



Dossier

CABINE D'ENGIN BIEN ÉQUIPÉE, SÉCURITÉ AMÉLIORÉE

❶ La cabine au cœur
de la prévention des risques

P. 22

❷ Risque vibratoire et postural au poste
de conduite des engins mobiles

P. 25

❸ Accès et visibilité:
deux aspects à ne pas négliger

P. 29

❹ La cabine protège
des nuisances
de l'environnement

P. 35

❺ Pour prévenir les risques,
le respect des normes
ne suffit pas

P. 37

Présente sur la plupart des machines mobiles, la cabine est un constituant essentiel qui doit permettre à l'opérateur de travailler en toute sécurité et de préserver sa santé. Elle doit en particulier le protéger contre les vibrations, les risques de retournement et de basculement, les risques de chutes et de collisions avec les piétons ou encore les nuisances de l'environnement. Si le respect des normes harmonisées garantit un niveau minimum de sécurité, l'employeur-utilisateur ne peut s'en contenter: il doit fournir à ses employés des machines équipées en fonction des tâches à réaliser et de l'environnement de travail.

A WELL-EQUIPPED CAB PROCURES IMPROVED SAFETY - Present on most vehicles and mobile machinery, the cabin or "cab" is an essential component that should enable operators or drivers to work with full safety and with their health being preserved. In particular, it should protect them from the risks of rollover or tipping, from vibration, from risks of falling or of collisions with pedestrians, or indeed from environmental damage and pollution. Although complying with harmonised standards guarantees a minimum safety level, employer users cannot be satisfied merely with that minimum: they need to supply their employees with machinery equipped to suit the tasks to be done and the working environment.

LA CABINE AU CŒUR DE LA PRÉVENTION DES RISQUES

Constituant essentiel de la plupart des machines mobiles à conducteur porté, la cabine ne peut être conçue sans prendre en compte les caractéristiques de la machine sur laquelle elle est installée. À la fois poste de conduite et poste de travail, la cabine contribue à prévenir différents risques parmi ceux auxquels est exposé le conducteur. Tour d'horizon.

THIERRY HANOTEL
INRS,
département
Expertise
et conseil
technique

RICHARD CLEVELAND
secrétaire
général adjoint
du pôle
technique du
Syndicat des
équipements
pour la
construction,
les
infrastructures,
la sidérurgie et
la manutention
(Cisma)

La plupart des machines mobiles, qu'elles soient utilisées pour des opérations de manutention, de levage, de terrassement ou dans le secteur routier (matériels d'entretien, d'exploitation et de construction des routes) sont équipées d'une cabine. Elle est généralement présente sur les machines mobiles à conducteur porté, même si elle n'est pas systématiquement obligatoire car elle peut, dans certains cas, créer des risques additionnels plus élevés, comme augmenter le risque de basculement ou de retournement de machines de petit gabarit. Dans certains cas, des dispositifs de protection tels que des structures « toit » suffiront à traiter les risques inhérents à un type de machine (c'est le cas notamment de certains matériels routiers). En revanche, la présence d'une cabine n'est pas pertinente dans le cas des machines mobiles à conducteur accompagnant ou encore des machines mobiles guidées à distance.

La cabine des machines mobiles à conducteur porté joue des rôles divers et complémentaires dans la prévention des risques. C'est l'analyse des risques fondée sur les usages de la machine prévus par le constructeur qui permet de déterminer précisément les prescriptions techniques qui s'imposent lors de la conception de sa cabine, afin de répondre aux nombreuses exigences essentielles de santé et de sécurité imposées par la réglementation européenne (directive européenne 2006/42/CE [1] dite directive « Machines ») qui s'appliquent aux machines mobiles (Cf. article « Pour prévenir les risques, le respect des normes ne suffit pas », page 37).

Prévenir les risques mécaniques

Parmi ces exigences réglementaires figure avant tout la protection du conducteur contre les risques dits mécaniques, comme les risques de retournement et/ou de basculement de la machine ainsi que de chute (et parfois de projection) d'objets sur l'habitacle, notamment pour les engins de levage et de manutention ou encore les engins de

démolition comme les pelles à long bras. On parle alors respectivement de structure de protection ROPS (*Roll Over Protective Structure*), TOPS (*Tip Over Protective Structure*) et FOPS (*Falling Object Protective Structure*). C'est le rôle fondamental de la cabine et tout particulièrement de la structure métallique qui en constitue l'armature.

En fonction des usages prévus, il peut être nécessaire de prévoir des structures capables de prévenir une combinaison de plusieurs de ces risques. Les concepteurs-constructeurs doivent alors garantir la robustesse des structures de protection en fonction des scénarios possibles envisagés par l'analyse de risques.

Dans tous les cas, la structure de protection a pour objet de préserver un volume limite de déformation (DLV, défini par la norme EN ISO 3164 [2] pour les engins de terrassement) autour de la position de l'opérateur assis sur son siège, afin qu'il ne soit pas écrasé lors de la déformation éventuelle de la cabine en cas de survenue d'un accident.

La directive « Machines » impose que le fabricant effectue ou fasse effectuer des essais appropriés pour chaque type de structure afin de vérifier qu'il répond aux exigences de performance requises. Ces essais de type sont décrits dans des normes internationales et, le plus souvent, réalisés par des entreprises spécialisées. En particulier :

- l'EN ISO 3471 [3] relative aux ROPS prévoit d'appliquer successivement à la structure de protection un effort latéral, un effort vertical puis un effort longitudinal, dont les valeurs sont définies en fonction du type d'engin (engin de terrassement à chenilles, à pneus, compacteur, tombeur...) et de sa masse ;
- l'EN ISO 3449 [4] relative aux FOPS prévoit de soumettre la structure de protection à la chute d'un objet normalisé, dont les dimensions et l'énergie sont définies en fonction des conditions d'utilisation de l'engin (niveau I pour les petits objets tels que briques, outils à main... lors d'opérations telles que travaux de voirie, aménagements paysagers et travaux de chantier de

construction et niveau II pour les objets lourds tels que rochers, arbres... lors des travaux de déblaiement de chantiers, de démolition en hauteur ou forestiers).

Les nuisances de l'environnement

Une autre des exigences réglementaires concerne la protection du conducteur contre tous les risques dus à un environnement dangereux, dans toutes les conditions d'utilisation prévues et prévisibles de la machine. Est en particulier concernée l'exposition aux ambiances de travail chaudes et/ou froides, aux conditions atmosphériques défavorables, aux poussières, à des atmosphères polluées par des substances dangereuses, aux vibrations, à l'humidité et au bruit.

Pour prévenir ces risques, les concepteurs-construc-teurs doivent avoir une bonne connaissance des nuisances auxquelles peut être exposé l'opérateur dans l'enceinte de la cabine et fournir, en fonction des environnements de travail, les systèmes de chauffage, de ventilation, de dégivrage, de climatisation, de filtration, d'isolation sonore ou encore de pressurisation appropriés (Cf. article « La cabine protégée des nuisances de l'environnement », page 35). Dans ce domaine, il existe un certain nombre de normes d'essais internationales permettant de caractériser les performances de ces systèmes.

Les vibrations

Des essais sont aussi effectués sur les sièges pour caractériser leurs performances quant à l'absorption des vibrations transmises à l'opérateur afin qu'ils soient adaptés au mieux aux engins sur lesquels ils sont installés et à leurs conditions d'utilisation. La nature des sols sur lesquels ils circulent (source d'accélération principalement verticales) et des chocs éventuels en lien avec le travail effectué (génération d'accélération le plus souvent horizontales) est notamment prise en compte. Les sièges eux-mêmes doivent également répondre à un certain nombre de prescriptions techniques en termes de dimensions, de latitude de réglage horizontal et vertical et d'adaptation au poids de l'opérateur tout en permettant, dans la majorité des cas, la mise en place d'un système de retenue du conducteur, indispensable en raison de l'existence de risques de basculement ou de retournement de l'engin (Cf. article « Risque vibratoire et postural au poste de conduite des engins mobiles », page 25).

Travailler en sécurité

Le poste de conduite en cabine doit permettre à un opérateur de travailler et déplacer sa machine en sécurité:

En garantissant des performances minimales de visibilité (directe et/ou indirecte) autour de

la machine (Cf. article « Accès et visibilité: deux aspects à ne pas négliger », page 29): Des travaux sont actuellement en cours au niveau international, dans le secteur des engins de terrassement, afin de revoir certaines performances de visibilité au poste de conduite. Il s'agit de la révision de la norme ISO 5006 « Engins de terrassement - Visibilité du conducteur - Méthode d'essai et critères de performance ». La maturité des normes issues du secteur du terrassement, et de celles-ci en particulier, est telle qu'elles servent souvent de repères pour d'autres familles de machines mobiles. C'est pourquoi les modifications en cours sur la norme ISO 5006 sont susceptibles d'avoir un impact sur d'autres familles de machines mobiles à court ou moyen terme. Une des modifications majeures porte sur la préférence accordée à la visibilité directe lors de la conception de la machine, plutôt qu'à l'installation de dispositifs additionnels d'aide à la conduite (rétroviseurs supplémentaires, systèmes caméra-moniteur) ou de détection d'obstacles.

En fournissant des constituants (portes, fenêtres, pare-brise) qui répondent aux prescriptions techniques résultant de l'analyse des risques:

Les portes, fenêtres et autres types d'ouvertures (trappes) sont généralement conçues pour éviter des ouvertures ou fermetures intempestives. La qualité des vitrages doit être adaptée en fonction des risques de projections. Les pare-brise sont également équipés d'un ou de plusieurs essuie-glaces et lave-glaces. La cabine doit être équipée d'un éclairage intérieur fixe capable de fonctionner avec le moteur à l'arrêt afin d'éclairer le poste de conduite et de rendre possible la lecture du manuel de l'opérateur dans l'obscurité.

En fournissant un espace de travail de l'opérateur ne présentant pas de risques:

Le plafond et les cloisons intérieures dans le poste de conduite, ainsi que le panneau de commande et les accès au poste de conduite ne doivent présenter ni arêtes vives, ni angles saillants.

Un poste de travail

La cabine est aussi un poste de travail, auquel il n'est pas rare que le conducteur accède très fréquemment au cours de sa journée et qu'il occupe pendant de nombreuses heures. Elle doit donc offrir:

Un espace et un lieu appropriés pour loger les organes de commande et éventuel(s) écran(s) de manière ergonomique pour le conducteur de l'engin: Là aussi, il existe un certain nombre de normes internationales qui déterminent des enveloppes spatiales dans lesquelles doivent être logés les dispositifs de commande - étant entendu



qu'une distinction est souvent faite entre les commandes primaires (à usage fréquent tels que joysticks, pédales) et les commandes secondaires (touches d'un écran tactile). La position des moniteurs en cabine doit être telle qu'elle évite autant que possible de créer des obstacles à la visibilité directe.

Des accès (moyens d'accès, ouvertures) en sécurité pour les phases de montée et descente des engins (Cf. article « Accès et visibilité : deux aspects à ne pas négliger », page 29) : En termes d'accessibilité au poste de conduite, la cabine fait partie intégrante du moyen d'accès en raison :

- des dimensions mêmes de l'ouverture ménagée dans la cabine pour accéder au poste de conduite;
- de la position relative de cette ouverture par rapport aux moyens d'accès intégrés à la machine, tels que marches, escaliers, etc.;
- de la nécessité de fournir en permanence à l'opérateur trois points d'appui en phase de montée et descente (en prévoyant si nécessaire des poignées intégrées à la cabine par exemple);
- de la possibilité qui doit être offerte à l'opérateur de conserver une position stable, notamment en phase de montée et d'ouverture de la porte d'accès.

En tenant compte également du confort de l'opérateur : L'amélioration des conditions de travail nécessite généralement d'aller plus loin que le simple respect des exigences énoncées ci-avant afin de proposer au conducteur un environnement de travail non seulement sûr mais en outre confortable.

Cas des machines mobiles associant un porteur grande série et une machine

Soulignons que de nombreuses machines mobiles à conducteur porté résultent de l'association d'un véhicule porteur (véhicule de grande série comme un camion, voire un tracteur) et d'une machine. C'est le cas notamment de certaines machines d'entretien des routes (répanduses de liants bitumeux, gravillonners), d'exploitation des routes (machines de viabilité hivernale, d'entretien des accotements routiers ou de nettoyage des chaussées)

ou encore des machines de transport et malaxage du béton (camions-toupies). Pour cette famille de machines mobiles, les concepteurs-constructeurs doivent parfois composer avec les contraintes liées aux cabines du véhicule porteur lui-même pour répondre aux exigences de la réglementation.

Il est à noter que des travaux européens sont actuellement menés dans le domaine des matériels d'entretien des accotements routiers (typiquement les machines de fauchage-débroussaillage utilisées sur les voies ouvertes à la circulation publique) afin d'introduire de nouvelles exigences dans la norme européenne de sécurité destinées à circonscrire dans l'espace les positions des commandes à l'intérieur des cabines des porteurs (souvent des tracteurs agricoles) dans lesquelles la marge de manœuvre pour installer de nouvelles commandes est parfois très faible.

Dans certains cas, les concepteurs-constructeurs font le choix de développer un véhicule porteur étudié spécialement pour des usages précis, ce qui est l'occasion de s'affranchir de certaines contraintes intrinsèques aux véhicules de grande série (encombrement de l'espace cabine, visibilité directe impactée, position du siège inadéquate...).

Cas de machines spéciales

Enfin, dans certaines applications, la cabine doit répondre à des prescriptions techniques additionnelles, notamment lorsque le poste de l'opérateur est conçu pour être translatable, inclinable (cas de certaines pelles de démolition) ou élevable. Si des prescriptions techniques existent déjà dans les normes européennes de sécurité, de nouvelles exigences sont en cours d'écriture dans ce domaine afin de prendre en compte l'état de l'art. À titre d'exemple, des exigences seront intégrées dans la prochaine version des normes européennes relatives à la sécurité des engins de terrassement.

Dans tous les cas, la cabine est un constituant essentiel d'une machine qui ne peut être conçu sans prendre en compte d'autres aspects intrinsèques à la machine sur laquelle elle sera installée. En effet, que cela soit en matière de visibilité, de vibrations, de bruit ou encore d'accès au poste de conduite, la cabine est interdépendante du reste de la machine. ●

BIBLIOGRAPHIE

[1] Directive « Machines » : la version applicable de cette directive est la 2006/42/CE, transposée en droit français par le décret n°2008-1156 du 7 novembre 2008 qui a introduit dans notre Code du travail l'article R. 4312-1 et son annexe I.

[2] NF EN ISO 3164 : Engins de terrassement – Étude en laboratoire des structures de protection – Spécifications pour le volume limite de déformation.

[3] NF EN ISO 3471 : Engins de terrassement – Structures de protection au retournement –

Essais de laboratoire et exigences de performance.

[4] NF EN ISO 3449 : Engins de terrassement – Structures de protection contre les chutes d'objets - Essais de laboratoire et critères de performance.

RISQUE VIBRATOIRE ET POSTURAL AU POSTE DE CONDUITE DES ENGIN MOBILES

Les conducteurs d'engins mobiles sont régulièrement exposés à des vibrations, des secousses ou des chocs transmis à l'ensemble du corps par le siège et le plancher de la cabine. Les travaux de l'INRS ont permis d'élaborer une démarche générale pour évaluer le risque vibratoire.

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

Plus de 10% des salariés sont amenés à conduire des véhicules mobiles vibrants dans presque toutes les branches d'activité: construction, travaux publics, espaces verts, transport et logistique, ateliers mécaniques, carrières, transports publics, services... À court terme, les vibrations altèrent le confort de conduite et la tâche à effectuer. Ces vibrations, parfois intenses, peuvent aussi présenter un risque à plus ou moins long terme pour la santé des conducteurs: douleurs lombaires (ou lombalgies), dorsales et cervicales, hernies discales, dégénérescence précoce du rachis. Le fait de devoir rester assis de longues heures au poste de conduite ainsi que la nécessité d'adopter des postures parfois contraignantes (conduite en marche arrière, par exemple) peuvent contribuer à aggraver ces pathologies. Les hernies discales au niveau lombaire, et leurs conséquences liées à l'exposition aux vibrations, sont reconnues depuis 1999 comme des maladies professionnelles au titre du tableau 97 du régime général de la Sécurité sociale. Les 459 reconnaissances en 2013 constituent un coût direct important pour les entreprises (environ 12 millions d'euros), auquel il faut rajouter les coûts indirects (perte de productivité, de compétences, etc.).

Face à ce risque, que doivent faire les employeurs ?

Le Code du travail leur impose d'évaluer le risque généré par ces vibrations sur les salariés [1]. Cette démarche comporte trois étapes:



- identifier les sources (engins mobiles vibrants et conditions d'utilisation);
 - estimer et, si nécessaire, mesurer l'exposition vibratoire journalière A(8), en m/s^2 , des opérateurs concernés;
 - comparer les valeurs d'exposition estimées A(8) à la valeur d'action et à la valeur limite fixées par la réglementation (Cf. Tableau 1) pour les vibrations transmises à l'ensemble du corps.
- L'évaluation de l'exposition vibratoire quotidienne A(8) [2] s'appuie sur les normes ISO 2631: 1997 et EN 14253: 2008 [3, 4] selon l'arrêté d'application du 6 juillet 2005 [5] (pris pour l'application des articles R.4441-1 à R.4447-1 du Code du travail). Dans le cas le plus fréquent d'un opérateur conduisant un seul engin vibrant, l'exposition se calcule en fonction de la valeur efficace maximale a_w des

Valeur d'exposition journalière déclenchant l'action de prévention (dite « valeur d'action »)	0,5 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	1,15 m/s^2	Ne doit jamais être dépassée.

↑TABLEAU 1 Valeurs seuils d'exposition aux vibrations transmises à l'ensemble du corps pour une exposition journalière de 8 heures.



FIGURES 1A ET B → Exemple de poste de conduite d'un engin mobile. Sur l'assise du siège est positionnée une cupule contenant un accéléromètre tridirectionnel pour mesurer les vibrations.



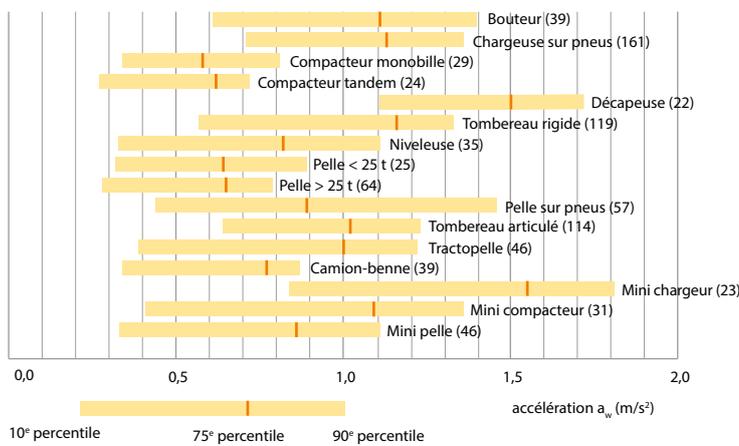
accélérations pondérées selon les trois axes, relevée sur l'assise du siège, et de la durée d'exposition quotidienne associée T :

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

La valeur efficace a_w des vibrations s'exprime en mètre par seconde au carré (m/s^2) et représente

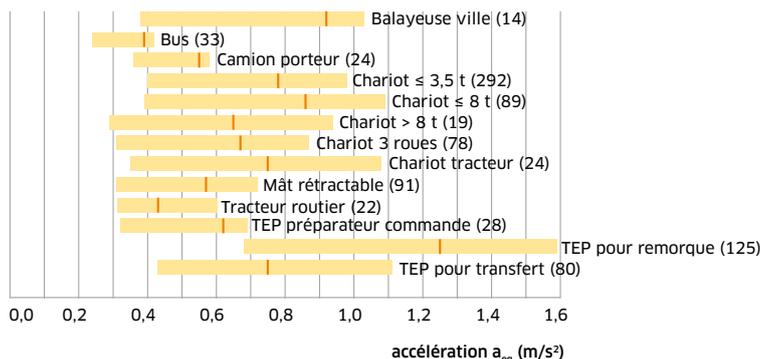
l'accélération pondérée en fréquence au niveau du siège d'une personne assise (ou des pieds d'une personne debout) et mesurée sur les trois axes X, Y et Z orthogonaux de l'espace (Cf. Figure 1).

Les Centres de mesures physiques (CMP) des Caisses régionales (Carsat/Cramif/CGSS) sont habilités à faire ce type de mesures. Des intervenants en prévention des risques professionnels, s'ils sont formés, peuvent également s'en charger. Mais ces mesures restent longues et coûteuses à mettre en œuvre.



Pour chaque famille, le nombre d'engins mesurés est indiqué entre parenthèses. Plage jaune: Sur X valeurs d'accélération pour une famille d'engins, on a éliminé les 10% les plus faibles ainsi que les 10% les plus fortes.

↑ FIGURE 2 Plage des valeurs des accélérations efficaces a_w mesurées en situation réelle sur des engins mobiles tout terrain.



↑ FIGURE 3 Plage des valeurs des accélérations efficaces a_w mesurées en situation réelle sur des engins mobiles utilisés en logistique et dans les transports (données actualisées en décembre 2015).

aux vibrations, par exemple quand l'engin roule. La calculette Osev se télécharge depuis le site web de l'INRS.

Attention: Conformément à la directive « Machines » 2006/42/EC [6], les fabricants doivent faire figurer les niveaux d'émission de vibrations des engins dans leurs brochures techniques. Ces informations peuvent permettre d'identifier les modèles d'engins les moins vibrants. Néanmoins, ces données d'émission ne correspondent pas à l'exposition vibratoire journalière A(8). Obtenues selon des codes d'essais normalisés fondés sur des tâches plus ou moins artificielles, elles sont mal adaptées pour estimer le risque vibratoire en situation réelle.

Évaluation de la posture

S'il est aujourd'hui admis qu'une exposition prolongée aux vibrations de l'ensemble du corps peut être à l'origine de lombalgies professionnelles, de nombreux experts s'accordent sur le fait qu'il ne s'agit pas du seul facteur de risque de mal de dos chez le conducteur [7]. Les postures statiques et les mouvements liés à la tâche des conducteurs sont également considérés comme des cofacteurs de risque important.

Afin d'obtenir des données quantifiées sur le sujet, les postures et les mouvements du corps ont été mesurés simultanément aux amplitudes vibratoires par l'INRS dans trois engins de chantier : une pelle à chenilles, un tombereau et une chargeuse. Les mesures ont été répétées sur douze conducteurs par engin. Elles ont été effectuées grâce au système Cuela développé par l'Ifa¹ (Cf. Figure 4). Ce système est composé d'accéléromètres, de

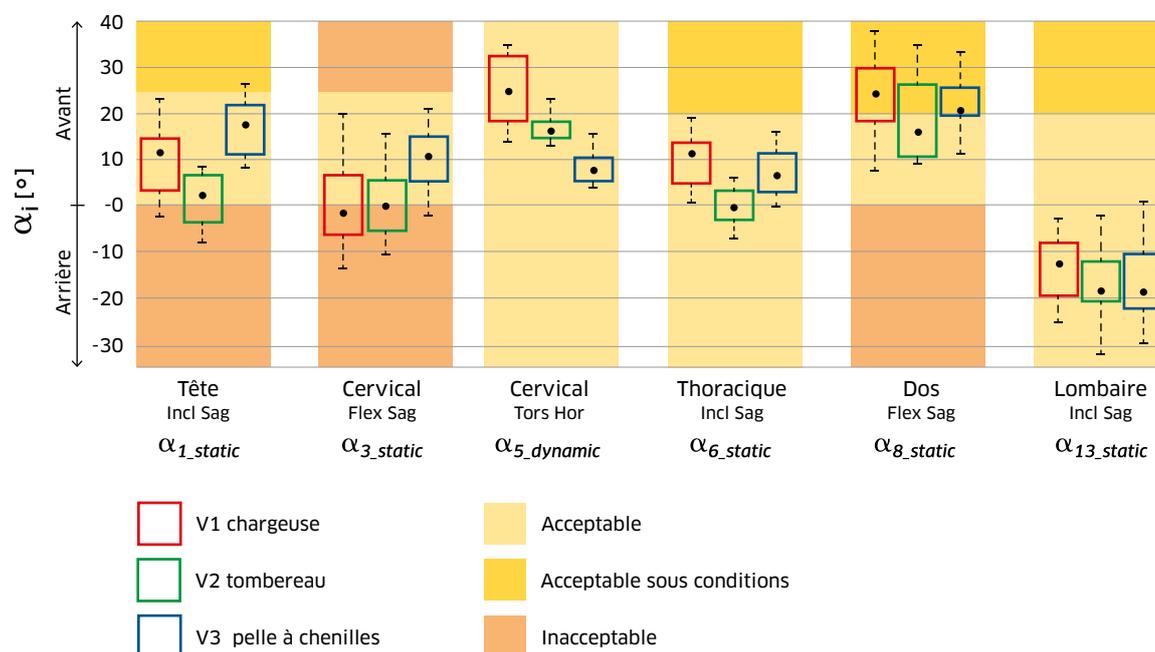


- Accéléromètre/gyroscope
- Angles calculés (flexion)
- Angles mesurés (inclinaison)

gyroscopes ainsi que de capteurs angulaires fixés sur les vêtements des conducteurs [7].

Les mesures sont conformes aux préconisations du rapport technique normalisé ISO/TR 10687:2012, qui définit quels segments du corps prendre en compte pour décrire la posture d'un opérateur mobile dans un environnement vibratoire (tête, cage thoracique, bassin, etc.) [8]. Ce rapport ne définit pas, pour des postures types, de méthode d'évaluation des effets combinés à l'exposition aux vibrations. Pour cette raison, les angles articulaires mesurés sur les douze conducteurs ont été comparés aux valeurs limites (« acceptable », « acceptable sous conditions » - temps de maintien courts, faibles fréquences

↑ FIGURE 4
Mesure de la posture du conducteur par un système Cuela.



← FIGURE 5
Angles articulaires de différentes parties du corps de douze conducteurs mesurés dans trois engins.

de mouvements - et « inacceptable ») dérivées de la norme ISO 1005-4:2005 pour l'évaluation des postures et des mouvements au travail [9] (Cf. Figure 5).

Des différences entre les trois engins apparaissent pour certains angles articulaires adoptés par les conducteurs. Par exemple, les inclinaisons de la tête vers l'avant sont plus prononcées lors de l'utilisation de la pelle sur chenilles que pour le tombereau. Dans un environnement statique, ces angles seraient « acceptables » sur les trois engins. Des études complémentaires sont envisagées pour vérifier s'il en est de même avec un véhicule particulièrement vibrant comme le tombereau. L'angle de flexion cervicale avant-arrière lors de l'utilisation de la pelle est également différent de celui des deux autres engins. Selon la norme EN 1005-4:2005, ces flexions seraient « acceptables » dans la pelle en statique, mais ne le sont pas dans la chargeuse et le tombereau. Des différences apparaissent enfin entre les trois engins dans les mouvements de rotation du cou. Ces mouvements sont de plus grande amplitude dans la chargeuse que dans les deux autres engins, mais sont considérés comme « acceptables » pour les trois engins. En ce qui concerne les angles du dos, ils sont en général considérés comme acceptables à l'exception de la flexion sagittale sur la chargeuse et la pelle. Des recherches complémentaires seront réalisées en laboratoire pour mettre au point une méthode d'évaluation tenant compte simultanément des postures et des vibrations.

Conclusion

Nos travaux montrent que l'utilisation d'engins

POUR EN SAVOIR +

- Dossier « Vibrations transmises à l'ensemble du corps » (calculatrice, actes, brochures, focus...), consultable sur www.inrs.fr.
- Outil simplifié d'évaluation de l'exposition aux vibrations (Osev), téléchargeable sur www.inrs.fr.

expose souvent les opérateurs à des niveaux de vibrations supérieurs aux valeurs limites légales après quelques heures d'exposition (chariots pénétrant dans une remorque ou évoluant sur un sol dégradé, engins de chantier en déplacement...). Les risques dus à la contrainte vibratoire élevée peuvent être aggravés par les contraintes posturales au niveau du cou et du dos dans certains engins. Les fabricants travaillent sur la conception d'engins moins vibrants et plus ergonomiques, qui devraient permettre de réduire le risque de douleurs lombaires et cervicales en utilisation normale. La brochure ED 6130 [10] relative aux engins de chantier et les fiches focus dédiées aux chariots de manutention et aux transpalettes [11, 12] traitent de la prévention des vibrations aux postes de conduite de ces derniers. ●

1. Ifa: Institut für Arbeitsschutz.

Remerciements

Les mesures en entreprise ont été réalisées en collaboration avec l'ensemble des agents des Centres de mesures physiques des Carsat/Cram.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Articles R. 4444-1 à R. 4447-1 du Code du travail, relatifs aux prescriptions de sécurité et santé applicable en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus aux vibrations mécaniques.
- [2] DONATI P. *Vibrations et mal de dos*. INRS, ED 6018, mars 2014.
- [3] NF ISO 2631-1:1997/A1:2014 - Vibrations et chocs mécaniques - Évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps - Partie 1: spécifications générales.
- [4] NF EN 14253 + A1:2008 - Vibrations mécaniques - Mesurage et calcul de l'effet sur la santé de l'exposition professionnelle aux vibrations transmises par l'ensemble du corps - Guide pratique.
- [5] Arrêté du 6 juillet 2005 pris pour l'application des articles R. 4441-1 à R. 4447-1 du Code du travail.
- [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 juin 2006.
- [7] AMARI M., DONATI P. Opérateurs d'engins mobiles. Vers une prise en compte de la posture dans l'évaluation du risque vibratoire. HST 2^e trimestre 2012, 227/29.
- [8] ISO/TR 10687:2012 - Vibrations mécaniques - Description et détermination des postures assises en référence à des vibrations transmises à l'ensemble du corps.
- [9] NF EN 1005-4:2005 / IN1:2008 - Performance physique humaine - Sécurité des machines - Partie 4: évaluation des postures et mouvements lors du travail en relation avec les machines.
- [10] CARUEL É. ET AL. *Réduction des vibrations au poste de conduite des engins de chantier. Travailler sans secousse*. INRS, ED 6130, juillet 2012.
- [11] CARUEL É. ET AL. Réduction des vibrations au poste de conduite. Chariots élévateurs de manutention. INRS, Focus sur www.inrs.fr, mars 2014.
- [12] CARUEL É. ET AL. Réduction des vibrations au poste de conduite. Transpalettes. INRS, Focus sur www.inrs.fr, mars 2014.

ACCÈS ET VISIBILITÉ: DEUX ASPECTS À NE PAS NÉGLIGER

Les chutes de hauteur, heurts et écrasements comptent parmi les accidents les plus graves lors de l'utilisation d'équipements de travail mobiles. En cause, bien souvent, les modes d'accès et de descente de la cabine et des points d'intervention, ainsi que les problèmes de visibilité. Alors que les normes garantissent un niveau d'exigence minimal en termes de sécurité, certains constructeurs commencent à équiper leurs machines de dispositifs innovants permettant d'améliorer la prévention de ces risques.

THIERRY HANOTEL
INRS,
département
Expertise
et conseil
technique

JEAN-YVES AUGÉ
Manitou,
directeur
Recherche et
développement

PATRICK BREHMER
Mecalac,
responsable
Produits &
Design

Parmi les causes d'accidents liés à l'utilisation des équipements de travail mobiles, deux sont particulièrement marquantes. La première, source de nombreux jours d'arrêt de travail, est la chute de hauteur. La seconde, à l'origine de plusieurs accidents graves et mortels chaque année, est le heurt ou l'écrasement de piétons.

Ainsi, en 2014, pour l'agent matériel « Machines mobiles d'extraction et de travail du sol », les 129 accidents du travail (4 jours d'arrêt de travail ou plus) recensés pour les chutes de hauteur ont eu pour conséquence la perte de 8921 journées de travail, qui représentent près de 12% des 74504 journées perdues correspondant à cet agent matériel.

La codification des accidents du travail ne permet pas d'extraire les données statistiques relatives aux heurts et écrasements de piétons par des engins. En revanche, on trouve dans la base de données Épicea, qui rassemble plus de 19000 cas d'accidents du travail survenus depuis 1990 à des salariés du régime général de la Sécurité sociale, plusieurs récits, dont les suivants :

- « Sur un chantier de VRD, le salarié âgé de 34 ans effectuait le guidage de la charge lors d'une opération de levage réalisée avec une pelle hydraulique. Les nécessités de la manœuvre l'ont amené à droite de l'engin, zone de peu de visibilité à cause de la présence du bras de l'équipement de terrassement. Soudain un passant fait stopper la pelleuse: la victime a été écrasée par la roue avant gauche de la pelle. Il n'y a pas eu de témoin de l'accident. »
- « Le salarié, âgé de 52 ans, se rendait à pied vers la station de traitement des granulats en cheminant à proximité d'un engin. Le conducteur de celui-ci tourna légèrement sur la gauche sans voir la victime, qui fut écrasée par la roue arrière de l'engin. La victime, atteinte à la cage thoracique, est décédée. »

Ces deux sujets, celui des chutes et celui de la visibilité, très dissemblables en apparence, sont pourtant liés. En effet, pour être efficace, la prévention de ces risques dépend essentiellement de la conception de l'engin en général et de sa cabine en particulier. Deux aspects sont particulièrement importants: l'accès à la cabine et la visibilité au sein de celle-ci.

L'accès

L'accès aux postes de travail recouvre, d'une part, les accès au poste de conduite proprement dit, utilisés par le conducteur plusieurs fois voire plusieurs dizaines de fois par jour et, d'autre part, les accès aux points d'intervention pour réaliser des opérations occasionnelles et souvent imprévisibles de graissage, d'entretien, de maintenance... Le plus souvent, dans l'esprit de l'acheteur - utilisateur - employeur, puisque la machine achetée porte le marquage « CE », il va de soi qu'elle est conforme aux réglementations européennes et donc qu'elle est munie de tous les moyens et dispositifs nécessaires pour que les opérateurs :

- montent dans la cabine en utilisant la méthode des trois points et en descendent sans sauter, ainsi qu'on le leur a enseigné lors de la formation réglementaire obligatoire;
- accèdent aux points de maintenance et réalisent les interventions prévues sans aucun risque pour leur santé et leur sécurité.

Mais ce n'est pas si simple. Les engins de chantier ou de manutention sont, bien évidemment, soumis aux règles techniques de la directive « Machines » [1], qui fixe des exigences essentielles de santé et de sécurité identiques pour tous les accès, en particulier: la machine doit être « conçue et construite de manière à permettre l'accès, en toute sécurité, à tous les emplacements où une intervention est nécessaire durant le fonctionnement, le réglage et l'entretien de la machine », et les parties de la machine où des personnes sont susceptibles de se



ENCADRÉ 1

UN MOYEN MOTORISÉ DÉFINIT UN NOUVEAU STANDARD POUR L'ACCÈS AU POSTE DE CONDUITE

Sur les machines à tourelle, en raison de la position de la cabine, l'accès au poste de conduite se situe généralement au-dessus des pneumatiques de l'engin, donc fortement excentré par rapport aux marches d'accès placées entre les roues. De plus, lorsque la tourelle est en ligne, le seuil de cabine est le plus souvent aligné verticalement avec le côté du châssis ; l'opérateur doit alors « escalader » l'engin en position de surplomb et forcer sur les bras. De ce fait, les opérateurs préfèrent souvent orienter la tourelle par rapport à l'axe du châssis afin de descendre sur les pneumatiques, puis de sauter sur le sol, augmentant ainsi le risque de chute et de glissade. Ces considérations ont permis de définir trois objectifs pour la conception d'un nouveau moyen d'accès à la cabine : disposer l'accès au poste de conduite en face de l'entrée de la cabine, supprimer le surplomb et rendre les marches visibles en phase de descente. Cette problématique a conduit au développement d'un marchepied déployable, qui a fait l'objet d'un brevet européen (Cf. Figure 1).



↑ FIGURE 1 Le marchepied déployable permet un accès au poste de conduite intuitif, centré, visible et sans surplomb.

En phase de travail, ce marchepied est « rangé » près du châssis afin d'éviter tout risque d'interférence avec un élément extérieur. Dès que l'opérateur lève son accoudoir afin de s'extraire de son siège, le mode parking de l'engin est engagé et le marchepied vient se positionner automatiquement en face de l'accès à la cabine. Ainsi, l'opérateur peut visualiser ses appuis avant d'entamer la descente et, grâce au positionnement des marches en retrait l'une par rapport à l'autre, tout en restant dans l'axe de l'ouverture, la descente se fait dans de bonnes conditions de sécurité et de confort. La forme de la main courante extérieure a été optimisée afin de faciliter sa visualisation depuis le siège et de suivre la trajectoire naturelle de la main de l'utilisateur. En phase de montée, la symétrie et le centrage du système permettent un accès simplifié en éliminant tout risque de se « tromper de pied » en attaquant l'accès à la cabine. Accéder au poste de conduite devient alors aussi simple et sécurisé que de monter un escalier.

déplacer ou de stationner doivent être « conçues et construites de façon à empêcher que ces personnes ne glissent, trébuchent ou tombent ».

Ce sont les normes définissant les règles à appliquer lors de la conception des équipements concernés qui introduisent des prescriptions spécifiques pour les différents moyens d'accès, en fonction notamment de leur destination et de leur fréquence d'utilisation.

Ainsi, la norme NF EN ISO 2867 [2] relative aux moyens d'accès des engins de terrassement, mais aussi utilisée pour les chariots tout-terrain à portée variable, impose que des moyens d'accès sûrs (escalier, échelle, rampe, main-courante, garde-corps...) soient prévus sur la machine elle-même pour l'accès au(x) poste(s) de travail ainsi qu'à l'ensemble des accessoires ou options fournis par le fabricant (rétroviseurs, par exemple) afin de permettre leur utilisation et leur maintenance. En revanche, ils ne sont pas obligatoires pour les points de maintenance régulière dont la fréquence est plus que mensuelle. Le recours à d'autres moyens d'accès non intégrés à la machine (PEMP, escalier...) ou à des systèmes de protection contre les chutes de hauteur peut être envisagé par le constructeur.

Cependant, les exigences de cette norme internationale sont assez peu contraignantes. Par exemple, dans de nombreux cas, la hauteur maximale par rapport au sol autorisée pour la première marche ou le premier échelon peut aller jusqu'à 70 cm et la hauteur entre deux marches ou échelons successifs peut atteindre 50 cm. Cette norme autorise aussi un déplacement horizontal de plus de 50 cm entre deux appuis, raison pour laquelle les accès au poste de conduite des pelles hydrauliques sont si rarement positionnés dans l'axe de la porte de cabine.

C'est pourquoi la norme EN 1459-1 [3] relative à la conception des chariots tout terrain à portée variable, dont la parution est prévue au 2^d semestre 2016, comportera des clauses supplémentaires afin de renforcer les exigences de la NF EN ISO 2687. En particulier, le premier échelon d'accès devra être au maximum à 55 cm du sol et l'écart vertical entre deux échelons successifs ne pourra pas dépasser 35 cm. Mais toutes ces valeurs, comme celles de la NF EN ISO 2867, s'appliqueront à la machine reposant sur ses pneumatiques et pourront donc être augmentées de façon très significative si le chariot est dressé sur ses stabilisateurs (pour ceux qui en sont pourvus).

Par ailleurs, il est très difficile de traduire en prescriptions normatives des exigences de la directive « Machines » beaucoup plus floues, mais pourtant essentielles, comme : « Les mains courantes et marchepieds sont conçus, construits et disposés de manière que les opérateurs les utilisent



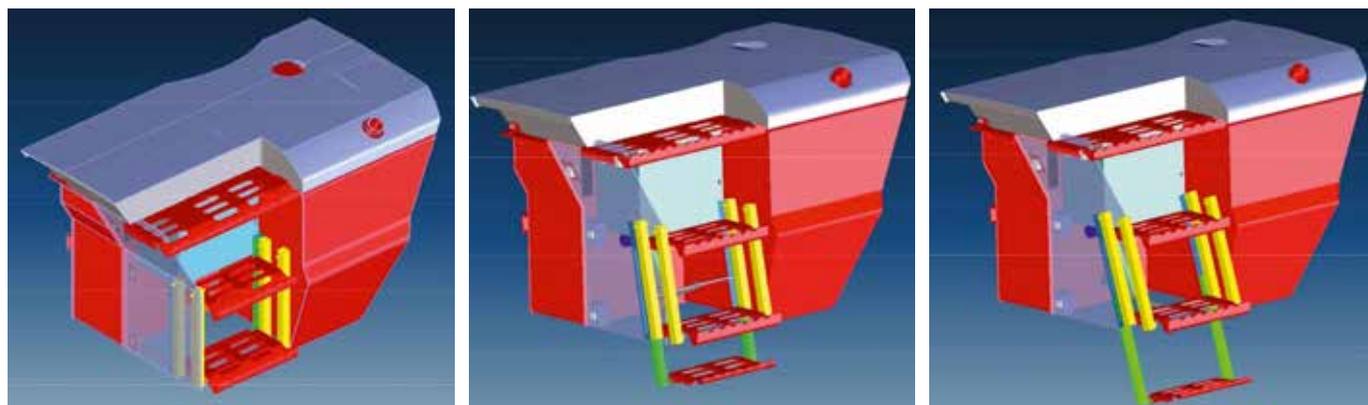
© Graël Kerbaol/NRS

L'accès au poste de conduite d'un engin mobile doit se faire en utilisant la méthode des 3 points.

instinctivement » (3.4.5). En effet, comment être plus clair ou précis que le libellé de la directive sans pour autant introduire des clauses techniques qui seraient de nature à imposer une conception (taille, forme, disposition...) et donc à limiter les possibilités d'innovation des designers? Par exemple, la norme NF EN ISO 2867 mentionne uniquement que « *l'utilisation correcte des moyens d'accès doit être évidente sans formation particulière en ce qui concerne la pose des mains et des pieds* ». En pratique, on peut considérer que le respect de ce type d'exigences, bien que très importantes pour la santé et la sécurité, repose uniquement sur le bon sens des concepteurs. À l'instigation des pouvoirs publics et des praticiens de la prévention, notamment allemands et français, un groupe de travail a commencé à rédi-

ger un projet de norme ISO 14122-5 destiné à compléter la série existante NF EN ISO 14122-1 à 14122-4 [4] sur les accès aux machines. L'ambition de cette partie 5, consacrée spécifiquement aux machines mobiles, est de définir et d'harmoniser les règles qui s'appliquent à tous ces équipements. Heureusement, sous la pression du marché, les pratiques commencent à évoluer. En effet, depuis peu, les préoccupations des acteurs de la prévention et des utilisateurs soucieux de prévention ont initié des réflexions et des avancées notables chez quelques constructeurs à l'écoute de ces besoins. Ainsi, des machines munies de moyens d'accès très nettement au-dessus des exigences normatives minimales font peu à peu leur apparition. Par exemple, une récente machine de terrassement polyvalente comporte de série un marche-

↓ **FIGURE 2**
Projet d'escalier télescopique rétractable proposé par Manitou pour les machines télescopiques à tourelle.



© Manitou



pied escamotable automatique pour l'accès à la cabine (Cf. Encadré 1).

Des réflexions similaires ont amené un constructeur de chariots de manutention à portée variable rotatifs à proposer une nouvelle solution – un escalier – pour l'accès au poste de conduite de ces machines, souvent délicat en raison de la présence de la tourelle qui impose une hauteur importante. Cet escalier télescopique et rétractable, qui se déploie en descendant au plus près du sol tout en s'écartant de la machine pour faciliter l'ascension, sera proposé en option sur plusieurs modèles de la gamme dans le courant de l'année 2016 (Cf. Figure 2). Si ce dispositif séduit les utilisateurs, cela pourrait inciter le constructeur à l'installer de série sur tous les modèles qui le justifient.

La visibilité

Les utilisateurs ont de plus en plus conscience que la qualité de la visibilité depuis le poste de conduite des machines mobiles est fondamentale pour prévenir les heurts entre ces équipements et les piétons (Cf. Encadré 2). Les différents types de machines mobiles ont d'ailleurs bénéficié d'avancées importantes sur cet aspect ces dernières années.

Mais, comme pour les moyens d'accès, les praticiens de la prévention sont rarement avertis du fait que des machines conformes peuvent présenter des niveaux de performance très différents en ce qui concerne la visibilité directe (c'est-à-dire sans le concours de miroirs, d'écrans, etc.), qui est

de loin la mesure de prévention la plus efficace. De plus, des évolutions dans d'autres domaines de la sécurité vont à l'encontre de l'amélioration de la visibilité, comme l'augmentation de la résistance au retournement qui impose le plus souvent de recourir à des structures de cabine plus massives, ou les normes antipollution qui nécessitent des composants (filtres, radiateurs, etc.) plus volumineux qui doivent prendre place sous des capots moteurs plus imposants.

Les exigences essentielles relatives à la visibilité figurent dans la partie 3 de la directive « Machines » - Règles techniques complémentaires pour pallier les dangers dus à la mobilité des machines. Leur énoncé est très simple: « *La visibilité depuis le poste de conduite est telle que le conducteur peut en toute sécurité, pour lui-même et pour les personnes exposées, faire fonctionner la machine et ses outils dans les conditions d'utilisation prévisibles. En cas de besoin, des dispositifs appropriés remédient aux risques résultant de l'insuffisance de la vision directe* » (3.2.1).

Les normes de conception de chaque catégorie de machine ou d'engin (normes de type C) se réfèrent, pour la visibilité, à des normes transversales qui doivent être respectées afin que les opérateurs aient une « *visibilité suffisante depuis le poste de conduite par rapport aux zones de déplacement et de travail de l'engin* ». L'objet de ces normes spécifiques est de quantifier en termes techniques, pour chaque type d'engin et/ou condition d'utilisation, cette notion de « *visibilité suffisante* ».

ENCADRÉ 2

PRÉVENTION DES COLLISIONS ENGIN-PIÉTONS : L'ÉTUDE PRECEP

Lorsque les mesures organisationnelles (organisation des flux de circulation engins et piétons, contrôle d'accès...) et les mesures générales destinées à améliorer la visibilité ont atteint leurs limites, des mesures techniques complémentaires peuvent être envisagées, comme l'implantation de dispositifs de détection de personnes (ou d'obstacles). Ces dispositifs participent de façon indéniable à la réduction des risques en tant que moyen d'information (ce ne sont pas des « systèmes de sécurité ») du conducteur et éventuellement des personnes exposées, et peuvent

nécessiter de jouer sur leur complémentarité avec des systèmes d'aide visuelle. Selon la situation, ils ne peuvent pas forcément régler l'ensemble des difficultés. L'étude Precep (Prévention des collisions engins-piétons), réalisée par l'INRS, a permis de replacer dans une démarche structurée d'analyse des risques, et après les avoir évaluées, cinq techniques de détection d'obstacles et de personnes pouvant être envisagées pour prévenir ce risque de collision engins-piétons (ultrasons, marqueur radio-électrique, analyse d'image, radar et scrutateur laser).

Cette étude a ainsi pris en compte les différents aspects de la problématique, notamment les spécificités liées à la nature, à la tâche et à l'activité de l'engin. En effet, les actions de prévention doivent respecter la nécessaire complémentarité entre l'organisation, la visibilité depuis le poste de conduite et le dispositif de détection.

Pour en savoir plus: voir le dossier « Les bonnes pratiques pour prévenir les collisions engins-piétons », HST, n° 236, septembre 2014 (www.hst.fr) et la brochure INRS ED 6083 (www.inrs.fr) [5].

ENCADRÉ 3

UNE PELLE ENTIÈREMENT REPENSÉE EN FONCTION DE LA VISIBILITÉ AU POSTE DE TRAVAIL

L'architecture des pelles concentre l'ensemble des composants (motorisation, groupe hydraulique...) sur la tourelle, autour de la cabine, nuisant à la vision directe sur le chantier. Plutôt que l'installation systématique de caméras arrière et latérales, imposant le recours à un écran, il est préférable de rechercher, dès la conception, une solution architecturale pour la machine et sa cabine permettant la vision naturelle et directe sur l'environnement de travail. Une nouvelle machine a été conçue en ce sens (Cf. Figure 3). Afin de favoriser la visibilité directe, seuls les composants hydrauliques sont intégrés à la tourelle alors que l'ensemble des composants thermiques et des réservoirs a été déporté sur le châssis

arrière. Cette remise à plat complète de l'architecture a permis d'intégrer un moteur plus volumineux (catalyseur et filtre à particules) et une surface de refroidissement supérieure de 30% tout en réduisant le volume du châssis de la machine, améliorant ainsi la visibilité arrière. Ainsi, cette nouvelle machine satisfait naturellement aux critères de visibilité de la norme ISO 5006 sur la zone arrière sans recours à des caméras ou des rétroviseurs (Cf. Figure 4). La cabine se doit d'intégrer une structure de protection ROPS (retournement) et FOPS (chute d'objet) tout en garantissant une surface vitrée maximale, afin d'éviter que sa structure ne « filtre » la vision directe

de l'environnement par le conducteur. Un important travail mené avec le fournisseur de cabine a permis de créer une cabine conforme à ces exigences et comportant seulement quatre montants. La suppression du montant arrière droit dégage la visibilité sur l'arrière de la machine, cruciale lors des manœuvres de recul. La suppression du montant latéral gauche libère la vue sur la tourelle, importante lors des rotations. Cette re-conception complète de l'architecture cabine a permis de « guider » les efforts encaissés lors des tests de retournement vers des zones structurales ne nuisant pas à la visibilité directe, dégageant une surface vitrée exceptionnelle de 5,7 m².



↑ FIGURE 3

Visibilité accrue due à la conception de la cabine.



↑ FIGURE 4

Respect en « vision directe » des critères de la norme ISO 5006 concernant la zone arrière.

Pour les engins de terrassement, il s'agit de la norme NF ISO 5006 [6] et pour les chariots de manutention à portée variable, de la norme NF EN 15830 [7], développée au niveau européen en raison de l'absence de norme internationale sur le sujet. Il est à noter que la norme NF EN 15830 ne concerne que les chariots à portée variable sans tourelle, et qu'il n'existe pas, à ce jour, de norme visibilité pour les chariots à portée variable dits « rotos ».

Les essais prescrits par ces normes imposent aux constructeurs de mesurer les zones de masquage,

c'est-à-dire les zones invisibles depuis la position normale de conduite, sur deux surfaces de référence: un cercle de 12 m de rayon correspondant aux risques liés au déplacement et un rectangle situé à 1 m autour des dimensions extérieures de l'engin correspondant aux risques liés au travail. Des critères minimaux d'acceptabilité sont fixés, mais lorsqu'ils ne sont pas atteints par la visibilité directe, il est autorisé d'y satisfaire au moyen de dispositifs additionnels (miroirs, caméras...). Par conséquent, le respect de cette norme, donc la conformité de la machine aux exigences



© Manitou

Une caméra intelligente permettant d'avertir le conducteur de la présence d'un piéton par une alarme sonore et lumineuse.

européennes sur ce point, ne garantit pas un niveau minimal de visibilité directe. Ainsi, il ne faut pas se désintéresser des machines qui sont peu, voire pas, pourvues d'origine de rétroviseurs, caméras, etc., car la présence de ces équipements de série peut être paradoxalement révélatrice d'une conception médiocre au regard de la visibilité directe. Le choix pertinent nécessite une analyse plus fine (Cf. Encadré 3). En outre, pour les chariots de manutention, la norme NF EN 15830 prend en considération la visibilité sur les bras de fourche lorsqu'ils sont en position déplacement, c'est-à-dire entre 25 et 35 cm du sol. En revanche, elle ne comporte aucune exigence relative à la visibilité sur la charge ou le porte-charge lors des opérations de manutention ou de levage. Là encore, il faut compter sur le bon sens des fabricants pour concevoir des engins offrant les meilleures conditions de visibilité (Cf. Encadré 4).

Prévention

L'utilisateur soucieux de prévention ne peut donc se contenter d'acheter une machine « conforme »

ENCADRÉ 4 POUR LES ENGIN DE MANUTENTION, LA VISIBILITÉ EST TOUT AUSSI IMPORTANTE LORSQUE LA MACHINE EST STATIQUE

Pour les chariots à flèche télescopique, dont la hauteur de levage peut dépasser 15 m, il est essentiel que le conducteur ait une parfaite visibilité sur l'accessoire et la charge manutentionnée. La conception de la grille située au-dessus de la cabine doit prendre en compte cette exigence en plus des normes et réglementations relatives à la protection du conducteur (Cf. Figure 5). Le recours à un siège basculant à commande électrique permet de compléter ce dispositif en offrant une posture ergonomique pour l'opérateur.



© Manitou

↑ FIGURE 5
Vue sur les bras de fourche en position haute, depuis la cabine.

les yeux fermés, sans analyse préalable. Jusqu'à ce que les praticiens de la prévention impliqués dans les groupes de normalisation européens et internationaux réussissent à obtenir des avancées significatives sur les exigences de ces textes, afin que le simple respect de ces normes soit suffisant pour atteindre un niveau de sécurité satisfaisant, il se doit d'effectuer un comparatif de l'offre disponible afin que ces critères d'accès et de visibilité soient pris en compte lors du choix d'un nouvel équipement de travail. ●

BIBLIOGRAPHIE

[1] Directive « Machines »: la version applicable de cette directive est la 2006/42/CE, transposée en droit français par le décret n°2008-1156 du 7 novembre 2008 qui a introduit dans notre Code du travail l'article R.4312-1 et son annexe I.

[2] NF EN ISO 2867: Engins de terrassement - Moyens d'accès.

[3] NF EN 1459-1: Chariots tout-

terrain - Exigences de sécurité et vérification - Partie 1: Chariots à portée variable (parution prévue au second semestre 2016).

[4] NF EN ISO 14122 parties 1 à 4: Sécurité des machines - Moyens d'accès permanents aux machines.

[5] Prévenir les collisions engins-piétons. Dispositifs d'avertissement. INRS, ED 6083, avril 2012.

[6] NF ISO 5006: Engins de terrassement - Visibilité du conducteur - Méthode d'essai et critères de performance.

[7] NF EN 15830: Chariots à portée variable tout-terrain - Visibilité - Méthodes d'essai et vérification.

LA CABINE PROTÈGE DES NUISANCES DE L'ENVIRONNEMENT

Une cabine ne doit pas seulement répondre à une norme et à une conformité à la réglementation. Elle doit avant tout protéger le conducteur contre les différents risques auxquels il est exposé et lui offrir des conditions de travail satisfaisantes, malgré un environnement extérieur parfois hostile. Cet article présente les principales préconisations en termes de chauffage, climatisation, ventilation et filtration de l'air au sein de la cabine, en fonction des conditions d'utilisation de l'engin.

BRUNO
COURTOIS,
THIERRY
HANOTEL
INRS,
département
Expertise
et conseil
technique

Outre son rôle fondamental de protection contre les risques mécaniques, une cabine d'engin a pour fonction de protéger l'opérateur contre les conditions climatiques extérieures (chaleur, froid, intempéries) et les polluants susceptibles d'être présents à l'extérieur et notamment les poussières.

Une cabine doit également assurer un apport suffisant en air neuf (air provenant de l'extérieur) pour garantir une concentration suffisante en oxygène au conducteur et évacuer le dioxyde de carbone, la vapeur d'eau qu'il émet et, si nécessaire, les polluants susceptibles d'être entrés dans la cabine. L'apport d'air neuf dans une cabine fermée est assuré par un système de ventilation. Compte tenu du fait que les engins ne sont pas destinés à rouler à vitesse constante en marche avant, pendant des temps significatifs, la ventilation sera nécessairement mécanique. Les normes NF EN 474-1 [1] et la future NF EN 1459-1 [2] requièrent un débit d'air neuf d'au moins 43 m³/h, qui est une valeur cohérente avec les prescriptions du Code du travail pour un individu seul effectuant un travail physique léger¹.

Protection contre les conditions climatiques extérieures

Au cours de la saison froide, le chauffage est nécessaire au confort de l'opérateur, à l'efficacité de son travail dans l'engin ainsi qu'à la prévention des risques auxquels il est exposé (hypothermie, TMS, mauvaise visibilité...). Les normes NF EN 474-1 et NF EN 1459-1 indiquent les performances pour un chauffage efficace, mais ne les imposent pas.

Lors de la saison chaude, la climatisation assure un meilleur confort de l'opérateur et ainsi une efficacité accrue au travail. De plus, une climatisation performante permet à l'opérateur de travailler avec les portes et les fenêtres fermées et d'être ainsi protégé à la fois des intempéries, d'un

environnement pollué, mais aussi d'une éjection en cas de retournement de l'engin. Cependant, les normes NF EN 474-1 et NF EN 1459-1 actuelles n'imposent pas non plus que l'engin soit équipé de la climatisation, qui reste une option. Cet équipement apparaît pourtant aujourd'hui indispensable du point de vue de la prévention des risques professionnels dans certaines conditions climatiques et dans un environnement poussiéreux ou pollué.

Protection contre les polluants extérieurs

Une protection efficace contre des poussières extérieures, et plus généralement contre des polluants, nécessite, d'une part, la filtration de l'air neuf introduit par la ventilation et, d'autre part, la mise en surpression de la cabine afin d'éviter les entrées de polluants par les défauts d'étanchéité de celle-ci.

Cependant, toutes les applications ne nécessitent pas l'utilisation d'un engin équipé d'une cabine en surpression et équipée de filtres à haute efficacité. C'est l'évaluation des risques fondée sur l'utilisation de l'engin et les conditions dans lesquelles il doit être utilisé qui permet de déterminer le niveau de protection que doit offrir la cabine.

D'une façon simplifiée, trois grandes situations peuvent exister :

- l'engin intervient dans des atmosphères pas ou peu polluées. C'est par exemple le cas d'engins ou de chariots automoteurs circulant sur des surfaces revêtues;
- l'engin intervient dans des atmosphères poussiéreuses, mais les poussières présentes n'ont pas d'effets spécifiques sur l'organisme ou ne contiennent que de faibles concentrations en poussières dangereuses pour la santé, comme la silice cristalline. Cela peut par exemple être le cas d'engins de terrassement intervenant sur des terrains non pollués ou d'engins utilisés pour la démolition de bâtiments;
- l'engin intervient dans des atmosphères



susceptibles de contenir soit des poussières dangereuses pour la santé (silice cristalline, amiante, plomb...) à des concentrations pouvant dépasser les VLEP de ces poussières, soit des poussières sans effets spécifiques mais à de fortes concentrations (supérieures à 10 mg/m³), soit des gaz dangereux pour la santé à des concentrations dépassant les VLEP. C'est le cas, par exemple, d'engins de terrassement intervenant sur des terrains amiantifères, en milieu confiné, d'engins utilisés dans des carrières avec de fortes teneurs en silice cristalline dans la roche ou de machines travaillant sur des sites de compostage qui, en plus des poussières, sont soumis à des gaz comme l'ammoniac. La protection de la cabine ne constitue alors qu'un des éléments nécessaires à la protection des salariés.

Le premier type de situation ne nécessite pas de pressurisation de la cabine, mais requiert une filtration minimale de l'air de la ventilation visant notamment à préserver le circuit de ventilation ou de climatisation si elle est présente.

Le deuxième type de situation, très courant, peut être traité par une filtration efficace de l'air de ventilation, une cabine permettant de travailler portes et fenêtres fermées dans toutes les conditions thermiques que peut rencontrer l'engin et avec, si possible, une légère mise en surpression de celle-ci (20 Pa, par exemple). Les normes EN 474-1 et EN 1459-1 imposent des filtres soumis à essais suivant la norme ISO 10263-2: 2007² et indiquent simplement que le choix des caractéristiques de l'élément filtrant dépend des conditions de l'environnement d'exploitation prévues. Dans la pratique, un filtre d'efficacité F9 selon la norme EN 779³ est généralement suffisant.

Le troisième type de situation n'est actuellement pas pris en compte par la normalisation. Il existe seulement une proposition d'annexe à la norme concernant les engins destinés à la construction de routes, et les normes EN 474-1 et EN 1459-1 imposent, pour les cabines munies d'un système de pressurisation, que celui-ci puisse assurer une surpression d'au moins 50 Pa. L'INRS a publié fin 2015 un aide-mémoire technique⁴ contenant des recommandations sur les caractéristiques des cabines d'engins adaptées à ce type de situation. Il existe également des documents similaires dans d'autres pays comme par exemple l'Allemagne⁵. Pour ce type de situation, l'ED 6228 fixe

un niveau de filtration pour les poussières dangereuses d'au moins H13 (selon la norme EN 1822) et pour les poussières sans effets spécifiques d'au moins E11 (selon la norme EN 1822⁶) ainsi qu'une surpression dans la cabine d'au moins 100 Pa⁷. En cas de présence de gaz dangereux pour la santé, il est nécessaire d'utiliser des filtres absorbants qui doivent être choisis en fonction de la nature des gaz susceptibles d'être présents. Un apport d'air neuf (air extérieur épuré) d'au moins 25 m³/h/occupant est requis. De plus, il est demandé un recyclage de l'air de la cabine avec passage par le système de filtration avec un débit d'air global (air neuf + air recyclé) de 40 fois le volume de la cabine/h pour assurer une décontamination rapide de celle-ci. Si l'utilisation d'une telle cabine est nécessaire pour protéger le conducteur, elle doit s'accompagner d'un certain nombre de précautions afin de garantir sa propreté et ne pas être elle-même source d'exposition du salarié.

Conclusion

Lors de l'acquisition d'un engin de terrassement ou de manutention, l'analyse des conditions d'utilisation ne doit pas omettre les risques, les nuisances et les sources d'inconfort liés à l'environnement de travail prévisible. À ce jour, la normalisation n'impose en général la fourniture d'aucun dispositif de traitement de l'air de l'habitacle, même aussi banal qu'un système de chauffage de la cabine. Par conséquent, quel que soit le résultat de cette analyse, il est nécessaire de s'assurer que les moyens requis (simple installation de chauffage/climatisation de l'habitacle, moyens de filtration renforcés, voire cabine pressurisée) sont explicitement mentionnés dans le cahier des charges de l'équipement concerné. ●

1. Le débit d'air neuf nécessaire à la respiration d'une personne dépend de l'effort physique qu'elle réalise. En général, le débit de ventilation minimum est déterminé pour limiter la concentration en dioxyde de carbone à 1000 ppm. De cette façon, le Code du travail prévoit pour les locaux sans travail physique un débit minimum de 25 m³/h/occupant et pour les locaux avec travail physique léger un débit d'au moins 45 m³/h/occupant.

2. ISO 10263-2 du 1^{er} février 2009, Environnement de l'enceinte de l'opérateur - Engins de terrassement - Partie 2: méthode d'essai de l'élément du filtre à air.

3. NF EN 779 du 1^{er} septembre 2012, Filtres à air de ventilation générale pour l'élimination des particules - Détermination des performances de filtration.

4. Assainissement de l'air des cabines d'engins mobiles, INRS, ED 6228, 2015.

5. Handlungsanleitung Fahrerinnen mit Anlagen zur Atemluftversorgung auf Erdbaumaschinen und Spezialmaschinen des Tiefbaues, BGI 581, BG BAU, 2007.

6. La mise en surpression permet d'éviter des entrées d'air et donc de polluants par d'autres voies que le système de ventilation de l'engin et les filtres.

7. Le débit d'air neuf nécessaire à la respiration d'une personne dépend de l'effort physique qu'elle réalise. En général, le débit de ventilation minimum est déterminé pour limiter la concentration en dioxyde de carbone à 1000 ppm.

BIBLIOGRAPHIE

[1] NF EN 474-1+A4, 2 novembre 2013, Engins de terrassement – Sécurité – Partie 1: Prescriptions générales.

[2] NF EN 1459-1, Exigences de sécurité et vérification – Chariots tout-terrain – Partie 1: chariots à portée variable (parution prévue au 2^d semestre 2016).

POUR PRÉVENIR LES RISQUES, LE RESPECT DES NORMES NE SUFFIT PAS

Pour qu'un engin puisse être utilisé en toute sécurité, il doit être conforme à la réglementation qui lui est applicable et adapté à l'opération à réaliser. Mais il doit aussi être doté de dispositifs et d'accessoires en adéquation avec la tâche et l'environnement de travail. Non seulement pour le confort du conducteur, mais aussi et avant tout pour préserver sa sécurité et sa santé. En attendant que la norme les impose en série sur les engins, l'employeur - acheteur doit comparer les offres du marché afin de choisir les équipements les plus performants pour prévenir les risques recensés.

**THIERRY
HANOTEL**
INRS,
département
Expertise
et conseil
technique

Les cabines d'engins sont avant tout celles d'équipements mobiles destinés à être utilisés dans des situations de travail qui peuvent être très variées. Une situation de travail est alors l'association d'un tel équipement de travail et d'un conducteur, en vue d'accomplir une tâche attendue dans un environnement donné.

Bien entendu, pour que cette opération soit réalisée en toute sécurité, la machine utilisée doit être conforme à la réglementation qui lui est applicable. Pour la plupart d'entre elles, c'est la procédure d'auto-certification qui s'applique, c'est-à-dire que le constructeur déclare - sous sa propre responsabilité et sans contrôle externe - qu'il l'a conçue et construite en respectant les exigences essentielles de la directive « Machines » [1]. Le plus souvent, le concepteur se contente de respecter les normes harmonisées pertinentes qui fixent, sur beaucoup de points, des exigences techniques minimalistes.

Il faut bien comprendre le sens de l'expression « machine conforme à la directive ». Cela signifie précisément que son utilisation ne présente pas de risques pour la santé et la sécurité, sous réserve qu'elle soit utilisée dans le strict respect de sa notice d'instructions et des limites d'emploi qui y sont définies. Or beaucoup de normes prennent en compte des conditions d'emploi théoriques, voire idéales pour définir les exigences techniques de conception applicables, dont la liste des équipements et accessoires qui doivent être fournis de série.

C'est pourquoi, bien que les règles de conception concernent essentiellement les constructeurs, l'employeur - acheteur qui acquiert un équipement de travail doit impérativement le choisir en s'assurant qu'il est conçu pour les tâches à réaliser, c'est-à-dire que sa notice d'instructions ne comporte pas

d'exclusion ou de contre-indication d'emploi relative à l'une des caractéristiques de la tâche réelle à accomplir.

Toutefois, si utiliser une machine conforme et appropriée à la tâche est une condition nécessaire, cela n'est pas suffisant pour remplir les obligations de prévention qui s'imposent à l'employeur - utilisateur. En effet, il est également obligatoire et indispensable qu'elle soit équipée en fonction des travaux à réaliser et de leur environnement, de manière à préserver la santé et la sécurité des travailleurs, tant le conducteur que les tiers évoluant à proximité.

De nombreux dispositifs, équipements et accessoires concourent directement à garantir la sécurité et à préserver la santé du conducteur et des travailleurs exposés. Ils sont proposés en option par les constructeurs de machines, car ils ne seraient nécessaires que dans certaines conditions d'utilisation. Par exemple, la norme NF EN 1459 [2], dont le dernier amendement date pourtant de 2012, n'impose toujours pas que les engins soient munis de



© Patrick Delapierre pour l'INRS

phares de circulation et de feux de travail, au motif qu'ils peuvent être utilisés sur des sites éclairés où ces équipements seraient inutiles. Cette norme étant harmonisée, ce n'est donc pas au constructeur de fournir ces équipements au titre de la conformité, mais bien à l'acheteur d'acquiescer un engin qui en est muni, lorsque les conditions d'utilisation le nécessitent, au titre de l'adéquation - c'est-à-dire l'obligation de le choisir et de l'équiper en fonction des travaux à réaliser et de leur environnement. Il faudra attendre la norme NF EN 1459-1[3] pour que ces accessoires fassent enfin partie de l'équipement de base de ces chariots.

Par conséquent, avant l'achat d'un équipement de travail, neuf ou d'occasion, l'employeur - acheteur ne peut se contenter de s'interroger uniquement sur ses besoins techniques pour en définir le cahier des charges fonctionnel (type, capacité de charge, hauteur, portée...). Il est tout aussi essentiel qu'il analyse soigneusement, d'une part les opérations qui sont ou seront effectuées avec l'équipement et, d'autre part, l'environnement dans lequel elles seront réalisées, afin d'évaluer l'ensemble des risques auxquels le conducteur et les autres travailleurs seront exposés. C'est cette analyse qui lui permettra de choisir l'engin approprié, ainsi que les équipements et accessoires en adéquation avec la tâche et l'environnement de travail, pour assurer la sécurité et préserver la santé des salariés concernés. Par exemple, concernant plus spécifiquement les cabines :

- en France, quelle que soit la région d'utilisation, les conditions climatiques imposent de s'assurer que tout équipement utilisé en extérieur dispose d'une cabine équipée de dispositifs de désembuage, de dégivrage, de lavage et d'essuyage des vitres, etc.;
- pour certains engins mobiles, les caractéristiques du siège « standard » en matière d'absorption des chocs et des vibrations ne sont appropriées que pour des conditions d'utilisation idéales. En fonction du type d'engin et de la nature des sols, la prévention efficace des risques correspondants nécessite très souvent de recourir à un siège adapté (généralement proposé en option) voire, lorsque l'offre existe, à une cabine ou une plate-forme suspendue;
- si l'environnement expose le conducteur à des

risques liés à l'atmosphère de travail (poussières, polluants, etc.), il est nécessaire d'adapter les performances du dispositif de filtration de l'air entrant dans la cabine, en y adjoignant si nécessaire un dispositif de mise en surpression.

Comme exposé précédemment, deux équipements déclarés conformes par leur constructeur peuvent en fait afficher des niveaux de performance très différents dans de nombreux domaines, selon que le constructeur choisit de se conformer strictement aux prescriptions normatives ou qu'il s'impose de suivre une démarche approfondie d'analyse et de prévention des risques. Au moment de l'acquisition, l'employeur - acheteur se doit donc aussi de comparer les différents équipements concurrents afin de choisir celui qui offre les meilleures caractéristiques pour la prévention des risques recensés, notamment en matière de visibilité et d'accès (Cf. article « Accès et visibilité : deux aspects à ne pas négliger », p. 29). Par ailleurs, il n'est plus acceptable que certains équipements, certes optionnels du point de vue du constructeur, soient encore trop souvent absents des engins au motif qu'ils n'auraient pour unique vocation que d'assurer le confort du conducteur. Par exemple, des cabines d'engins dans lesquelles un travailleur passe plusieurs heures chaque jour, en toutes saisons et par tous les temps, ne devraient plus être livrées sans chauffage ou sans climatisation. Par analogie, qui pourrait aujourd'hui envisager d'utiliser pour de longs trajets professionnels une voiture qui n'en serait pas équipée? Bien plus que d'apporter du bien-être, ces équipements préservent la santé et la sécurité des travailleurs en les protégeant d'ambiances froides ou surchauffées génératrices de fatigue excessive, de troubles de la vigilance et des risques qui en découlent, tels que les troubles musculosquelettiques. En outre, ils permettent d'éviter la formation de buée ou de givre limitant la visibilité ainsi que de travailler et de circuler porte ou fenêtres ouvertes, ce qui réduit de façon importante les risques d'éjection et d'écrasement du conducteur en cas de renversement et permet d'assurer une protection effective lors du travail en atmosphère polluée.

Enfin, pour être complet, il ne faut pas oublier qu'une machine, fût-elle conforme et appropriée à la tâche à réaliser, n'est sûre que si elle est maintenue en bon état et conduite par un opérateur compétent. C'est pourquoi :

- les équipements de travail mobiles sont, pour la plupart, soumis à des vérifications périodiques de leur état de conservation, afin que soit décelée en temps utile toute détérioration susceptible de créer des dangers;
- les équipements de travail mobiles automoteurs et les appareils de levage ne peuvent être utilisés que par des opérateurs correctement formés, voire titulaires d'une autorisation de conduite. ●

BIBLIOGRAPHIE

[1] Directive « Machines » : la version applicable de cette directive est la 2006/42/CE, transposée en droit français par le décret n° 2008-1156 du 7 novembre 2008 qui a introduit dans notre Code du travail l'article R. 4312-1 et son annexe I.

[2] NF EN 1459+A3 Sécurité des chariots de manutention - Chariots automoteurs à portée variable.

[3] NF EN 1459-1 Chariots tout-terrain - Exigences de sécurité et vérification - Partie 1 : Chariots à portée variable (parution prévue au second semestre 2016).