



Dossier

MACHINES PORTATIVES: RÉDUIRE LES RISQUES, DE LA CONCEPTION À L'UTILISATION

❶ Panorama des risques liés à l'utilisation de machines portatives

P. 22

❷ De l'importance du captage des poussières pour les machines à bois portatives

P. 25

❸ L'évaluation simplifiée du risque vibratoire, une démarche en trois étapes

P. 27

❹ Comment choisir une machine portative peu bruyante ?

P. 31

❺ Conseils pour la conception et le choix de machines portatives

P. 34

❻ Des pistes pour limiter l'effet rebond des meuleuses électroportatives

P. 39

Incontournables dans de nombreux secteurs d'activité, les machines portatives posent des questions de santé et de sécurité au travail. Meuleuses, perceuses et autres perforateurs sont non seulement dangereux mais ils génèrent aussi des vibrations, bruits, poussières et postures contraignantes. Ces risques doivent être connus et évalués afin de concevoir des machines plus sûres et d'améliorer leurs conditions d'utilisation. Ce dossier, qui s'adresse aux concepteurs et aux utilisateurs de machines portatives, fournit des éléments pratiques pour agir en fonction de la situation.

HANDHELD MACHINERY: REDUCING THE RISKS FROM DESIGN TO USE - Essential in many sectors of activity, handheld machines raise occupational safety and health issues. Grinders, drills, punches and the like are not only dangerous but also generate vibration, noise, dust, and strained postures. Such risks should be known and assessed in order to design machines that are safer and in order to improve the conditions under which they are used. This article, which is intended for designers and users of handheld machinery, gives practical tips for taking action depending on the situation.

PANORAMA DES RISQUES LIÉS À L'UTILISATION DE MACHINES PORTATIVES

Les machines tenues à la main sont la source de nuisances multiples qui peuvent se traduire par des maladies professionnelles et des accidents du travail. Ces risques doivent être connus et évalués afin de concevoir des machines plus sûres et d'améliorer leurs conditions d'utilisation.

NICOLAS TROMPETTE, PATRICE DONATI
INRS,
Ingénierie des équipements de travail

JEAN-RAYMOND FONTAINE, FRANÇOIS-XAVIER KELLER
INRS,
Ingénierie des procédés

LAURENT CLAUDON
INRS,
Homme au travail

Bâtiment, travaux publics, exploitations forestières, fonderies, ateliers mécaniques, mines et carrières... Toutes les branches d'activité sont aujourd'hui concernées par l'utilisation de machines portatives ou guidées à la main. Plus de 5% des salariés manipulent régulièrement ces outils selon l'enquête Sumer 2003¹. Il s'agit surtout d'hommes âgés de 25 à 55 ans. Parmi ces machines, les plus vendues sont les meuleuses (environ 400 000 par an), les perceuses et les perforateurs (environ 300 000 par an), les scies sauteuses ou alternatives (environ 100 000 par an) et les clés à choc (environ 70 000 par an) utilisées dans les travaux des métaux ou du bois. Des centaines de milliers de débroussailleuses, tronçonneuses, tondeuses sont également achetées pour assurer la maintenance des espaces verts ou boisés.

Quel est l'impact de ces machines sur la santé et la sécurité des salariés? Elles sont la source de nuisances multiples, comme l'émission de poussières ou la génération de vibrations [1] et de bruits [2]. Il faut ajouter les contraintes biomécaniques (gestes répétés, efforts excessifs, postures inconfortables...) et les risques d'accidents liés à leur utilisation (Cf. Encadré).

Plus spécifiquement, le risque d'exposition aux poussières concerne avant tout les utilisateurs de machines portatives travaillant dans l'industrie du bois et de la pierre. Parce qu'ils peuvent provoquer des cancers de l'éthmoïde et des sinus, les procédés émettant des poussières de bois sont classés sur la liste des procédés cancérigènes. Une situation d'autant plus problématique que ces machines sont rarement connectées à un système d'aspiration. Seules 5% d'entre elles l'étaient en 2008 selon une enquête conduite par les ministères du Travail et de l'Agriculture [3].

Par ailleurs, une étude INRS de 2010 concernant trois types de machines portatives à bois (scies circulaires, défonceuses et ponceuses orbitales) a montré que les dispositifs de captage étaient souvent fragiles, peu efficaces et équipés de conduits

non normalisés ne permettant pas un raccordement aisé à un groupe d'extraction [4]. L'inhalation de poussières issues du travail de la pierre ou de matériaux en contenant peut, quant à elle, être à l'origine de maladies professionnelles du type silicose (si les poussières contiennent de la silice cristalline) ou d'autres pathologies associées à une surcharge pulmonaire (si les poussières sont inertes).

De nombreuses machines portatives ou guidées à la main, comme les brise-béton, les meuleuses ou les perforateurs par exemple, génèrent également des niveaux vibratoires élevés. Par contact, ces vibrations sont transmises à la main et au bras de l'opérateur. Une exposition régulière peut ainsi entraîner à long terme des troubles vasculaires, neurologiques et muscolosquelettiques (TMS), regroupés sous le nom de « syndrome des vibrations » [5].

Des nuisances multiples

En outre, le poids de la machine portative, les caractéristiques de la poignée et de la gâchette (dimensions, forme, position sur la machine, matériau utilisé) et le dispositif d'alimentation en énergie (câble, tuyau), peuvent aussi générer des contraintes biomécaniques importantes pour les utilisateurs et ainsi contribuer à la survenue de TMS (syndrome du canal carpien, tendinites, etc.).

Les nuisances sonores sont également à prendre en considération chez les utilisateurs de scies circulaires, raboteuses, meuleuses et perforateurs notamment. Les fabricants annoncent souvent des niveaux d'émission susceptibles de conduire à des expositions quotidiennes supérieures aux seuils d'action réglementaires [6]. Selon l'enquête Sumer 2003, 41% des employés de l'industrie du bois et 31% de ceux du bâtiment et des travaux publics (BTP) sont exposés à des niveaux de bruit supérieurs aux limites recommandées pour préserver la santé auditive.

Enfin, l'utilisation de machines portatives est également source d'accidents. Les plus courants entraînent des amputations, des coupures et

CAUSES	MEULEUSE/DISQUEUSE (12 ACCIDENTS)	PERCEUSE/PERFORATEUR (11 ACCIDENTS)	SCIE (14 ACCIDENTS)
Mode d'utilisation de la machine	25 %	18 %	21 %
Conditions de travail	0 %	0 %	0 %
Mauvaise gestion des risques	0 %	10 %	8 %
Gestion d'incidents techniques	38 %	18 %	14 %
Facteurs propres à l'opérateur	0 %	0 %	7 %
Incidents de manœuvre	12 %	27 %	14 %
Risques inhérents à la machine	25 %	27 %	36 %

↑ **TABLEAU :** Causes principales des accidents selon Epicéa en fonction des principales familles de machines citées.

des écorchures, une fois sur deux au niveau de la main. L'examen de la base Epicéa² de l'INRS (Cf. Tableau) montre que les causes des accidents sont liées principalement à la dangerosité de la machine (risques inhérents), à son mode d'utilisation (utilisation de façon non conforme à ce qui est prévu) et aux incidents techniques (problèmes au niveau de l'activité des opérateurs) survenus au cours de l'accident. Trois familles de machines sont particulièrement dangereuses: les meuleuses-disqueuses, les perceuses-perforateurs et les scies. Quant aux secteurs d'activité principalement concernés, il s'agit du BTP et de la métallurgie.

Suivant les machines et les métiers, le type d'exposition à ces multiples risques varie. Les meuleuses et les disqueuses sont globalement les plus nuisibles: elles combinent bruit, vibrations, poussières, dangerosité et peuvent causer des affections péri-articulaires. Les ponceuses et les polisseuses présentent les mêmes nuisances, plus élevées en ce qui concerne les poussières et moins élevées pour le bruit. Les marteaux-piqueurs, les perforateurs et les burineurs sont particulièrement bruyants et vibrants. Enfin, les scies sont surtout à l'origine d'accidents et engendrent une exposition au bruit et aux poussières. Dans tous les cas, la réduction du nombre et de la gravité de ces accidents/pathologies passe par une meilleure évaluation des risques liés aux situations de travail, mais aussi par la prise en compte de l'ensemble de ces risques dès la conception des machines.

La réglementation incite les fabricants à concevoir et à fabriquer des machines sûres émettant le moins possible de bruit, de vibrations et de poussières dans les limites de la technique actuelle. Dans ce but, la directive européenne 2006/42/CE du 17 mai 2006 [7] fixe les exigences essentielles de santé et de sécurité à respecter. Par exemple, les niveaux d'émission de bruit et de vibrations doivent apparaître dans les brochures techniques. Problème: dans sa forme actuelle, la directive ne prévoit pas d'informer l'utilisateur sur les niveaux d'émission en substances dangereuses, ce qui com-

plique la mise en œuvre de la prévention technique du risque chimique lors de l'utilisation des machines. En effet, lors de l'achat d'une machine portative, l'utilisateur ne dispose d'aucune information relative aux émissions de poussières des matériels pour le guider dans son choix.

Au niveau des utilisateurs, la prévention des risques liés à l'inhalation des poussières émises est encadrée par les mesures de prévention du risque chimique prévues dans les articles R. 4412-1 à R. 4412-57 du Code du travail. Ces mesures, renforcées en cas de poussières classées CMR ou de procédé cancérigène comprennent l'évaluation des risques, la substitution par un agent moins

LES MÉTIERS ET LES MACHINES PARTICULIÈREMENT CONCERNÉS PAR LES MALADIES PROFESSIONNELLES

Les maladies professionnelles liées à l'utilisation de machines tenues à la main figurent aux tableaux 25 (silicose), 42 (pertes auditives), 47 (poussières de bois), 57 (affections péri-articulaires (TMS)), 69 (syndrome des vibrations et TMS) du régime général - des tableaux analogues existent pour le régime agricole. L'étude des maladies professionnelles reconnues fait émerger quatre groupes de métiers concernés par les affections dues à l'utilisation de machines portatives :

- les tôliers-chaudronniers et les mouleurs et noyauteurs de fonderie;
- les mineurs et carriers;
- les charpentiers et menuisiers du bâtiment;
- les fendeurs et tailleurs de pierre.

Les machines portatives utilisées dans ces professions sont les suivantes:

- les meuleuses - disqueuses;
- les ponceuses - polisseuses;
- les perforateurs - burineurs;
- les marteaux de rivetage - riveuses;
- les perceuses, pistolets de scellement - cloueurs - agrafeurs;
- tous types de scies à bois (circulaire, à onglet, sauteuse...), rainureuses, défonceuses-fraiseuses portatives.



dangereux (rarement applicable pour les poussières émises lors du travail avec une machine portative), le travail en système clos et des dispositifs de protection collective (captage à la source), la formation du personnel, l'évaluation régulière de l'exposition et le contrôle annuel obligatoire de la valeur limite

protection des travailleurs (circulaire DGT 2010/03 du 13 avril 2010).

La directive européenne 2002/44/CE [8] transposée en droit français (article R4441-1 et suivants jusqu'au R4447-1 du Code du travail) concerne les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux vibrations. Ils définissent une valeur vibratoire d'action au-delà de laquelle l'employeur doit évaluer le risque sur la santé, le contrôler en mettant en place des moyens de protection, sensibiliser les salariés et les former pour qu'ils travaillent en sécurité, et prévoir une surveillance médicale. Ils définissent également une valeur vibratoire plafond au-delà de laquelle l'exposition régulière aux vibrations présenterait un risque tel pour la santé que les vibrations doivent être réduites.

La prévention des risques dus au bruit fait l'objet des articles R. 4431-1 à R 4437-4 du Code du travail. Ces articles reprennent les dispositions de la directive CE n° 2003/10 du 6 février 2003 [6]. L'employeur doit s'assurer que l'exposition au bruit, mesurée en tenant compte de l'effet du protecteur auditif, ne dépasse pas le seuil de 87 dB(A) spécifié dans l'article R. 4431-2. Deux limites d'action (80 et 85 dB(A) mesurées sans tenir compte du protecteur auditif) sont également définies au-delà desquelles un certain nombre de dispositions, telles que la surveillance médicale des salariés et la mise en œuvre d'un plan de réduction du bruit, doivent être appliquées. Il est en particulier spécifié que les équipements de travail doivent être choisis « émettant, compte tenu du travail à accomplir, le moins de bruit possible ». ●

1. Enquête Sumer (Surveillance médicale des expositions aux risques professionnels), 2003.

2. Epicéa (Études de prévention par informatisation des comptes rendus d'enquêtes d'accidents du travail) est une base de données rassemblant plus de 18 000 cas d'accidents du travail survenus à des salariés du régime général.

POUR EN SAVOIR +

• Consultez les dossiers web « Poussières émises lors de la transformation du bois », « Vibrations transmises aux membres supérieurs » et « Petit à petit le bruit rend sourd » sur www.inrs.fr

d'exposition professionnelle (VLEP) avec arrêt des postes en cas de dépassement, le suivi des expositions, la surveillance médicale...

Concernant plus précisément le secteur du bois, les procédés émettant des poussières inhalables sont classés comme procédés cancérogènes depuis 2000 (arrêté du 5 janvier 1993 modifié) et les poussières de bois font l'objet d'une VLEP contraignante à 1 mg/m³ depuis le 1^{er} juillet 2005 (article R. 4412-149 du Code du travail).

Dans le cas du travail de matériaux contenant de la pierre, l'exposition professionnelle doit être évaluée en tenant compte de la composition des poussières alvéolaires (en poussières silicogènes et non silicogènes) et des VLEP réglementaires contraignantes fixées pour les composés silicogènes (0,1 mg/m³ pour le quartz et 0,05 mg/m³ pour la cristobalite et la tridymite) et pour les poussières alvéolaires sans effets spécifiques (5 mg/m³), conformément aux articles R. 4412-154 et R. 4412-155 du Code du travail. Les procédés émettant des poussières contenant de la silice cristalline sont en cours de classement comme procédés cancérogènes au niveau européen. En cas de dépassement d'une VLEP contraignante, l'employeur doit immédiatement prendre des mesures propres à assurer la

BIBLIOGRAPHIE

[1] AGENCE EUROPÉENNE POUR LA SÉCURITÉ ET LA SANTÉ AU TRAVAIL. *Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review*. 2008. ISBN 978-92-9191-221-6.

[2] AGENCE EUROPÉENNE POUR LA SÉCURITÉ ET LA SANTÉ AU TRAVAIL. *Noise in figures*. 2005. ISBN 978-92-9191-150-X.

[3] LAMY D., PEGON O., CALVEZ O., TIRILLY V., BOURGES PH., ACCART R., VINCENT R. Exposition professionnelle aux poussières

de bois - Résultats de la campagne nationale 2008. INRS, *Hygiène et sécurité du travail*, 2009, 217, PR 41.

[4] MULLER J.P., FONTAINE J.R. ET AL. Évaluation des performances de captage de trois types de machines à bois portatives. INRS, *Hygiène et sécurité du travail*, 2010, 218, ND 2321.

[5] Actes du colloque INRS « Bruit et vibrations au travail ». INRS, *Hygiène et sécurité du travail*, 2011, 223.

[6] Directive Européenne n°2003-10 du 6 février 2003 du parlement et du conseil concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (bruit).

[7] Directive Machines 2006/42/CE du 17 mai 2006, relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE.

[8] Directive Européenne 2002/44/CE du Parlement européen et du Conseil du

25 juin 2002 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (vibrations) (seizième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE) JOUE n°177 du 6 juillet 2002.

DE L'IMPORTANCE DU CAPTAGE DES POUSSIÈRES POUR LES MACHINES À BOIS PORTATIVES

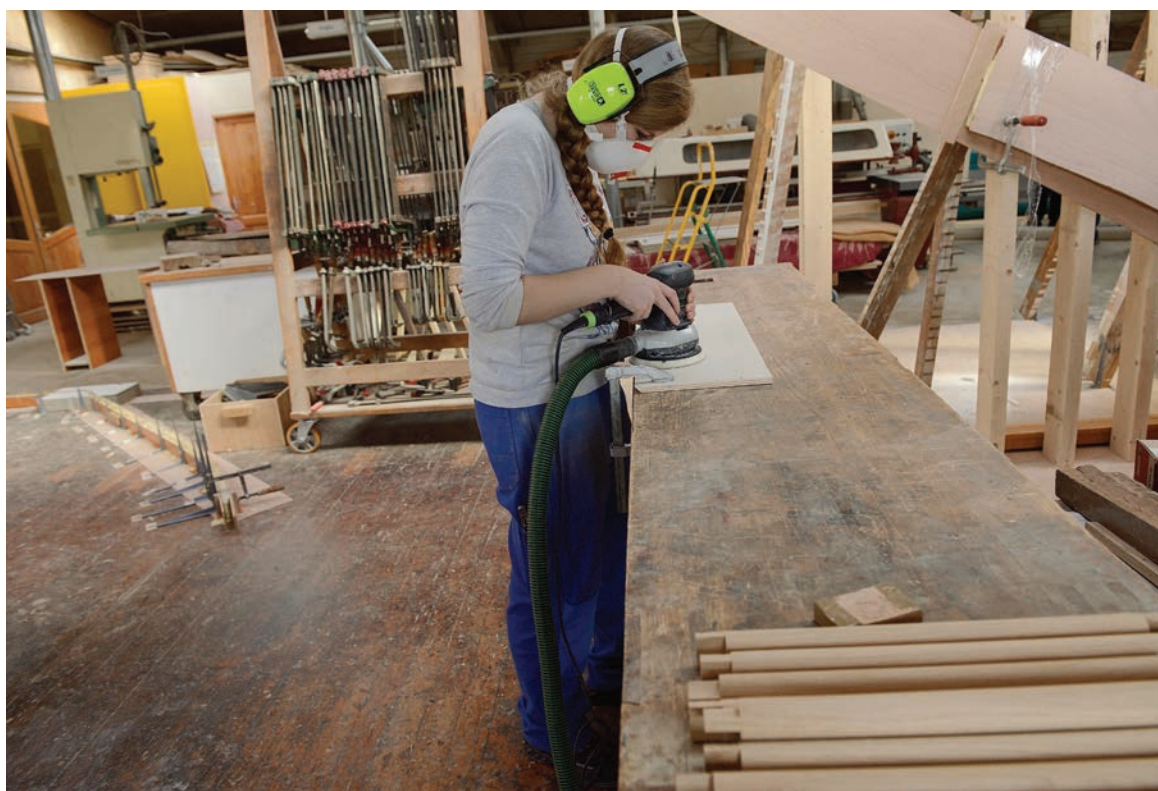
Les machines à bois portatives doivent comporter des systèmes de captage raccordés à un groupe d'aspiration. Mais ces dispositifs sont souvent mal conçus ou utilisés. Cet article propose des pistes de progrès à destination des fabricants et des recommandations pour les utilisateurs.

JEAN-RAYMOND FONTAINE, FRANÇOIS-XAVIER KELLER
INRS, département Ingénierie des procédés

L'exposition aux poussières de bois n'est pas sans risque pour la santé. Ces particules fines, lorsqu'elles sont inhalées, peuvent être à l'origine de multiples pathologies¹: allergies respiratoires, allergies cutanées mais aussi cancers. Tous les travaux exposant aux poussières de bois (sciage, ponçage, corroyage...) sont classés au niveau national sur la liste des procédés cancérogènes. En France, entre 300 000 et 400 000 salariés sont exposés. La solution de prévention passe alors par l'aspiration des poussières au plus près de leur source d'émission. Mais force est de constater que de nombreux progrès restent à faire dans ce but, notamment dans le cas de machines portatives (Cf. Encadré).

Une étude conduite par l'INRS² livre un constat inquiétant sur les performances de captage de trois types de machines électro-portatives (scies circulaires, défonceuses et ponceuses orbitales). Les matériels de quatre fournisseurs ont été comparés et une quarantaine de configurations ont été évaluées en laboratoire. D'un point de vue technique, trois aspects ont été pris en considération: les performances du dispositif de captage de la machine, les performances du système centralisé d'aspiration et l'adéquation entre les deux éléments.

L'un des principaux résultats fait apparaître que seule une scie circulaire sur huit, équipée d'une lame plongeante, possède de très bonnes performances de captage. Dans la majorité des cas,



L'entreprise Patrick Avrilla, ébénisterie d'art, a équipé ses machines électroportatives de systèmes d'aspiration.

© Gael Kerbaol/INRS



la conception des capots de protection aspirants n'est pas efficace. L'étude montre également que si les petites défonceuses présentent globalement de bonnes performances de captage, trois grosses défonceuses sur quatre génèrent des niveaux d'empoussièrement trop importants. De même, trois ponceuses orbitales sur quatre possèdent des dispositifs de captage satisfaisants, mais l'une d'entre elles était équipée d'un simple sac de col-

DES TRAVAUX EN COURS POUR FAIRE ÉVOLUER LA RÉGLEMENTATION ET LA NORMALISATION

À l'heure actuelle, les industriels ne disposent pas d'informations sur les émissions de poussières des machines portatives. Et pour cause: la directive « Machines » ne mentionne rien à ce sujet alors qu'elle impose une évaluation par les fabricants de l'émission de bruit aérien ou de la transmission de vibrations. Afin de développer une méthode de mesure de ces émissions de poussières et pour caractériser les dispositifs de captage, une étude dont les conclusions sont prévues fin 2015 est en cours à l'INRS. Une méthode de mesure du débit d'aspiration et de la perte de charge est également intégrée à cette démarche. En parallèle, des travaux de normalisation sont entrepris pour imposer au minimum un étiquetage des machines avec une indication de la valeur du débit d'aspiration recommandé et de la perte de charge associée. Il s'agit aussi d'uniformiser les valeurs des diamètres des conduits de raccordement au réseau d'aspiration. À terme, les retombées de l'étude devraient conduire à compléter l'étiquetage des machines en fonction des émissions de poussières qu'elles génèrent (classes A, B, C, D par exemple).

lecte des poussières et ne pouvait donc être reliée au réseau à haute dépression. Cette situation est à proscrire, d'autant plus que la migration des fines particules à travers le sac a été mise en évidence. Enfin, un seul constructeur a pris en compte de manière efficace la prévention de l'exposition aux poussières de bois sur la quasi-totalité de son matériel.

Dans un second temps, des prélèvements ont été effectués sur 22 salariés de 13 menuiseries pour évaluer leur exposition professionnelle aux poussières de bois lors de l'utilisation de matériels performants identifiés durant les tests en laboratoire. Ces travaux montrent que, dans les situations où

de bonnes pratiques sont respectées (nettoyage fréquent des ateliers à l'aide d'un système centralisé d'aspiration, utilisation exclusive d'outils aspirants...), l'exposition mesurée varie entre 0,4 et 1,1 fois la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP = 1mg/m³). Pour les opérations de ponçage, cette variation est comprise entre 0,6 et 1,3. Ces résultats sont conditionnés par le respect des débits d'aspiration recommandés pour chaque type de machine, et ce, durant toute la période de travail.

Pour chaque type de machines, des pistes de progrès ont été identifiées et communiquées à la Ficime (Fédération des entreprises internationales de la mécanique et de l'électronique), organisation regroupant les fabricants. Il est ainsi recommandé de:

- prévoir des dispositifs de captage plus enveloppants;
- améliorer la conception et l'implantation des buses ou orifices de raccordement de ces machines au réseau d'aspiration;
- normaliser les diamètres des conduits de raccordement au réseau d'aspiration;
- optimiser l'aérodynamisme du dispositif de captage de la machine pour réduire les pertes de charges;
- renforcer la résistance mécanique des capots de la machine.

De leur côté, les professionnels de la prévention en entreprise peuvent s'appuyer sur la brochure INRS « Installations d'aspiration de poussières pour des machines à bois portatives et pour le nettoyage » (ED 6052) afin de rédiger leur cahier des charges en vue d'acquiescer un système d'aspiration à haute dépression. Ce document reprend les principales fonctionnalités à faire figurer et comprend la spécification des éléments suivants:

- les machines portatives elles-mêmes et les systèmes de captage intégrés pouvant être raccordés au réseau centralisé d'aspiration;
- les outils de nettoyage également raccordables au réseau;
- le réseau collecteur et le réseau de conduits pourvu de prises de raccordement;
- la centrale d'aspiration et de dépoussiérage.

Un chapitre concerne également les conditions de réception et de mesurage des débits d'air extraits au niveau de chaque machine. Une méthode de mesure des débits d'air pour des réseaux à haute dépression a été élaborée et intégrée sous forme d'annexe à la brochure. Elle est applicable aux conduits de faible diamètre (< 100 mm) soumis à de fortes dépressions (plusieurs kPa). ●

1. Les maladies professionnelles associées aux poussières de bois sont reconnues au titre du tableau n° 47 du régime général de la Sécurité sociale et du tableau n° 36 pour le régime agricole.

2. Hygiène et sécurité du travail, 2007, 218, ND 2321.

L'ÉVALUATION SIMPLIFIÉE DU RISQUE VIBRATOIRE, UNE DÉMARCHE EN TROIS ÉTAPES

La manipulation de certaines machines portatives peut provoquer des troubles vasculaires, neurologiques ou articulaires. En cause : les vibrations des machines. Une étude menée par l'INRS avec le soutien des Carsat permet aux entreprises d'effectuer une évaluation simplifiée du risque vibratoire, et ce, sans réaliser de mesures.

ÉRIC CARUEL,
PATRICE
DONATI
INRS,
département
Ingénierie des
équipements
de travail

Environ 11% des salariés seraient exposés à des vibrations transmises à la main et au bras par des machines portatives (meuleuses, perforateurs...) ou guidées à la main (plaques vibrantes, tondeuses...) ¹. Ces vibrations, parfois intenses, sont susceptibles à long terme d'être à l'origine de maladies professionnelles reconnues dans le tableau 69 du régime général de la Sécurité sociale (troubles vasculaires, neurologiques ou articulaires). En 2012, ces maladies professionnelles étaient au nombre de 160. Face à ce risque vibratoire, que doivent faire les employeurs? La réglementation leur impose d'évaluer les niveaux de vibrations auxquels les salariés sont exposés [1]. Cette démarche comporte trois étapes:

- identifier les sources (machines vibrantes et conditions d'utilisation);

- estimer et, si nécessaire, mesurer l'exposition vibratoire journalière A(8), en m/s², des opérateurs concernés;
- comparer les valeurs d'exposition estimées A(8) aux valeurs d'action et limite fixées par la réglementation (Cf. Tableau 1).

L'identification des sources d'exposition peut être faite en recensant les procédés induisant des vibrations, les machines vibrantes utilisées ou les tâches qui nécessitent un opérateur pour les tenir ou les guider. De nombreux métiers dans diverses activités sont concernés (Cf. Tableau 2).

Les textes réglementaires mentionnent que l'évaluation du risque vibratoire doit être réalisée par du personnel compétent [1] et en prenant certaines précautions [2]. Cette évaluation de l'exposition vibratoire quotidienne A(8) s'appuie sur la norme NF EN ISO 5349 [3] mentionnée par l'arrêté

Valeur d'exposition journalière déclenchant l'action de prévention (dite «valeur d'action»)	2,5 m/s ²	Si elle est dépassée, des mesures techniques et organisationnelles doivent être prises afin de réduire au minimum l'exposition
Valeur limite d'exposition journalière	5 m/s ²	Ne doit jamais être dépassée

↑ TABLEAU 1 Valeurs seuils d'exposition aux vibrations main-bras pour une exposition journalière de 8 heures [1].



© Patrick Delapierre pour l'INRS

FIGURE 1 → Exemple de machine portative équipée d'un accéléromètre tri-axial pour mesurer les vibrations.

d'application du 6 juillet 2005 [4]. Elle se calcule en fonction de la valeur totale de l'accélération pondérée a_{nv} (en m/s² et relevée sur la surface de préhension où se trouve la main la plus exposée pour les machines tenues à deux mains) et de la durée d'exposition quotidienne associée T:

$$A(8) = a_{nv} (T/8)^{1/2}$$

Dans le cas où un opérateur utilise plusieurs machines portatives au cours d'une journée de travail, le calcul de l'exposition globale A(8) s'effectue à partir de l'exposition quotidienne A_i(8) pour chacune des machines:

$$A(8) = (A_1^2(8) + A_2^2(8) + A_3^2(8) + \dots)^{1/2}$$



ACTIVITÉS	MÉTIERS TYPES	PRINCIPALES MACHINES
Aéronautique	Peintre	Ponceuse d'angle, ponceuse orbitale
	Riveteur	Perceuse, riveteur
Agricole	Taille	Sécateur
Bâtiment	Monteur, démonteur, désamiantage, démolisseur	Burineur, meuleuse d'angle, perforateur, piqueur
Construction automobile	Ébarbeur	Burineur, meuleuse d'angle
Espaces verts	Entretien	Débroussailleuse, élagueuse, nettoyeur HP, souffleur, taille haie, tondeuse, tronçonneuse
Fabrication du béton	Opérateur de machine	Bouchardeuse
	Mouleur	Aiguille vibrante
Ferroviaire	Assembleur - entretien	Ballasteuse, burineur à aiguilles, clef à chocs, disqueuse, meuleuse d'angle, meuleuse droite, meuleuse verticale, perceuse, ponceuse d'angle, riveteur, tirefonneuse
Fonderie	Mécanicien	Burineur à aiguilles, meuleuse d'angle, meuleuse droite, meuleuse verticale
	Opérateur de machine	Fouloir, perceuse
	Ébarbeur	Burineur, meuleuse d'angle, meuleuse droite, meuleuse verticale, touret à meuler
Forestier	Bûcheron	Débroussailleuse, tronçonneuse
Industrie du bois, menuiserie	Réparateur de palettes	Agrafeuse, cloueur, perceuse, scie sabre
	Assembleur - emballage	Agrafeuse, cloueur, visseuse
	Menuisier	Ponceuse orbitale, ponceuse vibrante, rabot, scie sauteuse
Maintenance	Entretien	Clef à chocs, meuleuse d'angle, nettoyeur haute pression, perforateur, piqueur
Mécanique, mécano soudure, métallurgie	Assembleur	Burineur, clef à chocs, clef à rochet, meuleuse d'angle, perceuse, visseuse
	Ébarbeur	Meuleuse d'angle, meuleuse droite, ponceuse orbitale
	Finition	Graveur, meuleuse droite, polisseuse, ponceuse orbitale, visseuse
	Entretien	Limeuse, meuleuse d'angle, ponceuse
	Mécanicien	Clef à chocs, meuleuse d'angle, meuleuse droite, meuleuse verticale, ponceuse à bande, ponceuse orbitale, ponceuse vibrante
	Peintre	Ponceuse d'angle, ponceuse orbitale
	Chaudronnier	Burineur, cisaille, meuleuse d'angle, meuleuse droite
	Carrossier	Meuleuse droite, meuleuse verticale, ponceuse
	Soudeur	Burineur, meuleuse d'angle, perceuse
Nettoyage industriel	Technicien de surface	Autolaveuse, balayeuse, lustreuse
Réparation automobile	Carrossier	Meuleuse d'angle, meuleuse droite, ponceuse d'angle, ponceuse orbitale, ponceuse vibrante
	Mécanicien	Boulonneuse, clef à chocs
Serrurerie	Serrurier	Meuleuse d'angle
Travail de la pierre	Finition - sculpteur	Burineur à sculpter, meuleuse d'angle, polisseuse
Travaux routiers	Terrassement	Brise-béton, disqueuse, pilonneuse, piqueur, plaque vibrante

↑ TABLEAU 2 Exemples de secteurs d'activité et de métiers impliquant l'utilisation de machines vibrantes.

Comment obtenir la valeur totale de l'accélération pondérée a_{hv} ? Celle-ci est calculée à partir des mesures d'accélération efficaces et pondérées (a_{hwx} , a_{hwy} et a_{hwz} , en m/s^2) réalisées sur les trois axes de l'espace (Cf. Figure 1):

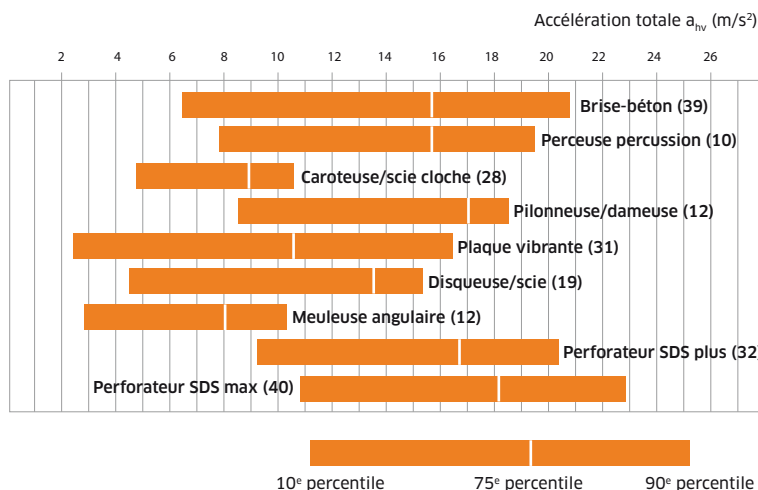
$$a_{hv} = (a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2)^{1/2}$$

Les agents des Centres de mesures physiques (CMP) des Carsat sont compétents pour effectuer ce type de mesures. Des intervenants en prévention des risques professionnels, s'ils sont formés, peuvent aussi s'en charger. Ils doivent être vigilants dans le cas des machines percutantes (burineurs...) ou roto-percutantes (perforateurs...). En effet, sans précaution préalable, des erreurs de mesures liées à la nature impulsive du signal peuvent en effet apparaître [5] et donner des valeurs vibratoires erronées.

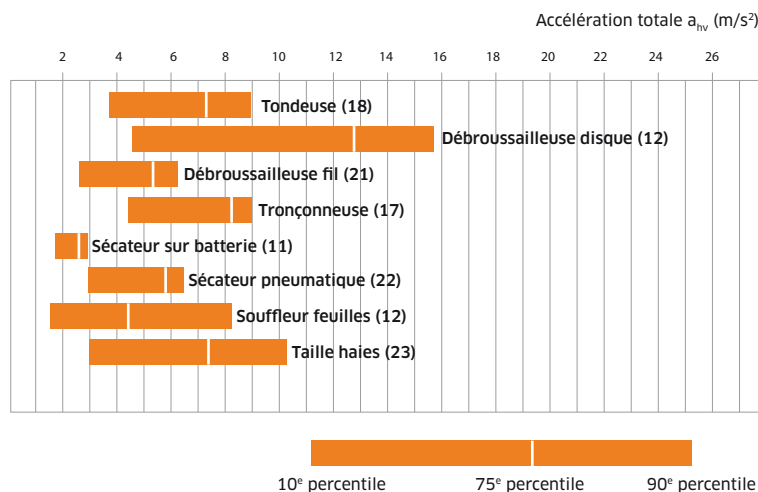
Ces mesures restent longues et complexes à mettre en œuvre. Dans de nombreux cas, il est toutefois possible d'estimer la valeur totale d'accélération pondérée à l'aide de bases de données recensant les données existantes pour des machines courantes utilisées dans les conditions habituelles. Ces évaluations ne nécessitent pas la réalisation de mesures.



© Gael Kerbaol/INRS



↑ FIGURE 2 Machines portatives utilisées dans la construction.

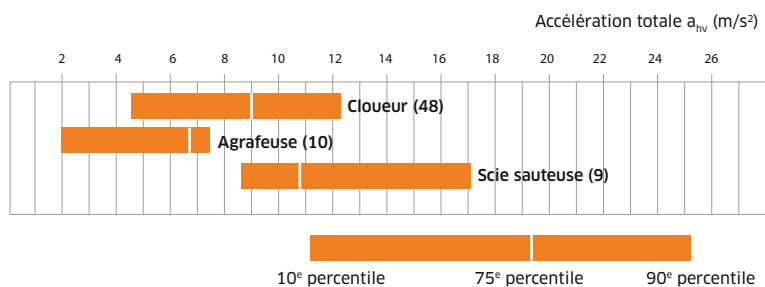


↑ FIGURE 3 Machines portatives utilisées dans la maintenance des espaces verts ou forestiers.

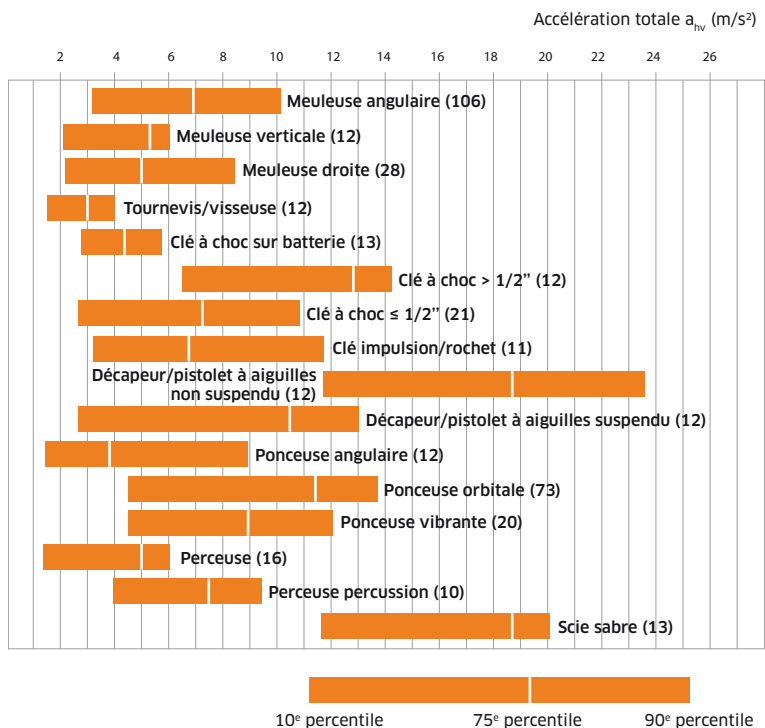
Dans ce but et en partenariat avec les CMP des Carsat, l'INRS a calculé des plages de valeurs des accélérations totales a_{hv} en situation réelle pour les principales familles de machines vibrantes en fonction des activités suivantes: construction, maintenance des espaces verts ou forestiers, travail du bois ou travail des métaux (Cf. Figures 2, 3, 4 et 5). Ces données ont été obtenues à partir de mesures effectuées sur plus de 1 000 machines utilisées en situation réelle. Les données ont été recueillies avant juillet 2014 et depuis moins de 5 ans. Pour chaque famille, le nombre de machines mesurées est indiqué entre parenthèses.

Attention: conformément à la directive « Machines » 2006/42/EC [6], les fabricants doivent faire figurer les niveaux d'émission de vibration dans leurs brochures techniques. Ces informations peuvent permettre d'identifier les modèles de machine les moins vibrants. Obtenues selon des codes d'essais normalisés basés sur des tâches plus ou moins artificielles,





↑ FIGURE 4 Machines portatives utilisées dans le travail du bois.



↑ FIGURE 5 Machines portatives utilisées dans le travail des métaux.

ces valeurs déclarées sont déconseillées pour estimer le risque vibratoire en situation réelle. Comment déterminer la durée réelle quotidienne d'exposition pour chaque poste de travail identifié? Celle-ci ne prend en compte que les périodes pendant lesquelles l'opérateur est effectivement soumis aux vibrations, par exemple quand la gâchette de la machine est actionnée. Les expositions les plus longues (de 3 à 8 heures en moyenne

selon la machine) se rencontrent habituellement lors de la maintenance des espaces verts ou des tâches de ponçage. Les plus courtes (généralement moins d'une heure) correspondent à l'utilisation de machines percutantes (brise-béton, clefs à chocs...). On trouve des durées de l'ordre de 1 à 3 heures lors de l'utilisation de machines tournantes telles que les meuleuses. L'étude de l'INRS montre que l'utilisation de machines, tenues à la main, non traitées contre

POUR EN SAVOIR +

- Dossier « Vibrations transmises aux membres supérieurs » sur www.inrs.fr
- Calculatrice vibration main-bras, outil 43, téléchargeable sur www.inrs.fr

les vibrations expose souvent les opérateurs à des niveaux de vibrations supérieurs aux valeurs limites réglementaires après un quart d'heure pour les machines percutantes et une heure pour les autres machines. De nombreux fabricants ont conçu des machines moins vibrantes qui permettent une utilisation sans risque plus longue. Une fois l'accélération totale pondérée et la durée quotidienne d'exposition obtenues, des calculatrices (dont celle de l'INRS accessible gratuitement sur www.inrs.fr) permettent de déterminer facilement l'exposition quotidienne A(8). Celle-ci doit alors être comparée aux valeurs limites d'exposition afin de savoir si des actions de prévention doivent être mises en œuvre (Cf. Tableau 1). ●

1. Source: enquête SUMER 2003 (Surveillance médicale des expositions aux risques professionnels)

Remerciements

Cette étude a été réalisée en collaboration avec l'ensemble des agents des Centres de mesures physiques des Carsat/CRAM pour la réalisation des mesures en entreprise.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Décrets n° 2005-746 et 748, 4 juillet 2005, relatifs aux prescriptions de sécurité et santé applicable en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus aux vibrations mécaniques et modifiant le Code du Travail. NOR: SOCT0511142D et NOR: EQU0501065D (articles R. 4441-1 et suivants jusqu'au R. 4447-1 du Code du travail).

[2] GALMICHE J.-P., CARUEL É. Vibrations: pourquoi et quand faire de la métrologie? INRS, *Hygiène et sécurité du travail*, 2011, 223, pp 121-124.

[3] Norme NF EN ISO 5349-1 et 2. Mesurage et évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main - Partie 1: Exigences

générales, Avril 2002 et Partie 2: Guide pratique pour le mesurage sur le lieu de travail, Décembre 2001.

[4] Arrêté du 6 juillet 2005: JORF n°200 du 28 août 2005, page 13984

[5] CARUEL É., DONATI P. Comment mesurer les vibrations émises par les machines

percutantes? INRS, *Hygiène et sécurité du travail*, 2013, 231, pp. 46 - 52.

[6] Directive 2006/42/CE du parlement européen et du conseil du 17 mai 2006 relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE (refonte). J.O. de l'U.E. L157/24. 9.6.2006.

COMMENT CHOISIR UNE MACHINE PORTATIVE PEU BRUYANTE ?

Le risque bruit doit être pris en compte dans le choix d'une machine portative. Dans ce but, les indications d'émissions sonores des fabricants ne sont pas suffisantes. D'autres paramètres, comme le process, la durée d'utilisation ou la technologie employée peuvent en effet jouer sur l'exposition réelle des opérateurs.

NICOLAS
TROMPETTE
INRS,
département
Ingénierie des
équipements
de travail

La prévention de l'exposition au bruit des machines portatives passe en priorité par le choix d'un équipement le moins bruyant possible. Mais sur quelles données s'appuyer pour se décider ? Les fabricants ont l'obligation de déclarer le niveau de bruit émis par leur machine (Cf. Encadré 1). Pour autant, cette valeur est insuffisante. Compte tenu des conditions de mesurage (Cf. Encadré 2), elle constitue au mieux une indication afin de hiérarchiser les machines pour une tâche donnée. Au pire, elle n'est pas représentative des conditions réelles de travail et n'a donc qu'un intérêt limité. Le cas des meuleuses portatives, outil portatif le plus répandu avec les perceuses, illustre bien cette situation. Une étude de l'INRS s'est intéressée aux déclarations des fabricants de dix meuleuses portatives, reposant sur la norme NF EN 60745-2-3 [1]. Celle-ci impose des mesures à vide. Ces informations ont été comparées aux mesures obtenues par la norme NFE 65-131¹ [2], qui recommande des essais en charge, ainsi qu'à des mesures réalisées en conditions réelles de travail. Il s'avère

que la mesure à vide minore systématiquement la puissance acoustique délivrée en charge et les écarts vont jusqu'à 7 dB. De plus, les mesures réalisées en travail normal montrent que les mesures normatives en charge sous-évaluent significativement (jusqu'à 8 dB) l'exposition au bruit des opérateurs. L'écart entre une mesure normative et la réalité peut donc atteindre 15 dB.

À l'inverse, pour les clés à chocs pneumatiques, très répandues dans les usines d'assemblage ou en maintenance, la norme NF EN 60745-2-2 [3] prescrit des essais en charge donnant des résultats assez représentatifs du niveau sonore réel observé sur site. Dans tous les cas, les machines les plus bruyantes à vide ne sont pas forcément les plus bruyantes en charge.

Le bruit émis varie également en fonction des technologies employées. En effet, le son provient du contact entre l'outil et la pièce, mais aussi du rayonnement du corps de la machine et de la pièce qui sont excités mécaniquement lors de l'usinage. Le son est aussi lié à l'écoulement de l'air comprimé dans le cas des machines pneumatiques et

ENCADRÉ 1

LES EXIGENCES SUR LE BRUIT DE LA DIRECTIVE « MACHINES »

La directive « Machines » précise que « la machine doit être conçue et construite pour que les risques résultant de l'émission du bruit aérien produit soient réduits au niveau le plus bas compte tenu du progrès technique et de la disponibilité de moyens de réduction du bruit, notamment à la source ».

La documentation technique du fabricant doit, quant à elle, préciser les points suivants :

- le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A,

aux postes de travail, lorsqu'il dépasse 70 dB(A) ; si ce niveau est inférieur ou égal à 70 dB(A), cela doit être mentionné ;

- la valeur maximale de la pression acoustique instantanée pondérée C, aux postes de travail, lorsqu'elle dépasse 63 Pa (130 dB par rapport à 20 µPa) ;
- le niveau de puissance acoustique émis par la machine lorsque le niveau de pression acoustique continu équivalent

pondéré A, aux postes de travail, dépasse 80 dB(A).

Lorsque la machine est de très grandes dimensions, l'indication du niveau de puissance acoustique peut être remplacée par l'indication des niveaux de pression acoustique continus équivalents en des emplacements spécifiés autour de la machine.

En ce qui concerne la mesure d'émission sonore, le fabricant applique un code d'essai qu'il précise. Sinon, il doit décrire ses conditions d'essai.



au moteur dans le cas des machines électroporatives. Résultat, entre deux machines capables d'assurer un même travail, le niveau de bruit peut être très différent. On peut ainsi substituer aux clés à chocs les clés à transmission hydrodynamique, ou bien remplacer une tronçonneuse par une scie égoïne électrique, voire échanger une perceuse contre un perforateur électropneumatique.

Prenons un autre exemple. Les clés à choc sont à la fois bruyantes, lourdes et génèrent des niveaux de vibrations mains-bras élevés. Elles ont donc fait l'objet d'études afin de trouver des solutions pour réduire ces contraintes [4,5]. La première étude a montré qu'une des sources de bruit prédominantes était l'échappement d'air comprimé et qu'il convenait de le traiter au moyen de silencieux ou de le dériver pour l'éloigner de l'opérateur. La seconde a mis en évidence une nette diminution des niveaux sonores lorsque la transmission du couple se faisait par couplage hydraulique plutôt que par chocs.

Les mécanismes de génération du bruit peuvent également être contrariés en faisant évoluer le processus d'utilisation. Les mesures sur site concernant les meuleuses montrent que l'exposition dépend aussi de la pièce en usinage et de la force d'appui de l'opérateur. En outre, certaines pièces mécaniques peuvent être fixées avec des éléments d'appui assurant une isolation antivibratoire, ce qui limitera leur rayonnement acoustique. L'arrosage lors du ponçage réduit énormément le bruit (et les émissions de poussières) tout en augmentant la durée de vie des abrasifs. Une scie à sols éloigne

Cet opérateur porte un casque pour se protéger des bruits émis par sa meuleuse sur un tube en inox.

ENCADRÉ 2

LES MESURES NORMATIVES

Lorsqu'elles réalisent la mesure d'une émission sonore, les entreprises appliquent presque systématiquement un code d'essai : l'ISO 15744 [7] pour les machines portatives à moteur non électrique et la série des normes EN 60745 [8] pour les outils portatifs à moteur électrique ou à entraînement magnétique. La première se contente d'un essai à vide. Les secondes exigent un essai à vide et, dans certain cas, un essai en charge. Dans la notice du fabricant, l'utilisateur accède au niveau de pression sonore (ou niveau de pression acoustique d'émission) mesuré dans ces conditions d'essai, ainsi qu'au niveau correspondant de puissance acoustique de la machine et à la référence à la norme utilisée qui tient lieu de description des conditions de mesurage.

pour sa part l'opérateur de la source de bruit par rapport à une découpeuse thermique - sans compter qu'elle limite les efforts physiques et l'exposition aux vibrations et qu'elle peut, de surcroît, être utilisée sous arrosage.

Bien sûr, les fabricants proposent des solutions pour réduire la pollution sonore. Certains équipent ainsi leurs machines pneumatiques de silencieux d'échappement ou de dérivations permettant d'éloigner cet échappement. D'autres recourent



© Vincent Nguyen pour l'INRS

à des éléments matériels spécifiques: disques de tronçonnage à denture diamant ou lames de scie circulaire à découpe laser pour gagner en vitesse de coupe et en amortissement, disques à meuler en matériaux composites permettant de limiter l'excitation mécanique, forets à pointe carbure permettant un perçage plus rapide et moins bruyant.

Une fois l'outil choisi et son utilisation adaptée pour réduire au maximum l'émission sonore, l'exposition de l'opérateur ne dépend plus que de la durée d'utilisation. Comme cet opérateur est très proche de la source de bruit, son environnement a peu d'influence. Cependant, il reste soumis au bruit environnant, notamment pendant les périodes où la machine ne tourne pas ou tourne à vide. De même, sa machine constitue une source de bruit pour son environnement. Un traitement acoustique du local de travail et un isolement du poste de travail peuvent donc contribuer à prévenir le risque.

Finalement, si cette exposition se révèle supérieure aux limites réglementaires malgré les actions de prévention évoquées précédemment, il faut recourir à la protection individuelle. Cette protection doit être choisie de façon à protéger suffisamment l'opérateur (les protections auditives n'ont pas toutes les mêmes performances) mais sans l'isoler. Il s'agit notamment de garantir l'intelligibilité des éventuels signaux de danger (passage d'un chariot élévateur, etc.). Le choix doit aussi impérativement tenir compte des contraintes liées aux tâches à exécuter et des exigences de l'opérateur. L'INRS a publié un guide pour sélectionner la protection individuelle adaptée [6]. Enfin, la prévention passe par un suivi de l'audition des travailleurs exposés, leur information vis-à-vis des risques dus au bruit et leur formation, notamment au bon port des protections individuelles.

On l'aura compris, la prévention des risques liés au bruit des machines portatives est complexe. Elle doit être traitée au cas par cas, en prenant en



© Grégoire Maisonneuve pour l'INRS

Montage de pièces sur un rail de l'A330 à l'aide d'une perceuse électrique. Cette opération nécessite le port d'un casque anti-bruit.

compte tous les paramètres évoqués précédemment. Dans le cas des meuleuses portatives par exemple, il faut soit effectuer le mesurage, soit se référer à des études de terrain pour évaluer l'exposition au bruit des opérateurs. Et aucune solution technologique ne permettant de réduire suffisamment le bruit, il est également nécessaire de choisir une machine la moins bruyante possible, de limiter le temps d'exposition et de surveiller la santé des opérateurs. Dans le cas des clés à chocs, compte tenu des faibles temps d'utilisation, de la bonne représentativité des déclarations et des solutions technologiques permettant de réduire le bruit, il est possible d'évaluer et de limiter l'exposition au bruit des opérateurs sans forcément recourir à la protection individuelle. ●

1. La norme NFE 65-131 a été abrogée en janvier 2003. Elle est aujourd'hui remplacée par la norme NF EN ISO 15744 de décembre 2008.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Norme NF EN 60745-2-3 Outils électroportatifs à moteur. Sécurité. Partie 2-3: Règles particulières pour les meuleuses, lustreuses et perceuses du type à disque. AFNOR, avril 2011.

[2] **TROMPETTE N., CAFAXE M.** Analyse de la méthodologie de la déclaration du bruit des machines: application au cas des meuleuses électriques. INRS, *Hygiène et sécurité du travail*, 2006, ND 2246.

[3] Norme NF EN 60745-2-2 Outils électroportatifs à moteur. Sécurité

Partie 2-2: règles particulières pour les visseuses et les clés à chocs. AFNOR, Janvier 2010.

[4] **TROMPETTE N.** *Noise control in heavy vehicle tyre maintenance centre*. Colloque *Noise At Work*, 2007, Lille, France.

[5] **AOUSTIN D., GAINCHE N.** Bruit des clés à chocs - Exemple de substitution. Colloque « Bruit et vibrations au travail » 2011, Paris, France.

[6] *Les équipements de protection individuelle de l'ouïe - Choix et utilisation*. INRS, 2009, ED 868.

[7] Norme ISO 15744 Machines portatives à moteur non électrique - Code pour le mesurage du bruit - Méthode d'expertise (classe de précision 2), ISO, 2002.

[8] Série des normes NF EN 60745 Outils électroportatifs à moteur. Sécurité.

CONSEILS POUR LA CONCEPTION ET LE CHOIX DE MACHINES PORTATIVES

Des efforts importants sont conduits pour intégrer la prévention des risques liés aux troubles musculosquelettiques dans la conception des machines portatives. Au-delà des aspects technologiques visant à gagner en performance, d'autres critères font ainsi leur apparition, comme l'environnement de travail et l'individu. Objectif : appréhender la situation de travail réelle.

LAURENT
CLAUDON,
FANNY ZORÉ
INRS,
département
Homme
au travail

JACQUES
MARSOT
INRS,
département
Ingénierie des
équipements
de travail

Efforts élevés, positions articulaires extrêmes, vibrations, pression, chocs et gestes répétitifs... L'utilisation de machines portatives s'accompagne fréquemment de contraintes biomécaniques importantes, à l'origine de troubles musculosquelettiques du membre supérieur (TMS-MS). Cette situation se vérifie dans de nombreux pays européens¹. Mais certains secteurs industriels sont particulièrement touchés, comme celui de l'automobile ou de l'assemblage d'appareils électroménagers. Face à ce constat, la conception des outils à main et, plus particulièrement des machines portatives

(encore appelées outils à main énergisés), revêt une importance capitale. Un outil doit en effet maximiser la performance mais aussi améliorer les conditions de travail de l'opérateur. Aux critères techniques traditionnels visant à faire mieux et plus vite que la main sont donc venus s'ajouter des critères ergonomiques visant à minimiser les contraintes physiques et ainsi éviter l'apparition de TMS-MS [1].

Quels sont ces critères? Les premiers, de nature technique, sont liés à la machine. Sa masse ne doit pas excéder 2,2 kg. Dans le cas contraire, la mise en place d'un système de soutien est recommandée (suspension, équilibreur, etc.). Le centre de gravité

ENCADRÉ 1

LES CRITÈRES DE CONCEPTION D'UNE BONNE POIGNÉE

Concevoir une poignée de machine portative implique de respecter certaines contraintes de :

- dimensions: le diamètre de la poignée se situe entre 30 mm et 40 mm. Afin de ne pas provoquer de points de compression sur la paume de la main, la longueur de la poignée doit être plus grande que la largeur de la main, soit entre 100 mm et 130 mm. Pour certains outils, il est même recommandé de réaliser des poignées de dimensions différentes et facilement interchangeables en fonction de l'utilisateur ;
- formes: l'inclinaison de la poignée par rapport à la partie opérante de la

machine portative doit être conçue de façon à réduire les déviations angulaires des différentes articulations du membre supérieur. L'analyse des tâches effectuées avec la machine va permettre de définir l'inclinaison la plus appropriée, voire de concevoir différents modèles de machine portative (visseuse droite ou visseuse pistolet). Enfin, il est généralement préférable d'éviter les empreintes pour les doigts. En effet, sauf si celles-ci sont personnalisées, leurs dimensions risquent de ne pas être adaptées à toutes les mains et de provoquer des points de compression ;

- matériau et d'état de surface :

il s'agit d'assurer un maintien ferme de la machine dans la main, un confort maximal de préhension par une répartition optimale de la pression dans la main et une réduction des effets des vibrations ou des chocs. Il est également important de considérer dans le choix du matériau d'autres caractéristiques comme celles liées à l'isolation électrique, au confort thermique (notamment lorsque l'air comprimé circule dans la poignée), à l'imperméabilité à certains produits chimiques ou encore au caractère allergisant de certains matériaux (chrome, nickel).



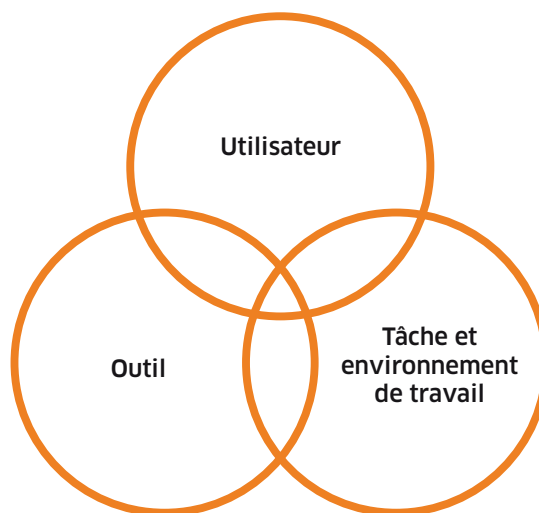
© Georges Barroli pour IINRS

doit, pour sa part, se trouver dans l'alignement de l'axe de préhension afin de ne pas générer d'effort musculaire supplémentaire pour le maintien de la machine. Si ce n'est pas possible, l'ajout d'une deuxième poignée permet de répartir l'effort sur les deux membres supérieurs. Les dimensions (diamètre, longueur), la forme, les matériaux et l'état de surface de la poignée de l'outil jouent également un rôle dans la bonne répartition de la pression sur l'ensemble des doigts et de la paume de la main (Cf. Encadré 1).

Lorsque la machine portable est actionnée au moyen d'une gâchette, celle-ci doit être conçue de manière à pouvoir être actionnée par plusieurs doigts afin d'éviter une sur-utilisation de l'index ou du pouce. De même, une fois actionnée, la gâchette doit affleurer la surface de la poignée afin d'éviter des points de concentration de pression. Il est généralement recommandé que l'effort d'actionnement de la gâchette soit inférieur à 10 Newton (N). Certaines machines portatives, les visseuses par exemple, peuvent être actionnées par poussée, évitant ainsi l'appui sur une gâchette. La norme NF EN 1005-3 donne dans ce cas des limites de force en fonction du type d'utilisation. L'alimentation en énergie des machines porta-

tives, *via* les câbles d'alimentation électrique ou les tuyaux d'air comprimé, peut être source de poids supplémentaire, de déséquilibre ou de gêne. Il faut aussi s'assurer que le système d'échappement d'air comprimé d'une machine pneumatique n'est pas dirigé vers l'opérateur. Cette situation occasionne en effet des postures inconfortables. Les dispositifs de protection vis-à-vis de projec-

Cet opérateur dispose d'une visseuse « pistolet » adaptée à sa tâche. Son dos est droit, ses bras sont le long du corps et sa main est dans le prolongement de l'avant-bras.



← FIGURE 1
Relation tâche -
outil - utilisateur.



tions ou de captage de poussières, quant à eux, ne doivent pas gêner la tenue en main ou la manipulation de la machine, ni occulter le champ de vision de l'utilisateur ou occasionner des efforts supplémentaires.

Toujours sur l'aspect technique, l'exposition aux vibrations main-bras peut entraîner une perte de sensibilité tactile, des troubles de la circulation sanguine (syndrome de Raynaud) et l'apparition de TMS tels que le syndrome du canal carpien. De ce fait, les machines portatives doivent être conçues de façon à réduire la transmission des vibrations, des chocs ou encore des couples de réaction (Cf. article « L'évaluation simplifiée du risque vibratoire, une démarche en trois étapes » page 27).

La deuxième famille de critères à prendre en compte est liée à l'environnement de travail. Il est

contraintes. Les temps de pause sont source de récupération.

Le contexte d'utilisation de la machine doit également être examiné afin d'éviter que celle-ci ne devienne inconfortable, voire dangereuse pour l'utilisateur. Un point important concerne le port de gants de protection. En effet, selon le matériau employé, ils sont susceptibles de modifier les dimensions externes de la main, de réduire la capacité de mouvement, de diminuer la sensation tactile et de modifier le coefficient de friction entre la main et l'outil. Autant de facteurs qui agissent sur le maintien de l'outil par l'opérateur.

N'oublions pas qu'il existe par ailleurs différents types d'accessoires comme les supports d'outils ou les équilibreurs, qui limitent le poids effectif de l'outil, ainsi que les barres anti-couples, qui

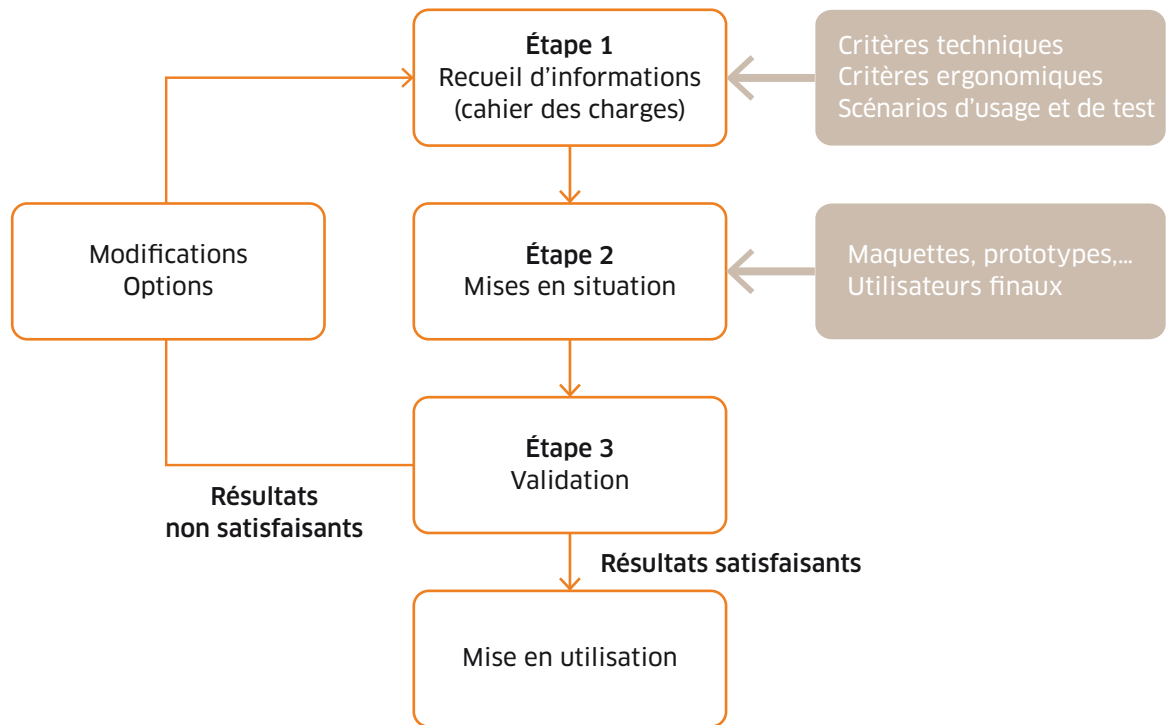


FIGURE 2 → Illustration de la démarche à suivre.

important de s'assurer que la nature de la tâche demandée, l'aménagement du poste de travail et la machine portative elle-même sont compatibles avec les préconisations en termes de postures, d'efforts et de répétitivité (norme NF EN 1005-1 à 5) [2]. Plus précisément, l'espace de travail doit permettre à l'opérateur de se déplacer et de changer de position régulièrement (alternance debout/assis). Des plans de travail et des sièges réglables sont utiles pour adapter le poste à la taille de l'opérateur et à la tâche, tout en réduisant les positions contraignantes (NF EN ISO 14738, 2008) [3]. L'organisation du travail est essentielle pour favoriser les rotations de poste afin de varier les postures et d'alterner les activités à fortes et à faibles

réduisent le couple de réaction. Ils doivent être facilement mis en place, sans restreindre la zone de déplacement de l'outil. En outre, une machine portative bien entretenue réduit les sollicitations biomécaniques de l'opérateur, améliore les performances et favorise un travail de meilleure qualité. Une vérification régulière de l'état de la machine est à prévoir.

Enfin, la troisième famille de critères est liée à l'utilisateur. Même si le champ d'application des principales références normatives concerne à la fois les hommes et les femmes de la population adulte en âge de travailler (20-65 ans), il est conseillé de garantir une représentativité des âges et des genres lors du recueil du ressenti d'utilisa-

ENCADRÉ 2

COMMENT RÉDIGER UN CAHIER DES CHARGES POUR L'ACQUISITION D'UNE MACHINE PORTATIVE ?

Le cahier des charges permet à l'utilisateur d'exprimer précisément son besoin et ses exigences. Ce document sert de base aux fournisseurs pour proposer des solutions, une offre chiffrée et des délais de réalisation. Bien rédigé, il réduit en outre les risques d'éventuels litiges ultérieurs.

Attention: le cahier des charges ne doit pas être qu'un document technique traitant des fonctions et des performances de la machine portative. Il doit également comporter tous les éléments nécessaires à la prévention des risques:

- le rappel des règles de sécurité à respecter: réglementation en vigueur, règles spécifiques à l'entreprise, à l'utilisation envisagée (atmosphère explosive, par exemple). Les machines portatives entrent dans le champ d'application de la directive « Machines » (Directive, 2006) [7]. Elles doivent donc satisfaire

aux exigences essentielles de sécurité qui leur sont applicables. La connaissance et le respect de cette directive relèvent du savoir-faire des concepteurs (fournisseurs). Cela n'interdit toutefois pas d'en rappeler certaines traitant des principaux risques connus (efforts, manutentions répétitives...);

- la description détaillée des usages attendus pour chaque fonction technique de la machine portative. Ces données sur les usages ne doivent pas être simplement juxtaposées aux fonctions techniques (paragraphe séparés). Elles doivent être imbriquées dans ces dernières. Pour cela, il est proposé une démarche basée sur l'analyse fonctionnelle du besoin. Elle comporte des questions simples (pourquoi, quoi, qui, comment, où, quand?) à se poser pour chaque

fonction de la future machine portative. L'analyse fonctionnelle complétée à partir de ce questionnaire fournit une expression des besoins techniques, enrichis des usages attendus de la future machine portative;

- les conditions de réception de la machine portative. La rédaction d'un cahier de charges n'a d'utilité que si l'atteinte des objectifs fixés est vérifiée, sans attendre la mise en production. Il est donc nécessaire de définir les points d'étape (revues de projets), les modalités de vérification (plans, maquettes, prototypes...), les scénarios et critères d'évaluation.

Une fois le (ou les) prestataire(s) retenu(s), le cahier des charges peut être annexé à la commande et devenir ainsi contractuel.

teurs durant les différentes phases de validation de conception ou de choix d'une machine portative. Ainsi, le recours à des normes anthropométriques concernant les dimensions de la main (NF X35-002) [4] ou la mesure de ces données sur un échantillon représentatif d'utilisateurs est recommandée pour déterminer le dimensionnement d'une poignée. Une telle démarche a pour but de s'assurer que le dimensionnement de la poignée et l'effort requis lors de son utilisation sont adaptés à tous.

De même, une machine portative doit être conçue et installée de manière à être utilisée indifféremment par un opérateur droitier ou gaucher. Sinon, les deux configurations sont à prévoir. L'utilisation d'une machine portative nécessite un certain temps d'apprentissage, d'où la nécessité d'informer et de former les opérateurs.

Ces trois familles de critères interagissant entre elles, aucune ne peut être ignorée, ni traitée séparément des autres (Cf. Figure 1) lors de l'acquisition ou de la conception d'une machine portative. Pour preuve, le positionnement d'une visseuse par rapport à son utilisateur détermine son type

(droite, pistolet, renvoi d'angle) ainsi que des limites de poids et de fréquence d'utilisation [5].

Que ce soit pour l'acquisition ou la conception d'une machine portative, la démarche à suivre doit être participative. En effet, les utilisateurs finaux doivent être au centre des préoccupations de l'acheteur et du concepteur. La démarche doit également être itérative afin d'appréhender progressivement les situations de travail. Comme le montre la figure 2, cette démarche comprend trois étapes essentielles.

Dans un premier temps, le recueil d'informations doit permettre de renseigner les critères précédemment listés. Il est nécessaire pour cela d'identifier et d'analyser de façon détaillée des situations de travail comparables (transposables) aux situations futures du point de vue de l'usage. Et ce, afin de constituer des scénarios de tests qui seront exploités dans les deux étapes suivantes. L'ensemble de ces informations doit être formalisé dans un cahier des charges (Cf. Encadré 2).

La seconde étape vise à établir des mises en situation sur la base des scénarios précédemment établis, en vue de valider les critères ergonomiques





© Vincent Nguyen pour l'INRS

Meuleuse équipée d'une seconde poignée permettant de répartir le poids de l'outil et le couple produit sur les deux mains. Cet outil est également équipé d'un dispositif anti-vibratile.

listés précédemment. Dans le cas de la conception, à défaut de disposer du produit final (en cours de conception), ces mises en situation peuvent être réalisées à l'aide de maquettes numériques (modèle 3D) ou physiques (prototypes). Le choix de machines portatives peut se faire avec différents modèles proposés par les fournisseurs (*benchmark*).

Ces mises en situation doivent être réalisées avec un échantillon représentatif des futurs utilisateurs. Les acheteurs et les concepteurs ne doivent pas se substituer aux utilisateurs finaux lors de ces mises en situations car leur représentation du travail est nécessairement éloignée de la réalité. Par ailleurs, l'implication des utilisateurs finaux dans ces mises en situation favorise l'appropriation ultérieure de la machine portative retenue.

Le point de vue des utilisateurs sera recueilli selon une procédure comparable à celle mise en œuvre dans l'étape 1. Si les résultats sont probants, l'outil pourra alors être considéré comme validé pour les situations d'usage étudiées. Dans le cas contraire, il sera nécessaire de revenir sur des choix anté-

POUR EN SAVOIR +

- *Ergonomie des outils à main - Problématique et état de l'art*. INRS, Note Scientifique et Technique, NS 168, 1998, 148 p.
- *Conception et ergonomie - Méthodes et outils pour intégrer l'ergonomie dans le cycle de conception des outils à main*. INRS, Note Scientifique et Technique, NS 219.
- *Conception des machines et ergonomie*. INRS, ED 6154, 2013, 11 p.

rieurs. Ces itérations, sont souvent perçues de façon négative: « *On s'est trompés, alors on recommence* ». Elles sont en fait l'un des éléments-clés de la démarche et doivent se poursuivre jusqu'à la validation finale de la machine portative.

À titre d'exemple, Sandwik (Bobjer et coll., 1995) [6] proposait un processus de conception de ses outils intégrant trois phases de test utilisateurs: les deux premières sur des prototypes de développement et la troisième sur la première série de fabrication.

On l'aura compris: la conception ou le choix d'une machine portative doit s'inscrire dans une démarche globale, participative et itérative. Globale par le fait de considérer simultanément les trois éléments du triptyque (machine, utilisateurs et tâche/environnement de travail), participative car elle doit impliquer l'ensemble des acteurs concernés (utilisateurs, concepteurs ou fabricants, acheteurs, opérateurs de maintenance...) et itérative car elle doit s'appuyer sur des mises en situations répétées. L'enjeu de cette démarche et de la prise en compte des critères ergonomiques est de réaliser le meilleur compromis entre le coût de la machine portative, ses performances et la préservation de la santé des utilisateurs. ●

1. EUROFOUND (2012). Fifth European Working Conditions Survey, Publications Office of the European Union, Luxembourg. <http://www.eurofound.europa.eu/pubdocs/2011/82/en/1/EF1182EN.pdf>

BIBLIOGRAPHIE

[1] LINDQVIST B. L'ergonomie des machines portatives. Atlas Copco, 1998, ISBN: 91-630-5217-2, 180 p.

[2] NF EN 1005 -1 à 5 Sécurité des machines. Performance physique humaine, AFNOR.

[3] NF EN ISO 14738 Sécurité des machines. Prescriptions anthropométriques relatives à la conception des postes de travail sur les machines, AFNOR, 43 p.

[4] X35-002 Modèles anthropométriques de la population masculine et féminine, AFNOR, 1982.

[5] ULIN S.S., ARMSTRONG T. J. *Development of guidelines for the use of powered hand tools. Proceedings of First PREMUS Conference*, Stockholm, Suède, 1992, 293-295.

[6] BOBJER O., BERGQVIST H., LOHMILLER W. R. *Development of prototype tools for field testing. Proceedings*

of the 2nd conference PREMUS, Montréal, Canada, 1995, 405-407.

[7] Directive 2006/42/CE. Directive 2006/42/CE du Parlement Européen et du Conseil du 17 mai 2006 relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE (refonte).

DES PISTES POUR LIMITER L'EFFET REBOND DES MEULEUSES ÉLECTROPORATIVES

Fractures, coupures, chutes... Les meuleuses électroportatives, lorsqu'elles se bloquent dans un matériau, peuvent provoquer des accidents aux conséquences graves. Pourtant, des solutions existent afin de limiter ces risques. Certaines concernent la fabrication de ces outils portatifs, d'autres sont liées à leur utilisation.

HENRI LUPIN
INRS,
département
Expertise
et conseil
technique

Le phénomène est bien connu des travailleurs du bâtiment : lorsqu'ils utilisent une meuleuse électroportative, il arrive fréquemment que le disque se bloque dans le matériau découpé, provoquant ainsi une éjection de la machine (Cf. Encadré 1). Cet effet rebond, aussi appelé *kickback*, peut alors contraindre l'utilisateur à lâcher la machine. À ce risque d'éjection déjà particulièrement dangereux en lui-même, peuvent s'ajouter des risques graves tels que des fractures des métacarpiens ou du poignet, un déséquilibre provoquant la chute de l'opérateur, voire son décès. Le blocage du disque en rotation peut aussi causer la rupture de la meule avec projection d'éclats de disque (Cf. Encadré 2). Afin de mieux appréhender cet effet rebond, l'INRS s'est appuyé sur une étude du Laboratoire national d'essais (LNE). Son objectif était de déterminer la valeur limite du couple de blocage, c'est-à-dire la poussée à partir de laquelle l'utilisateur risque de lâcher la machine en cas d'effet rebond. Cette étude a été réalisée avec des perceuses portatives, mais plusieurs résultats sont transposables aux meuleuses portatives.

Concrètement, un échantillon de 11 opérateurs volontaires a utilisé des perceuses portatives en vitesse lente ou rapide avec des couples de blocage allant de 2,6 à 6,4 m.kg. Les essais ont été faits en position accroupie avec une machine portative horizontale à hauteur des genoux et en position debout-courbé avec une machine portative verticale orientée vers le bas. Il est apparu que des couples de 2,5 m.kg au blocage sont supportés sans problème par tous ces opérateurs. En outre, l'effet de surprise disparaît dès le second essai, le blocage étant alors attendu par l'opérateur et donc mieux supporté. Par contre, des comportements (lâcher de poignée, déséquilibre...) pouvant aboutir à un accident se produisent pour des valeurs de couple de blocage de 5,5 m.kg et 6,4 m.kg.

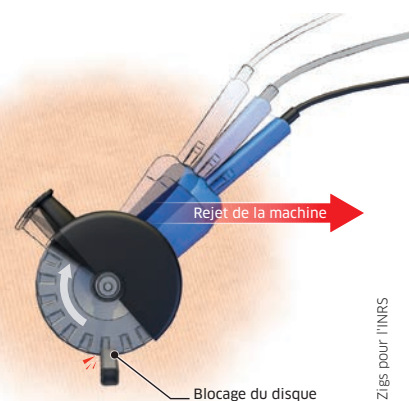
L'étude a ainsi permis de conclure qu'au-delà de 6 m.kg environ, le couple de blocage des machines

portatives (perceuses ou meuleuses) peut être dangereux. C'est donc à partir de cette valeur qu'il convient d'intégrer des dispositifs de protection aux machines portatives afin de prévenir les risques associés au blocage de l'outil. Parmi les mesures à privilégier figurent :

- le choix d'organes de préhension convenablement dimensionnés et positionnés. En complé-

ENCADRÉ 1 PRINCIPE DE L'EFFET REBOND

Le blocage d'un disque dans le matériau découpé provoque une augmentation brutale du couple de réaction. Concrètement, cela se traduit par une brusque poussée au niveau des organes de préhension de la meuleuse. Ce phénomène entraîne alors la machine dans la direction opposée au sens de rotation du disque au point de coincement. Pris par surprise, l'opérateur peut alors lâcher son outil. Du fait de l'inertie des pièces en mouvement ou parce que le moteur reste alimenté, le disque reste en rotation, d'où des risques de fractures et de coupures très graves.



↑ Illustration de l'effet rebond.

© 3 ZI&S pour l'INRS

ENCADRÉ 2
EXEMPLES DE CAS D'ACCIDENTS

De nombreux accidents ont pour origine le blocage du disque d'une meuleuse électroportative dans le matériau travaillé. En 2013, un travailleur, opérant la découpe d'un tuyau métallique au niveau du sol avec une meuleuse équipée d'un disque de diamètre 125 mm, a reçu des éclats de disque le blessant aux deux jambes. La même année, un autre travailleur a été victime d'un effet rebond lors d'une opération de découpe dans un mur avec une meuleuse équipée d'un disque de diamètre 230 mm. Heurté par la machine, il s'est retrouvé avec plusieurs entailles très profondes au niveau du torse. En 2012, un autre accident est survenu lors de la coupe d'une plaque en béton de 3 à 4 cm d'épaisseur avec une meuleuse d'angle équipée d'un disque de diamètre 230 mm. Suite au blocage de la meule dans la plaque, l'effet de rebond a projeté la meuleuse sur l'opérateur qui a eu l'artère fémorale coupée par le disque en rotation. L'opérateur est décédé.

ment de la poignée située dans le prolongement de la meuleuse d'angle, une poignée supplémentaire latérale suffisamment robuste permet à l'opérateur de tenir la meuleuse fermement à deux mains et de mieux résister à un début de blocage du disque;

- la limitation automatique du couple moteur;
- l'interruption de l'alimentation dès que la machine est lâchée ou dès que l'effort nécessaire pour la maintenir dépasse un certain seuil.

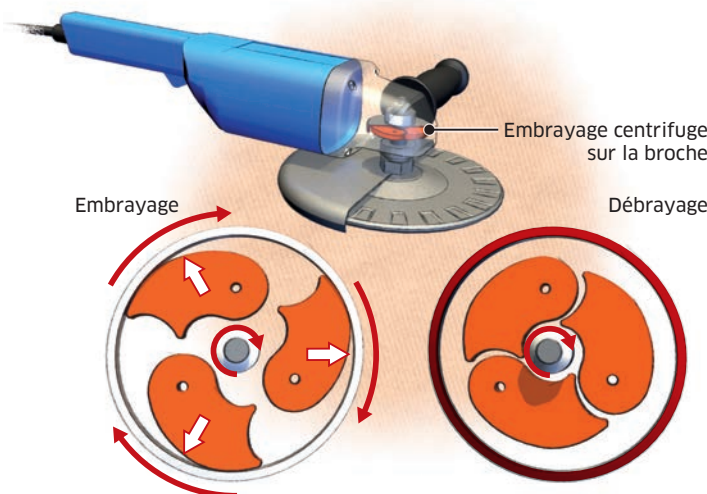
Cette dernière mesure est aujourd'hui déployée par des fabricants de meuleuses portatives. Un certain nombre de dispositifs de protection sont en effet proposés pour éviter ou limiter l'effet rebond. Les principaux connus à ce jour sont le système de débrayage mécanique basé sur la force centrifuge, le système de commande électronique et le système limiteur de couple (aussi appelé « à contrôle actif de couple »).

Dans le cas du système de débrayage mécanique basé sur la force centrifuge, l'arbre entraînant le disque est muni d'un embrayage centrifuge. À la vitesse nominale, les mâchoires de cet embrayage s'écartent et entraînent le disque. En cas de baisse de vitesse, due à un début de blocage du disque, les mâchoires se referment sur elles-mêmes, entraînant ainsi un débrayage (Cf. Figure 1). Résultat: le moteur continue de tourner mais à vide. Les avantages sont multiples. Non seulement il n'y a pas de rejet de la meuleuse sur l'opérateur mais celui-ci ne subit pas de secousses sur le bras. De plus, le disque ne se détériore pas. Ce système breveté par un inventeur français est commercialisé depuis plusieurs années sur deux modèles de meuleuses d'angle électroportatives équipées d'un disque de diamètre 230 mm (un modèle de 2400 W et un autre de 2600 W).

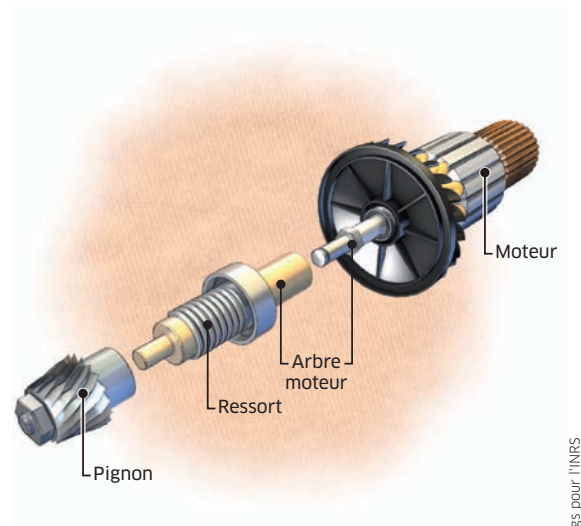
Le dispositif de commande électronique utilise, pour sa part, un autre principe de protection. Si la vitesse de l'arbre entraînant le disque diminue jusqu'à la non-rotation, des capteurs détectent le blocage, ce qui provoque l'arrêt de l'alimentation électrique de la meuleuse. Ce dispositif permet de réduire le risque d'effet de rebond mais ne le supprime pas complètement. Une secousse sur le bras de l'utilisateur, certes moindre, se produit malgré tout au moment du blocage du disque.

Des fabricants ont mis au point un troisième dispositif de protection « à contrôle actif de couple ». Il est associé à l'embrayage de la machine. D'après nos informations, ce dispositif est constitué d'un ressort hélicoïdal enroulé autour de la broche interne d'entraînement du disque (Cf. Figure 2). Ce dernier, lors de son blocage, se désaccouple de la broche d'entraînement. Le disque tourne alors à vide, évitant ainsi l'effet rebond.

En complément de ces systèmes de protection intégrés, des précautions d'usage contribuent à



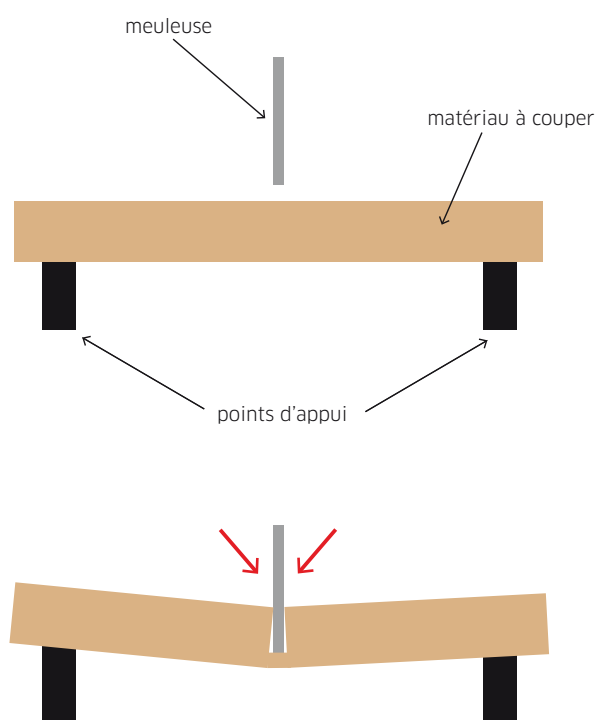
↑ FIGURE 1 Principe du débrayage mécanique centrifuge.



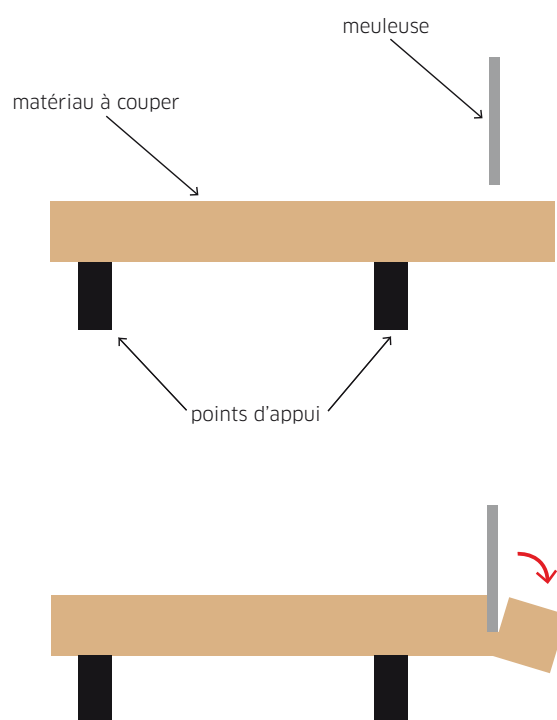
↑ FIGURE 2 Principe du système limiteur de couple.

© 3 Zfigs pour l'INRS

© 3 Zfigs pour l'INRS



Vers la fin de la coupe, les pièces découpées se referment sur le disque.



Vers la fin de la coupe, la pièce découpée s'écarte du disque et tombe par gravité.



éviter le phénomène de rebond. Il faut notamment :

- maintenir solidement la meuleuse, positionner le corps et le bras de manière à pouvoir résister aux forces de rebond et toujours utiliser la poignée latérale pour contrôler au maximum les rebonds ou les réactions de couple au moment du démarrage;
- ne pas positionner le corps dans l'alignement du disque en rotation afin de ne pas se trouver sur la trajectoire de la meuleuse susceptible, lors d'un rebond, d'être propulsée;
- être particulièrement prudent lors d'opérations sur des coins, des arêtes vives, etc. Ceux-ci ont tendance à accrocher le disque en rotation et à provoquer une perte de contrôle ou un rebond;
- ne pas appliquer une pression excessive sur le disque et ne pas tenter de réaliser une découpe trop profonde car une surcharge du disque augmente sa probabilité de torsion ou de blocage à l'intérieur de la coupe et, par conséquent, la possibilité de rebond ou de casse du disque;
- couper l'alimentation de la meuleuse et la tenir sans bouger jusqu'à l'arrêt complet du disque lorsque celui-ci se coince ou si l'on interrompt la coupe pour une raison quelconque;
- ne jamais essayer de sortir le disque de la coupe tant que celui-ci est en mouvement, sinon il peut

se produire un phénomène de rebond;

- ne pas redémarrer la découpe, disque dans le matériau, car celui-ci peut se coincer et provoquer un rebond. Le laisser atteindre sa pleine vitesse et le replacer avec précaution dans la coupe;
- faire attention au mouvement des pièces découpées. En fin de coupe, elles ne doivent pas se refermer sur le disque (Cf. Figure 3);
- faire très attention lors de la réalisation d'ouvertures dans des cloisons existantes ou dans d'autres zones dont la partie arrière n'est pas visible. Le disque peut couper des conduites de gaz ou d'eau, des fils électriques ou d'autres objets entraînant un rebond. ●

↑ FIGURE 3
Points d'appui du
matériau à couper.

POUR EN SAVOIR +

- Norme NF EN 60745-1: « Outils électroportatifs à moteur. Sécurité. Partie 1: Règles générales », AFNOR, novembre 2009.
- Norme NF EN 60745-2-3: « Outils électroportatifs à moteur. Sécurité. Partie 2-3: Règles particulières pour les meuleuses, lustreuses et ponçuses du type à disque », AFNOR, avril 2011.



FOCUS SUR... Ce qu'il faut savoir sur la réglementation et la normalisation

Les meuleuses sont soumises à l'annexe I de la directive « Machines » 2006/42/CE, transposée dans le Code du travail par l'article R. 4312-1, qui stipule que « la machine est conçue et construite pour être apte à assurer sa fonction et pour qu'on puisse la faire fonctionner... sans exposer quiconque à un risque lorsque ces opérations sont accomplies, dans les conditions prévues par le fabricant, mais en tenant également compte de tout mauvais usage raisonnablement prévisible... ».

Comment prévenir ces mauvais usages? Qu'ils soient intentionnels ou non, ceux-ci sont prévisibles sur la base de retours d'expérience, d'enquêtes menées à la suite d'accidents et de la connaissance du comportement humain. Parmi ces mauvais usages, on distingue:

- le mauvais positionnement du corps et du bras, ainsi que le non-usage de la poignée latérale pouvant provoquer une perte de contrôle de la meuleuse par l'opérateur;
- le fait d'appliquer une pression excessive sur le disque pensant que cela va le débloquent, alors que cela risque au contraire de le casser;
- un défaut de concentration menant l'opérateur à redémarrer la coupe, disque dans le matériau;
- l'application de la « loi du moindre effort » pour la coupe d'un matériau, par exemple lorsque l'opérateur néglige de maintenir fermement la meuleuse;
- la volonté de maintenir la meuleuse en marche à tout prix, par exemple, lorsque le disque commence à se bloquer dans le matériau et que l'opérateur termine la coupe au lieu d'arrêter l'alimentation électrique de la meuleuse.

La réglementation précise également que « [...] toutes les dispositions nécessaires sont prises pour empêcher le blocage involontaire des éléments mobiles concourant au travail. Dans les cas où, malgré les précautions prises, un blocage est susceptible de se produire, les dispositifs de protection et outils spécifiques nécessaires sont, le cas échéant, prévus afin de permettre un déblocage en toute sécurité. La notice d'instructions et, si possible, une indication sur la machine mentionnent ces dispositifs de protection spécifiques et la manière de les utiliser. »

Le fabricant doit donc inclure, dans sa notice d'instructions, les indications pour une utilisation en sécurité de la meuleuse afin d'éviter le blocage du disque. Compte tenu des accidents graves qui surviennent, le fabricant doit également équiper la meuleuse d'un dispositif de protection qui permet soit d'éviter le blocage du disque, soit de réduire le risque d'effet de rebond en cas de blocage du disque.

De son côté, la norme EN 60745-1 de novembre 2009 « Outils électroportatifs à moteur. Sécurité. Partie 1: Règles générales » donne les prescriptions générales

qui sont communes à la plupart des outils électroportatifs à moteur. La norme EN 60745-2-3 d'avril 2011 « Outils électroportatifs à moteur. Sécurité. Partie 2-3: Règles particulières pour les meuleuses, lustreuses et ponceuses du type à disque » donne, quant à elle, les prescriptions qui complètent ou modifient les prescriptions données dans la norme EN 60745-1, afin de tenir compte des caractéristiques et des dangers particuliers de ces outils spécifiques. Elle s'applique, entre autres, aux meuleuses dont le diamètre de disque ne dépasse pas 230 mm pour une vitesse périphérique inférieure ou égale à 80 m/s.



© Patrick Delapierre pour l'INRS

Découpe d'un tuyau dans une chambre à vannes reliée au réseau d'eau potable.

Ces deux normes donnent la présomption de conformité aux exigences essentielles de santé et de sécurité de la directive « Machines » 2006/42/CE. Aujourd'hui, elles sont cependant contestées car elles comportent des lacunes concernant des risques occasionnant des accidents graves et fréquents (Cf. Encadré 2). En effet, le risque de rebond n'est pas traité dans ces documents et la norme EN 60745-2-3 de 2011 ne prévoit pas d'informer l'utilisateur sur le risque de rebond dans la notice d'instructions.

Compte tenu de l'état de la technique, le Ministère français chargé du travail a lancé une alerte au sujet de ces normes, laquelle se fonde sur l'insuffisance de spécifications techniques relatives aux exigences essentielles de l'annexe I de la directive. ●