

Réduction des vibrations main bras

Perceuses à percussion et perforateurs (machines électriques ou sur batterie)

Cette fiche traite des perceuses électriques à percussion et des perforateurs électromécaniques ou électropneumatiques.

Les perceuses à percussion et les perforateurs sont des machines électroportatives qui peuvent être équipées de forets ou de mèches adaptés pour percer des trous dans tous types de matériaux durs tels que le béton ou la pierre en mode **roto percutant**, le métal ou le bois en mode **rotatif**. En grande majorité, ces machines sont dotées de jauges de profondeur et de variateurs de vitesse. Elles sont utilisées principalement dans le bâtiment pour effectuer des trous d'ancrages ou de passage de conduits ...

Les perforateurs se distinguent des perceuses à percussion électriques de par leur conception, leurs poids et leurs puissances de frappe bien plus importante. La plupart des perforateurs sont équipés avec des mandrins SDS (Special Direct System), ne nécessitant pas de clef de serrage de façon à faciliter le changement des outils.

La plupart des perforateurs (machines dites "combi") sont aussi dotés d'un système qui permet de bloquer la rotation du mandrin, et ainsi d'activer le mode **percutant** ("burinage") pour la réalisation de saignées ou de petits travaux de démolition.

Le marché annuel français des perceuses à percussion professionnelles est de l'ordre de 100 000 unités se répartissant à 50% entre machines filaires et machines sans fil (batterie). Dans le circuit professionnel, on estime le nombre de perforateurs à plus de 200 000 unités dont un quart sont sans fil. Près de 90% des perforateurs fonctionnent avec un mandrin de type SDS Plus. Les autres, plus puissantes et plus lourdes, utilisent un mandrin de type SDS Max.



Perceuses à percussion avec et sans fil

Perforateurs avec et sans fil

Figure 1 : Exemple de différentes machines de perçage à percussion.

| Machine | Emmanchement outil - Ø (mm) | | Masse (kg) | Energie de frappe (Joule) | Puissance électrique (Watt) | Percussion (coups/mn) | Vitesse max (tours/mn) |
|--|---|--------|------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|
| Perceuse à percussion | cylindrique  | 3 - 13 | 1,5 - 4,5 | | 750 - 1 400 | 37 000 - 64 000 | 2 800 - 4 000 |
| Perforateur SDS Plus ¹ (• perçage : béton/brique • rotation : métal/bois) | cannelé   | 10 | 2,5 - 7 | 1,5 - 5,5 | 350 - 1 250 | 3 000 - 5 000 | 550 - 1 300 |
| Perforateur SDS Max ¹ (• trou dans béton armé, granit • démolition) | cannelé   | 17 | 5,5 - 12 | 5 - 20 | 1 000 - 1 800 | 2 000 - 3 500 | 220 - 600 |

¹ Il existe d'autres variantes de mandrin selon les marques mais les références SDS Plus et SDS Max sont les plus fréquentes.

Tableau 1 : Principales caractéristiques des différentes machines de perçage à percussion.

Risque vibratoire

Pour aider les entreprises à évaluer le risque vibratoire de leurs salariés (Code du travail - articles R. 4441-1 à R. 4447-1), le dossier web de l'INRS « vibrations transmises aux membres supérieurs », onglet « évaluation des risques » décrit une méthode de calcul de l'exposition vibratoire d'un opérateur sur une journée de 8 heures de travail (notée A(8) et exprimée en m/s^2). En situation réelle, on constate que pour les perforateurs non antivibratiles, la valeur d'exposition journalière A(8) évaluée à partir des résultats de la figure 2, dépasse fréquemment la valeur d'exposition journalière déclenchant l'action de prévention fixée à $2,5 m/s^2$. En effet, dans au moins 25 % des mesures (percentile 75) ce seuil est dépassé dès que la durée quotidienne d'utilisation approche les dix minutes. Quant à la valeur limite d'exposition journalière de $5,0 m/s^2$, elle est atteinte en environ 30 minutes. Lorsqu'il s'agit d'un perforateur équipé d'un système antivibratile, la durée quotidienne d'utilisation acceptable peut être approximativement doublée. Quant aux perceuses à percussion, si les niveaux vibratoires sont plus faibles, les durées d'utilisation sont plus importantes du fait de leur mode de fonctionnement. A noter que pour un opérateur utilisant plusieurs machines différentes au cours d'une journée de travail, il faudra tenir compte des expositions résultantes de chacune d'elles.

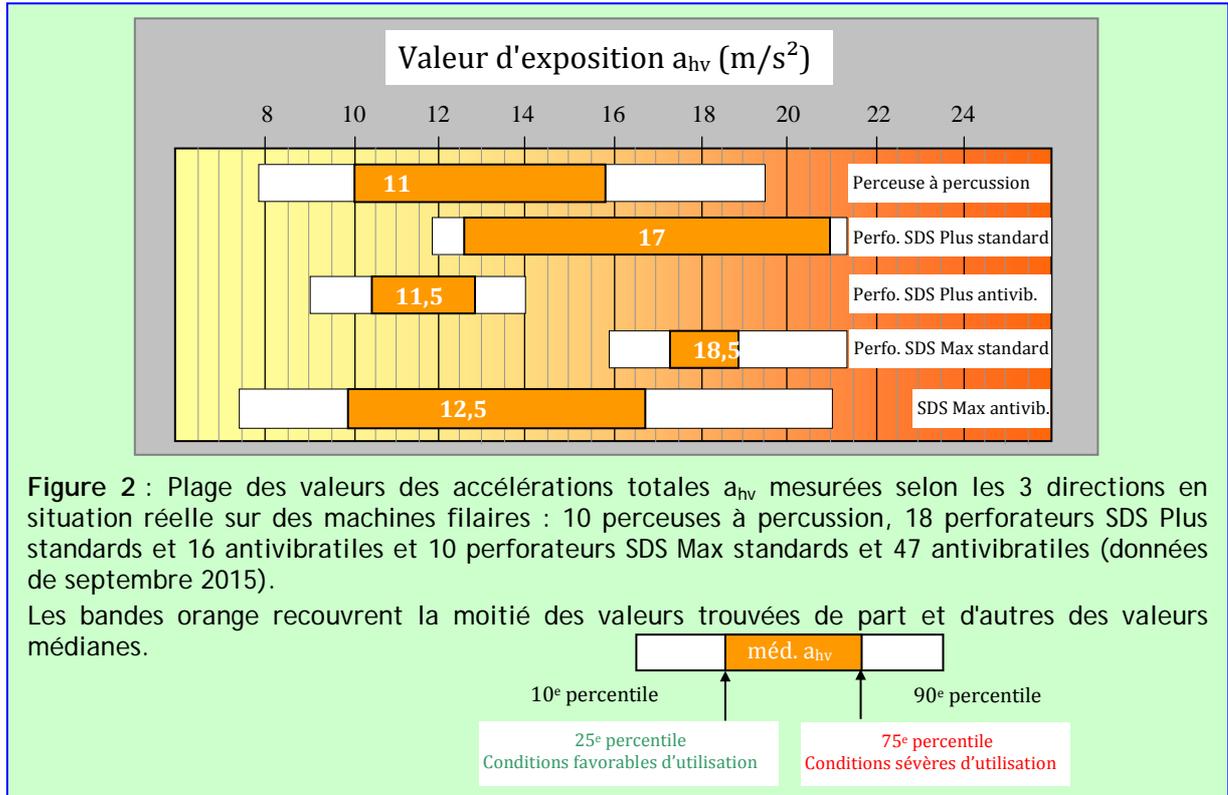
Les principales sources de vibration sont :

- la percussion des masses internes,
- le déséquilibre des masses en rotation et
- l'interaction entre l'outil et la matière travaillée.

L'amplitude des vibrations sur les poignées dépend de :

- la dureté de la matière percée ou burinée,
- le diamètre de l'outil (niveau proportionnel au diamètre),
- l'orientation de la machine (percer en vertical génère plus de vibration qu'en horizontal).

La forme de la pointe de l'outil influence également les résultats.
L'usure des outils augmente principalement la durée du perçage.



Choisissez la machine et ses équipements en fonction de la tâche

Selon la tâche à réaliser (dureté, épaisseur du matériau à percer...), on choisira une perceuse à percussion ou un perforateur (plus puissant mais aussi plus lourd). Contrairement à une perceuse, le perforateur ne nécessite pas d'effort de poussée : il suffit de l'accompagner, afin de laisser à la frappe la plus grande amplitude possible. Les perforateurs électropneumatiques sont employés pour du gros œuvre ou toute tâche plus difficile à réaliser que des travaux de maçonnerie courants.

Pour pouvoir percer sans abîmer le matériau, il est particulièrement important de choisir le bon foret ou une mèche adaptée ainsi que la vitesse de rotation adéquate. Il est conseillé d'acheter les outils selon les recommandations fournies par le constructeur dans la notice technique. La partie coupante se trouvant sur le pourtour de l'outil, un foret d'un diamètre important aura une vitesse périphérique élevée. C'est pourquoi il convient de réduire la vitesse de rotation lorsqu'on augmente le diamètre du foret.

A même diamètre d'outil, dans le cas d'un granit ou de béton dur, l'utilisation d'un perforateur avec un outil SDS Max est préférable.

Privilégiez la machine la moins vibrante possible

Lors de l'achat, la machine possédant la valeur déclarée d'émission vibratoire la plus faible pour sa famille sera à privilégier.

Les constructeurs doivent obligatoirement indiquer dans la notice d'instruction, le niveau d'émission vibratoire de la machine, relevé sur les zones de préhension, si cette valeur d'émission dépasse $2,5 \text{ m/s}^2$ ainsi que les recommandations de bonne utilisation de la machine. Si cette valeur est inférieure à $2,5 \text{ m/s}^2$, ce fait doit être mentionné.

La valeur déclarée par le fabricant est mesurée en référence aux codes d'essai européens suivants :

- *Pour les modèles récents* - Perceuses à percussion : EN 60745-2-1/A11 : 2007 (et ultérieure) ; Perforateurs : EN 60745-2-6/A11 : 2007 (et ultérieure).
- *Pour les modèles les plus anciens* - Perceuses à percussion: EN 50144-2-1 (toutes les éditions) et EN 60745-2-1 : 2003 ; Perforateurs EN 50144-2-6 (toutes les éditions) et EN 60745-2-6 : 2003. Ces normes ne tiennent compte que de l'axe dominant des vibrations au lieu des 3 axes. Il convient de multiplier le niveau d'émission vibratoire déclaré par le fabricant par 1,5 dans le cas des perceuses et par 2 dans le cas des perforateurs pour les rendre comparables à celles obtenues avec les normes plus récentes

Préférez les machines de conception moins vibrante

Pour réduire les vibrations émises par une machine roto percutante, un constructeur dispose lors de la conception d'une nouvelle machine de deux méthodes complémentaires :

- diminuer la source des vibrations :
 - en minimisant le déséquilibre des parties mobiles.
 - en installant un système de contrepoids déphasé (batteurs...).
 - en amortissant le choc du piston sur le marteau (transmission électropneumatique) (voir annexe).
- isoler les mains de l'opérateur des vibrations grâce à des poignées antivibratiles.

a) Action sur la source des vibrations

Dans le cas d'un perforateur électropneumatique "moins vibrant", un coussin d'air comprimé met en mouvement le piston sans contact métal - métal, ce qui minimise la transmission vibratoire au carter de la machine et donc aux mains de l'opérateur (figure A en annexe).

La figure 3 présente un exemple de mécanisme de réduction des vibrations à la source par un batteur qui crée des forces opposées grâce à un double dispositif de contrepoids (masselottes prises entre 2 ressorts) disposés et intégrés sur les deux côtés de la machine.

Dans le cas des perforateurs électropneumatiques, certains fabricants utilisent la pression de l'air généré dans la chambre du moteur pour déplacer un dispositif d'équilibrage dynamique dans le sens inverse du piston pour annuler la transmission des vibrations à travers le carter.

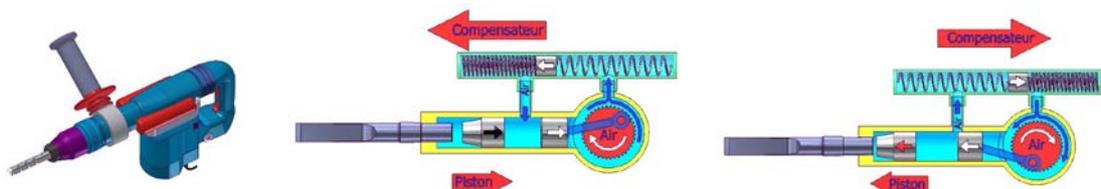


Figure 3 : Exemple d'un dispositif d'atténuation des vibrations à la source sur perforateur.

A puissance équivalente, les fabricants déclarent une réduction de 30 à 50 % des vibrations transmises à l'opérateur avec un perforateur équipé des systèmes de réduction à la source et/ou de poignées suspendues. La figure 2 confirme une réduction moyenne de 30 % dans des conditions réelles d'utilisation.

En outre, certains perforateurs sont équipés de dispositifs permettant de limiter les efforts nécessaires par l'opérateur pour tenir la machine et donc de réduire les vibrations transmises à ses mains.

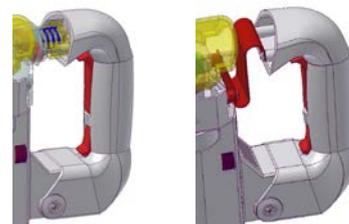
- Ainsi le limiteur de couple (ou débrayage de sécurité) permet de couper le fonctionnement d'un perforateur dès que le foret ou la mèche se bloque, ce qui protège l'utilisateur d'un accident et lui évite de serrer fortement la machine.
- Autre dispositif utile, la mise en vitesse progressive de la machine pour atteindre la vitesse de fonctionnement nominale et minimiser l'impact du couple de démarrage ressenti sur les machines sans ce système.

b) Action sur la transmission des vibrations

Les perceuses à percussion et les perforateurs sont parfois équipées avec des poignées antivibratiles. L'objectif est de laisser la machine "vibrer librement" en limitant la transmission des vibrations aux mains. Il s'agit de poignées souples découplées du corps de la machine par un polymère. Généralement, seule la poignée auxiliaire est suspendue (figure 4 a). Certains fabricants proposent également une poignée arrière de commande où la zone de préhension est découplée du corps principal de la machine par une suspension isolante (figure 4 b).



a) Poignée auxiliaire antivibratile



b) Poignées arrières de commande

Figure 4 : Exemples de poignées antivibratiles pour perforateur.

Note : Le recouvrement des zones de préhension avec une couche viscoélastique ne contribue pas à réduire les vibrations transmises aux mains. Ce type de matériaux est néanmoins apprécié de l'opérateur car il apporte du confort par une meilleure répartition des pressions entre la main et la machine. De plus, un caoutchouc antidérapant permet une meilleure prise en main de la machine.

Si les dispositifs antivibratiles réduisent les vibrations, cela ne suffit pas toujours à ramener l'exposition des salariés en dessous de la valeur d'action. Aussi, pour une prévention efficace du risque vibratoire, il faudra parfois limiter la durée d'exposition quotidienne.

Maintenance

Le bon état de la machine et de ses outils doit être vérifié régulièrement.

Certains outils (foret fer, burin...) peuvent être affûtés en cas d'usure. L'affûtage des outils est une tâche délicate à faire réaliser par du personnel qualifié. Un outil surchauffé perd sa trempe et n'est plus affûtable.

Les autres outils (foret carbure de tungstène, foret au cobalt ...) ne se réaffûtent pas et doivent être remplacés en cas d'usure.

Informations des opérateurs aux bonnes pratiques

Afin de ne pas augmenter inutilement les vibrations, il est conseillé à l'opérateur de :

- choisir une machine performante pour faire le travail plus rapidement et ainsi diminuer la durée d'exposition.
- utiliser et entretenir la machine selon les recommandations de la notice technique du fabricant.
- tenir la machine sans effort excessif mais fermement, en prenant en considération les forces de réaction. En effet, le risque issu des vibrations est généralement plus élevé lorsque la force de préhension est plus importante.

Protégez les opérateurs du froid

Les opérateurs doivent se protéger contre le froid qui favorise le déclenchement de crises de la maladie de Raynaud (trouble de la circulation sanguine des mains). C'est pourquoi, l'emploi des gants est particulièrement recommandé ainsi que le port de vêtements de travail appropriés.

Note : Les gants considérés comme antivibratiles, en référence à la norme EN 10819, ne sont pas efficaces pour réduire les vibrations liées à la percussion des perforateurs et perceuses. De surcroît, compte tenu de leur forte épaisseur, ils peuvent gêner la bonne prise en main de la machine.

En résumé

7 règles pour minimiser l'effet des vibrations transmises par les perceuses à percussion et les perforateurs

- 1 Choisir la machine adaptée à la tâche (perceuse ou perforateur, puissance, poids...).
- 2 Privilégier à l'achat la machine possédant la valeur d'émission vibratoire déclarée la plus faible.
- 3 Privilégier les machines traitées contre les vibrations.
- 4 Choisir l'outil (foret, mèche, burin) en fonction de la tâche et selon les recommandations du fabricant.
- 5 Maintenir en bon état la machine et ses outils (affûtage par du personnel qualifié).
- 6 Travailler avec des gants pour maintenir les mains au chaud.
- 7 Privilégier les dispositifs permettant de limiter les efforts de préhension.

Pour en savoir plus

- « Guide de bonnes pratiques en matière de vibrations main bras ». Guide consultatif de bonnes pratiques en vue de l'application de la directive 2002/44/EC relative aux exigences minimales d'hygiène et sécurité pour l'exposition des employés aux risques résultant d'agents physiques (vibrations). - 2006, 62 p. (fichier pdf, 1 Mo) :
<http://resource.isvr.soton.ac.uk/HRV/VIBGUIDE.htm>
- Dossier web INRS vibrations transmises aux membres supérieurs :
<http://www.inrs.fr/accueil/risques/phenomene-physique/vibration/vibration-membres-superieurs.html>
- La main et le bras en danger. Syndrome des vibrations (ED 6204) :
<http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED 6204>
- Shanks E., Hewitt S, Heaton R. et Mole M. Evaluation of EN 60745 test codes. BS EN 60745-2-1:2003/A1. Particular requirements for drills and impact drills. Health and Safety Laboratory. Research report RR879. 2011.
- Hewitt S., Shanks E., Heaton R. et Mole M. Evaluation of EN 60745 test codes. BS EN 60745-2-6+A2:2009 concerning the vibration of hand held electric hammers. Health and Safety Laboratory. Research report RR868. 2011.
- Weinert K., Gillmeister F. Reduction of the vibration of the hand-arm system by optimization of rotary hammer drills. Cent Eur J Public Health. 1996 Feb; 4(1):36-9.

Référents : Groupe Vibration Carsat/Cram/INRS

INRS : E. Caruel, P. Donati,
CARSAT Clermont-Ferrand : Ch. Garnier
CARSAT Lille : Th. Becker
CARSAT Limoges : Ph. Cros
CARSAT Nancy : B. Gallin
CARSAT Orléans : C. Ruillard
CRAM Paris : F. Maître
CARSAT Rennes : V. Marquenie
CARSAT Toulouse : L. Hardy

Annexe : Information technique complémentaire

Quels sont les mécanismes de frappe des perceuses à percussion et des différents types de perforateurs ?

- La percussion des perceuses est produite par deux disques en dents de scie, l'un fixe et l'autre solidaire du mandrin, qui font vibrer l'outil (foret ou mèche) dans l'axe du perçage. Cette percussion vise à désagréger le matériau et à évacuer les résidus du perçage.
- La frappe du perforateur est générée par une transmission qui est soit mécanique, soit pneumatique (figure A). Les dispositifs de frappe sont variés, mais en général, ils sont constitués de deux pièces : le piston dont le mouvement de va-et-vient est cinématiquement contrôlé, et le marteau qui transfère l'énergie au bloc à percer ou à buriner via l'outil (foret, mèche ou burin). Une variante consiste à utiliser une enclume intermédiaire en translation libre-entre le marteau et l'outil. Dans le cas de la frappe dite électropneumatique, le marteau est propulsé sur l'outil par de l'air comprimé, ce qui évite le contact métal sur métal entre le piston et le marteau à l'inverse d'une transmission mécanique. C'est pourquoi les machines électropneumatiques transmettent moins de vibrations que les machines électromécaniques.

Les perforateurs sont dotés en sus d'un mécanisme de rotation. Ce dispositif permet de restituer presque intégralement l'énergie du marteau à l'outil sans interagir avec le mouvement de translation. Cette combinaison rotation/translation de l'outil facilite le perçage dans des matériaux difficiles en brisant le matériau lors de la frappe.

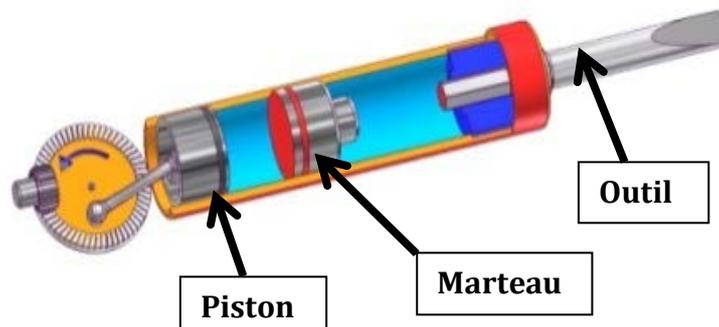


Figure A : Mécanisme de frappe d'un perforateur.