

Réduction des vibrations main bras

Clés à choc et à impulsion, serreuses, boulonneuses et visseuses

Cette fiche traite des clés à choc et à impulsion, des clés d'angle ou à rochet, des serreuses à cliquet, des boulonneuses à calage, des tournevis ou visseuses. Elle couvre les principaux modes d'énergie : électrique (basse tension ou batterie) ou pneumatique.

Les clés à choc se trouvent essentiellement dans les ateliers après-vente comme les garages automobiles, dans le bâtiment pour les assemblages métalliques ou en maintenance des installations industrielles.

On utilise les clés à impulsion sur les lignes de montage. Les clés d'angle et les serreuses se rencontrent sur les chaînes de fabrication nécessitant de la précision. Les boulonneuses à calage sont présentes dans l'industrie automobile et particulièrement la construction de véhicules lourds. Les tournevis ou visseuses sont employés dans l'électro-ménager, l'aéronautique, le câblage ou l'assemblage...

Chaque année, il se vendrait en France dans le domaine professionnel environ 25 à 30 000 clés à choc pneumatiques dont moins de 10 % sont à impulsion, 45 000 clés à choc électriques dont 40 000 sur batterie ainsi que 20 000 visseuses.

Risque vibratoire

Les clés à choc ou à impulsion sont munies généralement d'un carré de 3/8, 1/2, 3/4 ou 1". Elles créent des vibrations dues aux chocs générés par différents mécanismes de serrage, par exemple, celui composé d'une enclume et d'un ou deux marteaux rotatifs. La cadence des chocs varie de 500 à 2 000 percussions par minute avec une rotation de quelques milliers de tours par minute. Leur poids est compris entre 1 et 12 kg.

Les grosses clés à choc sont tenues à deux mains par le corps et la poignée auxiliaire. Les couples de force s'étendent de quelques N.m à plusieurs milliers de N.m. Les clés à impulsion sont équipées d'un mécanisme qui via un convertisseur hydraulique, transforme l'énergie de rotation du moteur en énergie d'impulsion au niveau de l'assemblage. L'amplitude des vibrations est plus faible car il n'y a pas de contact métal contre métal ; elle dépend de l'inertie de la machine et de la durée de l'impulsion.

Les boulonneuses débrayables ou non sont également, de par leur conception, peu vibrantes. Certaines possèdent deux moteurs : un pour approcher rapidement l'écrou et l'autre plus lent pour le serrage final. Leur poids varie entre 0,7 et 2 kg, voir 7 kg pour les plus conséquentes. On retrouve une gamme de couples de force semblable à celle des clés à choc ou à impulsion. Néanmoins à égalité de couple, les boulonneuses sont plus lourdes que les clés car elles sont généralement équipées avec une cale pour absorber les forces de réaction et possèdent des engrenages de taille importante à l'avant de la machine. Les clés d'angle et les serreuses à cliquet sont, de par leur conception, moins vibrantes que les clés à choc. Par contre, elles entraînent un couple de réaction important qui tend à faire « tourner la machine », ce qui peut se traduire par une vive secousse dans le poignet en fin de serrage.

Sur les machines électriques, l'opérateur contrôle la vitesse de rotation.

Les tournevis ou visseuses pèsent entre 0,3 et 1 kg. La vitesse de rotation est d'environ 1000 tr/mn. Ils sont généralement de faible puissance (couple compris le plus souvent entre 0,5 et une trentaine de N.m), à cycle court et servent à fixer de la petite visserie, ce qui explique les faibles niveaux vibratoires mesurés.



Clé à choc à poignée revolver
et poignée de support



Boulonneuse à poignée arceau
et poignée de support



Clé d'angle ou à rochet



Visseuse droite



Visseuse à poignée revolver

Figure 1 : Exemples de différentes machines d'assemblage

Le dossier « vibrations transmises à la main et au bras » accessible sur le site de l'INRS, décrit la 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 référence au Code du travail (articles R. 4441-1 à R. 4447-1 issus du décret n° 2005-746 du 4 juillet 2005). En pratique, on constate que même si les valeurs de vibration sont élevées pour les clés à choc (cf. figure 2), la valeur d'exposition journalière $A(8)$ tenant compte de la durée réelle d'utilisation quotidienne dépasse rarement la valeur déclenchant l'action de prévention fixée à $2,5 m/s^2$.

Note : Dans beaucoup de cas, la durée pendant laquelle l'opérateur actionne la gâchette est inférieure ou égale à 1 heure.

Les niveaux vibratoires sont plus faibles pour les serreuses et boulonneuses et surtout les visseuses. Si l'opérateur utilise plusieurs machines différentes au cours d'une journée de travail, il convient de combiner les expositions résultantes.

La principale source de vibration sur les clés à choc "conventionnelles" vient des chocs entre les marteaux et l'enclume. Le déséquilibre des masses mobiles contribue également à la génération de vibrations quel que soit le modèle de clés. Il a été constaté que les vibrations

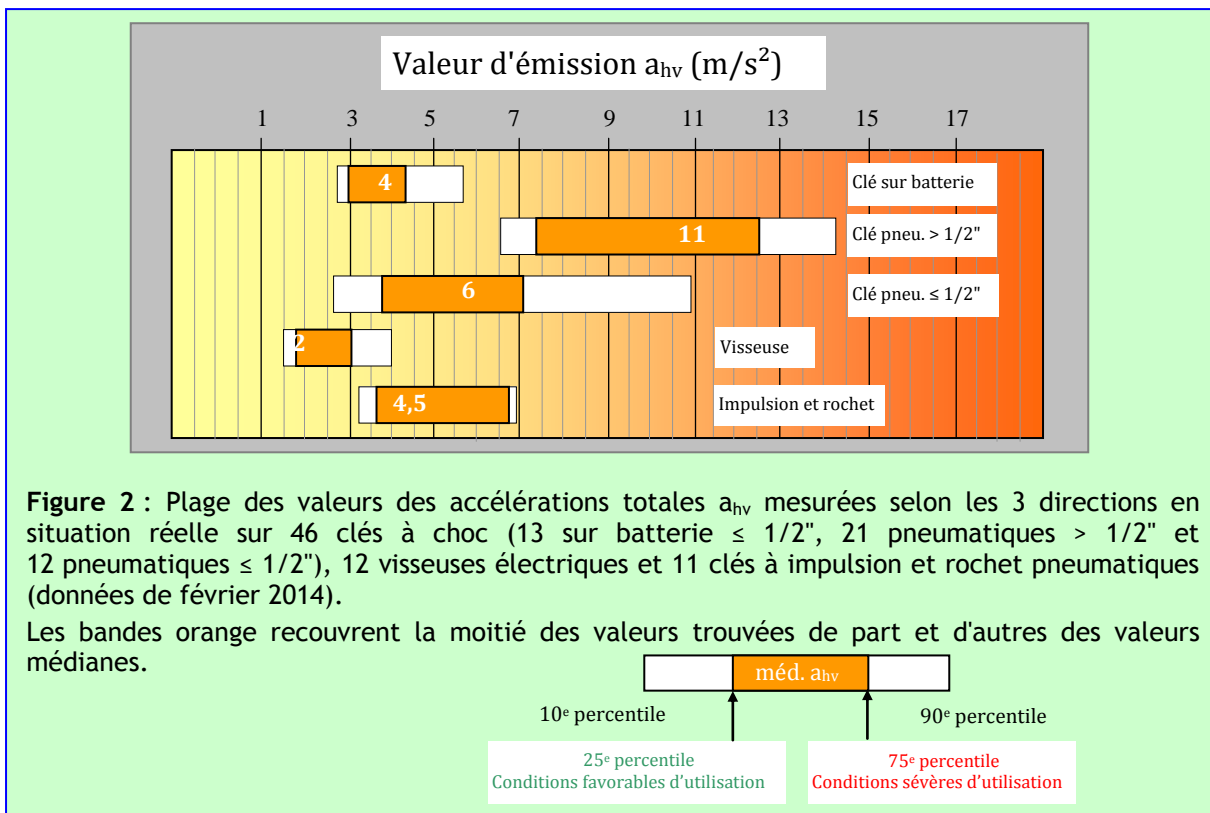
engendrées par les clés lors des opérations de serrage et de desserrage présentent des variations importantes dans des conditions d'utilisation typiques. La variation serait due, pour une large part, au défaut d'alignement entre l'axe de la machine et la direction de l'assemblage, à des douilles usagées, à la qualité de l'assemblage (souple ou dur) ou plus rarement à l'emploi de cardans ou de renvois d'angle ...

Un constructeur dispose de deux méthodes complémentaires pour réduire à la conception les vibrations émises par une clé à choc : diminuer la source des vibrations en minimisant le déséquilibre des parties mobiles ou en augmentant l'inertie de la machine. Une solution alternative est de remplacer les clés à choc conventionnelles par les boulonneuses, les clés d'angle ou les serreuses à cliquet qui délivrent un couple sans à coup.

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 m/s² ainsi que les recommandations de bonne utilisation de la machine. Si cette valeur est inférieure à 2,5 m/s², 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* : EN 28927- 2 :2009 pour les machines pneumatiques et EN 60745-2-2:2003/A11:2007 (et ultérieur) pour les machines électriques.
- *Pour les modèles les plus anciens* : EN ISO 8662- 7:1997 pour les machines pneumatiques et hydrauliques, et EN 60745-2-2:2003 ainsi que EN 50144-2-2 (toutes les éditions) pour les machines électriques. Les normes les plus anciennes ne tiennent compte que de l'axe dominant des vibrations au lieu des 3 axes. Il convient de multiplier par 1,5 les valeurs déclarées en référence à ces normes pour les rendre comparables à celles obtenues avec les normes plus récentes.



Choisissez la machine et ses équipements en fonction de la tâche

Selon la tâche à réaliser (précision, répétition..) et l'ergonomie du poste (poids), on choisira une clé à impulsion, une boulonneuse ou une serreuse de préférence à une clé à choc (cf. chapitre sur le risque vibratoire). Il convient d'utiliser des douilles (embouts impacts) conçues pour ce type de machine.

Note : Les boulonneuses et les serreuses ont aussi leurs inconvénients, notamment la nécessité de reprendre le couple de réaction, ce qui n'est pas toujours facile et sans danger.

Privilégiez la machine la moins vibrante possible

Privilégiez à l'achat la machine possédant la valeur déclarée d'émission vibratoire la plus faible pour sa famille et indiquée dans la notice d'instruction selon le code d'essai normalisé.

Préférez les machines de conception moins vibrante

Pour réduire les vibrations dues aux chocs des marteaux sur l'enclume, les fabricants conçoivent des machines neuves bien équilibrées. Mais de par leur conception (effet "marteau" métal sur métal), ces machines s'usent et nécessitent un entretien régulier. Les clés à impulsion évitent cet écueil avec le convertisseur hydraulique qui amortit les chocs. L'unité d'impulsion est une chambre scellée remplie d'huile. Un mécanisme pousse le fluide dans la chambre tournante, ce qui génère une pression hydraulique que l'on transforme en couple de force.

Note : Le recouvrement des zones de préhension avec une couche de matériaux viscoélastiques ne contribue pas à réduire les vibrations transmises aux mains. Ces matériaux sont appréciés de l'opérateur car ils apportent 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. Ce revêtement isole la main de la poignée métallique refroidie par la détente de l'air comprimé.

Maintenance

S'assurer du bon état de la machine et de ses accessoires, en particulier ne pas utiliser de douilles usées. Éviter les douilles bon marché de dureté insuffisante.

Pour les machines pneumatiques, vérifier que l'installation soit lubrifiée et délivre une pression suffisante d'air comprimé pour faire tourner la machine à la puissance nominale (cf. la notice d'instruction).

Informations des opérateurs sur les bonnes pratiques

Afin de ne pas augmenter inutilement les vibrations, il est conseillé de :

- Ne pas mettre la main sur l'arbre dans le cas des clefs à chocs.

- Choisir une machine performante qui fera le travail plus rapidement, pour diminuer la durée d'exposition.
- Utiliser et entretenir la machine selon les recommandations de la notice technique.
- Ne pas employer de dispositifs intermédiaires usés ou mal adaptés (sélectionner, entretenir et remplacer les douilles - cf. notice technique). Dans la mesure du possible, aligner la machine avec l'élément de fixation.
- Suspendre le poids de la machine à un banc, un appareil à tension ou un équilibre, si possible car le poids de certaines clés peut atteindre les 10 kg (figure 4).
- Tenir la machine sans effort excessif mais fermement, en prenant en considération les forces de réaction, car le risque issu des vibrations est généralement plus élevé lorsque la force de préhension est plus importante. Dans des cas où des moyens pour absorber le couple de réaction sont demandés, il est préconisé d'utiliser une barre de réaction (figure 4). Si cela n'est pas possible, des poignées latérales sont conseillées pour les machines droites et les machines à poignée revolver. Quoi qu'il en soit, il est recommandé d'utiliser des moyens pour absorber le couple de réaction au-dessus de 4 N.m pour les machines droites, de 10 N.m pour les machines à poignée revolver et de 60 N.m pour les serreuses d'angle.
- Vérifier la bonne pression du réseau d'air comprimé ou de la charge de la batterie. En cas de baisse de l'énergie pendant le serrage, il se peut que le couple moteur ne soit plus assez important pour travailler correctement et permettre à la machine de débrayer en fin de serrage.



Figure 4 - Exemples de barre de réaction, de poignée auxiliaire et de bras de suspension

Dans certaines applications (par exemple lors du serrage de vis dans du bois), il est parfois utile de laisser fonctionner une visseuse avec l'embrayage en prise. En fin de serrage, cela peut provoquer des vibrations importantes. Si ce type d'utilisation est nécessaire, il convient néanmoins d'en réduire autant que possible la durée.

Pour protéger les opérateurs du froid

Les opérateurs doivent se protéger contre le froid qui favorise le déclenchement de crises du syndrome de Raynaud. C'est pourquoi, l'emploi des gants est particulièrement recommandé ainsi que le port de vêtements appropriés.

Note : Les gants considérés comme antivibratiles en référence à la norme EN 10819 s'avèrent, aujourd'hui, peu efficaces pour réduire les vibrations des machines tournant en dessous de 12 000 tours par minute.

7 règles pour minimiser l'effet des vibrations transmises par les clés à choc ou à impulsion, les serreuses et les visseuses

- 1 Choisir la machine d'assemblage adaptée à la tâche et à l'ergonomie du poste.
- 2 Privilégier à l'achat la machine possédant la valeur d'émission vibratoire déclarée la plus faible.
- 3 Préférer les machines de conception moins vibrantes.
- 4 Maintenir en bon état la machine et ses accessoires (douilles).
- 5 Former les opérateurs aux bonnes pratiques (alignement de la machine avec l'élément de fixation, ne pas mettre la main sur l'arbre...).
- 6 Compenser les efforts selon la machine (barre de réaction, bras de suspension...).
- 7 Travailler avec des gants pour maintenir les mains au chaud.

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 vibrations transmises aux membres supérieurs

<http://www.inrs.fr/risques/vibration-membres-superieurs/exposition.html>

- La main et le bras en danger. Syndrome des vibrations (ED 6204)

<http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED 6204>

Référents : Groupe Vibration Carsat/Cramif/INRS

INRS : P. Donati, E. Caruel

CARSAT Clermont-Ferrand : Ch. Garnier, J.-X. Tisserand

CARSAT Lille : Th. Becker

CARSAT Limoges : Ph. Cros

CARSAT Montpellier : M.-A. Kervellec

CARSAT Nancy : B. Gallin

CARSAT Nantes : N. Gainche

CARSAT Orléans : D. Fouché, C. Ruillard

CRAM Paris : F. Maître

CARSAT Rennes : V. Marquenie

CARSAT Toulouse : L. Hardy