de travail, quand bien même elles n'ont pas de formation ou n'ont qu'une formation rudimentaire en ce qui concerne les problèmes de sécurité, de physiologie ou d'ergonomie. Ce seront donc les opérateurs eux-mêmes, leur encadrement technique immédiat, l'employeur lui-même dans les PME, un préventeur interne avec les opérateurs dans les entreprises plus grandes.

Un groupe formé de quelques opérateurs et de leur entourage professionnel (avec un préventeur, si disponible) réfléchit sur les principaux facteurs de risque, recherche les actions immédiates d'amélioration et de prévention et identifie ce qu'il faut étudier plus en détails.

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

La méthode utilisée est la méthode **Déparis** présentée dans le premier numéro de la collection SOBANE.

Niveau 2, Observation

De nouveau, un groupe (de préférence le même) de travailleurs et de responsables techniques (avec un préventeur, si disponible) observent plus en détails les conditions de travail afin d'identifier les solutions moins immédiates et déterminer ce pour quoi l'assistance d'un conseiller en prévention est indispensable.

A défaut de pouvoir réunir un tel groupe de réflexion, l'utilisateur réalise seul l'Observation en recueillant auprès des opérateurs principalement les informations nécessaires.

Ce niveau 2, Observation, requiert une connaissance intime de la situation de travail sous ses différents aspects, ses variantes, les fonctionnements normaux et anormaux. La profondeur de cette Observation varie en fonction du facteur de risque abordé et en fonction de l'entreprise et de la compétence des participants.

De nouveau, 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 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 de préventeurs ayant la compétence requise et disposant des outils et des techniques nécessaires. Ces personnes seront en général des préventeurs externes à l'entreprise, intervenant en étroite collaboration avec les préventeurs internes (et non en leur lieu et place) pour leur apporter la compétence et les moyens nécessaires.

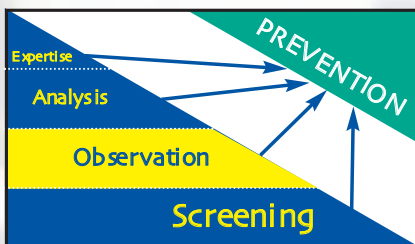
L'Analyse concerne la situation de travail dans des circonstances particulières déterminées au terme du niveau 2, Observation. Elle peut requérir des mesurages

simples avec des appareils courants, ces mesurages ayant des objectifs explicitement définis d'authentification des problèmes, de recherche des causes, d'optimisation des solutions... Le point important de ce niveau est le recours à une aide généralement externe, un préventeur, ayant une formation suffisante dans le domaine de risque du problème résiduel.

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 précédemment est réalisée. Les résultats de cette Analyse sont discutés avec les intervenants des niveaux précédents et en particulier le coordinateur. Ils décident éventuellement du recours à un spécialiste (Expertise) pour des mesurages sophistiqués et ponctuels.

Niveau 4, Expertise

- L'étude à ce niveau 4, Expertise, est à réaliser par les mêmes personnes de l'entreprise et préventeurs, avec l'assistance supplémentaire d'experts très spécialisés. Elle va concerner des situations particulièrement complexes et requérir éventuellement des mesurages spéciaux.



1.3 MISE EN ŒUVRE GÉNÉRALE DES MÉTHODES D'OBSERVATION SOBANE

La méthode de **Dépistage Déparis** est idéalement utilisée au cours d'une réunion avec 4 à 7 personnes connaissant intimement la situation de travail ou appelées à intervenir dans la recherche et la concrétisation des solutions préconisées au cours de la réunion.

Au terme du **Dépistage**, il a été décidé par exemple

- de réparer les sols, remplacer certains outils et certains récipients contenant des produits chimiques, remplacer certains filtres sur certaines machines, déplacer des aires de stockage, rehausser un plan de travail...
- d'approfondir un ou plusieurs aspects de la situation de travail, par exemple: les aires de travail, les contraintes posturales, les produits chimiques...

1.3.1 Mise en oeuvre

Selon la philosophie **SOBANE**, cet approfondissement est réalisé au moyen de la méthode d'**Observation** se rapportant au problème à étudier plus en détails et, de nouveau, au cours d'une réunion avec les mêmes personnes.

Alors que, au cours de la réunion **Déparis**, l'ensemble des aspects de la situation de travail était passé en revue, lors de la réunion d'**Observation**, la discussion est centrée sur un aspect particulier: le bruit dans l'atelier ou les manutentions ou le travail sur écran...

La mise en oeuvre reprend de nombreux points déjà décrits pour le niveau 1, **Dépistage Déparis**.

La direction doit au préalable à toute action

- avoir été informée pleinement des implications de l'utilisation de la méthode
- avoir pris conscience de ses engagements
- avoir marqué son total accord à sa mise en oeuvre

Les étapes de la mise en oeuvre sont les suivantes:

1. Information par la direction de la ligne hiérarchique et des salariés sur les objectifs poursuivis et engagement de celle-ci de tenir compte des résultats des réunions et des études.
2. Définition d'un petit groupe de postes formant un ensemble, une "situation" de travail: celui-ci devrait être le même que celui constitué au niveau 1, **Dépistage Déparis**
3. Désignation d'un coordinateur par la direction avec l'accord des travailleurs: de nouveau, ce devrait être la même personne que celle ayant coordonné le **Dépistage Déparis**.
4. Préparation du coordinateur: il lit la méthode d'**Observation** en détails et se forme à son utilisation. Il adapte l'outil à la situation de travail concernée en modifiant des termes, en éliminant certains aspects non concernés, en transformant d'autres ou encore en ajoutant des aspects supplémentaires.
5. Constitution d'un groupe de travail avec des travailleurs-clés de la situation de travail concernée, désignés par leurs collègues et leurs représentants et de personnels d'encadrement technique choisis par la direction. Il comprend au moins un homme et une femme en cas de groupe mixte. Ce groupe de travail devrait être le même que celui qui a participé au **Dépistage Déparis**, avec, éventuellement 1 ou 2 personnes en plus du bureau des méthodes, du service de maintenance ou encore du service des achats.
6. Réunion du groupe de réflexion dans un local calme près des postes de travail, de nouveau afin de pouvoir retourner directement aux postes de travail pour discuter certains points.
7. Explication claire par le coordinateur du but de la réunion et de la procédure. Les items à discuter peuvent, soit être distribués aux participants avant ou au début de la réunion, soit être projetés par rétroprojecteur ou multimédia sur un écran, de manière à guider efficacement la discussion.
8. Discussion sur chaque rubrique en se concentrant sur les aspects repris sous cette rubrique et en s'attardant, non pas à déterminer si la situation est pas, un peu ou beaucoup satisfaisante, mais à
 - **ce qui peut être fait pour améliorer la situation, par qui et quand**
 - **ce pour quoi il faudra demander l'assistance d'un préventeur lors d'un niveau 3, Analyse**
9. Après la réunion, synthèse par le coordinateur en mettant au net
 - les rubriques utilisées, contenant les informations détaillées ressortant de la réunion
 - la liste de solutions envisagées avec indication de qui fait quoi et quand
 - la liste des points à étudier plus en détails avec les priorités.
10. Présentation des résultats aux participants, révision, ajouts...
11. Finalisation de la synthèse.
12. Présentation à la direction et aux organes de concertation.
13. Poursuite de l'étude pour les problèmes non résolus au moyen de la méthode de niveau 3, **Analyse**, de la stratégie **SOBANE**.

Le texte suivant peut aider à préciser le but de la réunion.

"Au cours de la réunion, nous allons passer en revue tous les points relatifs au facteur de risque "——" qui font que le travail est difficile, dangereux, peu efficace ou désagréable.

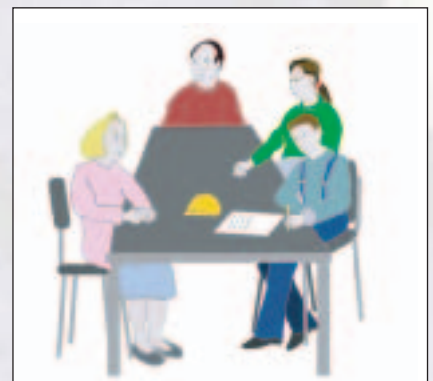
L'objectif n'est pas de savoir si c'est facile ou agréable à 20, 50 ou 100 %.

Il est de trouver ce qui peut être fait concrètement, tout de suite, dans 3 mois et plus tard pour que ce soit plus efficace et plus agréable. Il peut s'agir de modifications techniques, de nouvelles techniques de travail, mais aussi de meilleures communications, de réorganisation des horaires, de formations plus spécifiques.

Pour certains points, nous devrions arriver à dire ce qu'il faut changer et comment concrètement le changer.

Pour d'autres, des études complémentaires devront être réalisées.

La Direction s'engage à établir un plan d'actions dans le but de donner suite au mieux à ce qui sera discuté."



A défaut de pouvoir organiser une réunion de 3 à 6 personnes, le **coordinateur** conduira l'**Observation** seul ou avec une ou deux personnes et éventuellement sur le lieu même de travail. Cette solution non idéale reste utile puisqu'elle fait progresser la prévention et prépare le recours éventuel à un préventeur externe.

Le **coordinateur** ou ces personnes doivent cependant:

- bien connaître le poste de travail (aussi bien que les opérateurs eux-mêmes !)
- prendre les avis des opérateurs de façon informelle
- avoir des connaissances techniques pour la recherche et la mise en œuvre pratique des solutions
- retourner par la suite directement ou indirectement vers les opérateurs et leur encadrement technique pour avis sur les solutions envisagées.

Cette façon de faire n'est donc conseillée que si la mise sur pied d'une réunion d'un groupe de travail n'est pas possible, à ce moment là, au sein de l'entreprise.

1.3.2 Le rapport

Ce rapport doit comprendre:

- L'exposé du problème:
 - la façon dont le problème est apparu et a été posé au départ: plaintes, maladies, absences ...
 - les avis des opérateurs et des personnes de l'entreprise lors du niveau de **Dépistage**.
- Les résultats de l'intervention, sans trop s'attarder aux différentes interventions successives mais en rendant aux intervenants leurs mérites respectifs:
 - les aspects qui ont été **Observés** en détails et les solutions proposées.
 - le cas échéant, les aspects pour lesquels une **Analyse** est à réaliser.
- Une synthèse des solutions et améliorations techniques ou organisationnelles.
- Une justification globale de ces solutions, en montrant que:
 - elles sont réellement susceptibles de résoudre les problèmes décrits précédemment
 - elles ne vont pas engendrer d'autres problèmes pour l'ensemble ou pour certains opérateurs
 - elles sont compatibles avec les exigences de productivité et de rentabilité de l'entreprise.
- La justification éventuelle de la nécessité d'une **Analyse** complémentaire.
- Un schéma de réalisation des solutions préconisées avec **qui fait quoi, quand, comment** et avec quel **suivi** dans le temps, afin d'augmenter la probabilité que le rapport soit suivi d'effets concrets.
- Une synthèse de ce rapport final en 1 page reprenant les solutions techniques principales.

1.3.3 Présentation écrite

La critique majeure concernant de tels rapports est qu'ils sont en général beaucoup trop littéraires et conventionnels.

Le but étant de donner l'information nécessaire à la prise de décision, le rapport doit être court, simple et débarrassé de toute considération superflue, générale ou hors de propos.

Sans tomber dans le style télégraphique:

- des alinéas, des retraits sont utilisés, comme dans le présent texte, pour souligner et hiérarchiser les informations
- le nombre de tableaux, de graphiques statistiques... est réduit au minimum
- les informations y sont présentées sous une forme systématique, facile à saisir, intuitive

- des schémas techniques, photos, sont utilisés si nécessaire.

Enfin, le texte est revu mot par mot pour

- supprimer toute répétition;
- simplifier la lecture et la compréhension;
- respecter la suite logique des items, idées ...;
- faciliter la recherche d'une information particulière.

Contrairement à l'habitude, le rapport commencera par la synthèse de 1 page, repoussant en second plan et en annexe l'information détaillée.

1.3.4 Présentation orale

Les circonstances déterminent la procédure exacte à suivre.

Idéalement cependant, la synthèse doit être présentée simultanément ou séquentiellement:

- A l'employeur, parce qu'il a la responsabilité des conditions de santé au travail et est celui qui décide.
- Aux opérateurs, parce qu'ils sont directement concernés. La mise en œuvre de solutions techniques, même excellentes, sans consultation préalable des intéressés, compromet temporairement, voire définitivement, leur efficacité.
- A toutes les personnes qui ont participé aux différentes étapes de l'intervention, parce qu'ils en ont le mérite principal.
- A la hiérarchie, à l'encadrement technique, parce qu'ils sont responsables de la mise en œuvre et du maintien des solutions.
- Aux autres partenaires de la prévention (médecins du travail, préventeurs ...), bien naturellement.

Le succès de l'intervention dépend non seulement de sa qualité, mais bien souvent surtout de la façon dont elle est présentée.

Alors que tous les protagonistes (employeurs, encadrement, opérateurs) pensent bien connaître les conditions de travail, ils en ont des visions parfois étonnamment différentes. Des photos sont alors très utiles pour arriver à une représentation commune de la situation et des problèmes, ainsi que des possibilités d'amélioration. Elles doivent attirer l'attention sur le travail qui est réalisé et les conditions générales de travail, et non pas sur la manière dont tel ou tel opérateur le réalise.

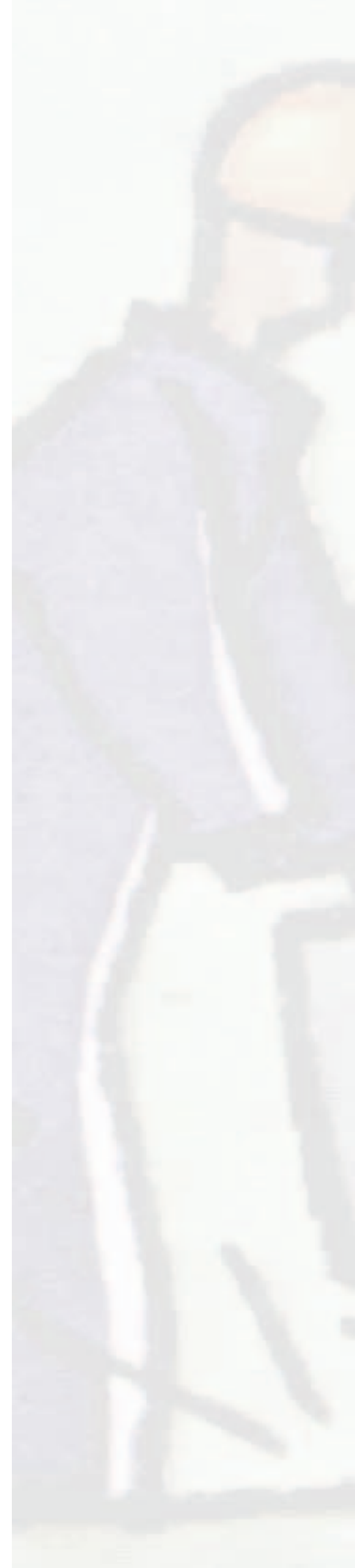
1.3.5 Suite de l'étude

Si l'étude d'**Observation** met en évidence des points nécessitant une **Analyse** plus approfondie, un préventeur spécialisé dans le domaine concerné doit être contacté.

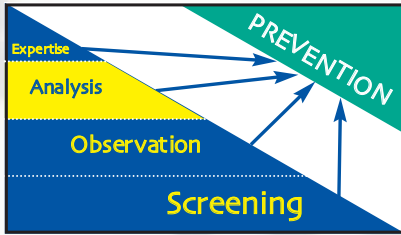
La démarche à adopter avec ce préventeur est de:

- lui donner connaissance du travail accompli précédemment aux niveaux **Dépistage** et **Observation**
- revoir ces résultats, conclusions, propositions de solutions
- confirmer ou amender ces propositions
- définir de manière précise ce qui fera l'objet de l'**Analyse** et dans quel but

Tous les documents de travail des différents niveaux seront conservés dans l'entreprise afin de servir plus tard de point de référence lors de modifications des postes ou lors de la conception de nouvelles conditions de travail.



1.4 MISE EN ŒUVRE GÉNÉRALE DES MÉTHODES D'ANALYSE SOBANE



Les méthodes de **Dépistage Déparis** et des méthodes d'**Observation** sont idéalement utilisées au cours d'une réunion avec 4 à 7 personnes connaissant intimement la situation de travail ou appelées à intervenir dans la recherche et la concrétisation des solutions préconisées au cours de la réunion.

- Au terme du **Dépistage**, il a été décidé par exemple
 - de réparer les sols, remplacer certains outils et certains récipients contenant des produits chimiques, remplacer certains filtres sur certaines machines, déplacer des aires de stockage, rehausser un plan de travail...
 - d'approfondir un ou plusieurs aspects de la situation de travail lors d'une ou de plusieurs réunions d'**Observation** particulières: par exemple: les aires de travail, les contraintes posturales, les produits chimiques...
- Au cours de la réunion d'**Observation** relative, par exemple aux produits chimiques - la situation a été revue, les solutions envisagées lors du **Dépistage** ont été validées et diverses solutions complémentaires ont été proposées pour contrôler les déchets et les emballages. Par contre, reste un problème majeur de ventilation des locaux
- La méthode d'**Analyse** va donc porter sur ce problème de ventilation, tout en revoyant la situation générale du point de vue de ces produits chimiques et ce qui a été proposé jusque là.

Au contraire des méthodes de **Dépistage** et d'**Observation**, l'**Analyse** est réalisée dans un premier temps par un **préventeur** souvent extérieur à l'entreprise qui n'a pas nécessairement participé aux réunions de **Dépistage** et d'**Observation**. Il convient donc qu'il se mette d'abord au courant de ce qui a déjà été fait et revoit les choix et actions envisagées, avant d'entreprendre des investigations complémentaires.

La démarche à adopter par ce **préventeur** est la suivante:

1. **Révision** des résultats du **Dépistage** et de l'**Observation** de la situation de travail avec le **coordinateur** qui a mené les études à ces deux premiers niveaux:
 - en prenant connaissance du travail accompli précédemment aux niveaux **Dépistage** et **Observation**
 - en revoyant ce travail et les différentes solutions envisagées et en y apportant sa compétence pour les confirmer ou non
 - en déterminant les aspects qui nécessitent une **Analyse** particulière complémentaire.
2. **Analyse** proprement dite de la situation de travail sous ces points particuliers, et en collaboration avec les personnes de l'entreprise
 - en étudiant plus en profondeur ces aspects particuliers
 - en réalisant éventuellement des mesurages, toujours dans une optique de prévention
 - en aidant l'entreprise à mettre en œuvre les solutions préconisées.

Une **quantification** des risques peut s'avérer nécessaire, afin, par exemple, de souligner l'importance d'un problème, pour justifier la mise en œuvre de solutions ou encore afin d'établir une liaison entre une exposition et un traumatisme ou une maladie professionnelle.

La durée de l'**Analyse** et donc son coût dépendent directement du problème rencontré et de la nécessité ou non de quantifier certaines contraintes ou expositions.

1.4.1 Révision de l'Observation avec le préventeur

Dans l'esprit de la continuité de la stratégie et de la collaboration entre les partenaires des niveaux successifs, les informations collectées au niveau du **Dépistage** et au niveau d'**Observation** sont passées en revue par le **préventeur** avec ceux qui



ont étudié ces informations et, au minimum, le **coordinateur** à ces niveaux (animateur du groupe ou à défaut l'observateur isolé).

La discussion doit porter sur:

- Les informations relatives à la situation de travail: organisation du travail, rotation des opérateurs, variation de la production au cours de la journée, de la semaine, de l'année, ...
- Les différentes solutions qui ont été dégagées, en les confirmant ou non.
- Les aspects qui nécessitent une **Analyse** complémentaire.

Le **préventeur** est appelé à:

- Confirmer ou non les solutions préconisées, mises ou non en œuvre lors des niveaux 1, **Dépistage** et 2, **Observation**.
- Analyser plus en profondeur certains problèmes qui n'ont pu être résolus jusque là.
- Aider l'entreprise à mettre en œuvre les solutions préconisées.

1.4.2 Analyse proprement dite

A. Objectifs

Cette seconde phase de l'**Analyse** a pour but de rechercher des solutions aux problèmes non résolus précédemment. Elle est donc orientée vers certains aspects particuliers de la situation de travail.

Elle va consister en une collecte d'informations plus spécifiques ou moins évidentes pour déterminer ce sur quoi il serait possible d'agir pour résoudre ces problèmes particuliers.

Cette collecte d'informations spécifiques doit être préparée par le **préventeur**, avec les **personnes de l'entreprise** et le **coordinateur** qui ont réalisé les niveaux antérieurs.

Dans certains cas, l'**Analyse** demandera d'observer en détails certains opérateurs. Le choix est crucial. Si ce choix est mal fait c'est à dire non représentatif, les résultats de l'**Analyse** ne seront pas fiables et aucune information ne pourra en être déduite pour l'ensemble des opérateurs.

Le nombre d'opérateurs à observer dépend de la taille du groupe. Le tableau suivant est basé sur des notions de statistiques. Il donne la taille de l'échantillon nécessaire pour qu'on soit sûr à 95% qu'au moins un opérateur parmi les 20% les plus "exposés" fasse partie de l'étude. Cette probabilité n'est correcte que si l'échantillonnage est purement aléatoire, ce qui n'est donc pas strictement le cas. Le tableau permet cependant de déterminer l'ordre de grandeur du nombre d'opérateurs à considérer idéalement.

Taille du groupe N	N ≤ 6	7-8	9-11	12-14	15-18	19-26	27-43	44-50	>50
Taille de l'échantillon N _s	N	6	7	8	9	10	11	12	14

B. Conditions de travail à analyser

Tout comme pour le choix des opérateurs, le choix des moments où l'**Analyse** sera conduite ne peut pas être laissé au hasard, mais doit autant que nécessaire tenir compte des différentes variations des conditions de travail liées à:

- la production: normale, habituelle, saisonnière...
- l'état de la ligne de production: machines en panne, mal réglées, nouvelles ...
- la rotation des opérateurs.
- l'absentéisme.

A défaut de temps ou de moyens pour étudier les points à approfondir dans tous ces cas de variations, il apparaît indispensable de caractériser correctement les situ-

ations analysées en vérifiant si elles sont bien représentatives des conditions générales ou des conditions les plus mauvaises. A titre d'exemple, il n'est peut-être pas possible d'étudier les conditions de travail quand tous les opérateurs sont présents et quand l'un d'eux ou plusieurs manquent. Cependant, il est nécessaire de vérifier si ce changement dans le nombre d'opérateurs a une influence sur les procédures de travail et l'exposition des travailleurs. Si c'est le cas, il sera nécessaire de prouver la pertinence générale de l'**Analyse** réalisée.

Le **préventeur** va rechercher l'information manquante par des méthodes qu'il choisira en fonction des besoins:

- en comparant les façons de travailler de certains opérateurs;
- en cherchant à comprendre ce qui détermine ces différences;
- en recherchant ce sur quoi on peut agir techniquement
- ...

La méthode principale est l'observation directe des opérateurs dans leur situation de travail. Pour certains aspects tels que la disposition des postes, l'organisation du travail, les risques de troubles musculosquelettiques, les manutentions...des photos ou une vidéo peuvent être des outils complémentaires, mais ne peuvent pas remplacer cette observation directe. Elles permettent cependant, en plus:

- la vision des mêmes images par différentes personnes (opérateurs, service méthodes ...) afin d'obtenir des avis complémentaires.
- l'étude de la pertinence et de l'impact réel de certaines solutions proposées.
- la constitution plus tard d'un matériel didactique pour former les opérateurs et en particulier les débutants.
- la mise au point d'aide pour la mise en œuvre efficace de certaines solutions préconisées, comme l'organisation d'une formation à la manutention.

Un des risques liés à l'utilisation de la vidéo est de modifier le comportement et donc la façon de travailler de l'opérateur qui se sait filmé. Ce risque est minimisé si:

- Une étroite collaboration a été établie précédemment entre le **préventeur** et les opérateurs.
- Les raisons de ces enregistrements vidéo et l'usage qui en sera fait ont été clairement expliqués à chaque opérateur et ce d'autant plus s'il n'a pas participé aux niveaux précédents de la stratégie.
- Son consentement a été acquis tout à fait librement.

C. Mesurages éventuels

Dans certains cas, le **préventeur** jugera peut-être nécessaire de réaliser quelques mesurages: éclairage, vitesse de l'air, forces, concentrations... Des mesurages simples peuvent être effectués et les méthodes d'**Analyse** développées et présentées dans les différents domaines, les décrivent.

Les mesurages sophistiqués, utilisant des appareils complexes, tels que luminancemètres, analyseurs de fréquences, goniomètres...sont cependant à réserver au niveau 4 **Expertise** et réalisés à bon escient par des **experts** spécialement compétents.

D. Exploitation des données

L'exploitation des données est la partie qui requiert toutes les compétences du **préventeur**.

Aucune méthodologie particulière ne peut donc être définie: les problèmes sont connus, on sait ce que l'on recherche.

Il y a lieu d'insister sur le fait que l'**Analyse** ainsi décrite est totalement différente de la **quantification** qui serait réalisée dans un but épidémiologique par exemple.

Les questions auxquelles on tente de répondre sont ici du type: pourquoi la situation est telle; que peut-on faire pour la modifier.

Les discussions sur ces questions devraient conduire directement vers les solutions.

Par contre, la méthode de quantification cherche à répondre à des questions du type: quel est le pourcentage du temps pendant lequel le travailleur est exposé à tel risque.

Pour ce faire, elle cherche à quantifier les temps, les concentrations, les niveaux.... sans se soucier directement des raisons de ces contraintes.

L'**Analyse** circonstanciée des informations collectées et la recherche des solutions n'est pas du ressort exclusif du **préventeur**, même si, dans la majorité des cas, il en était l'exécutant.

- Idéalement doivent y participer directement ceux qui connaissent les contingences techniques et pratiques – les **opérateurs** et l'**encadrement**.
- A défaut d'une participation directe, il faudra leur demander, plus tard, mais avant toute mise en œuvre, leur avis sur les recommandations formulées par le **préventeur**. Cette intervention en cascade est la plus fréquente. Elle n'est pas toujours celle qui conduit aux meilleures solutions et certainement pas le plus rapidement.

Le succès de l'intervention du **préventeur** est directement lié à:

- La qualité du travail effectué aux niveaux antérieurs de l'intervention.
- La qualité de cette concertation avec les personnes concernées de l'entreprise.

1.4.3 Synthèse des résultats au terme de l'analyse

Au terme de l'**Analyse**, un rapport est en général attendu du préventeur.

Le processus de préparation, présentation et discussion du rapport final doit être structuré dès le départ, de sorte qu'il aboutisse à des décisions, quelles qu'elles soient (fussent-elles de ne rien faire!).

Pour ce faire, dès le début de l'intervention du **préventeur**, la procédure doit être définie une fois pour toutes en ce qui concerne:

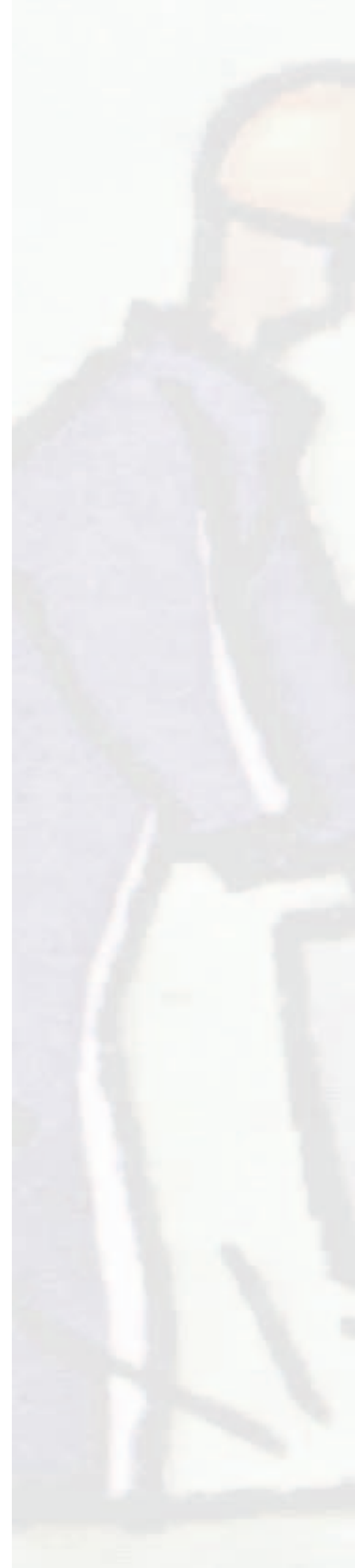
- les personnes de l'entreprise avec qui le **préventeur** collaborera
- la programmation dans le temps
- la nature du rapport
- la ou les présentations de ce rapport
- la suite qui lui sera donnée, avec si nécessaire l'intervention d'un **expert**
- la façon dont la situation de travail sera suivie plus tard en ce qui concerne la mise en œuvre des solutions et l'étude de leur efficacité
- la planification, avec **qui** fait **quoi**, **quand** et **comment**, indispensable pour que les recommandations ne restent pas lettres mortes mais se traduisent par des actions concrètes pour les opérateurs.

A. Le contenu

Cette **Analyse** devrait normalement être la dernière étape de l'intervention. Le rapport doit donc faire la synthèse de toutes les informations progressivement récoltées et des solutions/améliorations progressivement mises en œuvre ou projetées.

Ce rapport doit comprendre:

- L'exposé du problème:
 - la façon dont le problème est apparu et a été posé au départ: plaintes, maladies, absences ...
 - les avis des opérateurs et des personnes de l'entreprise lors du niveau de **Dépistage**.
- Les résultats de l'intervention, sans trop s'attarder aux différentes interventions successives mais en rendant aux intervenants leurs mérites respectifs:
 - les aspects qui ont été **Observés** en détails et les solutions proposées.



- les aspects qui ont été **Analysés** en détails et les solutions qui sont proposées.
- le cas échéant, les aspects pour lesquels une **Expertise** est à réaliser.
- Une synthèse des solutions et améliorations techniques ou organisationnelles.
- La proposition d'élaboration de prototypes ou la réalisation d'essais si certaines solutions demandent à être mises au point techniquement.
- Les mesures à prendre le cas échéant pour l'information et la formation adéquate des opérateurs en ce qui concerne:
 - les procédures de travail optimales et celles à éviter
 - les risques de santé et de sécurité
- Une hiérarchisation des mesures préconisées selon:
 - ce qui est indispensable
 - ce qui est nécessaire
 - ce qui est souhaitable
- Une justification globale de ces solutions, en montrant que:
 - elles sont réellement susceptibles de résoudre les problèmes décrits précédemment
 - elles ne vont pas engendrer d'autres problèmes pour l'ensemble ou pour certains opérateurs
 - elles sont compatibles avec les exigences de productivité et de rentabilité de l'entreprise.
- La justification éventuelle de la nécessité d'une **Expertise** complémentaire.
- Un schéma de réalisation des solutions préconisées avec **qui fait quoi, quand, comment** et avec quel suivi dans le temps, afin d'augmenter la probabilité que le rapport soit **suivi** d'effets concrets.
- Une synthèse de ce rapport final en 1 page reprenant les solutions techniques principales.

B. Présentation écrite

La critique majeure concernant de tels rapports est qu'ils sont en général beaucoup trop littéraires et conventionnels.

Le but étant de donner l'information nécessaire à la prise de décision, le rapport doit être court, simple et débarrassé de toute considération superflue, générale ou hors de propos.

Sans tomber dans le style télégraphique:

- des alinéas, des retraits sont utilisés, comme dans le présent texte, pour souligner et hiérarchiser les informations
- le nombre de tableaux, de graphiques statistiques... est réduit au minimum
- les informations y sont présentées sous une forme systématique, facile à saisir, intuitive
- des schémas techniques, photos, sont utilisés si nécessaire.

Enfin, le texte est revu mot par mot pour

- supprimer toute répétition;
- simplifier la lecture et la compréhension;
- respecter la suite logique des items, idées ...;
- faciliter la recherche d'une information particulière.

Contrairement à l'habitude, le rapport commencera par la synthèse de 1 page, repoussant en second plan et en annexe l'information détaillée.

C. Présentation orale

Les circonstances déterminent la procédure exacte à suivre.

Idéalement cependant, la synthèse doit être présentée simultanément ou séquentiellement:

- A l'employeur, parce qu'il a la responsabilité des conditions de santé au travail et est celui qui décide.

- Aux opérateurs, parce qu'ils sont directement concernés. La mise en œuvre de solutions techniques, même excellentes, sans consultation préalable des intéressés, compromet temporairement, voire définitivement, leur efficacité.
- A toutes les personnes qui ont participé aux différentes étapes de l'intervention, parce qu'ils en ont le mérite principal.
- A la hiérarchie, à l'encadrement technique, parce qu'ils sont responsables de la mise en œuvre et du maintien des solutions.
- Aux autres partenaires de la prévention (médecins du travail, préventeurs ...), bien naturellement.

Le succès de l'intervention dépend non seulement de sa qualité, mais bien souvent surtout de la façon dont elle est présentée. Dès lors, un soin particulier doit être apporté à l'élaboration du matériel audiovisuel. Ce point sort des objectifs du présent document et ne sera pas abordé, sauf en ce qui concerne l'exploitation des enregistrements vidéo.

Alors que tous les protagonistes (employeurs, encadrement, opérateurs) pensent bien connaître les conditions de travail, ils en ont des visions parfois étonnamment différentes. Des photos ou une bande vidéo sont alors très utiles pour arriver à une représentation commune de la situation et des problèmes, ainsi que des possibilités d'amélioration. Elles doivent attirer l'attention sur le travail qui est réalisé et les conditions générales de travail, et non pas sur la manière dont tel ou tel opérateur le réalise.

Des photos ou une bande vidéo peuvent également être préparées dans une optique de formation des opérateurs et en particulier des nouveaux arrivés dans la situation concernée. Il s'agit cette fois de photos ou de vidéos orientées vers la façon de réaliser le travail. Ce sont donc des photos ou vidéos différentes mais complémentaires des précédentes. **Avec l'accord individuel de chaque opérateur** (après qu'il a été complètement informé des objectifs poursuivis), ces photos ou vidéos sont préparées de manière à illustrer certaines manières de travailler qui peuvent être "dangereuses" et les comparer à d'autres, plus favorables pour la sécurité ou la santé (façon de travailler, tel outil plutôt qu'un autre, économies de forces, rangement, circulation...). Cette bande ne pourra être utilisée par la suite, de nouveau, qu'avec l'accord des opérateurs et à condition qu'aucune culpabilisation ne soit possible.

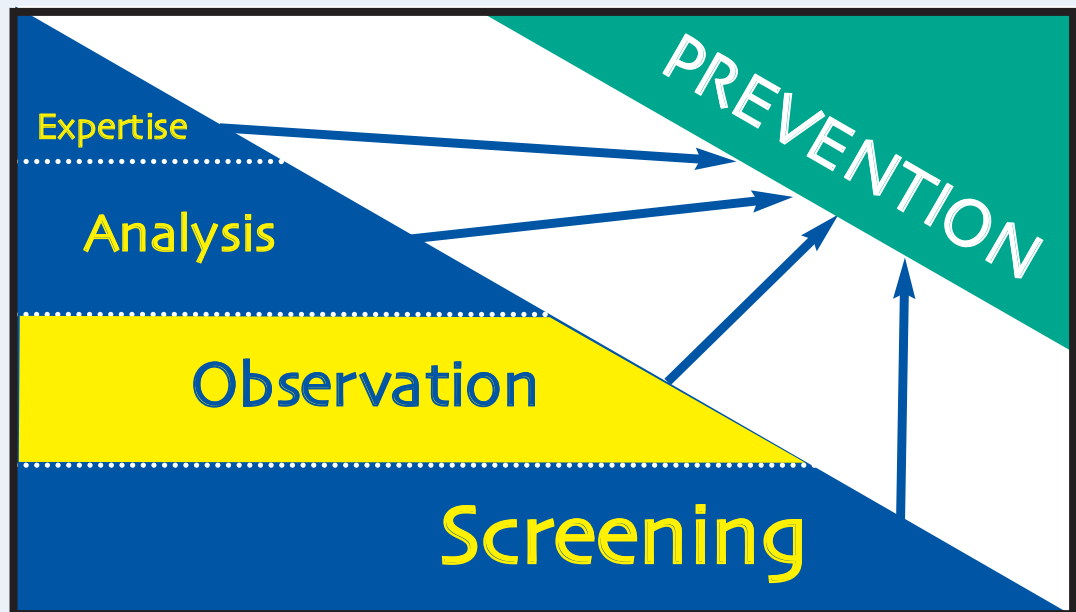
D. Suite de l'étude

Si l'étude a démarré suite à des plaintes concrètes chez certains opérateurs, il reste à s'occuper concrètement de ces personnes pour qu'elles récupèrent et puissent retrouver le plus vite possible des conditions de vie et des conditions de travail normales. C'est là un problème médical que doit traiter directement ou indirectement (avec le médecin généraliste) le médecin du travail.

Il y a lieu d'attirer l'attention sur le fait que des conditions de travail peuvent être acceptables pour un opérateur, mais rester dangereuses pour un autre. La récupération peut s'en trouver ralentie ou, dans certains cas, les problèmes peuvent continuer à s'aggraver. Il ne s'agit donc pas de remettre directement au travail les personnes avec des problèmes de santé dès que les conditions de travail ont été améliorées.

Tous les documents de travail qui ont servi aux différents niveaux seront conservés dans l'entreprise afin de servir plus tard de point de référence lors de modifications des postes ou lors de la conception de nouvelles conditions de travail.

2. NIVEAU 2: OBSERVATION



2.1 INTRODUCTION

2.1.1 Objectifs

Recueillir l'information sur la situation **en général** concernant:

- les conditions de travail
- les sources de vibrations manubrachiales
- sur le terrain
- avec la collaboration des **salariés** et de l'encadrement.

Déterminer les mesures techniques immédiates qui peuvent être prises pour prévenir/améliorer les risques.

Déterminer si une **Analyse** (niveau 3) plus approfondie

- est nécessaire
- avec quelle urgence
- avec quels objectifs.

2.1.2 Qui?

- Les **salariés** et leur **encadrement**.
- Les **personnes de l'entreprise** (encadrement, bureau d'étude, préventeurs internes) connaissant parfaitement la situation de travail.

2.1.3 Comment?

Une description plus détaillée de la façon de mettre en oeuvre les méthodes d'Observation se trouve dans l'introduction générale de la méthode SOBANE.

Seules les directives principales sont rappelées ci-dessous.

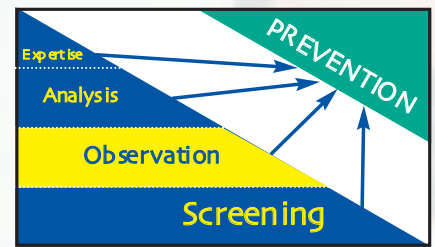
La démarche est semblable à celle utilisée lors du niveau I, **Dépistage Déparis** et les participants devraient être les mêmes:

1. Définition du petit groupe de postes formant une "**situation**" de travail
2. Désignation d'un **coordinateur**
3. Préparation du coordinateur: il lit la **méthode d'Observation** en détails, se forme à son utilisation et adapte l'outil à la situation de travail
4. Constitution d'un **groupe de travail** avec des travailleurs-clés et de personnels d'encadrement technique. Ce groupe comprend au moins un homme et une femme en cas de poste mixte
5. Réunion du groupe de réflexion dans un local calme près des postes de travail (pendant 2 heures en moyenne)
6. Explication claire par le coordinateur du but de la réunion et de la procédure
7. Discussion sur chaque rubrique en se concentrant sur
 - ce qui peut être fait **concrètement** pour améliorer la situation, par qui et quand
 - ce pour quoi il faudra demander l'**assistance** d'un préventeur au niveau d'**Analyse**

La discussion porte sur la situation de travail en prenant en compte les caractéristiques des travailleurs et, en particulier, le fait qu'il s'agit d'hommes ou de femmes, de sujets jeunes, de plus âgés, de personnes connaissant la langue locale ou non...

8. Après la réunion, préparation de la synthèse des résultats par le coordinateur, en mettant au net

- les tableaux utilisés, contenant les informations détaillées ressortant de la réunion
- la liste de solutions envisagées avec des propositions sur **qui fait quoi** et **quand**



- la liste des points à étudier plus en détails à un niveau 3, **Analyse**, avec les priorités.
9. Les résultats sont présentés aux participants, à la direction et au comité de prévention et de protection au travail pour révision, ajouts et décisions
 10. Poursuite de l'étude pour les problèmes non résolus par la méthode de niveau 3, **Analyse**.

A défaut de pouvoir organiser une réunion de 3 à 6 personnes, le **coordinateur** conduit l'**Observation** seul ou avec une ou deux personnes et éventuellement sur le lieu même de travail. Cette solution non idéale reste utile puisqu'elle fait progresser la prévention et prépare le recours éventuel à un préventeur externe.

2.1.4 Points à discuter

1. **Recueil** des informations pour chaque machine vibrante:
 - description, caractéristiques principales.
2. **Activités réalisées:**
 - description
 - machines et outils
 - postures
 - conditions de travail
 - perception par les salariés
 - possibilité de **réduction** des vibrations:
 - au niveau des machines vibrantes
 - au niveau du poste de travail.
3. **Bilan** pour chaque activité:
 - jugement de la situation actuelle
 - jugement de la situation future
 - nécessité d'une **Analyse**, niveau 3, urgence et objectifs
 - bilan des actions de prévention/amélioration.
4. **Exemple:**
 - un exemple est traité de manière incomplète, pour illustrer la démarche et le type d'informations concernées, sans alourdir le texte.

2.2 PROCÉDURE

2.2.1 Caractéristiques des machines utilisées

(numérotés 1, 2, 3...) (meuleuses, marteaux/piqueurs, visseuses...)

- **Machine**
- **Marque**
- **Modèle**
- **Date de mise en service**
- **Vitesse de rotation/percussion**
- **Poids**
- **Moteur** électrique ou pneumatique, ou à essence
 - Si **pneumatique**: direction de l'échappement par rapport aux poignées
- **Poignées**
 - nombre
 - positions
 - types



- **Outil**
 - **disque** . nature (emri, diamant...)
 - . diamètre
 - **mèche** . nature
 - . longueur
-
- **Description:** tenue en main, suspendue, montée sur pied, montée sur table
- **Matériau travaillé** (acier, bois, plastique...)
- **Date du dernier entretien**
- **Etat de la machine**
- **Equilibrage**

*Que faire de concret pour améliorer directement la situation ?
Que faut-il étudier plus en détails ?*

2.2.2. Par ACTIVITE effectuée

- **Description de l'activité**
- **Salariés concernés**
- **Machines et outils utilisés**
- **Posture et efforts au travail**
 - * **mains:** positions, efforts (préhension et pression)
 - * **poignets:** flexion, extension, déviations
 - * **bras:** au-dessus ou en-dessous du niveau des épaules, efforts
 - * **épaules** levées....
 - * **tronc:** penché, tordu...
- **raisons**
- **mesures de prévention/amélioration**
- **Conditions de travail**
 - **plan de travail**
 - * variable
 - * fixe (hauteur, distance...)
 - **environnement**
 - * travail à l'intérieur ou à l'extérieur
 - * froid / normal / chaud
 - **poussières:** système d'aspiration...
 - **bruit:** moyens de protection individuelle
 - **port de gants:**
 - * type . antivibrations
 - . contre accidents
 - . protection propreté/froid
 - **formation préalable** à l'utilisation de la machine
- **Perception par les salariés**
 - **vibrations:** légères, moyennes, élevées, très élevées
 - **postures:** confortables, inconfortables, dangereuses
 - **pénibilité:** nulle, faible, moyenne, élevée, très élevée

*Que faire de concret pour améliorer directement la situation ?
Que faut-il étudier plus en détails ?*

2.2.3 Bilan par ACTIVITE réalisée

- **Risque actuel** (Fiche 2)
Risque lié à l'activité spécifique, évalué sur base
 - des **observations** réalisées ci-dessus
 - des **avis** des **salariés**



Critères: (Fiche 1)

- **confort** ex.: visseuse à vide
- **inconfort léger** (ex.: foreuse à bois)
- **risque moyen** (ex.: meuleuse)
- **risque élevé** (ex.: foreuse en percussion)
- **Risque résiduel** si les mesures de prévention/amélioration sont prises
- **Nécessité d'une Analyse** (niveau 3) plus approfondie
 - **urgence**
 - **objectifs** à atteindre (confort, pas de maladie professionnelle...)
- **Mesures à court terme**
- **Qui fait Quoi et Quand?** par ordre de priorité, à partir des réponses aux questions:

Que faire de concret pour améliorer directement la situation ?

Que faut-il étudier plus en détails ?

2.3 RAPPORT DE L'ETUDE D'OBSERVATION

2.3.1 Synthèse des résultats de l'Observation

Le rapport doit faire la synthèse de toutes les informations progressivement récoltées et des solutions ou améliorations mises en œuvre ou projetées. Il comprendra:

- Un résumé des antécédents à **l'Observation**
 - la façon dont le problème est apparu et a été posé au départ
 - les grandes lignes de l'étude de **Dépistage** avec les opérateurs et l'encadrement
- Les résultats de **l'Observation** et les solutions proposées, en se servant du modèle de rapport préparé à cet effet et qui suit les différents points de la méthode de **d'Observation**
- Une justification globale de ces solutions, en montrant que:
 - elles sont réellement susceptibles de résoudre les problèmes décrits précédemment
 - elles ne vont pas engendrer d'autres problèmes pour les opérateurs
 - elles sont compatibles avec les exigences de productivité et de rentabilité de l'entreprise.
- Une synthèse des solutions et améliorations techniques ou organisationnelles avec des propositions de **qui fait quoi, quand, comment** et avec quel **suivi** dans le temps
- Le cas échéant, les aspects pour lesquels une **Analyse** est à réaliser.
- Une synthèse de ce rapport final en 1 page reprenant les solutions techniques principales.

Une description plus détaillée de la façon de rédiger ce rapport et de le présenter à la Direction et aux opérateurs se trouve dans l'introduction générale de la méthode **SOBANE**.

2.3.2 Le rapport

Canevas de collecte des informations:

- **à adapter à la situation rencontrée**
- **utilisé pour la rédaction du rapport**

Entreprise:

Situation de travail:

Coordinateur:

Personnes ayant participé à l'étude:

Dates:

A. Caractéristiques des machines utilisées

N°	1	2	3
MACHINE			
MARQUE			
MODÈLE			
DATE DE MISE EN SERVICE			
Vitesse de rotation/percussion			
Poids			
Moteur Si <i>pneumatique</i> : - direction de l'échappement ...			
Poignées: • nombre • position • type			
Outil • disque nature diamètre • mèche nature longueur • autre ...			
Description			
Matériau travaillé			
Date du dernier entretien			
Etat de la machine			
Equilibrage			

B. Par ACTIVITE effectuée

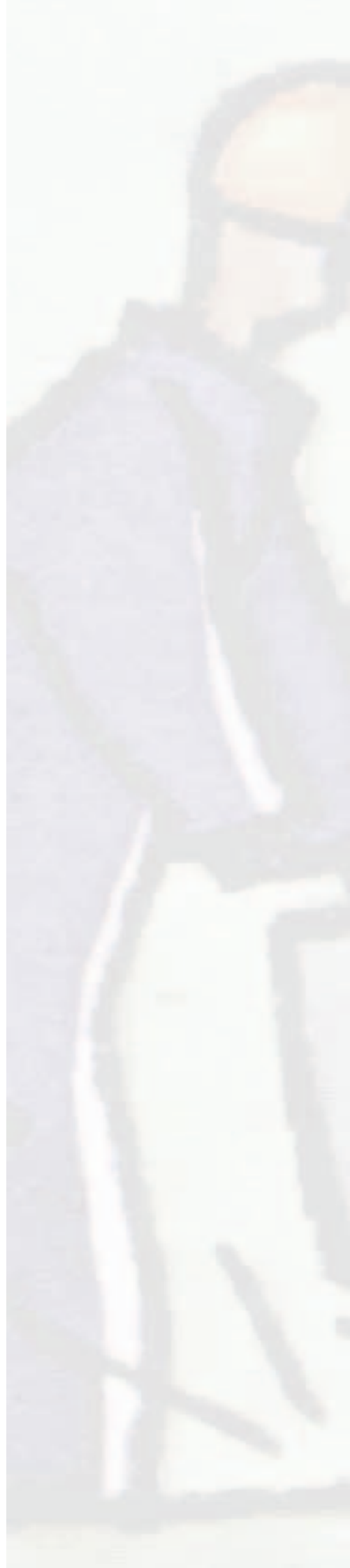
Activité réalisée:	
Critères	Notes
Description Salariés concernés Machines/outils utilisés Postures et efforts Position main g main d Efforts main g main d Position poignet g poignet d Posture bras épaules tronc Conditions de travail Plan de travail hauteur distance Environnement Poussières Bruit Gants Formation Perception Vibrations Postures Pénibilité	

C. Bilan par ACTIVITE

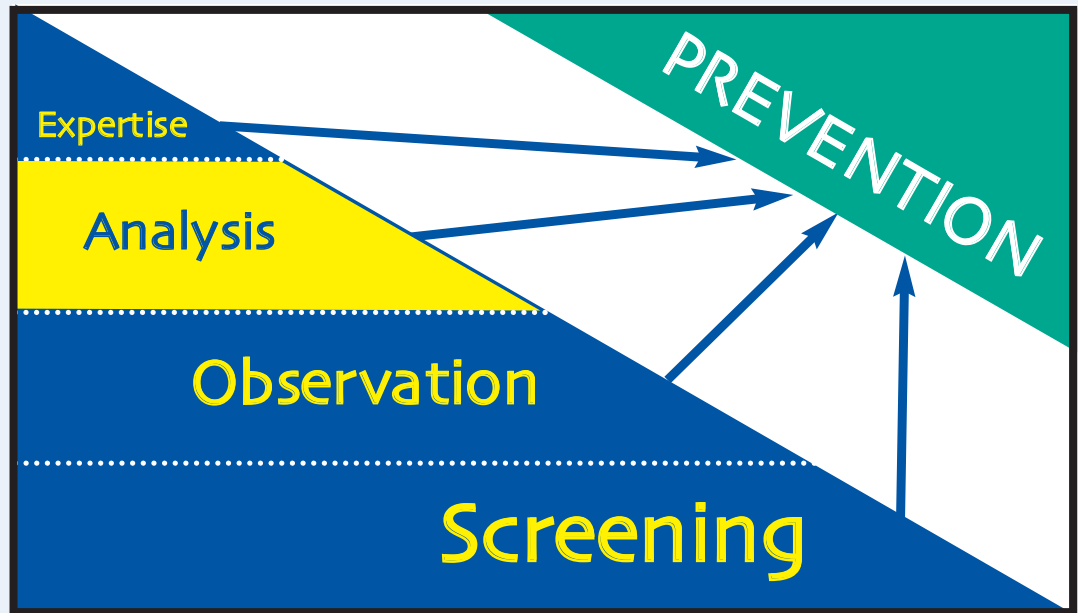
Activité	1	2	3
Salariés concernés			
Risque actuel			
Risque résiduel			
Nécessité d'une Analyse • urgence • objectifs			
Mesures à court terme			

QUI fait QUOI, QUAND?, par ordre de priorité

Qui	Quoi	Quand



3. NIVEAU 3: ANALYSE



3.1 INTRODUCTION

3.1.1 Objectifs

- Evaluer, à partir de tables, le risque lié aux vibrations manubrariales dans les conditions repérées lors du niveau 2, **Observation**.
- Approfondir la recherche de mesures de prévention/amélioration.
- Déterminer une organisation du travail plus adéquate.
- Estimer s'il est nécessaire de procéder à une étude encore plus approfondie (**Expertise**, niveau 4).

3.1.2 Qui ?

- Les personnes **de l'entreprise avec l'assistance d'un préventeur** possédant:
 - les compétences méthodologiques
 - les appareils de mesurage.

3.1.3 Comment?

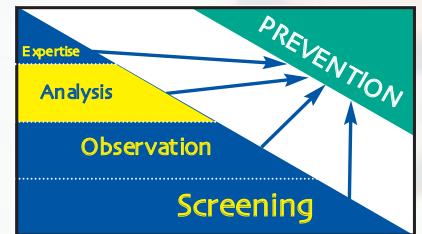
Une description plus détaillée de la façon de mettre en œuvre les méthodes d'Analyse se trouve dans l'introduction générale de la méthode SOBANE. Seules les directives principales sont rappelées ci-dessous.

La démarche à adopter par le **préventeur** est la suivante:

1. **Révision** des résultats du **Dépistage** et de **l'Observation** de la situation de travail avec le **coordonateur** qui a mené les études à ces deux premiers niveaux:
 - en prenant connaissance du travail accompli précédemment aux niveaux **Dépistage** et **Observation**
 - en revoyant ce travail et les différentes solutions envisagées et en y apportant sa compétence pour les confirmer ou non
 - en déterminant les aspects qui nécessitent une **Analyse** particulière complémentaire.
2. **Analyse** proprement dite de la situation de travail sous ces points particuliers, et en collaboration avec les **personnes de l'entreprise**
 - en étudiant plus en profondeur ces aspects particuliers
 - en réalisant éventuellement des mesurages, toujours dans une optique de prévention
 - en aidant l'entreprise à mettre en œuvre les solutions préconisées.

3.1.4 Points à discuter

1. **Exposition des salariés: état actuel**
 - **groupement des salariés** ayant la même exposition
 - **caractérisation de l'accélération équivalente** en conditions de travail moyennes représentatives
 - **estimation de l'accélération d'exposition personnelle** dans ces conditions moyennes représentatives
 - **risque actuel**
2. **Conditions d'utilisation des machines: étude approfondie**
 - Mesures de **prévention/amélioration possibles**
3. **Exposition des salariés: état futur anticipé**
 - **risque résiduel** après prévention/amélioration
4. **Synthèse**
 - **Bilan des mesures de prévention/amélioration envisagées**
 - **Hiérarchisation des phases de travail**
 - **Nécessité et urgence d'une Expertise (niveau 4)**
 - **Mesures à court terme et surveillance de la santé éventuelle**



3.1.5 Terminologie



Domage-effet	tout effet indésirable dû aux vibrations (Fiches 4 et 12) <ul style="list-style-type: none"> • inconfort • effets à court terme: pertes de sensibilité tactile, paresthésies... • effets à long terme: <ul style="list-style-type: none"> - problèmes ostéoarticulaires - syndrome de Raynaud (doigt blanc) - atteinte neurologique périphérique.
Risque	probabilité d'un certain effet ou dommage compte tenu de l'exposition au facteur de risque "vibrations".
Risque résiduel	probabilité de ce même effet après amélioration de la situation de travail.
Accélération équivalente $A_{weq}^{(2)}$ (en ms^{-2})	accélération continue qui, sur le temps qu'a duré le mesurage, donnerait la même exposition (au point de vue énergie vibratoire) que les vibrations fluctuantes, intermittentes ou les chocs réellement survenus (en ms^{-2}).
Accélération d'exposition personnelle $A_{EP}^{(1)}$ (en ms^{-2})	accélération continue qui, pendant 8 heures par jour, 5 jours par semaine , donnerait la même exposition (au point de vue énergie vibratoire) que l'exposition réelle du salarié au cours d'une semaine typique de travail, qu'il travaille ou non 8 heures par jour et 5 jours par semaine (en ms^{-2}).

3.2 PROCÉDURE

3.2.1 Exposition des salariés: état actuel



- **Groupement** des salariés ayant la même exposition (groupes homogènes)
Exemple: tous les meuleurs de tôles en acier
tous les ouvriers de voierie
- Pour chaque machine utilisée par un groupe homogène de salariés, estimation de l'**accélération équivalente $A_{weq,i}$** (valeur moyenne ou gamme), **résultante dans les 3 axes** à partir des données de la Fiche 4.
- Estimation du risque que l'accélération équivalente soit plus grande à cause de
 - mauvais état de la machine
 - outil mal centré et balourd
 - matériau très dur
 - présence de chocs particuliers
- Estimation de la **durée d'exposition moyenne** par semaine de travail: H_i
- Calcul de l'accélération partielle d'exposition personnelle $A_{EP,i}$, en divisant l'accélération estimée par $K = \sqrt{H_i/40 \text{ h ou } 2400 \text{ min}}$, donné au tableau suivant:

durée	5'	30'	45'	1h	2h	4h	8h	10h	15h	20h	25h	30h	40h
k	22	9,0	7,3	6,3	4,5	3,2	2,2	2,0	1,6	1,4	1,3	1,2	1

Exemple:

Activité	Machine	circonstances aggravantes	$A_{weq,i}$ (ms^{-2})	Durée H_i (heures)	$A_{EP,i}$ (ms^{-2})
A	1: meuleuse	meule abîmée poignée normale	6	25 h	4,6
B	2: marteau piqueur	sans suspension	12	4 h	3,8
Total	$A_{EP} =$				6,0

- **Calcul de l'accélération d'exposition personnelle A_{EP}** par $A_{EP} = \sqrt{\sum A_{EPj}^2}$ (Fiche 6)
- Risque actuel selon les critères suivants: (Fiches 4 et 5)
 - **inconfort nul:** $< 1,0 \text{ ms}^{-2}$
 - **inconfort:** $< 2,5 \text{ ms}^{-2}$
 - **problèmes de santé:** $> 2,5 \text{ ms}^{-2}$
 - **situation inacceptable:** $> 5,0 \text{ ms}^{-2}$

**Que faire de concret pour améliorer directement la situation ?
Que faut-il étudier plus en détails ?**

3.2.2 Conditions d'utilisation des machines vibrantes

Par machine

- **Modification du processus avec suppression de la machine vibrante**
- **Machine moins vibrante** (Fiches 9, 10 et 11)
 - machine mieux adaptée à la tâche
 - électrique / pneumatique
 - réglage de la pression d'air des machines pneumatiques pour une même efficacité
 - nouvelle machine (avec piston, coussin d'air...)
 - système de suspension antivibrations
- **Modification des outils** (disque, burin, mèche...) (Fiche 10)
 - outil mieux adapté au matériau
 - remplacement régulier de l'outil
- **Amélioration de l'entretien** (Fiche 10)
 - fiche d'entretien, périodicité
 - utilisation de bons accessoires
 - aiguisage de l'outil
 - remplacement des éléments antivibrations
 - équilibrage des parties tournantes
- **Amélioration des poignées** (Fiches 7 et 8)
 - installation de poignées antivibrations
 - choix du matériau des poignées (non métalliques)
- **Amélioration des postures et diminution des efforts**
 - support de la machine par des contrepoids
 - adaptation de la hauteur du plan de travail
 - réduction de la force de préhension
 - réduction de la force de pression
 - blocage des objets à usiner
 - formation à l'utilisation de la machine
- **Modification de l'organisation du travail**
 - diminution de la durée journalière d'exposition
 - augmentation du nombre de pauses
 - insertion de journées sans vibrations
 - alternance avec un travail sans vibrations

**Que faire de concret pour améliorer directement la situation ?
Que faut-il étudier plus en détails ?**

3.2.3 Exposition des salariés: état futur anticipé

- Reprendre la section I compte tenu
 - des mesures de prévention/amélioration à la source
 - des modifications envisagées des techniques de travail pour réduire les vibrations
 - de la réorganisation du travail envisagée



Atlas Copco



Atlas Copco



Sunnex

- Estimation des durées anticipées d'exposition par semaine H_i
- Estimation des accélérations partielles d'exposition personnelle $A_{EP,i}$ anticipées
- Calcul de l'accélération d'exposition personnelle A_{EP}

Exemple:

Activité	Machine	Amélioration envisagée	$A_{weq,i}$ (ms^{-2})	Durée H_i (heures)	$A_{EP,i}$ (ms^{-2})
A	1: meuleuse	poignée antivibrations	3	25 h	2,3
B	2: marteau piqueur	avec suspension	8	4 h	2,5
Total	$A_{EP} =$				3,4

- Risque résiduel
 - selon les critères de la section I

Que faire de concret pour améliorer directement la situation ?

Que faut-il étudier plus en détails ?

3.2.4 Synthèse

- **Bilan des mesures de prévention/amélioration envisagées**
- **Qui fait quoi et quand?** par ordre de **priorité**, à partir des réponses aux questions:
 - Que faire de concret pour améliorer directement la situation ?**
 - Que faut-il étudier plus en détails ?**
- **Hiérarchisation des phases de travail** (Fiche 6)
 - identifier les phases de travail prioritaires entraînant des accélérations d'exposition personnelle partielles $A_{EP,i}$ supérieures à l'accélération limite
 - identifier les machines vibrantes responsables de ces $A_{EP,i}$
- **Nécessité d'un niveau 4, Expertise, plus approfondi**
 - sur base du risque résiduel évalué ci-dessus
 - **quelle en est l'urgence?**
 - **objectifs:** sur quoi doit-elle porter ?
 - * quelles machines vibrantes?
 - * pour quel niveau de risque?
- **Protection individuelle**
- **Surveillance de la santé** (Fiche 13)
 - critères d'engagement
 - surveillance périodique



3.3 RAPPORT DE L'ETUDE D'ANALYSE

3.3.1 Synthèse des résultats de l'analyse

Le rapport doit faire la synthèse de toutes les informations progressivement récoltées et des solutions ou améliorations mises en œuvre ou projetées.

Il comprendra:

- Un résumé des antécédents à **l'Analyse**
 - la façon dont le problème est apparu et a été posé au départ
 - les grandes lignes de l'étude de **Dépistage** avec les opérateurs et l'encadrement
 - la révision des résultats de l'**Observation**: aspects **Observés** et solutions proposées
- Les résultats de **l'Analyse** et les solutions proposées, en se servant du modèle de rapport préparé à cet effet et qui suit les différents points de la **méthode d'Analyse**

- Une justification globale de ces solutions, en montrant que:
 - elles sont réellement susceptibles de résoudre les problèmes décrits précédemment
 - elles ne vont pas engendrer d'autres problèmes pour les opérateurs
 - elles sont compatibles avec les exigences de productivité et de rentabilité de l'entreprise.
- Une synthèse des solutions et améliorations techniques ou organisationnelles avec des propositions de **qui fait quoi, quand, comment** et avec quel **suivi** dans le temps
- Les mesures à prendre le cas échéant pour l'information et la formation adéquate des opérateurs en ce qui concerne: les procédures de travail optimales et celles à éviter et les risques de santé et de sécurité
- Le cas échéant, les aspects pour lesquels une **Expertise** est à réaliser.
- Une synthèse de ce rapport final en 1 page reprenant les solutions techniques principales.

Une description plus détaillée de la façon de rédiger ce rapport et de le présenter à la Direction et aux opérateurs se trouve dans l'introduction générale de la méthode **SOBANE**.

3.3.2 Le rapport

Canevas de collecte des informations:

- à adapter à la situation rencontrée
- utilisé pour la rédaction du rapport

Entreprise:

Situation de travail:

Coordinateur:

Personnes ayant participé à l'étude:

Dates:

A. Exposition des salariés: état actuel

- **Groupement** des salariés ayant la même exposition
- **Exposition actuelle**

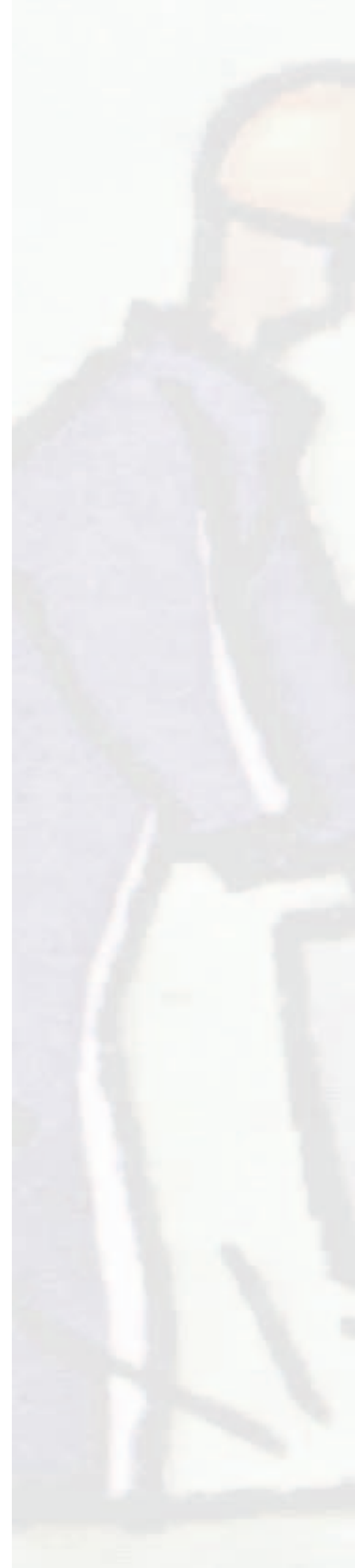
Activité	Machine	Circonstances aggravantes	$A_{weq,i}$ (ms^{-2})	Durée H_i (h)	A_{EPi} (ms^{-2})
Total					A_{EP}

- A_{EP}
- **Risque actuel**

B. Conditions d'utilisation des machines vibrantes

Par machine

- **Modification du processus**
- **Machine moins vibrante**
- **Modification des outils**



- Amélioration de l'entretien
- Amélioration des poignées
- Amélioration des postures et diminution des efforts
- Modification de l'organisation du travail

C. Exposition des salariés: état futur anticipé

Activité	Machine	Amélioration envisagée	$A_{\text{weq},i}$ (ms^{-2})	Durée H_i (h)	$A_{\text{EP},i}$ (ms^{-2})
Total					

- Risque résiduel A_{EP}

D. Synthèse

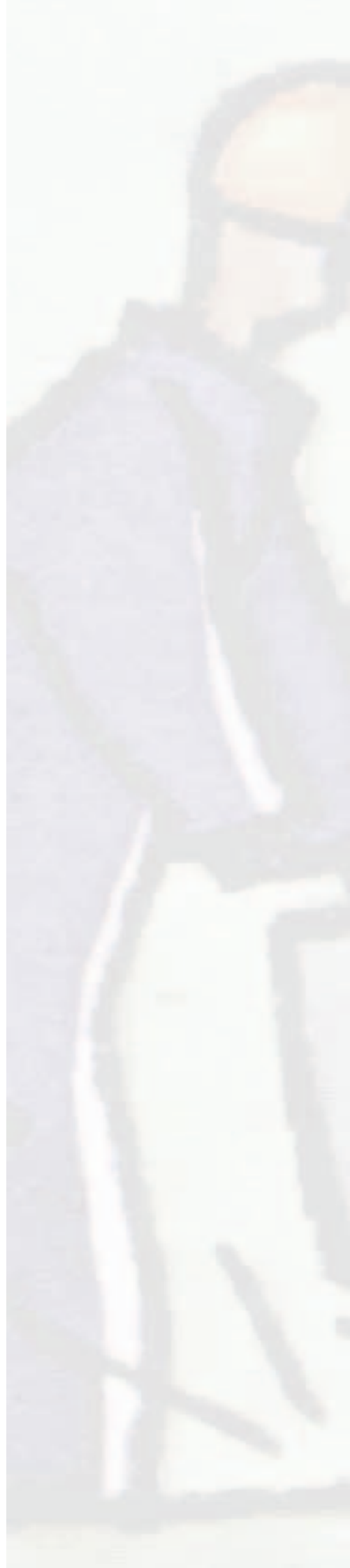
- Bilan des mesures de prévention/amélioration envisagée
 - Qui fait Quoi et Quand? par ordre de priorité

Qui	Quoi	Quand

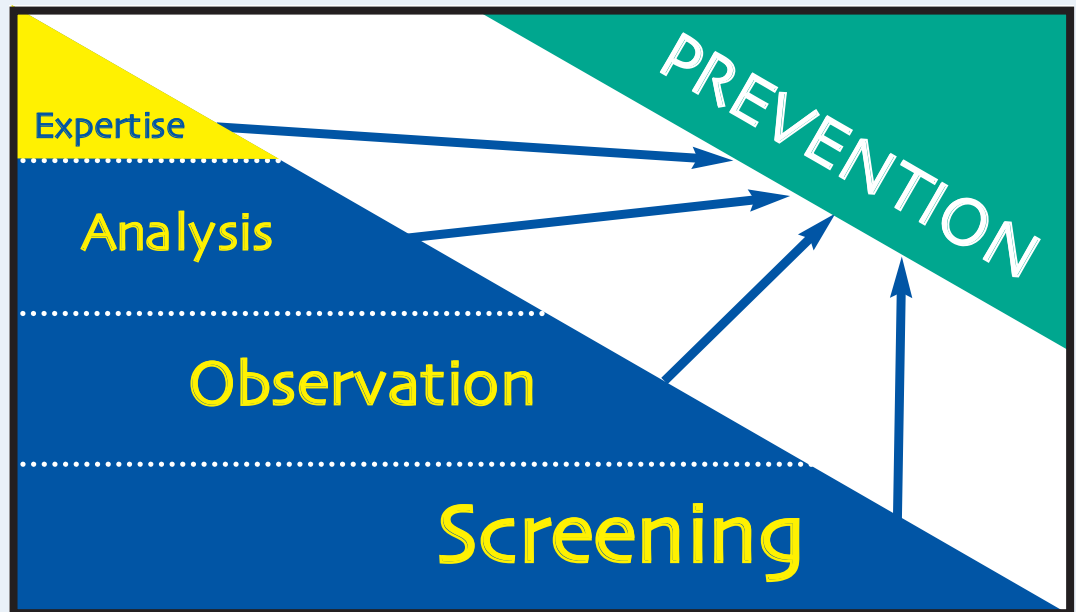
- Hiérarchisation des phases de travail

Priorité	Phases	$A_{\text{EP},i}$	Sources principales
1			
2			
3			
...			

- Nécessité d'un niveau 4, Expertise
 - urgence
 - objectifs
- Protection individuelle
- Surveillance de la santé
 - critères d'engagement
 - surveillance périodique



4. NIVEAU 4: EXPERTISE



Le présent document n'a pas pour but de décrire comment l'Expertise doit être conduite, mais

- **ce en quoi elle doit consister**
- **ce que l'on doit en exiger.**

4.1 OBJECTIFS

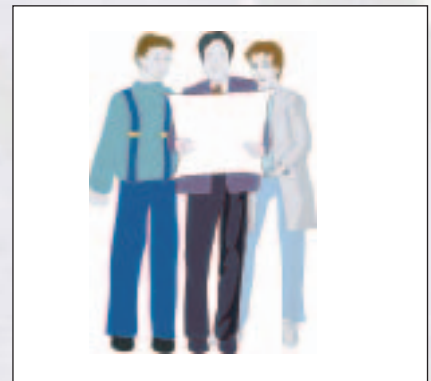
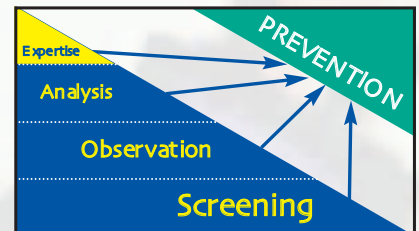
- Par des mesurages spéciaux, mieux caractériser les vibrations des machines vibrantes.
- Par une analyse plus fine des activités et des conditions de vibrations, caractériser l'exposition globale des salariés et rechercher les modifications ultimes à apporter pour la prévention/amélioration.

4.2 QUI?

- Cette étape de l'étude doit être réalisée par les personnes de l'entreprise et les préventeurs avec l'aide supplémentaire d'**experts** possédant:
 - les moyens de mesurage et d'interprétation nécessaires
 - la compétence technique pour la recherche de solutions particulières

4.3 COMMENT?

1. **Conditions à étudier de manière approfondie:**(Fiche 14)
 - machines vibrantes à étudier
 - journées représentatives
 - preuve de leur représentativité
 - dates et heures
2. **Evaluation:** (Fiche 14)
 - séquence des activités
 - salariés concernés
 - groupes homogènes d'exposition
 - appareillage utilisé (Fiche 15)
 - caractéristiques
 - étalonnage
 - placement sur la machine vibrante
 - technique de mesurage (Fiche 16)
 - axes X,Y et Z
 - durée de mesurage
 - analyse par octave ou tiers d'octave
 - mesurages de $A_{weq,i}$
 - calcul de l'accélération d'exposition personnelle en fonction des durées moyennes d'exposition par jour
 - interprétation: évaluation du risque actuel
3. **Etudes spécialisées**
Selon le cas
 - **efficacité des moyens antivibrations (poignées, manchons....)**
 - mesurage des accélérations
 - * avant transformation a1
 - * après transformation a2
 - **calcul des rapports a2 / a1**



- **Interprétation**

Rapport	>1	transformation aggravante
	>0,8	inefficace
	<0,8	efficace

4. **Prévention/amélioration**

- recherche des modifications à apporter
 - pour chaque machine vibrante
 - pour l'organisation du travail

5. **Risque résiduel**

- après instauration des mesures de prévention/amélioration

6. **Mesures de protection individuelle**

7. **Surveillance de la santé**

4.4 RAPPORT

Aucun document de travail n'est présenté ici. L'**expert** appropriera les informations au cas rencontré.

Le rapport d'**Expertise** doit cependant comprendre:

- la justification des techniques utilisées
- l'évaluation du risque actuel
- les mesures de prévention/amélioration préconisées
- qui fait quoi et quand?
- le risque résiduel après prévention/amélioration
- la surveillance de la santé à pratiquer éventuellement.

La synthèse doit être établie à nouveau

- par les personnes **de l'entreprise**
- avec l'assistance des **préventeurs** et des **experts**.

FICHES D'AIDE

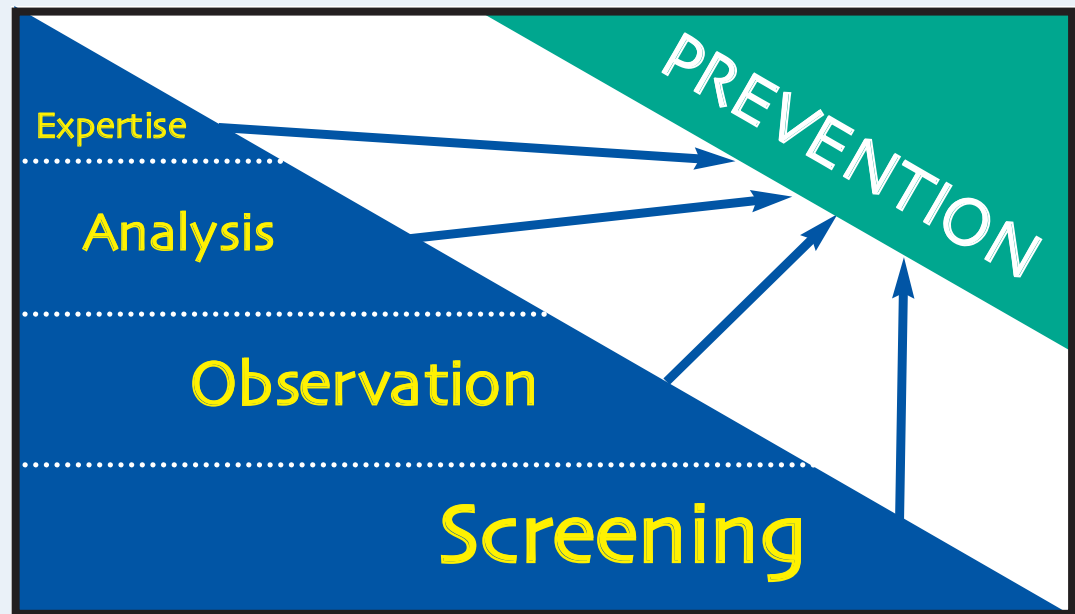


TABLE DES MATIÈRES DES FICHES D'AIDE

OBSERVATION

Fiche 1	Définitions et ordre de grandeur	43
Fiche 2	Réglementation	45
Fiche 3	Protection individuelle	46

ANALYSE

Fiche 4	Définitions, ordres de grandeur	47
Fiche 5	Réglementation	50
Fiche 6	Évaluation et interprétation de l'exposition moyenne	54
Fiche 7	Systèmes de suspension	56
Fiche 8	Poignées antivibrations	59
Fiche 9	Recommandation lors de l'achat de machines vibrantes	60
Fiche 10	Principes généraux de lutte contre les vibrations	61
Fiche 11	Lutte contre les vibrations des meuleuses	62
Fiche 12	Effets des vibrations manubrariales	64
Fiche 13	Surveillance de la santé	65

EXPERTISE

Fiche 14	Stratégie de mesurage	66
Fiche 15	Appareils de mesurage	67
Fiche 16	Technique et stratégie de mesurage	68

FICHE 1

DÉFINITIONS ET ORDRE DE GRANDEUR

Définition

- quand l'air vibre, l'oreille l'entend: on parle de bruit
- quand un siège, une machine, un matériau vibre, les pieds, les cuisses, les mains le ressentent: on parle de vibrations.

Unités

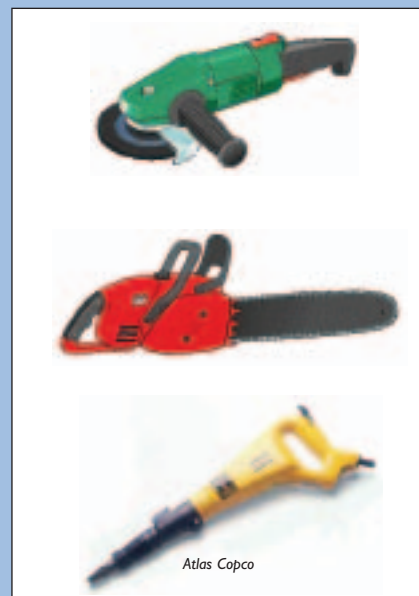
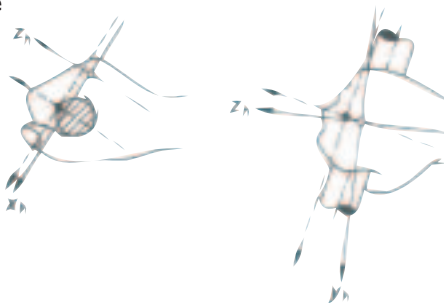
- on mesure le bruit en décibels au moyen d'un sonomètre
- on mesure les vibrations en accélération, en mètres par seconde au carré (ms^{-2}) au moyen d'appareils très complexes et très coûteux que possèdent les experts.

Fréquences

- si l'air vibre peu de fois par seconde, le bruit est de basses fréquences et est de tonalité grave
- s'il vibre beaucoup de fois par seconde, il est de hautes fréquences et aigu
- si la machine vibre peu de fois par seconde (chocs d'un marteau piqueur), on parle de basses fréquences et la vibration risque de se propager loin dans le corps
- si la machine vibre beaucoup de fois par minute (meuleuse, tronçonneuse ...), il s'agit de vibrations de hautes fréquences qui seront absorbées dans les cuisses ou les mains.
- l'oreille entend des bruits de fréquences comprises entre 20 Hz (20 oscillations par seconde) et 20.000 Hz.
- par contre, le corps est sensible aux fréquences
 - entre 5 et 1500 Hz pour les machines et outils tenus en main et qui vont concerner essentiellement les mains, les poignets, les coudes et les épaules.
- l'oreille n'entend pas de la même façon toutes les fréquences: on mesure alors le bruit avec un appareil spécial (circuit de pondération) et on l'exprime en dB(A), tel qu'il est entendu, plutôt qu'en dB, tel qu'il existe
- il en est de même des vibrations et elles sont exprimées en accélération pondérée, telles qu'elles sont ressenties, plutôt qu'en accélération, telles qu'elles existent vraiment.

Directions

- Le sonomètre mesure le bruit de la même façon, indépendamment d'où il vient
- L'appareil de mesure des vibrations ne mesure que les vibrations dans une certaine direction. C'est pourquoi l'expert doit mesurer les vibrations dans 3 axes.
 - axe X, perpendiculaire à la paume de la main
 - axe Y, parallèle à la paume de la main
 - axe Z, dans le prolongement du bras.



Ordres de grandeur

- il est difficile de donner l'ordre de grandeur des vibrations des machines à main car les vibrations ne dépendent pas uniquement de l'état de la machine mais aussi notamment de l'état de l'outil (disque, burin...) ou de la matière à usiner (dureté...)

Quelques exemples:



visseuse à vide: 1 ms^{-2} (Atlas Copco)



foreuse à bois: $2,5 \text{ ms}^{-2}$ (Atlas Copco)



meuleuse: 5 ms^{-2} (Atlas Copco)



marteau pic: $> 5 \text{ ms}^{-2}$ (Atlas Copco)

FICHE 2

RÉGLEMENTATION

- **En Belgique**, un arrêté royal est actuellement en préparation afin de transcrire en droit belge la directive européenne 2002/44/CE. Avant l'entrée en vigueur de cet AR, seule l'organisation de la surveillance de la santé est imposée:
 - si le salarié est exposé aux vibrations plus de 7 jours par an, l'évaluation de santé annuelle doit comprendre un examen radiologique et un examen des variations de la température cutanée des mains.
- **La norme ISO 5349** (2001) ne spécifie aucune valeur limite mais donne un modèle de prédiction du risque de troubles vasculaires (phénomène du doigt blanc, syndrome de Raynaud)
- **La directive européenne 2002/44/CE** fixe des valeurs tenant compte de l'ensemble des vibrations générées dans les 3 axes:
 - valeur d'exposition journalière (8 heures) déclenchant l'action (informer, former, prévention...): **2,5 ms⁻²**
 - valeur limite d'exposition journalière (8 heures): **5,0 ms⁻²**

Seul un expert possédant un matériel spécialisé, peut mesurer les vibrations au poste de travail. Il est important de souligner que ces valeurs ne correspondent pas à une valeur instantanée mesurée à un moment de la journée mais correspondent à la valeur moyenne sur 8 heures de travail.



FICHE 3

PROTECTION INDIVIDUELLE



Vandeputte Safety



1. Les gants

Les gants sont indispensables pour:

- protéger les mains contre les **blessures** (copeaux, outils...)
- éviter le contact avec des **produits irritants ou toxiques** (huiles...)
- garder les **mains chaudes** :
 - les vibrations entraînent un refroidissement des mains par vasoconstriction
 - le froid induit des problèmes vasculaires
 - les mitaines doivent être évitées car elles ne protègent pas suffisamment les doigts.

Ils doivent permettre le **travail en sécurité** :

- faible diminution des capacités de préhension et de sensibilité
- pas trop grands, ni encombrants.

En général ils sont **peu efficaces** contre les vibrations:

- ils risquent d'amplifier les vibrations en dessous de 200 Hz
- ils sont efficaces seulement au delà de 200 Hz pour les vibrations responsables de troubles neurologiques
- les gants dit «antivibrations» nuisent en général à la dextérité manuelle.

2. Equipements de protection individuelle indispensables

- Pour les yeux: lunettes contre les projections de particules.
- Pour le corps: tabliers/cagoules contre les projections de particules incandescentes.
- Pour les pieds: souliers de sécurité contre les chutes des pièces à usiner et de la machine et/ou de l'outil.
- Pour les oreilles: bouchons ou coquilles de protection contre le bruit, portés le plus longtemps possible (confortable) (voir la brochure sur la prévention du risque lié au bruit).

FICHE 4

DÉFINITIONS, ORDRES DE GRANDEUR

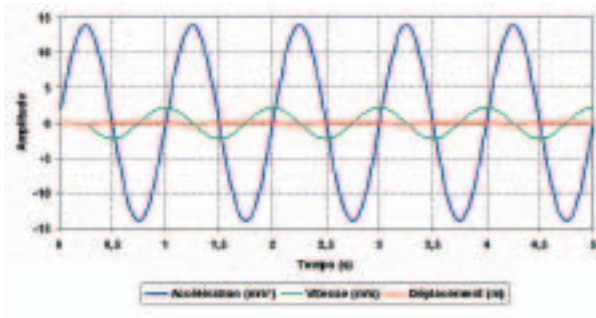
1. Définitions

Les vibrations manubrariales sont les vibrations des machines vibrantes transmises à l'homme par les mains et concernant essentiellement les membres supérieurs (mains-bras).

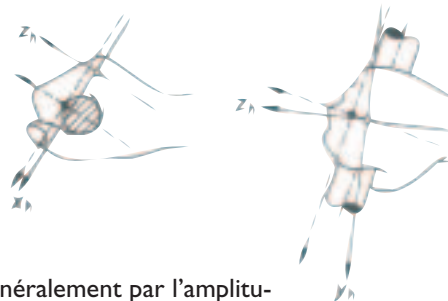
2. Caractéristiques

Les vibrations sont caractérisées par:

- Leurs fréquences: dans la gamme de 5 à 1500 Hz.
- Leurs amplitudes,
 - qui peuvent s'exprimer:
 - . en terme de déplacements de la matière (en mm)
 - . ou en vitesse de déplacement (mètres par seconde)
 - mais qui s'expriment généralement en **accélération** (en ms^{-2})



- Leur direction:
 - axe X, perpendiculaire à la paume de la main
 - axe Y, parallèle à la paume de la main
 - axe Z, dans le prolongement du bras.



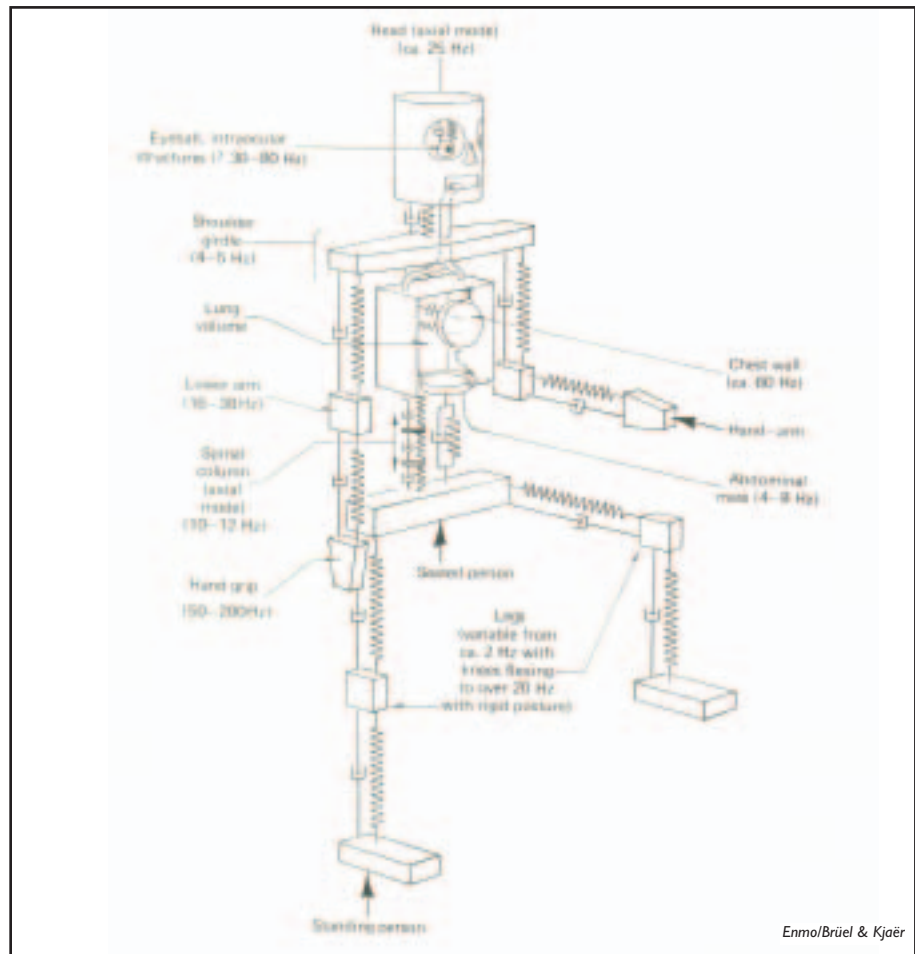
3. Unités

Les vibrations sont exprimées le plus généralement par l'amplitude (A_w) d'accélération efficace (RMS) relevée dans chacun des 3 axes (A_x , A_y et A_z)

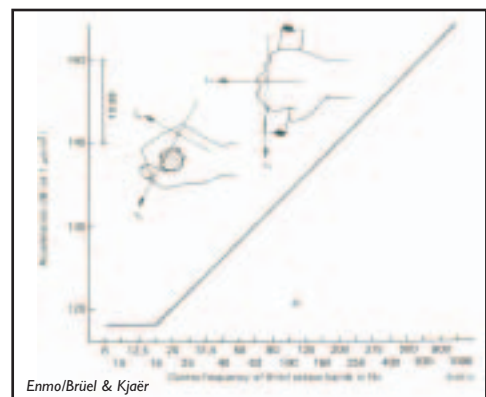
- pondérées en fréquences suivant la réactivité du système main-bras aux différentes fréquences
- soit de manière globale pour tout l'intervalle (5, 1500 Hz)
- soit par bandes de tiers d'octave centrées à 4, 5, 6,3, 8, 10, 12,5, 16, 20, 25, 31,5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250 Hz.

Les amplitudes d'accélération pondérée peuvent être:

- **Accélération équivalente A_{weq}** (en ms^{-2}): **accélération continue** qui, sur le temps qu'a duré le mesurage, donnerait la **même exposition** (au point de vue énergie vibratoire) que les vibrations fluctuantes, intermittentes ou les chocs réellement survenus (en ms^{-2}).



- **Accélération d'exposition personnelle A_{EP}** (en ms^{-2}): accélération continue qui, pendant **8 heures par jour, 5 jours par semaine**, donnerait la même exposition (au point de vue énergie vibratoire) que l'exposition réelle du salarié au cours d'une semaine typique de travail, qu'il travaille ou non 8 heures par jour et 5 jours par semaine (en ms^{-2}).



4. Addition de vibrations

- Lorsque deux vibrations A_{w1} et A_{w2} , indépendantes, existent en même temps dans la même direction l'amplitude d'accélération pondérée résultante est donnée par $A_w = A_{w1} + A_{w2}$.
- Lorsque A_{w1} et A_{w2} , indépendantes, existent en même temps dans des directions orthogonales, on a $A_w = \sqrt{A_{w1}^2 + A_{w2}^2}$.

Ordres de grandeur

La table suivante donne, pour différentes machines, la valeur repère de l'amplitude résultante ($A_{EP,3\text{ axes}} = \sqrt{A_{EPX}^2 + A_{EPY}^2 + A_{EPZ}^2}$) des 3 axes de vibration (moyennes et gammes de variations).

- L'axe dominant dépend du type de machine (voir Fiche I 6, choix de l'axe de mesurage).
- Ces valeurs sont les amplitudes les plus courantes.
- Des amplitudes plus faibles peuvent résulter:
 - d'une machine particulièrement en bon état
 - d'outils équilibrés
 - de poignées antivibrations
- Des amplitudes plus importantes résulteront:
 - d'un entretien défectueux
 - d'outils mal équilibrés
 - d'absence de suspension des poignées

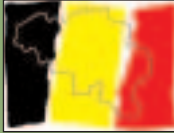
Machines		Accélération équivalente résultante (ms ⁻²)		
		moyenne	minimale	maximale
Débroussailleuse	poignée arrière	7,0	2,6	18
	poignée avant	7,9	3,3	17
Tronçonneuse suspendue	poignée arrière	12,9	3,3	24,1
	poignée avant	7,3	3,9	14,6
Tronçonneuse NON suspendue	poignée arrière	29,9	7,8	46,8
	poignée avant	19,2	14,3	28,7
Perceuse – foreuse		10,9	5,0	21,8
Meuleuse droite		8,2	3,3	19,8
Meuleuse d'angle (disqueuse)		6,0	2,0	17,6
Meuleuse verticale		7,3	3,3	13,7
Ponceuse vibrante		8,2	3,3	11,2
Polisseuse		4,7	2,6	8,2
Grignoteuse		8,6	3,3	17,1
Perceuse à percussion		12,5	5,0	32,6
Pistolet à aiguilles		16,2	5,0	20,8
Rivetage	marteau à river	5,6	1,5	23,1
	tas de réaction	17,0	-	-
Marteau piqueur, burineur, ébarbeur		11,5	2,0	30,0
Meuleuse sur pied		8,4	2,0	32,5
Tournevis pneumatique, visseuse		4,8	1,8	7,8
Clé à chocs, boulonne use		6,0	2,0	22,2
Clé à chocs hydropneumatique		3,6	1,0	6,5
Clé d'angles, serreuse		1,7	1,0	3,9
Clé à rochets		5,2	1,0	10,4
Foreuse de roche		15,0	-	32,0

La base de données européenne concernant les vibrations manubrariales peut être consultée à l'adresse <http://umetech.niwl.se/vibration/HAVhome.html>

FICHE 5

RÉGLEMENTATION

Réglementation Belge



En Belgique, un arrêté royal est actuellement (décembre 2003) en préparation afin de transcrire en droit belge la directive européenne 2002/44/CE décrite ci-dessous. Cet AR et ses annexes constitueront le chapitre IV du titre IV du Code sur le Bien Etre au travail.

Norme ISO 5349 (2001)

La norme ISO 5349 (2001) ne spécifie aucune valeur limite mais donne un modèle de prédiction du risque de troubles vasculaires (phénomène du doigt blanc, syndrome de Raynaud)

Directive européenne 2002/44/CE du 25 juin 2002



Cette directive considère les vibrations pénétrant par les mains-bras (vibrations manubrariales) et les vibrations pénétrant par les pieds et le siège (vibrations corps-total).

Il est donc préférable de présenter ci-dessous cette directive européenne pour ces deux types de vibrations, même si la présente fiche s'intéresse principalement aux vibrations mains-bras.

1. Définitions

Vibrations manubrariales

- Produites par les machines vibrantes tenues en main
- Pénètrent le corps par les mains et bras
- Posent des risques pour la santé et la sécurité
- Donnent lieu à des effets ostéoarticulaires, vasculaires et neurologiques

Corps-total

- Rencontrées sur des engins et transport
- Pénètrent par les pieds et le siège
- Posent des risques pour la santé et la sécurité
- Entraînent des lombalgies ou autres traumatismes de la colonne vertébrale

2. Unités

- A_{EP} ms^{-2} pondérée en fréquence
- Accélération d'exposition personnelle: accélération qui sur une période standard de 8 heures par jour, 5 jours par semaine et toute l'année, donnerait le même apport d'énergie vibratoire que l'exposition considérée.

Manu-brachial:

- Evaluation de l'accélération d'exposition personnelle dans les trois axes
- Calcul de la résultante selon: $A_{EP} = \sqrt{A_{EPX}^2 + A_{EPY}^2 + A_{EPZ}^2}$
- Interprétation du risque pour la main la plus exposée

Corps-total

- Evaluation dans les 3 axes
- Choix de la valeur la plus élevée en attribuant un poids 1,4 aux accélérations dans les axes X et Y: $\text{Max}(1.4 A_{EPX}, 1.4 A_{EPY}, A_{EPZ})$

3. Limites

- VA : valeurs d'accélération déclenchant l'action, appelée ci-dessous Valeur d'Action
- VLE : valeurs limites d'exposition

4. Exposition

- L'employeur détermine si des vibrations se produisent ou peuvent se produire pendant le travail
- Si oui, il évalue l'exposition et, si nécessaire, la mesure
- Cette évaluation ou ces mesurages sont planifiés et exécutés
 - Dans le cadre du système dynamique de gestion des risques
 - Par une personne compétente
 - * L'employeur lui-même s'il en a les compétences
 - * Un conseiller en prévention (CP) compétent d'un SEPP ou laboratoire agréé
 - A intervalle approprié
- L'évaluation est basée sur :
 - Les pratiques de travail spécifiques
 - Par références aux informations pertinentes sur la nature et les amplitudes de vibrations
 - * Notamment du fabricant
 - * Des données d'émission du fabricant

Nota bene: les informations les plus fiables sont données sur les sites

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

<http://umetech.niwl.se/Vibration/WBVHome.html>
- Si mesurage, les appareils et méthodes sont appropriés aux:
 - Caractéristiques particulières des vibrations à mesurer
 - Facteurs d'ambiance
 - Caractéristiques des appareils de mesurage
 - Le mesurage est fait éventuellement par échantillonnage représentatif de l'exposition personnelle.

5. Lors de l'évaluation des risques, une attention particulière est portée

- Aux niveaux, durées, types d'exposition
 - en particulier aux vibrations intermittentes et aux chocs répétés
- Aux VLE et VA
- Aux infos fournies par le fabricant (directive machines)
- A l'existence d'équipements de remplacement conçus pour réduire les émissions de vibrations
- A toute incidence sur la santé et la sécurité de travailleurs particulièrement sensibles
- Aux conditions de travail particulières
 - En particulier les basses températures
- A tout effet indirect sur la sécurité résultant d'interactions avec le lieu de travail ou d'autres équipements
 - Manipulation de commandes
 - Bonne lecture d'appareils indicateurs
 - Stabilité des machines
 - Tenue des organes de liaisons

6. Evaluation des risques

- Les données de l'évaluation et/ou des mesurages des risques sont conservées sous une forme appropriée

	VA	VLE
Manubranchiales	2,5 ms ⁻²	5 ms ⁻²
Corps total	0,5 ms ⁻²	1,15 ms ⁻²

- Avec les mesures pour éliminer ou réduire les risques au minimum, compte tenu du progrès technique et de la disponibilité de mesures de maîtrise du risque à la source
- Mise à jour si changements importants et si la surveillance de la santé en démontre la nécessité

7. Programme d'action

- Les risques sont supprimés à la source ou réduits au minimum.
 - selon les principes généraux de prévention de la loi sur le bien-être
- En tenant compte
 - du progrès technique
 - de la disponibilité de mesures de maîtrise du risque à la source
 - des groupes à risques particulièrement sensibles
- si $A_{EP} > VA$ ($2,5 \text{ ms}^{-2}$ ou $0,5 \text{ ms}^{-2}$), l'employeur établit et met en œuvre
 - * un programme de mesures techniques
 - * et/ou organisationnelles
 - pour réduire au minimum l'exposition aux vibrations et les risques
 - en prenant en considération, notamment: ...
 - * D'autres méthodes de travail donnant exposition moindre
 - * Les programmes de maintenance des équipements, du lieu de travail et des systèmes de travail
 - * La conception et aménagement des lieux et postes de travail
 - * L'existence d'équipements appropriés, ergonomiques et générant moins de vibrations
 - * Des équipements auxiliaires (siège, poignées)
 - * La formation et information des travailleurs pour
 - . Une utilisation correcte et sûre des équipements de travail
 - . Une réduction des vibrations
 - L'organisation du temps de travail
 - . Limitation de la durée et de l'intensité de l'exposition
 - . Organisation des horaires de travail
 - . Avec suffisamment de périodes de repos
 - La fourniture de vêtements protégeant du froid et humidité

8. Limites d'exposition

- En aucun cas la VLE (5 ms^{-2} ou $1,15 \text{ ms}^{-2}$) ne peut être dépassée
- Si cette accélération d'exposition personnelle est dépassée, l'employeur doit immédiatement:
 - identifier les raisons
 - prendre des actions immédiates de réduction à $< VLE$
 - adapter les mesures de protection-prévention pour éviter toute récurrence

9. Protection Personnelle

Certains équipements peuvent réduire l'exposition aux vibrations

10. Information – formation des Travailleurs / CPPT

Dans tous les cas, une information et une formation doivent être prodiguées sur

- Les résultats des évaluations et mesurages
- Les mesures prises pour éliminer les risques ou les réduire au minimum
- Les pratiques professionnelles sûres, pour réduire les vibrations
- Les VLE et VA
- Les lésions que pourraient entraîner les équipements utilisés
- L'utilité et la façon de dépister et de signaler des symptômes de lésions
- Les conditions dans lesquelles la surveillance de la santé est obligatoire et les objectifs de cette surveillance

11. Consultation et participation des travailleurs et leurs représentants

Selon les dispositions générales des missions et fonctionnement des CPPT, avec:

- L'évaluation des risques et la détermination des mesures à prendre
- Les mesures visant à supprimer ou à réduire les risques résultant de l'exposition aux vibrations

12. Surveillance de la santé

- Les travailleurs exposés à des vibrations sont soumis à une surveillance appropriée de la santé
 - sauf si l'évaluation des risques ne révèle pas de risques pour leur santé
- La surveillance de la santé est obligatoire si $A_{EP} > VA$ ($2,5 \text{ ms}^{-2}$ ou $0,5 \text{ ms}^{-2}$)
- Elle est réalisée selon les dispositions générales de la surveillance de la santé des travailleurs.
- Objectifs
 - Prévenir et diagnostiquer rapidement toute affection liée à l'exposition à des vibrations mécaniques.
- La surveillance de la santé est appropriée si une maladie identifiable ou des effets nocifs pour la santé:
 - peuvent être mis en relation avec cette exposition
 - sont probables dans les conditions de travail particulières du travailleur
 - peuvent être décelés par des techniques éprouvées
- Le dossier de santé est **maintenu selon la réglementation générale**
- Si le médecin du travail observe une maladie ou une affection et considère qu'elle peut résulter de l'exposition aux vibrations sur le lieu de travail:
 - il informe le travailleur, notamment informations et conseils sur la surveillance de la santé à laquelle il devra se soumettre après la fin de l'exposition
 - il peut proposer que les autres personnes exposées dans les mêmes conditions soient soumises à une surveillance de la santé
- Dans ces cas, l'employeur
 - Est informé dans le respect du secret médical
 - Revoit l'évaluation des risques
 - Revoit le programme de prévention
 - Tient compte de l'avis des CP pour toute mesure pour supprimer ou réduire les risques
 - Y compris l'éventuelle affectation du travailleur à un autre poste (reclassement)
 - Organise une surveillance de la santé continue
 - Organise la surveillance des collègues avec exposition semblable

13. Mise en oeuvre

- Mise en vigueur pour le 6 – 7 – 2005
- Période transitoire maximale: 6 – 7 – 2010
- Période transitoire maximale: 6 – 7 – 2014 pour secteurs agricole et sylvicole
 - pour les équipements de travail mis à la disposition avant le 6 juillet 2007
 - qui ne permettent pas de respecter les VLE compte tenu des derniers progrès techniques et/ou de la mise en oeuvre de mesures organisationnelles.
- Dérogation pour la navigation maritime et aérienne

FICHE 6

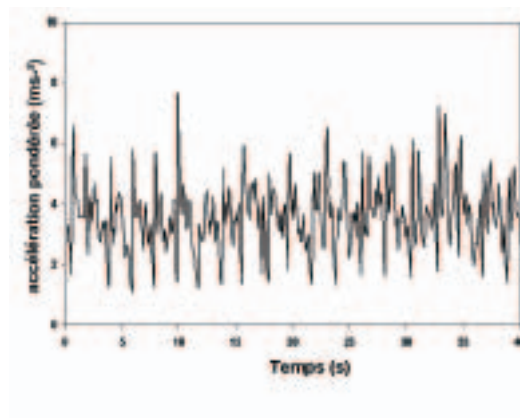
EVALUATION ET INTERPRÉTATION DE L'EXPOSITION MOYENNE

1. Définitions

Accélération équivalente A_{weq} : accélération continue qui, sur le temps qu'a duré le mesurage, donnerait la même exposition (au point de vue énergie vibratoire) que les vibrations fluctuantes, intermittentes ou les chocs réellement survenus (en ms^{-2}).

Accélération d'exposition personnelle A_{EP} : accélération continue qui, pendant 8 heures par jour, 5 jours par semaine, donnerait la même exposition (au point de vue énergie vibratoire) que l'exposition réelle du salarié au cours d'une semaine typique de travail, qu'il travaille ou non 8 heures par jour et 5 jours par semaine, en ms^{-2} .

Exemple d'un enregistrement des vibrations d'une foreuse



2. Calcul de A_{EP}

- Si $A_{weq,i}$ sont les amplitudes d'accélération pondérée équivalente durant les phases de travail i
- Si H_i sont les durées moyennes en heures des différentes phases par semaine
- Si H_T est la durée totale des phases:
 - l'accélération pondérée équivalente sur la durée totale H_T est donnée par $A_{weq} = \sqrt{\sum(A_{weq,i}^2 H_i)/H_T}$ la somme portant sur toutes les phases de travail
 - l'accélération d'exposition personnelle par $A_{EP} = A_{weq} \sqrt{H/40}$, où H est le nombre moyen d'heures par semaine durant lesquelles les phases de travail donnent les $A_{weq,i}$ sont exercées
- Les calculs de $A_{weq,i}$ et A_{EP} peuvent être menés également en calculant de manière intermédiaire les amplitudes d'exposition personnelle: $A_{EP,i} = A_{weq,i} \sqrt{H_i/40}$
 - où H_i désigne la durée moyenne sur une semaine représentative pendant laquelle la phase de travail i est exercée
 - la somme portant sur toutes les phases $A_{EP} = \sqrt{\sum A_{EP,i}^2}$

Exemple:

N° phase	Machine	$A_{weq,i}$ (ms^{-2})	H_i (h par semaine)	$A_{EP,i}$ (ms^{-2})
1	Meuleuse verticale	5,6	25	4,4
2	Perceuse à percussion	12,5	10	6,3

$A_{weq} = 8,2 ms^{-2}$ pendant 35 h

$A_{EP} = 7,6 ms^{-2}$

3. Calcul de A_{EP} résultante dans les 3 axes

- Si mesurage dans les 3 axes X,Y et Z, $(A_{EP,3\text{ axes}} = \sqrt{A_{EPX}^2 + A_{EPY}^2 + A_{EPZ}^2})$
- Si mesurage ou estimation (table) dans un seul axe: facteur correctif k pour estimer la résultante par: $A_{EP,3\text{ axes}} = k A_{EP, \text{axe dominant}}$
 - si les amplitudes dans les deux autres axes sont négligeables: $k = 1$
 - si les amplitudes des deux autres axes = 50% de celle dans l'axe dominant: $k = 1,2$
 - si deux axes dominants de même amplitude: $k = 1,4$
 - si trois axes de même amplitude: $k = 1,7$

4. Interprétation sur base de A_{EP} (Directive européenne 2002/44/CE)

Effets probables (niveau d'action) si $A_{EP,3\text{ axes}} \geq 2,5 \text{ ms}^{-2}$

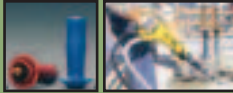
Risque inacceptable si $A_{EP,3\text{ axes}} \geq 5 \text{ ms}^{-2}$

FICHE 7

SYSTÈMES DE SUSPENSION



Vandeputte Safety



Sunnex Atlas Copco

1. Définition

Le système de suspension consiste en des fixations souples (non rigides) entre les différents éléments, afin de réduire la transmission des vibrations entre ces éléments.

Pour une machine vibrante, il s'agit:

- de la suspension des poignées (poignées antivibrations)
- de la suspension de l'outil (caoutchouc mis autour du burin)
- de la suspension des gants (gants antivibrations).

2. Transmissibilité d'une suspension sans amortisseur

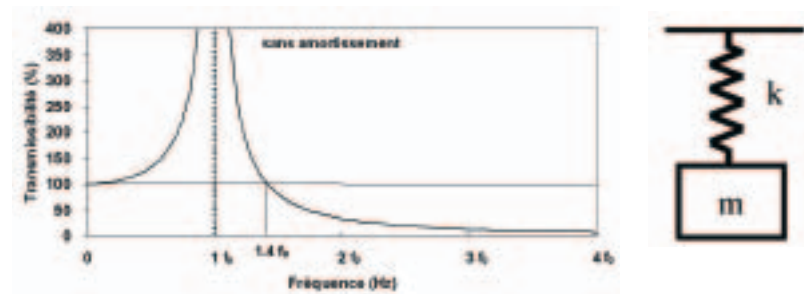
Une suspension joue en **premier lieu** le rôle d'un **ressort**

- de raideur k (force opposée lorsque le ressort est écrasé d'un cm).

La transmissibilité est

- le rapport entre la force transmise de l'autre côté de la suspension et la force d'excitation
- soit, environ, le rapport entre les vibrations transmises et les vibrations de la source.

Pour un système simple, elle varie en fonction de la fréquence comme l'indique la figure suivante:



- elle vaut 100 % aux très basses fréquences
- elle est supérieure à 100 % (**amplification**) autour d'une fréquence appelée «fréquence de résonance» (f_0)
- elle est inférieure à 100 % - et la suspension joue donc son rôle d'atténuation- aux fréquences supérieures à $1,4 f_0$
- cette atténuation est environ d'un facteur 4 par doublement de la fréquence.

La fréquence de résonance est donné par, $f_0 = 0,159 \sqrt{k/m}$, où m est la masse (kg) reposant sur la suspension.

Une expression plus simple est, $f_0 = 15,77 \sqrt{d_{st}}$ où d_{st} est l'écrasement statique (en mm) de la suspension lorsque la masse est déposée sur elle.

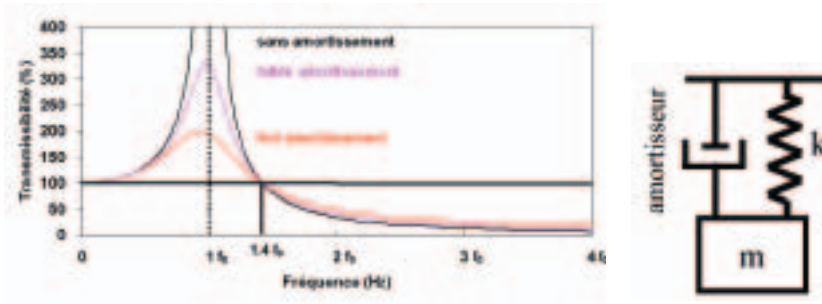
Cette expression montre qu'une fréquence de résonance basse ne peut être obtenue que par des suspensions pour lesquelles l'écrasement est important: ainsi,

- si $f_0 = 10$ Hz, l'écrasement est de 2 mm
- si $f_0 = 5$ Hz, l'écrasement est de 10 mm
- si $f_0 = 2$ Hz, l'écrasement est de 60 mm

3. Transmissibilité d'une suspension AVEC amortisseur

Un amortisseur a pour rôle de rigidifier la suspension lors de mouvements rapides

La transmissibilité varie alors en fonction de la fréquence (voir figure ci-dessous), selon la rigidité de l'amortisseur



L'amortisseur

- **diminue** la transmissibilité si les fréquences des vibrations sont proches de la fréquence de résonance
 - et diminue ainsi pour ces fréquences, le risque de rupture de la suspension
- mais **augmente** la transmissibilité au delà de $1,4 f_0$, et ce d'autant plus que l'amortisseur est fort
 - il diminue ainsi l'efficacité de la suspension en permettant le passage de plus de vibrations.

4. Choix de la suspension

La suspension doit être appropriée à la masse qu'elle doit supporter, sous peine d'être écrasée et inefficace.

Elle doit être appropriée aux fréquences des vibrations à bloquer.

5. Procédure de choix

- Déterminer la masse m à supporter
- Par une analyse spectrale, déterminer la fréquence (f_e) la plus basse des vibrations à bloquer
 - cette fréquence peut en général être déterminée en fonction de la vitesse de rotation de la machine
Exemple: 6000 tours/min : 100 Hz
 - si ce n'est pas le cas, sa détermination requiert du matériel sophistiqué et la compétence d'un **expert**.
- Opter pour une fréquence de résonance f_0
 - la plus inférieure possible à f_e
 - au moins inférieure à $f_e/1,4$
- Déterminer la raideur désirée $k = 39,4 m f_0^2$
- Déterminer la suspension adéquate en fonction de m et k
- Si, lors d'un démarrage ou de l'arrêt de la machine, la fréquence d'excitation f_e risque de passer au travers de la gamme de fréquence de 0 à $1,4 f_0$
 - prévoir un amortisseur
 - ou un système plus spécialisé (**expert**).



Paulstra

6. Matériaux

- **Feutre ou liège**: tapis placés sous les fondations de la machine (moteurs, ventilateurs rapides...)
 - fréquences de résonance possibles: 20 Hz à 50 Hz



Enmo/Brüel & Kjær

- **Caoutchouc:** blocs caoutchouteux placés entre les éléments d'une machine (suspensions de moteurs, poignées):
 - fréquences de résonance possibles: 5 Hz à 30 Hz
 - fréquences de résonance plus basses quand le caoutchouc travaille en cisaillement plutôt qu'en compression
- **Ressorts métalliques:**
 - fréquences de résonance possibles: 2 Hz à 10 Hz
- **Systèmes pneumatiques:**
 - fréquences de résonance possibles: 1 Hz à 3 Hz

7. Estimation de la fréquence d'excitation fondamentale

- Généralement la plus basse, les harmoniques étant toujours un multiple de cette fréquence fondamentale
- Déterminer d'après les caractéristiques de la machine
 - fréquence de frappe: 1200 coups/min 20 Hz
 - vitesse de rotation: 6000 tours/min 100 Hz
 - ordres de grandeur:
 - * marteaux piqueurs, perforatrices, brise-béton... entre 250 et 4000 coups/min, soit entre 4 et 70 Hz
 - * meuleuses, polisseuses, tronçonneuses... entre 5000 et 20000 tours/min soit entre 70 et 300 Hz
 - * polisseuses, ébarbeuses de petites tailles tournant à grandes vitesses supérieures à 20000 tours/min, soit supérieures à 300 Hz.

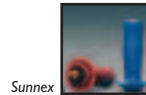
FICHE 8

POIGNÉES ANTIVIBRATIONS

1. Recouvrement de la poignée par un matériau résilient

- Il n'atténue que les vibrations supérieures à 200 Hz
- Une atténuation aux fréquences inférieures à 200 Hz ne pourrait être obtenue qu'avec de grandes épaisseurs incompatibles avec la tenue en main de l'outil
- Il empêche cependant le contact avec la poignée métallique froide, contact qui favorise les pathologies vasculaires.

2. Poignées antivibrations commercialisées



- Ces poignées ne peuvent remplacer que les poignées auxiliaires
- Elles ne sont efficaces que pour les meuleuses: réduction de 30 à 80% des vibrations
- Elles sont inefficaces voire néfastes pour les machines à percussion: foreuses à percussion et perforatrices.

FICHE 9

RECOMMANDATION LORS DE L'ACHAT DE MACHINES VIBRANTES



1. Directive européenne relative à la sécurité des machines (89/392/CEE)

- Depuis le 1 janvier 1995, la directive impose aux fabricants d'indiquer sur les machines:
 - soit la valeur de l'amplitude des vibrations si elle dépasse $2,5 \text{ ms}^{-2}$
 - soit le fait que cette amplitude est inférieure ou égale à $2,5 \text{ ms}^{-2}$.
- Ces valeurs doivent être déterminées selon un code d'essai approprié au type de machine (ISO 8662)
- Ces amplitudes de vibrations ne peuvent être utilisées que pour comparer différentes machines, car elles ne correspondent pas nécessairement aux amplitudes de vibrations auxquelles seront exposés les salariés dans une situation de travail donnée
- Cependant, une machine moins vibrante selon le code d'essai, donnera généralement lieu à une exposition moins importante aux postes de travail.

2. Critères principaux de choix de machine

- Machine adaptée à la tâche
- Alimentation de la machine : électrique ou pneumatique, généralement imposée par la tâche
- Poids de la machine le plus faible possible, afin de réduire la charge de travail
 - cependant, plus la machine est légère et plus les vibrations sont élevées
- Niveau sonore de la machine le plus faible possible.

3. Critères supplémentaires vis à vis des vibrations

- Si l'amplitude de vibrations des poignées ou des parties en contact avec le corps est supérieur à $2,5 \text{ ms}^{-2}$, demander au fabricant:
 - quelle est l'amplitude d'accélération pondérée
 - * en utilisation normale
 - * en utilisation produisant les vibrations les plus importantes?
 - quelles conditions ont été utilisées pour les mesurages?
 - selon quelle norme ou code d'essai?
 - quelles mesures de réduction des vibrations ont été prises?
 - quelles sont les mesures techniques de réduction complémentaires possibles (prix, détails)?
 - quelles sont les autres mesures à envisager pour minimiser l'exposition aux vibrations lors du travail (conseils d'utilisation, de maintenance...)?
 - quelle est l'amplitude maximale que la machine est garantie ne pas dépasser?

4. Information et formation des salariés sur:

- Les tâches auxquelles est destinée la machine
- L'utilisation correcte de la machine du point de vue sécurité et efficacité
- L'origine des vibrations (balourds dans les meules...)
- La manière d'utiliser la machine pour minimiser les vibrations
- La maintenance correcte de la machine et des outils
- Le risque lié à l'exposition aux vibrations de la machine.

FICHE 10

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LUTTE CONTRE LES VIBRATIONS

1. Réduction au niveau de la machine: jusqu'à 50%, par le fabricant

- Par des modifications internes de la structure de la machine ou de l'isolation du corps des parties percutantes ou rotatives
- Par ajout de systèmes antivibrations au niveau du système de frappe ou au niveau des poignées.

2. Réduction au niveau de l'outil (burin, mèche...) quand applicable

- Outil adapté au travail à réaliser
- Outil affûté régulièrement
 - sinon allongement de la durée d'exposition.
- EVITER de tenir l'outil en main (Exemple: burineurs pour ébarber)
 - les vibrations sur l'outil sont 2 à 3 fois plus grandes que sur la poignée
 - le placement d'un matériau résilient sur l'outil peut réduire les vibrations par un facteur 3.

3. Poignées antivibrations

- une poignée est d'autant plus efficace contre les vibrations (réduction de plus de 50%) que le montage résilient est souple
- cependant, un montage trop souple peut augmenter la difficulté pour contrôler la machine, requérir une force de préhension plus grande et, par conséquent, donner lieu à une transmission accrue des vibrations à la main et au bras
- il existe donc un compromis et il est important de tester les machines dans les conditions réelles de travail et avec les opérateurs.

4. Entretien de la machine

- Entretien régulier par un technicien compétent
- Vérification des différents composants et en particulier du système antivibrations
- Remplacement des pièces avant qu'elles ne cassent pour maintenir la machine en bon état
 - une machine abîmée perd de son efficacité (ce qui augmente la durée d'exposition) et génère des vibrations de 2 à 4 fois plus importantes
- Formation des opérateurs:
 - choix de l'outil
 - entretien de l'outil (affûtage, aiguisage...)
 - utilisation de la machine: position, préhension, pression... attaque.



FICHE 11

LUTTE CONTRE LES VIBRATIONS DES MEULEUSES

Concerne: meuleuses droites, meuleuses verticales, meuleuses d'angle (disqueuse)

1. Origine des vibrations:

- La rotation du disque (meule) présentant un certain déséquilibre (balourd) en est la cause principale
- Les amplitudes des vibrations sont directement proportionnelles à ce balourd
- Dès lors, une même meuleuse, équipée de meules dont les balourds sont différents, produira des vibrations d'amplitudes fort différentes.

2. Réduction des vibrations dues aux meules

- Utiliser des meules de faible balourd (1 à 4 grammes) (coût plus élevé)
- Avec des tolérances d'alésage plus faibles (de 0,3 à 0,2 mm)
- Dites «silencieuses»
 - ce qui réduit effectivement le niveau sonore de 10 dB(A)
 - mais est sans effet sur les vibrations.

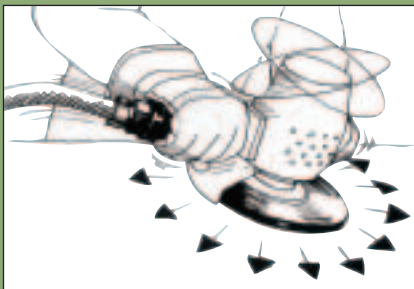


3. Réduction des vibrations au niveau des meuleuses

- Choix de machines dont l'amplitude est inférieure à $2,5 \text{ ms}^{-2}$ (voir Fiche 9)
- Equipée d'un support résilient entre la poignée principale et la machine proprement dite:
 - réduction possible de 50%, mais avec une augmentation du poids de 1 kg, qui explique en partie la réduction observée
- Choix de l'alimentation, pneumatique ou électrique:
 - les machines pneumatiques sont plus légères mais moins puissantes que les meuleuses électriques
 - cette perte de puissance peut être compensée partiellement par des meules de grade plus doux
 - dans le cas de meuleuses pneumatiques, l'échappement doit obligatoirement se faire dans une direction opposée aux mains, sous peine de favoriser l'apparition de troubles vasculaires.
- Certaines meuleuses pneumatiques sont équipées d'un système avec correction automatique du balourd de la meule
 - ce qui permet de réduire de 50 % les vibrations
 - de rendre les meuleuses plus légères
 - avec des efficacités supérieures, en utilisant des meules plus douces.

4. Réduction des vibrations dues au contact entre la meule et le matériau

- Ces vibrations sont fonction:
 - du matériau traité
 - de la granulométrie de la meule
 - de la vitesse de rotation
 - des efforts exercés par l'opérateur.
- Pour les meuleuses pneumatiques: les vibrations sont moins importantes durant le travail qu'à vide, car la meule tourne moins vite
- Par contre, pour les meuleuses électriques, les vibrations sont plus importantes au cours du travail, la vitesse étant plus constante et de nombreuses vibrations harmoniques apparaissant



- Des efforts de l'opérateur plus importants requièrent des forces de préhension et de pression supérieures. Le couplage main-poignée est alors plus grand et la transmission des vibrations à la main et au bras augmente.

5. Réduction des vibrations au niveau des poignées

- Les vibrations sont en général deux fois plus importantes sur la poignée auxiliaire, qui est plus légère, que sur la poignée principale (avec gâchette de commande)
- Elles sont d'autant plus importantes sur cette poignée, que l'on s'écarte du corps de la meuleuse
- Les poignées (auxiliaires) doivent être non métalliques de manière à ne pas refroidir la main
- Elles doivent idéalement être antivibrations (voir Fiche 8), ce qui est susceptible de réduire les vibrations de 30 à 80%.



6. Remplacement des meules

- Mécanisation partielle:
 - cisailles mécaniques, presses, oxycoupage avec machine outil
- Remplacement par d'autres machines mieux adaptées à la tâche:
 - chanfreineuses électriques (grignoteuses) qui donnent lieu à des vibrations plus importantes mais réduisent la durée d'exposition
 - chanfrein à l'aide d'un chalumeau sur rail, ce qui élimine l'exposition aux vibrations
 - polisseuses à papier moins vibrantes pour les tâches de finition.



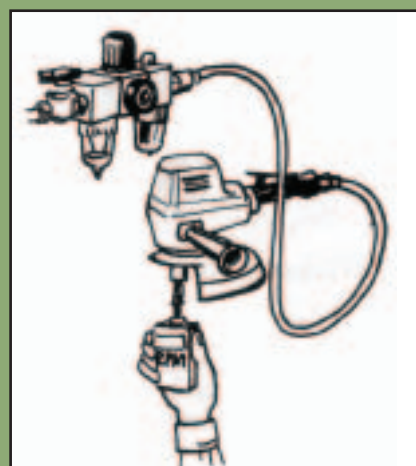
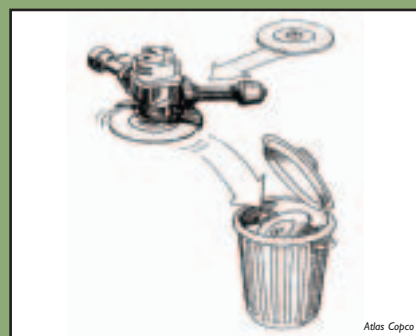
Entretien

Meules:

- utiliser des meules avec faible balourd
- éliminer les meules abîmées durant le transport ou le stockage
- tester la meule avant son utilisation pour des raisons de sécurité (test du son lors d'une percussion).

Meuleuses:

- pneumatiques:
 - contrôle régulier (hebdomadaire) de la vitesse de rotation
 - vérification mensuelle du régulateur de vitesse par démontage
 - entretien régulier pour éviter l'encrassement et une perte de puissance qui augmente les durées d'exposition
 - remplacement des pièces défectueuses pour éviter les vibrations parasites
 - entretien par une personne spécialisée
- électrique:
 - pratiquement pas d'entretien
 - réparation quand le moteur est défectueux ou brûlé.



FICHE 12

EFFETS DES VIBRATIONS MANUBRACHIALES



1. Effets sur la santé

La pathologie dépend des fréquences de vibrations des machines utilisées:

- Machines de basses fréquences (< 60 Hz): telles que machines à percussion, marteaux piqueurs, burineurs...
 - troubles ostéoarticulaires (géodes, arthrose...) au niveau des épaules (< 20 Hz), des coudes (<40 Hz) et des poignets
 - au niveau du poignet, du coude et de l'épaule (<60 Hz) avec maladie de Kienböck (nécrose du semi-lunaire) ou de Kohler (pseudarthrose du scaphoïde).
- Machines de moyennes fréquences (60 à 200 Hz) telles que les machines tournantes (4.000 à 12.000 tours/min): meuleuses verticales, polisseuses...
 - troubles vasculaires (« doigt blanc » ou syndrome de Raynaud) au niveau des phalanges des doigts ou de la paume de la main
- Machines de hautes fréquences (> à 200 Hz) telles que les machines tournantes à haute vitesse (> à 12.000 tours/min): polisseuses ou ébarbeuses à grande vitesse...
 - troubles neurologiques au niveau des doigts et des mains: paresthésies, picotements, engourdissements, perte de sensibilité tactile et thermique.

Remarques

- Des machines dont les fréquences dominantes sont basses peuvent générer des hautes fréquences et donc occasionner à la fois des troubles ostéoarticulaires, vasculaires et neurologiques
- De même, des machines réputées comme donnant des vibrations de fréquences élevées, génèrent souvent aussi des basses fréquences et peuvent donc occasionner des troubles vasculaires, voire ostéoarticulaires.

2. Symptômes

- Troubles ostéoarticulaires: limitations des mouvements et douleurs au niveau des articulations de la main et du bras
- Troubles vasculaires: phénomène du doigt blanc (syndrome de Raynaud) survenant lors d'activités professionnelles ou extraprofessionnelles au cours desquelles les mains se sont refroidies
- Troubles neurologiques: picotements (paresthésies), engourdissements et diminution de la sensibilité tactile, semblables aux symptômes du syndrome du canal carpien mais étendus à toute la main.

FICHE 13

SURVEILLANCE DE LA SANTÉ

1. Echelle de Stockholm pour la classification des troubles vasculaires

Stade	Degré	Description de la crise
0	-	Pas d'attaque
1	Léger	Attaques occasionnelles affectant seulement l'extrémité d'un ou plusieurs doigts
2	Moyen	Attaques occasionnelles affectant les deuxièmes et troisièmes phalanges (rarement les premières) d'un ou plusieurs doigts.
3	Sévère	Attaques fréquentes affectant toutes les phalanges de la plupart des doigts.
4	Très sévère	Comme au stade 3, avec des modifications trophiques de la peau à l'extrémité des doigts

2. Echelle internationale pour la classification des troubles neurologiques

STADES	SYMPTOMES
0	Exposition aux vibrations, aucun symptôme
1	Paresthésies intermittentes avec ou sans douleur
2	Paresthésies intermittentes ou persistantes, réduction de perception sensitive
3	Paresthésies intermittentes ou persistantes, réduction de la discrimination tactile et/ou de la dextérité manuelle



Enmo/Brüel & Kjaer



Enmo/Brüel & Kjaer

FICHE 14

STRATÉGIE DE MESURAGE

1. Objectifs

- Evaluer l'accélération d'exposition personnelle
- Apprécier le risque d'inconfort ou pour la santé.

2. Sur qui mesurer ?

- Grouper les salariés qui
 - sur un intervalle de temps suffisamment long (intervalle de stationnarité IS)
 - présentent une exposition aux vibrations identique (Groupes Homogènes d'Exposition G.H.E)
- L'échantillon doit porter sur un nombre N_s de salariés du G.H.E donné par le tableau suivant en fonction de la taille du G.H.E.

Taille GHE	$N \leq 6$	7-8	9-11	12-14	15-18	19-26	27-43	44-50	>50
N_s	$N_s = N$	6	7	8	9	10	11	12	14

3. Quand mesurer ?

- Prendre, pour chacun des N_s salariés, $N_e = 3$ échantillons de vibrations de durée Δt répartis aléatoirement sur l'intervalle de stationnarité IS
- En pratique $\Delta t = 5$ à 20 minutes selon les conditions de travail.

4. Interprétation

La méthode consiste à :

- vérifier l'homogénéité du G.H.E.
- vérifier la stationnarité de l'intervalle IS
- calculer la moyenne énergétique (racine de la moyenne des carrés) des valeurs A_{weq} relevées
- estimer la précision de cette moyenne
- estimer l'amplitude d'accélération d'exposition personnelle A_{EP} en fonction des durées d'exposition.

La méthode, à pratiquer par les **experts**, s'inspire de celle décrite pour les mesurages de bruit (Malchaire, 1994).

FICHE 15

APPAREILS DE MESURAGE

1. Accéléromètre

- Sensibilité proche de $0,1 \text{ pc/ms}^2$
- Gamme dynamique: $0,01$ à 100 ms^{-2}
- Gamme de fréquences: 1 à 1500 Hz
- Le plus unidirectionnel possible
- Il existe des capteurs dits «triaxiaux», comprenant 3 accéléromètres montés dans 3 axes orthogonaux.

2. Appareil de mesure simple

- Mesurage de l'amplitude d'accélération instantanée pondérée globale A_w
- Pondération fréquentielle: identique pour les 3 axes, selon ISO 5349
- Amortissement:
 - mode «SLOW»: moyenne sur 2 sec
 - mode «FAST»: moyenne sur 0,2 sec
- Etalonnage avant et après chaque mesurage
- Position de l'accéléromètre (selon ISO 5349)
 - monté dans l'axe prépondérant des vibrations
- Sorties
 - AC: pour le raccordement à un enregistreur magnétique
 - DC: pour le raccordement à un enregistreur graphique.

3. Appareil intégrateur

- Pour le mesurage de l'amplitude d'accélération pondérée équivalente A_{weq}
- A_{weq} = amplitude continue qui, sur la même durée, donnerait la même énergie vibratoire que la vibration considérée
- Mêmes caractéristiques que l'appareil simple
- Mesurage du A_{weq} sur une période variable:
 - éviter les appareils intégrateurs mesurant A_{weq} sur une durée fixe de, par exemple, 60 s.

4. Analyseur d'octave ou tiers d'octave

- Appareil permettant la détermination des amplitudes d'accélération A_w ou A_{weq} par bandes de fréquences
 - d'octaves: bandes centrées à 8, 16, 31,5, 63, 125, 250, 500 et 1000 Hz et larges de 70% de cette fréquence centrale
 - de tiers d'octave: bandes centrées à 6,3, 8, 10, 12,5, 16, 20, 25, 31,5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 et 1250 Hz et larges de 23% de cette fréquence centrale
- Il est possible d'effectuer ces analyses au moyen d'un logiciel après digitalisation des signaux bruts directs ou enregistrés
- Ces appareils et méthodes ne seront utilisés généralement que pour le niveau 4, **Expertise**, pour la recherche des causes des vibrations.

5. Enregistreurs magnétiques

- Les enregistreurs en modulation d'amplitude sont totalement inadéquats en raison de leur mauvaise réponse aux basses fréquences
- Les **experts** utiliseront
 - des enregistreurs en modulation de fréquence (FM)
 - ou mieux, des enregistreurs digitaux (DAT).

6. Source étalon

- Source de vibration de référence indispensable pour étalonner les appareils de mesurage.



Enmo/Briuel & Kjaer



Enmo/Briuel & Kjaer

FICHE 16

TECHNIQUE ET STRATÉGIE DE MESURAGE

La méthode sera décrite pour un appareil de mesure donnant l'amplitude d'accélération pondérée équivalente A_{weq} globale (de 5 à 1500 Hz) dans un seul axe.



Enmo/Brüel & Kjaær

1. Détermination de la stratégie de mesure (Fiche 14)

- Quand faire le mesure?
- Amplitude instantanée ou équivalente
 - durée du mesure.

2. Choix de l'accéléromètre

- Accéléromètre de caractéristiques selon la Fiche 15
- Idéalement, capteur triaxial avec 3 accéléromètres orthogonaux

3. Vérification du bon fonctionnement

- Etat des piles
- Etat de l'appareil et de l'accéléromètre.

4. Etalonnage initial avec source étalon

- Réglage de l'appareil.

5. Positionnement du capteur (ISO 5349)

- A l'endroit où la machine est tenue:
 - sur la ou les poignées de la machine
 - sur le corps de la machine
 - sur l'outil.
- Fixation sur la machine:
 - le plus souvent par un collier de serrage
 - plus rarement par vissage
 - ou au moyen d'un adaptateur permettant de tenir l'accéléromètre en main lorsqu'il n'est pas possible de le fixer directement sur la machine (méthode non standardisée).



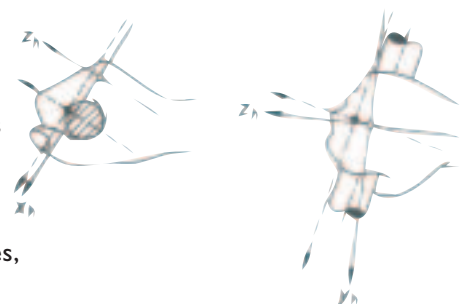
Enmo/Brüel & Kjaær



Enmo/Brüel & Kjaær

6. Choix de l'axe de mesure

- Idéalement, répétez le mesure dans les 3 axes de manière à pouvoir évaluer l'accélération résultante (Directive Européenne 2002/44/CE, voir fiche 5).
- A défaut, un ou deux axes sont considérés en supposant que les vibrations dans les autres axes sont négligeables:
 - Dans l'axe prédominant, en fonction du type de machine:
 - * l'axe de rotation des machines tournantes verticales (machines verticales, disquieuses)
 - * l'axe perpendiculaire à l'axe de rotation des machines tournantes horizontales (meuleuses droites, machines légères)



- * l'axe parallèle à l'arbre sur la poignée d'une ponceuse orbitale ou d'un polisseuse
- * l'axe de frappe des machines à percussion (marteau piqueur, foreuse à percussion)
- * l'axe tangentiel à l'arbre moteur pour les clés à chocs, visseuses et les boulonneuses à impulsions.
- Eventuellement dans un axe secondaire:
 - * l'axe tangentiel et parallèle à l'arbre moteur pour les clés à chocs ou les boulonneuses, sur la poignée principale de type revolver
 - * les deux axes perpendiculaires à l'arbre pour une ponceuse orbitale lorsque le mesurage est effectué sur le carter.

7. Mesurage pendant la période Δt voulue

8. Etalonnage en fin de mesurage

- Si variation supérieure à 10 % par rapport à la valeur de l'étalonnage initial: rejet des mesurages.

BIBLIOGRAPHIE

- 2002/44/EG (2002) Richtlijn van het Europees Parlement en de Raad van 25 juni 2002 over de minimumvoorschriften inzake veiligheid en gezondheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan risico's te wijten aan blootstelling aan fysische agentia (trillingen).
- 89/392/EEG (1989) Richtlijn van de Raad van 14 juni 1989 betreffende de toenadering van de wetgeving van de lidstaten met betrekking tot machines; Publicatieblad van de EG nr. L183/9.
- Andersson E.R. (1990) Design and testing of a vibration attenuating handle. *Int. J. Indust. Erg.*, 6, 119-125.
- Bednall A.W. (1989) Anti-vibration gloves-do they work? *Australian Safety News* 49-51.
- Bitsch J., Donati P. (1987) Mesure de l'efficacité des poignées antivibrations. INRS, Document de travail ,MAV-DT-062/JB.
- Bitsch J., Donati P. (1988) Mesure de l'efficacité des poignées antivibrations. INRS, Document de travail, MAV-DT-062/JB.
- Boileau P.E., Scory H., Boutin J. (1988) Exposition aux vibrations mécaniques engendrées par les meuleuses portatives. IRSST, Québec, pp. 23.
- Brammer A.J., Taylor W., Lundborg G. (1987) Sensorineural stages of the hand-arm vibration syndrome. *Scand. J. Work Environ. Health*, 13, 279-283.
- Christ E. (1998) Les gants de protection contre les vibrations. Essais d'efficacité. Cahiers des Notes documentaires. 110, 1 trimestre, 47-51.
- Christ E., Brusl H., Donati P. et coll. (1989-) Les vibrations aux postes de travail.
- Claisse J.L., (1990) Analyse ergonomique de l'usage des marteaux-piqueurs autonomes. U.C.L., Mémoire en Ergonomie, pp. 132.
- 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.
- 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.
- Eklund L., Kihlberg S., O' Connor D.E. (1984) Vibration levels along the support handle of a portable angle grinder. *Arbete Och Hals.*, 42, pp. 28.
- Gemne G., Pyykko I., Taylor W., Pelmear P.L. (1987) The Stockholm workshop scale for the classification of cold-induced Raynaud's phenomenon in the hand-arm vibration syndrome (revision of the Taylor-Pelmear scale). *Scand. J. Work Environ. Health*, 13, 275-278.
- Giot J.L. (1984) Médecine du travail et travaux forestiers. Université libre de Bruxelles, Mémoire en Médecine du travail, pp. 304.
- Health and Safety Executive (1997) Vibration solutions. Practical ways to reduce the risk of hand-arm vibration injury. H.S.E., pp. 75.
- Goel V.K., Rim K. (1987) Role of gloves in reducing vibration: An analysis for pneumatic chipping hammer. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 48, 1, 9-14.
- Griffin M.J. (1990) Handbook of human vibration. Academic Press, London, pp. 988.
- Griffin M.J., Macfarlane C.R., Norman C.D. (1981) The transmission of vibration to the hand and the influence of gloves. 3rd International Symposium on Hand-Arm Vibration, Ottawa, pp.44.
- Hampel G.A., Hanson W.J. (1990) Hand vibration isolation: a study of various materials. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 5, 12, 859-869.
- Health and Safety Executive (1997) Introduction of low-vibration angle grinders. In: Vibration solutions. Practical ways to reduce the risk of hand-arm vibration injury. H.S.E., 17.
- Health and Safety Executive (1997) Vibration solutions. Practical ways to reduce the risk of hand-arm vibration injury. H.S.E., pp. 75.
- Malchaire J. (1989) Les vibrations: notions de base, mesures. *Cahiers de Médecine du Travail*, Vol. XXVI, 3: 91-94.
- Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, 81 à 104.
- Malchaire J., Piette A., Cock N. (1998) Lawaai - Strategie voor evaluatie en preventie van risico's. Federaal Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid, Brussel.
- Norme ISO 5349 (2001) Mechanical vibration - Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration. Organisation internationale de Normalisation, Genève.
- Norme ISO 8662/1 (1988) Hand-held portable power tools - Measurement of vibrations at the handle - Part 1: General. Organisation internationale de Normalisation, Genève.
- Piette A., Malchaire J., Huberlant J. M. (1999) Wegwijzer bij het slijpen. Federaal Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid, Brussel, pp. 32.
- Prater B.E., Clarke J.B., Dalby W. et coll. (1984) A study of the generation and reduction of vibration in pneumatic chipping hammers and associated equipment. ECSC Research 7247/12/010, British Steel Corporation, pp. 131.
- Prater B.E., Clarke J.B., Dalby W. et coll. (1988) The reduction of hand-arm vibration exposures in iron and steel manufacturing and finishing processes. E.C.S.C. sponsored research project. British Steel Corporation, pp. 131.
- Rens G., Dubrulle P., Malchaire J. (1987) Efficiency of conventional gloves against vibration. *Ann. Occup. Hyg.* 31, 2, 249-254.
- Roure L., Jayat R., Bitsch J. et coll. (1975) Vibrations des brise-bétons pneumatiques. Cahiers des Notes documentaires, 81, 4e trimestre, 437-457.

SOURCE D'ILLUSTRATION

Les illustrations ont été reproduites avec l'autorisation de:

- Enmo/Brüel & Kjaër (www.enmo.be)
- Atlas Copco (www.atlascopco.com)
- Sunnex (www.sunnex.fr)
- Paulstra (www.hutchinsonrubber.com)
- Vandeputte Safety (www.vandeputtessafetyproducts.com)