Institut de Recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail

PhareSST

États de la question, rapports d'expertise et revues de littérature

Rapports

1988

Exposition de la main aux vibrations sur les manettes d'un bélier mécanique

Paul-Émile Boileau
IRSST

Henri Scory
IRSST

Suivez ce contenu et d'autres travaux à l'adresse suivante: https://pharesst.irsst.qc.ca/expertises-revues

Citation recommandée

Boileau, P. E. et Scory, H. (1988). *Exposition de la main aux vibrations sur les manettes d'un bélier mécanique* (Rapport n° B-012). IRSST.

Ce document vous est proposé en libre accès et gratuitement par PhareSST. Il a été accepté pour inclusion dans États de la question, rapports d'expertise et revues de littérature par un administrateur autorisé de PhareSST. Pour plus d'informations, veuillez contacter pharesst@irsst.qc.ca.

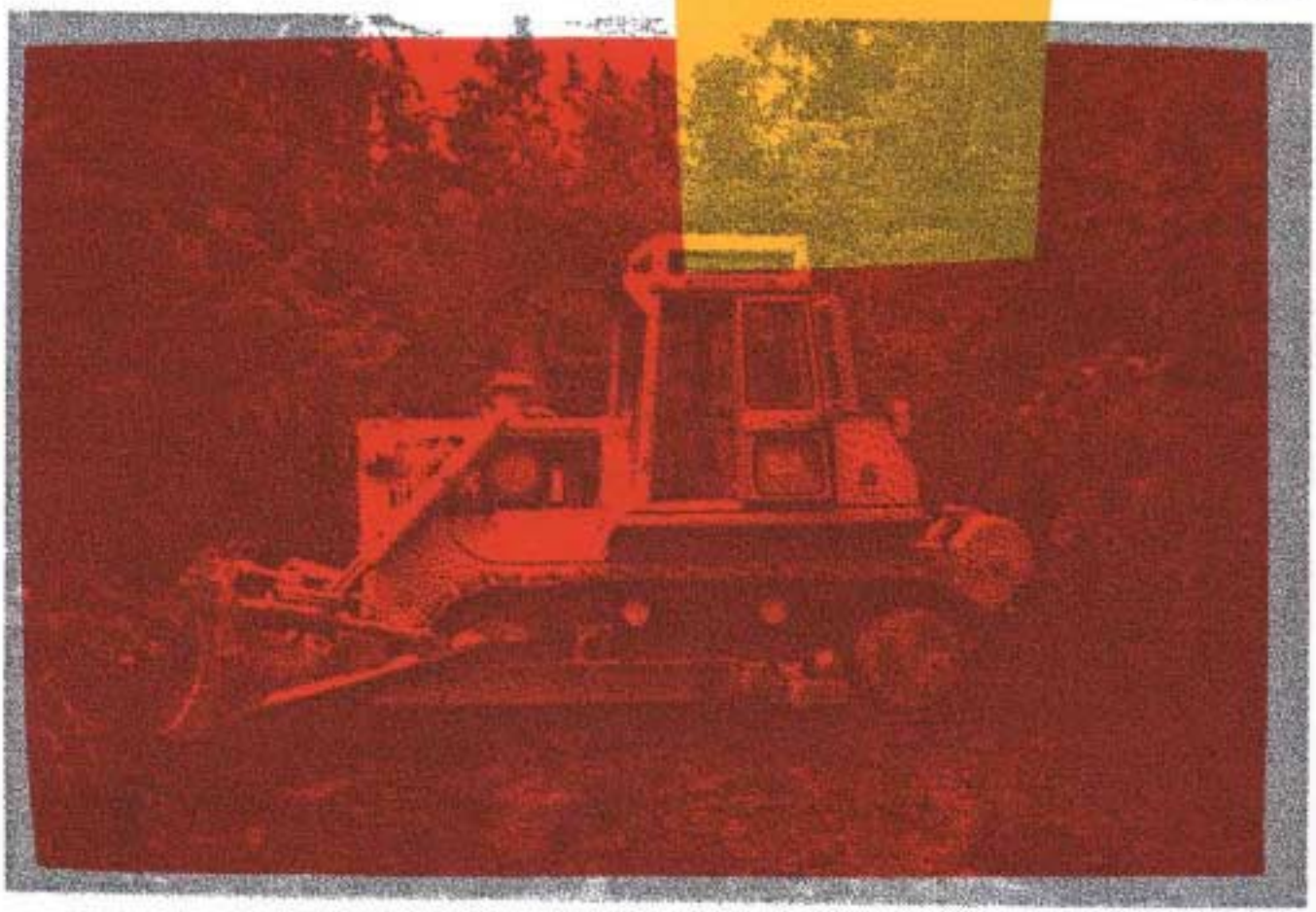
Exposition de la main aux vibrations sur les manettes d'un bélier mécanique

BILANS DE CONNAISSANCES

Paul-Émile Boileau
Henri Scory

Juillet 1988 B-012

RAPPORT



IRSST
Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec

La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail,* publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-l 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site intemet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec,

Exposition de la main aux vibrations sur les manettes d'un bélier mécanique

Paul-Émile Boileau
Henri Scory
Programme sécurité-ingénierie, IRSST

BILANS DE CONNAISSANCES

RAPPORT

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

SOMMAIRE

Les béliers mécaniques sont des engins de terrassement montés sur chenilles dont l'opération s'effectue normalement à l'aide de manettes tenues et guidées à la main par l'opérateur. Ces manettes constituent ainsi des éléments par lesquels les vibrations originant du groupe moto-propulseur (i.e. moteur, transmission) ainsi que du mouvement des organes de travail (e.g. pelle) et du déplacement du véhicule sur le sol, sont transmises aux mains de l'opérateur. Dépendant du nombre d'années consécutives d'emploi, de la durée quotidienne d'exposition aux vibrations et des amplitudes et fréquences des vibrations, celles-ci sont susceptibles de faire apparaître le phénomène de Raynaud, caractérisé par le blanchissement du bout des doigts.

Ce rapport présente les résultats de mesures de vibrations effectuées sur les manettes d'un bélier mécanique dans le but d'évaluer les risques d'occurrence du phénomène de Raynaud chez les opérateurs de ce type de véhicule. Des données de base sont générées sur lesquelles des mesures administratives de contrôle peuvent être envisagées afin de contrer potentiellement l'apparition ou la progression du phénomène de Raynaud pour ces travailleurs. Cependant, l'étude se limite à présenter une situation réelle d'exposition aux vibrations mains-bras plutôt qu'à caractériser la contrainte vibratoire sur différents modèles de béliers mécaniques opérant dans des conditions définies.

Les résultats des mesures effectuées sur les trois manettes d'un bélier mécanique lors d'opérations, consistant à pousser et à entasser du sol et des débris dans une opération forestière, démontrent que c'est sur la manette droite utilisée pour contrôler la pelle mécanique que les niveaux de vibrations sont les plus élevés. Sur chaque manette, il y a toujours une direction x_h, y_h ou z_h dans laquelle les niveaux de vibrations sont prédominants. Ces niveaux dominants servent à juger de la sévérité de l'exposition aux vibrations mains-bras.

En utilisant la relation dose-effet apparaissant dans la norme ISO 5349, les résultats suggèrent qu'il suffirait d'une période d'exposition d'environ 9 ans à raison de 4 heures par jour pour que 50 % des travailleurs exposés manifestent des symptômes associés au phénomène de Raynaud, du moins pour ce qui est de la main droite. Si par contre, il était désirable de limiter à 10% le nombre de travailleurs atteints, il faudrait alors limiter à environ 4 ans l'opération de la machine. Ces résultats ne doivent cependant pas être interprétés de façon absolue puisque l'intermittence des opérations au cours de la journée et de l'année, la relaxation de la force de préhension de la main sur la manette, les différences dans les méthodes de travail ainsi que les différences biologiques entre travailleurs sont des facteurs qui peuvent potentiellement contribuer à retarder l'apparition des symptômes chez les conducteurs. Aucune donnée épidémiologique n'a à notre connaissance été recueillie spécifiquement dans le but d'établir une relation entre l'occurrence du phénomène de Raynaud et les vibrations dues à la conduite d'un bélier mécanique.

L'interprétation des niveaux d'exposition aux vibrations par rapport aux limites proposées dans le guide de l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) indique que la durée d'exposition devrait être limitée à moins de deux heures par jour compte-tenu des niveaux de vibrations mesurés.

Des mesures préventives proposées par l'Organisation internationale de normalisation sont recommandées afin de limiter le nombre de conducteurs de bélier mécanique susceptibles de développer le phénomène de Raynaud:

1- Un examen médical annuel pour déceler les personnes susceptibles d'être atteintes du phénomène Raynaud.

2- Utilisation d'une force de préhension minimale de façon à réduire la transmission des vibrations.

3- Le port de gants dont les buts sont de réduire potentiellement le transfert de certaines vibrations et de garder les mains au chaud, le froid et l'humidité étant des facteurs importants dans le développement de problèmes vasculaires.

4- Le maintien de la machine (bélier mécanique) en bon état de fonctionnement de façon à éviter la génération de vibrations jugées anormales.

TABLE DES MATIÈRES

SECTION		PAGE
1.-	INTRODUCTION	7
2.-	LE PROBLÈME ET SON IMPORTANCE	8
3.-	MATÉRIEL ET MÉTHODE	10
4.-	RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION	12
	a) Norme ISO 5349	14
	b) TLVs de l'ACGIH	16
5.-	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	17
BIBLIOGRAPHIE		19

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

FIGURE **PAGE**

1. Position des manettes et des adaptateurs dans la cabine du bélier mécanique 20

2. Systèmes de coordonnées biodynamique et basicentrique relatifs à la main, indiquant les direction x_h, y_h et z_h 20

3. Spectres en fréquences pondérés pour les vibrations segmentaires enregistrées sur la manette droite selon (a) l'axe x_h, (b) l'axe y_h, et (c) l'axe z_h 21

4. Durée d'exposition pour différents pourcentages d'une population exposée aux vibrations 22

5. Relation dose-effet appliquée aux niveaux de vibrations mesurés sur les manettes d'un bélier mécanique 23

TABLEAU **PAGE**

1. Sommaire des niveaux d'accélération globale pondérée mesurés dans chacune des directions pour chaque manette 13

1.- INTRODUCTION

Les béliers mécaniques sont des engins de terrassement largement utilisés dans les entreprises forestières du Québec. Ces véhicules sont généralement montés sur chenilles et leur opération s'effectue normalement à l'aide de manettes tenues et guidées à la main par l'opérateur. Ces manettes constituent ainsi des éléments par lesquels les vibrations, originant du groupe moto-propulseur (i.e. moteur, transmission) ainsi que du mouvement des organes de travail (e.g. pelle) et du déplacement du véhicule sur le sol, sont transmises aux mains de l'opérateur.

Il est généralement reconnu [1] qu'une exposition prolongée aux vibrations mains-bras sur une période de plusieurs années est susceptible de provoquer l'apparition du phénomène de Raynaud, caractérisé par le blanchissement du bout des doigts. Plusieurs doigts peuvent être en cause, principalement ceux qui entrent en contact avec les vibrations les plus intenses [2]. Dans les cas avancés, les vaisseaux sanguins ne sont plus capables de se contracter et de se dilater et la circulation du sang est ralentie, ce qui peut entraîner la gangrène. Heureusement, ces manifestations tardives des doigts blancs sont plus rares, puisque dans les cas graves, les travailleurs abandonnent en général les travaux qui entraînent une exposition aux vibrations.

L'étude rapportée ici a été effectuée à la Direction des laboratoires de l'IRSST dans le but de déterminer les niveaux de vibrations auxquelles les mains d'un conducteur de bélier mécanique peuvent être soumises lors de l'opération d'un tel véhicule. Ces résultats sont utilisés dans le but de mesurer les risques d'occurrence du phénomène de Raynaud chez les conducteurs

de béliers mécaniques, en fonction du nombre d'années d'exposition aux vibrations. Cette étude ne se veut cependant pas exhaustive, cherchant à présenter une situation réelle d'exposition aux vibrations mains-bras plutôt qu'à caractériser la contrainte vibratoire sur différent modèles de béliers mécaniques opérant dans des conditions définies. Les données de base ainsi générées sont utilisées afin de planifier des mesures préventives pour contrer potentiellement l'apparition ou la progression du phénomène de Raynaud chez cette population de travailleurs.

2.- LE PROBLÈME ET SON IMPORTANCE

Les études portant sur des groupes de travailleurs industriels opérant des outils mécaniques et d'autres machines à mains [3] démontrent que le risque de contracter le syndrome des vibrations du système mains-bras augmente avec l'augmentation de la durée de l'exposition et avec le rythme de transmission des vibrations à la main. Le premier facteur est fixé par le nombre d'années consécutives d'emploi impliquant une exposition aux vibrations et la durée d'exposition quotidienne. Le deuxième facteur est fixé par la nature des amplitudes et des fréquences dominantes de la source des vibrations (e.g. outil, manette), et par la nature du couplage entre la source et la main. Bien que les manettes d'un bélier mécanique ne constituent pas des outils en eux-mêmes, il est permis de croire que ces deux facteurs ont un rôle important à jouer dans l'évolution du syndrome des vibrations pour des conducteurs devant tenir et opérer des manettes sur un véhicule.

Un travailleur peut avoir une influence déterminante sur les vibrations transmises à ses mains, par sa méthode d'utilisation de l'outil, par sa manière de tenir ou de supporter l'outil ou la pièce et par la force musculaire exercée au cours du procédé. Ainsi des différences au niveau des méthodes de travail, de l'habileté et de la productivité entraînent des variations de la gravité de l'exposition pour des travailleurs opérant le même type d'outil ou machine. En outre, des différences biologiques au niveau de la susceptibilité des êtres humains aux vibrations peuvent influencer sur la gravité de l'exposition. C'est pourquoi, on ne saurait généraliser quant à la gravité de l'exposition vibratoire chez une population de travailleurs effectuant le même travail. Par contre, des statistiques basées sur l'observation de populations de travailleurs sur des périodes plus ou moins longues, servent à établir des probabilités d'occurrence de symptômes particuliers en fonction des niveaux et de la durée d'exposition. Cette relation qui est basée sur des données épidémiologiques est connue sous le nom de relation cause-effet et sert à juger de la sévérité de l'exposition.

Les principaux facteurs déterminant la gravité de l'exposition peuvent être résumés ainsi:

- principales amplitudes et fréquences vibratoires transmises à la main;
- nombre d'années de travail comportant une exposition aux vibrations;
- la durée totale d'exposition quotidienne;
- la direction principale des vibrations par rapport à la main;
- la répartition temporelle de l'exposition quotidienne;
- la force de préhension de la main.

Il est donc souhaitable, dans la mesure du possible, d'obtenir de l'information sur chacun de ces facteurs lors de l'évaluation de l'exposition vibratoire. Ce n'est malheureusement pas le cas dans la plupart des situations impliquant des mesures en milieu de travail, particulièrement en ce qui a trait à l'évaluation de la force de préhension de la main.

3.- MATÉRIEL ET MÉTHODE

La mesure des vibrations est effectuée sur les manettes d'un bélier mécanique en accord avec la norme internationale ISO 5349 [4]: "Principes directeurs pour le mesurage et l'évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main". Cette norme spécifie la procédure générale pour mesurer l'exposition aux vibrations segmentaires lors de l'opération d'outils, de machines ou de pièces vibrantes. Cependant, la norme ne définit aucune limite sécuritaire d'exposition mais propose plutôt dans son annexe, une relation permettant de juger de la sévérité de l'exposition aux vibrations segmentaires.

La figure 1 illustre les 3 manettes sur lesquelles des mesures sont effectuées. Aussi illustrés sont les accéléromètres et des adaptateurs qui ont été spécialement conçus pour permettre l'installation des capteurs sur les manettes. Ces dernières sont référées en terme de manettes gauche, centrale et droite. Sur chacune, les vibrations sont mesurées dans trois directions perpendiculaires x_h, y_h et z_h suivant les systèmes de coordonnées définis dans la norme [4] et illustrés à la figure 2. Pour le cas des manettes gauche et centrale, le système de coordonnée basicentrique est utilisé avec l'axe y_h

parallèle à l'axe de la manette et pour lequel l'origine du système est fixé à l'interface de la main et de la manette. Le bout de la manette droite étant de forme sphérique, un adaptateur spécial a été conçu utilisant le système de coordonnée biodynamique avec l'axe x_h perpendiculaire à la paume et l'axe z_h coïncidant avec l'axe longitudinal du troisième métacarpien. Ces deux systèmes sont légèrement différents et leur choix dépend de la géométrie de la pièce sur laquelle des mesures sont effectuées.

Deux séries de mesures sont prises: l'une lorsque la main gauche de l'opérateur ést en contact avec la manette gauche tandis que la main droite est en contact avec la manette droite, l'autre lorsque la main gauche est en contact avec la manette centrale tandis que la main droite est en contact avec la manette droite. Le bélier mécanique est utilisé de façon jugée "normale" lors d'opérations consistant à pousser et à entasser du sol et des débris dans une opération forestière. Le bélier en question est un Bulldozer de marque International TD 20 Séries E.

Des capteurs piézoélectriques triaxiaux B & K 4321 sont vissés sur des adaptateurs fixés directement sur les manettes à l'aide de colliers métalliques. Les mesures sont effectuées lorsque l'opérateur a les mains en contact avec l'adaptateur, en prenant soin de maintenir celui-ci entre l'annulaire et le médius.

Un système de télémesure est utilisé permettant de transporter les signaux vibratoires par voie d'antennes entre le bélier mécanique et une camionnette stationnée à proximité, servant de poste de réception. Tous les signaux sont enregistrés sur ruban magnétique. Pour chacune des deux séries

de mesures, de 7 à 10 minutes de données sont recueillies simultanément pour 6 canaux de mesures, soit 3 axes pour chacune des deux manettes.

4.- RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Des trois manettes, c'est sur celle de droite utilisée pour contrôler la pelle que les niveaux de vibrations les plus élevés sont enregistrés. La figure 3 présente les spectres pondérés de la répartition de l'énergie vibratoire par bandes de fréquences tels que mesurés sur cette manette pour chacun des axes x_h, y_h et z_h. Ces spectres présentent les niveaux de vibrations exprimés en terme d'accélération (dB réf. 1 x $10^{-6}ms^{-2}$) en fonction de la fréquence centrale de bandes de tiers d'octaves entre 6.3 et 1250 Hz tel que recommandé dans la norme ISO 5349. Comme le système mains-bras ne réagit pas de la même façon à chacune des fréquences, une pondération des niveaux de vibrations telle que spécifiée dans la norme ISO 5349, est effectuée pour chacune des bandes de fréquences afin de tenir compte des variations de sensibilité pour chacune de ces bandes. D'après les spectres pondérés de la figure 3, il devient évident que les fréquences dominantes se retrouvent entre 6.3 et 25 Hz. C'est le cas également pour les deux autres manettes sur lesquelles des mesures sont effectuées. Un niveau maximum pondéré d'accélération $a_{max,w}$ survient dans une des bandes de fréquences comprises entre 6.3 et 25 Hz, la fréquence exacte changeant dépendant de la manette et de la direction dans laquelle les vibrations sont mesurées. Cette bande de fréquences est mise en évidence dans les spectres apparaissant dans la figure 3.

Un sommaire des résultats apparaît dans le tableau 1 où le niveau d'accélération globale pondérée $a_{h,w}$ est présentée pour chaque manette dans chacune des directions x_h, y_h, z_h dans lesquelles des mesures ont été effectuées. Ce niveau représente en quelque sorte l'énergie totale cumulée entre 6.3 et 1250 Hz. Pour la manette droite, ce niveau apparaît dans les spectres de la figure 3.

Pour chaque manette, il y a toujours une direction dans laquelle les niveaux de vibrations sont prédominants. Pour les manettes gauche et centrale, il s'agit de l'axe z_h, c'est-à-dire la direction coïncidant avec l'axe longitudinal du bras et de la main. Pour la manette droite, c'est l'axe y_h se trouvant dans le plan de la main pour lequel les niveaux sont prédominants.

Tableau 1: Sommaire des niveaux d'accélération globale pondérée mesurés dans chacune des directions pour chaque manette.

Direction / Manette	** $a_{h,w}$ (ms^{-2})		
	x_h	y_h	z_h
Gauche	1.66	0.63	**6.80**
Centrale	1.40	0.62	**4.33**
Droite *	2.13	**7.24**	1.80

* Les valeurs d'accélération représentant la moyenne établie sur deux séries de mesures.

** Accélération globale pondérée entre 6.3 et 1250 Hz.

Pour interpréter la gravité de l'exposition qui est caractérisée par les données du tableau 1, deux documents sont utilisés, soit la norme ISO 5349 et le guide des TLVs [5] proposé par "l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists" (ACGIH).

a) Norme ISO 5349

Cette norme propose une relation dose-effet exprimant le nombre d'années d'exposition aux vibrations requises pour qu'il y ait apparition de blanchissement des doigts en fonction du niveau global pondéré de vibrations, pour certains pourcentages d'une population exposée. Cette relation, reproduite graphiquement à la figure 4, a été établie à partir d'études épidémiologiques de populations de travailleurs utilisant quotidiennement un outil vibrant pour une durée moyenne de 4 heures pendant plusieurs années. Le niveau d'accélération globale pondéré apparaissant dans la figure 4 correspond au niveau mesuré dans la direction où l'exposition est dominante, en assumant une durée d'exposition quotidienne de 4 heures. Lorsque la durée est autre que 4 heures, le principe d'équivalence d'énergie peut être utilisé pour calculer un niveau de vibrations correspondant à quatre heures d'exposition. Les courbes sont applicables seulement pour des pourcentages de population exposée entre 10 et 50 pourcent.

En utilisant les niveaux de vibrations apparaissant dans le tableau 1 pour l'axe dominant de chaque manette (i.e. 6.80 ms^{-2} pour la manette gauche, 4.33 ms^{-2} pour la manette centrale et 7.24 ms^{-2} pour la manette droite), la relation dose-effet indique qu'il suffirait d'une période d'exposition d'environ 9 ans à raison de 4 heures par jour pour que 50 pourcent des

travailleurs exposés manifestent des symptômes associés au phénomène de Raynaud, du moins pour ce qui est de la main droite. Si par contre, il était désirable de limiter à 10 % le nombre de travailleurs atteints, il faudrait alors limiter à environ 4 ans l'opération de la machine. La relation entre le nombre d'années d'exposition et le pourcentage de la population de travailleurs susceptibles d'être atteints du phénomène de Raynaud est représentée graphiquement à la figure 5 pour les niveaux de vibrations enregistrés sur chaque manette. À partir de ces courbes on constate que l'établissement d'une cible à atteindre quant au pourcentage de travailleurs susceptibles de démontrer des symptômes du phénomène de Raynaud doit être faite à partir des données recueillies sur la manette droite, pour laquelle les niveaux sont les plus élevés.

Certaines précisions doivent cependant être apportées concernant l'interprétation à donner aux résultats présentés. Bien que la relation dose-effet proposée dans la norme ISO 5349 soit appliquée au cas traité dans cette étude, cette relation est développée principalement pour des travailleurs utilisant quotidiennement pendant toute l'année le même type d'outil ou de procédé industriel impliquant un transfert de vibrations aux mains. De plus, cette relation s'applique de façon prioritaire à des cas où un opérateur a à soutenir le poids d'un outil quelconque. Or, la conduite d'un bélier mécanique peut, dépendant des circonstances, avoir à être interrompue sur des périodes plus ou moins longues au cours de l'année, d'où un certain effet de récupération pourrait avoir lieu qui prolongerait le nombre d'années d'exposition permis avant l'apparition du phénomène de Raynaud. Il pourrait également en être de même du fait que l'opérateur n'a pas à soutenir le poids des manettes tout comme il aurait à le faire pour un outil, réduisant ainsi la

force de préhension et par conséquent, l'intensité des vibrations transmises à ses mains.

Ainsi, il ne faut pas nécessairement s'attendre à ce qu'après 9 ans d'opération d'un bélier mécanique, la moitié des travailleurs soient atteints du phénomène de Raynaud. L'intermittence des opérations au cours de la journée et de l'année, la relaxation de la force de préhension, les différences dans les méthodes de travail ainsi que les différences biologiques sont des facteurs qui peuvent potentiellement contribuer à retarder l'apparition des symptômes chez les conducteurs. Aucune donnée épidémiologique n'a à notre connaissance, été recueillie spécifiquement dans le but d'établir une relation entre l'occurrence du phénomène de Raynaud et les vibrations dues à la conduite d'un bélier mécanique.

b) TLVs de l'ACGIH

Depuis quelques années, l'ACGIH propose comme guide aux hygiénistes un niveau limite de vibrations à respecter pour prévenir l'occurrence ou la progression du phénomène de Raynaud. Ce niveau limite est fixé à 4 ms^{-2} pour l'amplitude de la composante directionnelle dominante de l'accélération globale pondérée $a_{h,w}$ lorsque la durée d'exposition quotidienne varie entre 4 et 8 heures. Cependant, ces limites ne sont pas fixées en terme du nombre d'années d'exposition, ni du pourcentage de la population susceptible d'être atteinte du phénomène Raynaud.

Les niveaux de vibrations apparaissant dans le tableau 1 excèdent clairement la limite de l'ACGIH pour une durée d'exposition quotidienne de 4 à 8 heures. Pour que de tels niveaux soient reconnus "acceptables" par l'ACGIH, il faudrait que la durée d'exposition soit limitée à moins de deux heures par jour [5].

5.- CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les résultats de cette étude, bien que soulevant quelques problèmes d'interprétation à cause de l'application d'une relation cause-effet pas spécifique au cas des manettes sur un bélier mécanique, permettent d'établir un ordre de grandeur du degré de sévérité des vibrations transmises aux mains du conducteur. Les courbes obtenues pour chaque manette, établissant le pourcentage d'une population de travailleurs susceptibles d'être atteinte du phénomène de Raynaud en fonction du nombre d'années d'exposition, s'avèrent un outil efficace pour la planification de certaines mesures administratives de contrôle visant à minimiser le nombre de travailleurs atteints du phénomène de Raynaud. Pour les travailleurs déjà atteints, ces mesures pourraient tout au plus contribuer à décélérer la progression de la maladie. Ceci pourrait se traduire par la planification d'horaires de travail évitant une exposition prolongée aux vibrations.

Certaines mesures additionnelles proposées par l'Organisation internationale de normalisation incluent:

1- Un examen médical annuel pour déceler les personnes susceptibles d'être atteintes du phénomène Raynaud.

2- Utilisation d'une force de préhension minimale de façon à réduire la transmission des vibrations.

3- Le port de gants dont les buts sont de réduire potentiellement le transfert de certaines vibrations et de garder les mains au chaud, le froid et l'humidité étant des facteurs importants dans le développement de problèmes vasculaires.

4- Le maintien de la machine (bélier mécanique) en bon état de fonctionnement de façon à éviter la génération de vibrations jugées anormales.

Enfin des mesures techniques de réduction des vibrations pourraient être envisagées pour limiter la transmission des vibrations aux mains des opérateurs. Cependant, l'élaboration de telles mesures nécessiterait des études plus approfondies pour vraiment identifier les sources des vibrations ainsi que les mécanismes responsables pour leur transmission.

BIBLIOGRAPHIE

1. ASHE, W.F., COOK, W.T. et OLD, J.W. 1962. Raynaud's phenomenon of occupational origin. Arch. Environ. Health 5: 333-343.

2. FÄRKKILÄ, M. STARCK, J, HYVÄRINEN, J. et KURPPA, K. 1978. Vasospastic symptoms caused by asymmetrical vibration exposure of the upper extremities to a pneumatic hammer. Scand. J. Work, Environ. Health 4:330-355.

3. BRAMMER, A.J. 1982. Relations between vibration exposure and development of the vibration syndrome. Dans Vibration effects on the hand and arm in industry. Édité par A.J. Brammer et W. Taylor. John Wiley and Sons, New York. 283-290.

4. ISO 5349. Mechanical vibration - Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration. Première édition, 1986-05-15.

5. ACGIH 1987. Hand-arm (segmental) vibration. Dans Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1987-88. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 85-90.

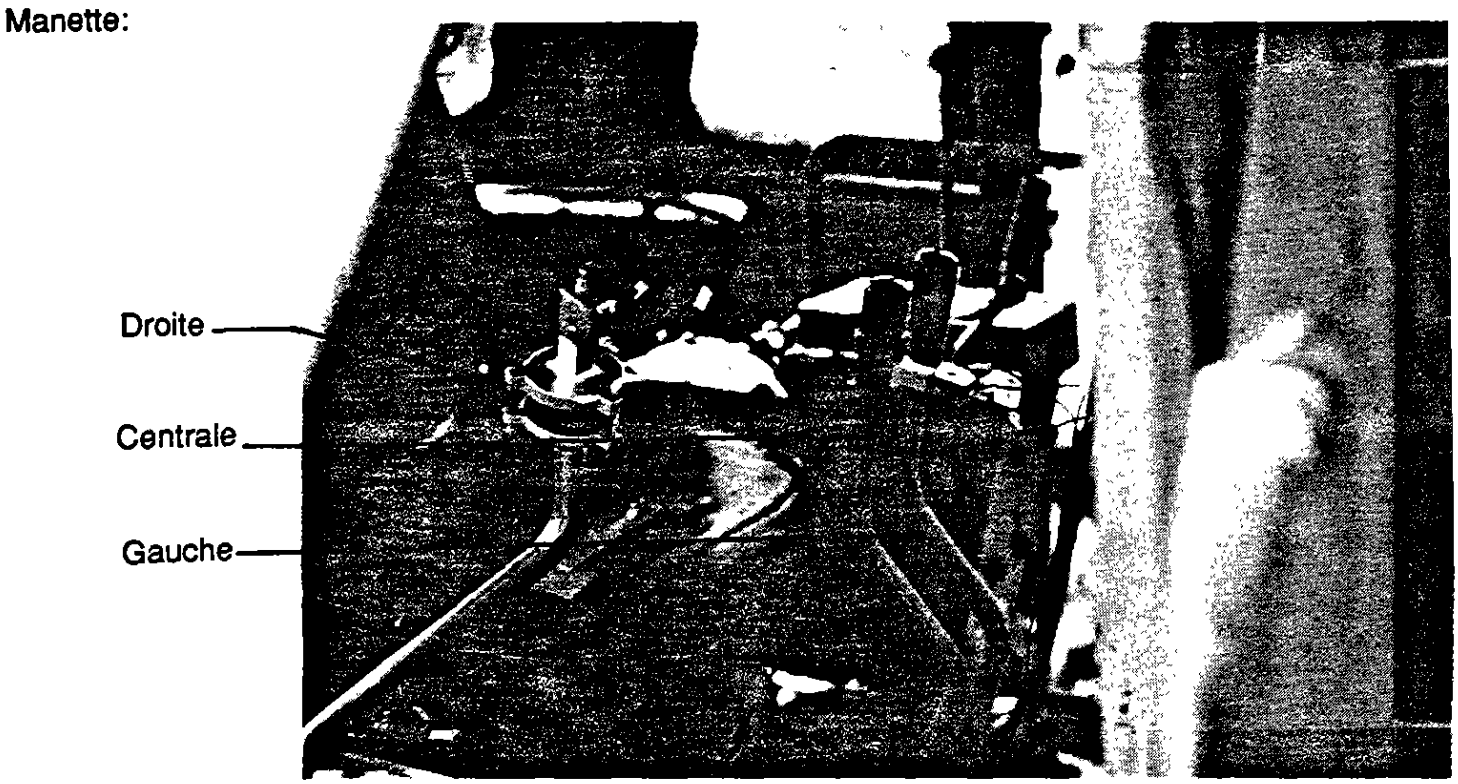


Figure 1: Position des manettes et des adaptateurs dans la cabine du bélier mécanique

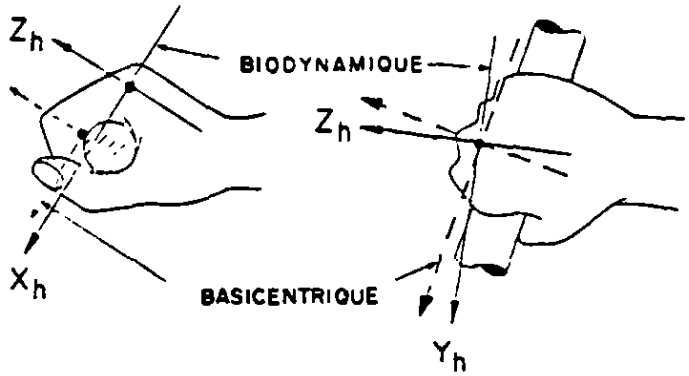


Figure 2: Systèmes de coordonnées biodynamique et basicentrique relatifs à la main, indiquant les directions x_h, y_h et z_h

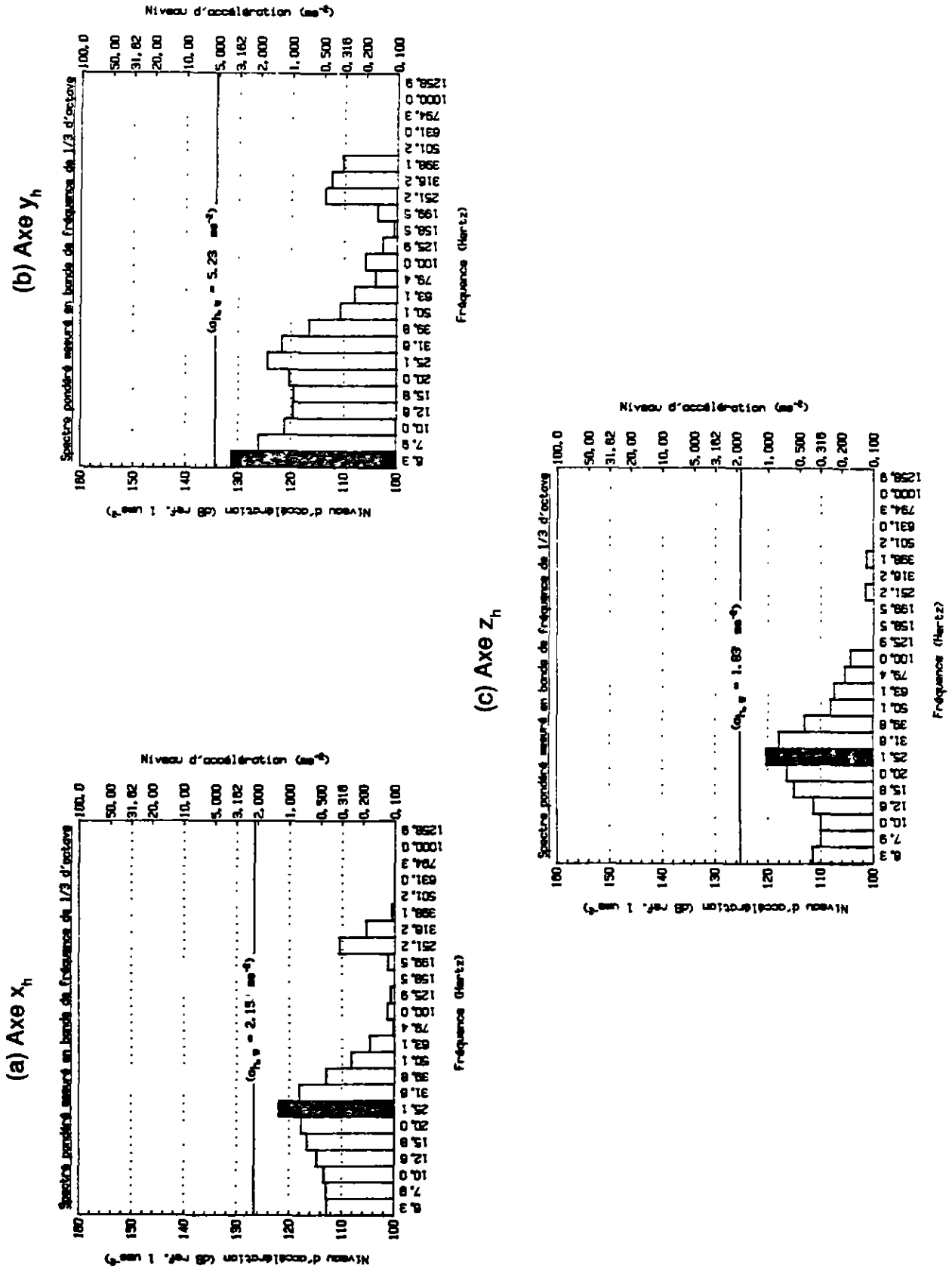


Figure 3: Spectres en fréquences pondérés pour les vibrations segmentaires enregistrées sur la manette droite selon (a) l'axe x_h, (b) l'axe y_h, et (c) l'axe z_h

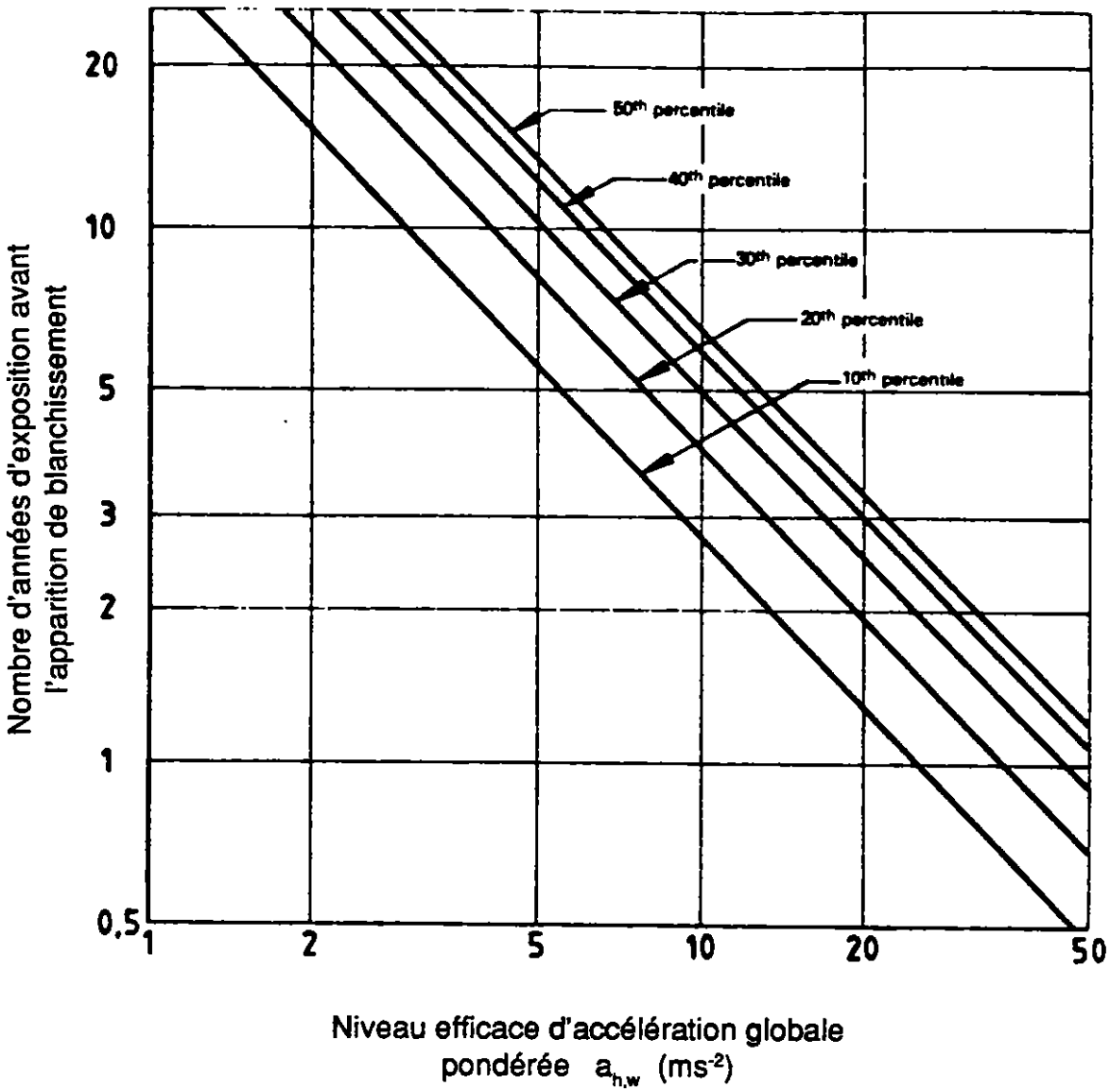


Figure 4: Durée d'exposition pour différents pourcentages d'une population exposée aux vibrations (Annexe A, ISO 5349)

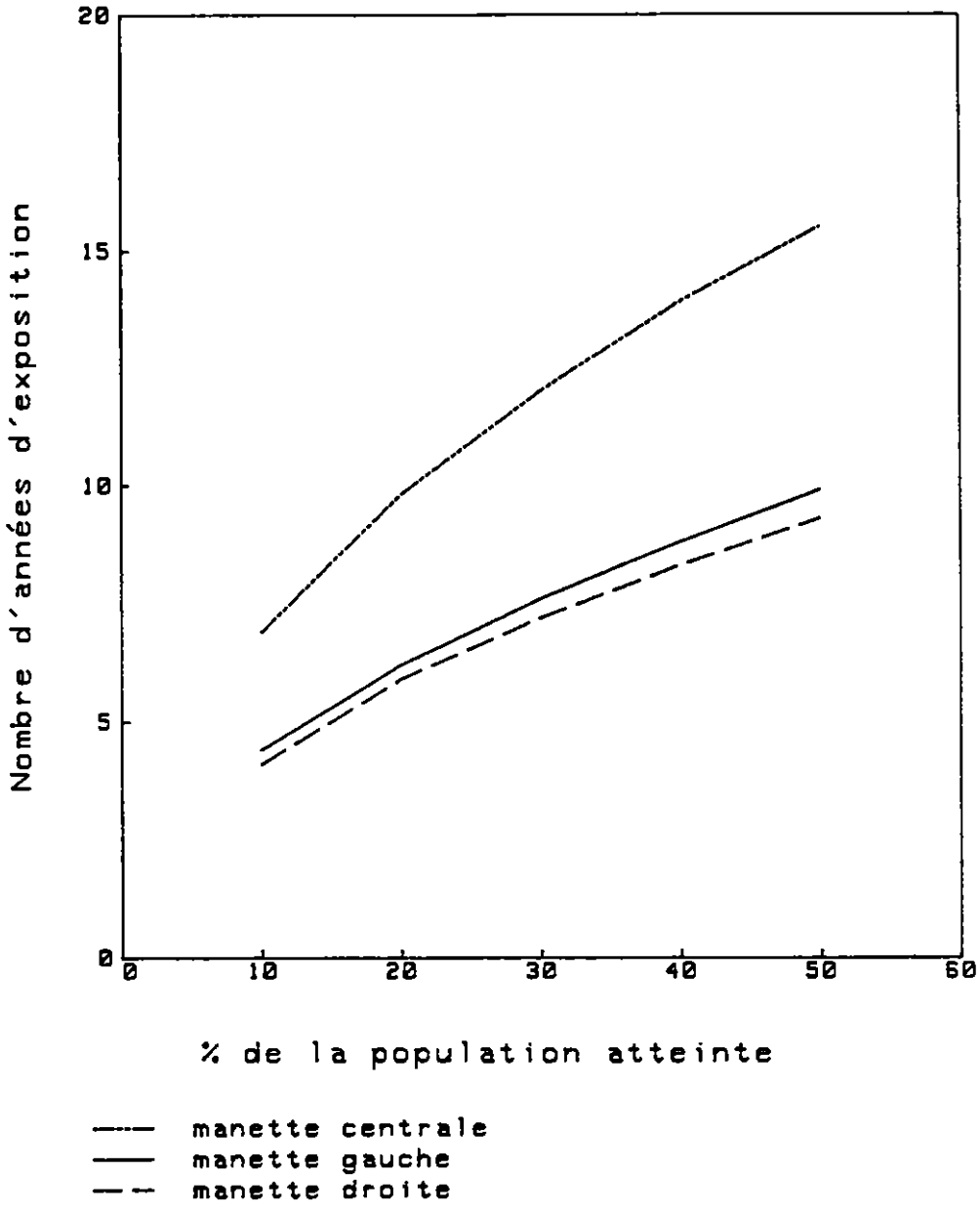


Figure 5: Relation dose-effet appliquée aux niveaux de vibrations mesurés sur les manettes d'un bélier mécanique