Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 102 (1976)

Heft: 24

Artikel: Vibrations des marteaux-piqueurs pneumatiques: influence sur l'homme et moyens de réduction

Autor: Porchet, Michel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-72964

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Vibrations des marteaux-piqueurs pneumatiques Influence sur l'homme et moyens de réduction

par MICHEL PORCHET, Lausanne

Les marteaux-piqueurs sont des machines dont l'usage est extrêmement courant. Selon R. Fawer [1],[1] on peut estimer à environ 8000 le nombre de ces machines en Suisse. Le fonctionnement par percussion répétitive du marteau-piqueur en fait une source de vibrations importantes. Ces dernières présentent deux aspects :

— une vibration utile qui sert à briser la matière en fournissant l'énergie au fleuret ;

— une vibration nuisible, transmise par les poignées à l'utilisateur de l'engin.

Le second aspect est important. En effet, dans les conditions courantes d'utilisation, les brise-béton pneumatiques engendrent des vibrations dont l'intensité prédominante, suivant l'axe de percussion, dépasse très largement les limites tolérables.

De nombreuses études statistiques, faites depuis une quinzaine d'années, montrent que certains troubles sont fréquents chez les utilisateurs coutumiers des marteaux-piqueurs. Ces troubles sont de trois ordres :

a) troubles vaso-moteurs (phénomène de Raynaud) ;

b) troubles ostéo-articulaires (lésions osseuses aux poignets surtout) ;

c) troubles neuro-musculaires.

Aujourd'hui, les auteurs sont unanimes à reconnaître la nocivité de l'emploi prolongé des marteaux-piqueurs. Si certains discutent encore la relation de causalité entre l'emploi d'une telle machine et les troubles *b)* et *c)*, la relation est par contre irréfutable en ce qui concerne *a)*.

L'étude de l'influence des vibrations mécaniques sur l'homme est un sujet qui préoccupe de plus en plus les organismes responsables de la sécurité du travail. L'OIT se propose de recommander à tous les Etats membres d'adopter des prescriptions dans ce domaine. Le présent article se contente d'un survol du problème ; il vise surtout à en montrer l'importance et à esquisser les solutions possibles.

1. Les propositions de normalisation

L'établissement de normes au sujet de l'influence des vibrations sur l'homme est extrêmement difficile. On a longtemps voulu donner une description univoque des effets des vibrations comme s'il existait un organe spécialisé dans leur perception comme l'œil ou l'oreille pour la vision et l'audition. Ce point de vue n'est pas satisfaisant, car les récepteurs sensibles aux vibrations sont nombreux dans l'organisme et ne sont pas spécialisés. Ces différents récepteurs sont sensibles aux vibrations dans une bande de fréquence déterminée et propre à chacun d'eux. A l'intérieur de cette bande de fréquences, la courbe de réponse est, elle aussi, bien particulière. Enfin, la sensibilité de chaque récepteur paraît en relation avec une caractéristique particulière du mouvement (vitesse, accélération, variation d'accélération).

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

Le problème est encore compliqué par le fait qu'il faut pouvoir décrire d'une façon précise la stimulation atteignant le récepteur intéressé. Or, les vibrations mécaniques subissent des transformations lors de leur transmission à travers le corps humain, qui réagit comme un système de masses suspendues. Dans le cas du membre supérieur, les essais ont montré qu'il existe deux résonances :

— une première un peu en dessous de 5 Hz (ce qui correspond à une résonance du corps dans son entier) ;

— une deuxième entre 30 et 40 Hz (ce qui correspond à la fréquence de résonance du système main-bras).

Les références [2], [3], [5], [6] et [7] donnent de nombreux renseignements sur cet aspect du problème. Les références [1] et [4] donnent des bibliographies particulièrement complètes.

2. La proposition ISO 5349

Depuis plusieurs années, des groupes de travail de l'ISO élaborent une norme qui en est aujourd'hui au stade de l'avant-projet. Cet avant-projet de norme donne des valeurs limites qui sont en partie basées sur des données psychophysiques. Ces valeurs n'ont pas été éprouvées comme des limites garantissant une absolue innocuité.

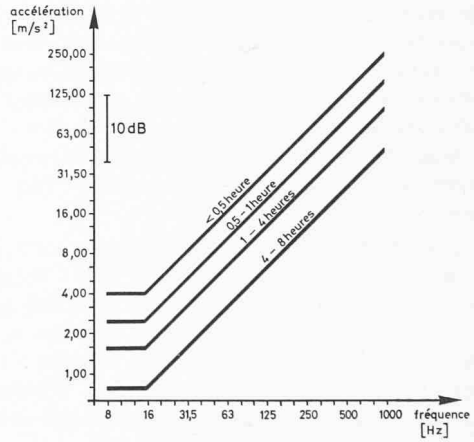


Fig. 1. — Vibrations transmises par les mains aux membres supérieurs. Limites d'exposition en fonction du temps d'exposition et de la fréquence (mesure en 1/3 d'octave).

Selon R. Fawer [1], « En se basant sur les données de la littérature et sur l'expérience, les limites suggérées paraissent représenter les meilleures directives disponibles à l'heure actuelle afin de protéger la majorité des travailleurs. »

Remarques

1. Les limites ne sont applicables qu'à des ouvriers en bonne santé.
2. Des expositions d'une durée supérieure à huit heures par jour ne sont pas recommandables.
3. D'occasionnels courts dépassements des limites ne sont pas nécessairement nuisibles.
4. Le niveau maximal est applicable séparément pour les trois axes coordonnés.

5. Si l'exposition totale journalière est inférieure à huit heures ou si le rythme de travail est tel que les périodes d'exposition sont régulièrement suivies par des périodes de repos exemptes de vibrations, les limites valables pour huit heures peuvent être augmentées en fonction de facteurs de correction.

Facteur de correction en fonction de la durée d'exposition par tranches de huit heures

Durée d'exposition par tranche de huit heures	> 0,5 h.	Facteur de correction	5
	0,5-1 h.		3
	1 -4 h.		2
	4 -8 h.		1

3. Mesures faites par l'Institut des métaux et des machines

L'Institut des métaux et des machines a procédé à des mesures sur un marteau-piqueur de dimensions moyennes. Ces mesures ont été faites et dépouillées selon les schémas de la figure 2.

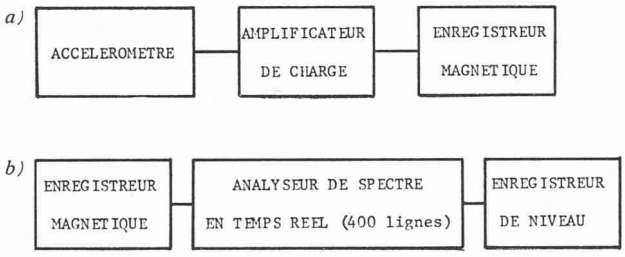


Fig. 2. — *a)* Schéma de mesure.
b) Schéma de dépouillement.

Les mesures des vibrations d'un marteau-piqueur sont délicates. L'existence de très fortes vibrations à basse fréquence et dans toutes les directions rend difficile une bonne fixation de l'accéléromètre. Les liaisons électriques elles-mêmes (câbles avec prise « Microdot ») tendent à se dévisser, entraînant de gros signaux parasites liés à des mises à la masse médiocres. Il faut être d'autant plus attentif dans l'interprétation des résultats que ces « ruptures » de la masse se font souvent à la fréquence de percussion.

Ce sont là des difficultés techniques que la mise au point d'une bonne fixation des accéléromètres permet de surmonter. Il existe une difficulté plus importante et moins facile à surmonter. Dans l'emploi d'un marteau-piqueur on ne peut considérer la machine seule comme système oscillant. En effet, la main ne se contente pas de guider la machine, mais la main, le bras, le corps sont des éléments constitutifs du système oscillant. L'action de l'utilisateur joue en conséquence un rôle important dans les vibrations de l'ensemble. On se trouve ainsi en présence d'un système fortement non linéaire formé du béton à casser, du marteau-piqueur et de l'utilisateur. La source principale de non-linéarité est la liaison entre le béton et le fleuret qui n'est pas bilatérale. La figure 3 donne un exemple des conséquences qui en découlent.

La figure 3 montre deux choses :

— d'une part le fonctionnement du marteau-piqueur selon un cycle périodique de fréquence égale à 30 Hz (ce qui correspond aux données du constructeur), l'importance des harmoniques supérieures montre que le signal n'est pas sinusoïdal ;

— d'autre part une fréquence de 7,5 Hz, sous harmonique d'ordre 4, qui a pour origine le caractère non bilatéral de la liaison fleuret-béton.

Le cas de la figure 3 est certes extrême. L'utilisateur, qui n'a aucune expérience du marteau-piqueur, travaille de façon particulièrement maladroite. Cependant, cette figure

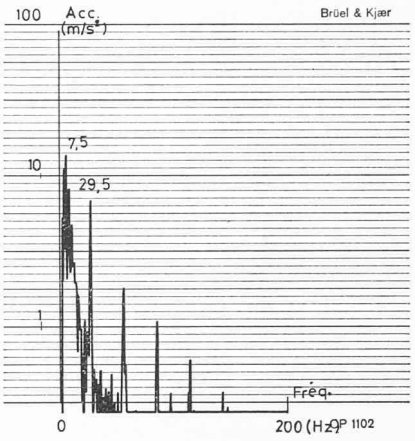


Fig. 3. — Spectre des vibrations dans l'axe de la machine. Machine travaillant horizontalement.

montre bien l'influence que peut avoir l'utilisateur sur les valeurs mesurées.

Les autres mesures faites sur la même machine ont donné des valeurs qui, selon l'avant-projet de l'ISO, permettent une durée de travail de 30 minutes par jour. Il est clair que, le plus souvent, cette durée-limite sera largement dépassée.

Les mesures faites à l'IMM confirment ainsi un résultat donné par tous les auteurs consultés :

Les niveaux vibratoires de tous les marteaux-piqueurs actuellement sur le marché dépassent le seuil admissible selon l'avant-projet de l'ISO.

4. Les moyens de réduire les conséquences nuisibles du travail avec les marteaux-piqueurs

4.1 *Les moyens immédiats, sans modifier les machines existantes*

R. Fawer [1] définit certaines règles à suivre pour diminuer les effets néfastes des marteaux-piqueurs.

« 1. Des *gants* protégeant du froid les mains de l'ouvrier — et qui par conséquent seraient censés diminuer le risque du Raynaud — ne servent à rien, puisque le travailleur, afin de pouvoir diriger l'engin, est alors obligé de serrer plus fortement les mains sur la poignée de l'outil.

2. L'*âge* : il est vivement déconseillé de manier ces engins avant 20 ans (fermeture des cartilages de conjugaison) et après 40 ans (accélération des processus dégénératifs conduisant à l'arthrose).

3. L'*exposition* : au maximum 5 ans d'exposition effective (soit environ 6500 heures) avec un horaire le plus discontinu possible (travail en équipe tournante) en ne dépassant pas deux heures au total par jour.

4. *Dépistage* : aussi bien à l'embauche que lors de contrôles périodiques rechercher systématiquement, après une brève anamnèse professionnelle, les diverses lésions que nous avons mentionnées, ce qui permettra au médecin de recommander un changement de travail, si nécessaire. »

De telles mesures ne peuvent être qu'un pis-aller ; il est nécessaire d'abaisser le niveau vibratoire de la machine elle-même.

4.2 *La réduction des vibrations des marteaux-piqueurs*

Il existe différents moyens de réduire les vibrations des marteaux-piqueurs. Une étude de l'INRS [8] donne des

indications à ce propos. Des diverses modifications possibles, la plus prometteuse est l'emploi de systèmes passifs disposés en général dans le corps du brise-béton ; les systèmes passifs permettent de réduire soit l'amplitude des vibrations du corps de la machine (absorbeur dynamique), soit seulement celle des poignées (« filtres » mécaniques ou pneumatiques).

— Un absorbeur dynamique, c'est-à-dire un oscillateur monté en parallèle sur le corps de la machine, dont la fréquence propre est accordée à la cadence de frappe, peut donner de bons résultats, à condition toutefois que la cadence de frappe soit stable, ce qui n'est généralement pas le cas.

— Un filtre, c'est-à-dire un système élastique mécanique (ressort) ou pneumatique (accumulateur), interposé entre le corps et les poignées de la machine, peut donner de bons résultats. Du fait qu'une alimentation en air comprimé est de toute façon disponible, un filtre pneumatique peut être particulièrement favorable.

5. Conclusions

Les vibrations des marteaux-piqueurs sont dangereuses pour leurs utilisateurs. La prise de conscience de ce danger se développe, des limites légales seront certainement fixées à moyen terme. Il est possible, dans l'immédiat, de diminuer le risque par une organisation du travail qui tienne compte de ce danger, mais il est évident que dans l'avenir ce seront les machines elles-mêmes qui devront être améliorées.

Le travail à faire peut paraître considérable. Cependant, les bons résultats obtenus dans la diminution du bruit des marteaux-piqueurs et de leur compresseur laissent bien augurer de la possibilité de diminuer considérablement leurs vibrations.

BIBLIOGRAPHIE

[1] R. FAWER : *Pathologie professionnelle provoquée par les vibrations des marteaux-piqueurs et des perforatrices*. Archives des maladies professionnelles (à paraître).

[2] T. MIWA : *Studies on Hand protectors for portable vibrating tools*. Ind. Health *2*, 95-105, 1964. Ind. Health *2*, 106-128, 1964.

[3] *Effects of Shock and Vibration on Man*. Shock and Vibration Handbook (Harris and Crede). Mc Graw-Hill edition, 1961.

[4] J. HASSAN : *Biomedical Aspects of Low Frequency Vibration*. Work-Environment-Health, vol. 6, nº 1, 1970.

[5] A. BERTHOZ : *Protection de l'homme contre les vibrations*.

[6] C. F. ABRAMS : *Modeling the Vibrational Characteristics of the Human Hand by the Driving point Mechanical Impedance Method*. Ph. D. Thesis, North Carolina St. Univ. Eng. Agric. 1971.

[7] D. D. REYNOLDS et W. SOEDEL : *Dynamic response of the Hand-arm system to a sinusoidal input*. Journal of Sound and Vibration (1972 21 (3).

[8] *Vibrations des brise-béton pneumatiques*. INRS, note 981-81-75. Cahiers de notes documentaires nº 81 (1975).

Adresse de l'auteur :
Michel Porchet
Institut des métaux et machines
34, ch. de Bellerive
1007 Lausanne
Tél. 26 46 49

Soufflerie à couche limite du laboratoire d'hydraulique de l'EPFL

par HANS JÖRG ZIPPE, WALTER H. GRAF et JOHN R. WESKE, Lausanne

Ces dernières décennies, les ingénieurs ont montré un intérêt croissant pour les écoulements à deux phases et à l'interface de deux phases. Quelques phénomènes désignés comme tels sont indiqués dans le tableau I.

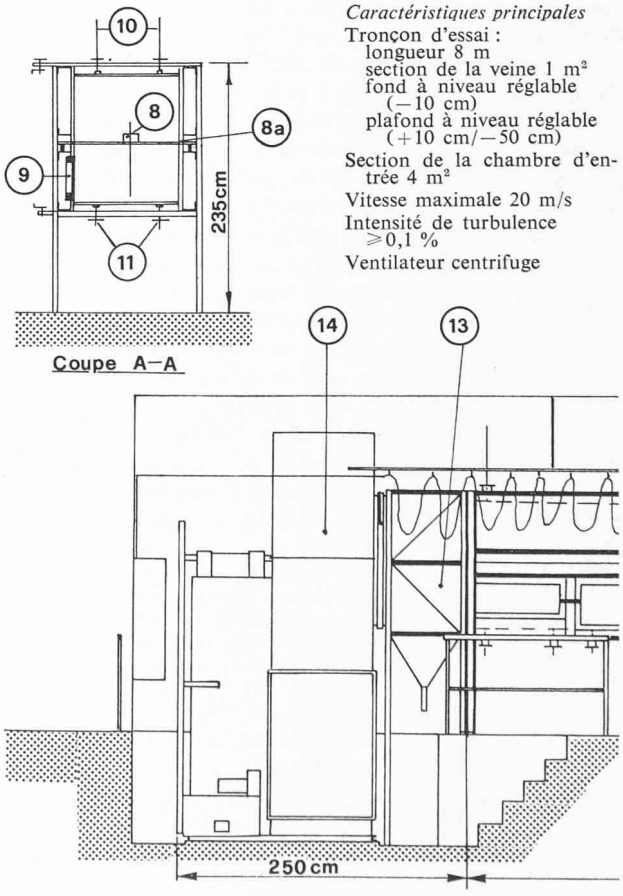
La connaissance de la couche de transition entre les deux phases respectives est indispensable à la solution de tels problèmes. C'est cette région qu'on appelle la *couche limite ;* la littérature à ce sujet ne manque pas [1 et 2].[1]

Au Laboratoire d'hydraulique de l'EPFL, on s'occupe depuis peu du transport de la neige et du sable dans les courants atmosphériques, ainsi que des vagues de vent et des courants dans le lac dus au vent [3]. Dans ces différents cas la simulation de la couche limite atmosphérique est indispensable.

On appelle couche limite atmosphérique la région d'un écoulement d'air, influencée par la rugosité de la surface de la terre ou de l'eau (voir fig. 1). Son épaisseur est très variable et se situe en ordre de grandeur entre 100 et 1000 m. A l'intérieur de cette couche limite, on rencontre des gradients de vitesse considérables et par conséquent des forces de frottement ; la turbulence également joue ici un rôle important.

Pour réaliser une simulation de la couche limite, il faut disposer d'une installation spéciale, une *soufflerie à couche limite*. Au cours du semestre d'hiver 1974/75, le Laboratoire d'hydraulique a décidé de projeter une telle soufflerie et de la construire avec ses moyens propres. Elle a été mise en service au cours du semestre d'hiver 1975/76.

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.



Caractéristiques principales

Tronçon d'essai :
- longueur 8 m
- section de la veine 1 m²
- fond à niveau réglable (−10 cm)
- plafond à niveau réglable (+10 cm/−50 cm)

Section de la chambre d'entrée 4 m²

Vitesse maximale 20 m/s

Intensité de turbulence ⩾0,1 %

Ventilateur centrifuge